

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:	
професор д.ф.-м.н., Пастернак Я.М.	(м. Луцьк)
Заступники головного редактора:	
проф., д.т.н. Андрушак І.Є.	(м. Луцьк)
доц., к.т.н. Пех П.А.	(м. Луцьк)
Відповідальний секретар:	
мол.наук.співробітник Свиридюк К.А.	(м. Луцьк)
Члени редакційної колегії:	
проф, PhD. Milosz Marek	(Польща, м. Люблін)
проф, PhD. Alison McMillan	(Великобританія)
проф, PhD. Дехтяр Ю.Д.	(Литва, м. Рига)
проф., д.т.н. Сайко В.Г.	(м. Київ)
проф., д.т.н. Мороз Б.І.	(м. Дніпро)
проф., д.т.н. Степанов М.М.	(м. Київ)
проф., д.т.н. Тарасенко В.П.	(м. Київ)
проф., д.т.н. Віноградов М.А.	(м. Київ)
проф., д.т.н. Мельник А.О.	(м. Львів)
проф., д.п.н. Черняшук Н.Л.	(м. Луцьк)
доц., к.т.н. Мельник К.В.	(м. Луцьк)
доц., к.ф.-м.н. Мельник В.М.	(м. Луцьк)
доц., к.т.н. Багнюк Н.В.	(м. Луцьк)
доц., к.т.н. Здолбіцька Н.В.	(м. Луцьк)
доц., к.т.н. Костючко С.М.	(м. Луцьк)
доц., к.т.н. Драган О.В.	(м. Брест, Білорусія)
доц., к.т.н. Лотиш В.В.	(м. Луцьк)
доц., к.т.н. Гуменюк Л.О.	(м. Луцьк)
доц., к.т.н. Заблоцький В.Ю.	(м. Луцьк)
доц., к.т.н. Решетило О.М.	(м. Луцьк)

Адреса редколегії:

Луцький національний технічний університет,
кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки
вул. Львівська 75, ауд.141
м.Луцьк, 43018
тел. (0332) 74-61-15
E-mail: cit@lntu.edu.ua,
сайт журналу: **cit-journal.com.ua**

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ
ТЕХНОЛОГІЇ:
ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО

№41 2020р.

Журнал засновано у грудні 2010 р.
Свідectво про реєстрацію KB № 16705–5277 Р.
Засновник: Луцький національний технічний університет
Рекомендовано до друку Вченою радою
Луцького національного технічного університету
(протокол №3 засідання від 03.12.2020)
Журнал рішенням МОН України
наказом №515 від 16.05.2016р,
включено в перелік наукових фахових видань.
Видання індексується у
наукометричних та реферативних базах:
Open Academic Journals Index
Academic Resource Index ResearchBib
Rootindexing
Information Matrix for the Analysis of Journals

ISSN 2524-0560 (Online)
ISSN 2524-0552 (Print)

ЗМІСТ

АВТОМАТИКА ТА УПРАВЛІННЯ	
Булатецька Л. В., Булатецький В.В., Павленко Ю.С., Собчук О. М, Гайдай С. І. Методичні особливості вивчення концептуального проектування баз даних при підготовці майбутніх фахівців.	5
Волошанюк О. Я. Математичний аспект продуктивності дії редуційно-охолоджувальних установок.	10
Глинчук Л.Я., Яцюк С.М., Кузьмич О.І., Багнюк Н.В., Чернящук Н.Л. Аналіз вимог та методологія підбору тем для вивчення основ криптографічного захисту інформації.	16
Головань М.М., Здолбіцька Н.В., Ліщина В.О., Гринюк С.В. Аналіз продуктивності системи автоматичного позиціонування сонячних панелей.	23
Губаль Г.М. Побудова та дослідження системи диференціальних рівнянь, яка описує взаємну синхронізацію зв'язаних автоколивальних хімічних систем. [<i>Hubal H.M. Construction and study of the system of differential equations that describes the mutual synchronization of coupled self-oscillating chemical systems.]</i>	30
Журило А. Г. Побудова точної перспективи кола, що належить предметній площині	35
Кузьмич О.І., Яковлюк С.М., Багнюк Н.В., Мекуш О.Г. Дослідження ефективності мобільного додатку-тренажера для вивчення англійської мови.	40
Лавренчук С.В., Чабан А.С. Дослідження зміни погодних умов за допомогою Telegram Bot API	46
Лазебний В.М., Досенко С.Д., Білевська О.С. Принципи 3d моделювання механічних деталей для застосування 3d принтера.	51
Левицька Т.А., Железов Д.А. Моделювання нейронних мереж для оцінки ринкової вартості об'єкта житлової нерухомості	59
Ліщина Н.М., Ліщина В.О., Матвійв Ю.Я., Ящук А.А. Аналіз методів визначення ризиків та управління ними при розробці програмного забезпечення	65
Мартиненко А.А., Мороз Б.І., Гуліна І.Г. Інструменти побудови інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень ідентифікації культурних цінностей.	71
Марценюк В.П., Сверстюк А.С., Андрущак І.Є., Кошелюк В.А., Потейчук М.І. Особливості технології захисту від несанкціоновано встановлених моніторингових програмних продуктів. [<i>Martsenyuk V.P., Sverstiuk A.S., Andrushchak I.Ye., Kosheliuk V.A., Poteichuk M.I. Features of technology of protection against unauthorizedly installed monitoring software products.]</i>	76
Мороз Б. І., Щербakov А. Г. Математична модель автоматизованої системи відеоспостереження для виконання спеціальних функцій. [<i>B. Moroz., A. Shcherbakov. Mathematical model of an automated video surveillance system for performing special functions.]</i>	82
П'ятикоп О.Є., Пучков Є. Е. Оптимізація навантаження мобільного додатку відстеження об'єкту при використанні датчиків місцезнаходження.	89
Сай О. В. Механізми підвищення міцності стикових з'єднань гумо тросових канатів та стрічок	96
Теслюк Г. В. Основні підходи до забезпечення якості машинно-тракторного парку підприємств агропромислового комплексу України.	101
Харченко В.П., Онищенко О.А. Фактори впливу на польоти безпілотних літальних апаратів в стратосфері.	108
Хомяк М.Я. Особливості застосування поліноміальної моделі регресії з похибками вимірювання в прогнозуванні соціально-економічних процесів.	115
Чернящук Н.Л., Бортник К.Я., Плевако Н.М. Аналіз дослідження функціонування інформаційної системи електронного документообігу.	120

ІНФОРМАТИКА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА	
Богомазюк В. С. Дослідження способів оптимізації веб-сайту на базі системи керування вмістом Drupal 8.	131
Бортник К.Я., Делявський М.В., Кузьмич О.І., Багнюк Н.В., Черняшук Н.Л. Основні загрози безпеці інформаційних систем.	137
Димова Г.О., Ларченко О.В. Розробка комп'ютерної програми розв'язання задач мережевої оптимізації.	143
Дмитренко Т. В. Методика обробки аудіо-сигналів за допомогою алгоритмів на базі мови програмування Python	152
Журавська І. М., Обухова К. О. Особливості реалізації та оцінка криптостійкості шифру Rabbi	159
Здолбіцька Н.В., Мельник Г.М., Мельник В.М., Колтунович О.В., Мазуренко В.В. Аналіз роботи послідовного протоколу UART за допомогою цифрового аналізатора.	165
Кузьмич О.І., Багнюк Н.В., Мекуш О.Г., Бортник К.Я., Марчук Б.І. Методи синхронізації баз даних платформ інтернет-комерції засобами ІС-Бітрікс.	174
Лавренчук С.В., Товстенюк Б.С. Інформаційний чат-бот для сервісу обміну повідомленнями Telegram в навчальній сфері.	180
Пех П. А., Корець Р.С. П'ять методів оптимізації сайту.	186
Проніна О. І., Якін К. Ю. Моделювання кластеризації землетрусів за допомогою методів машинного навчання.	191
Самойленко М.Ю. Проблеми безпеки у практиці реалізації технології інтернет речей	198
Яцюк С. М., Сачук Ю. В., Глинчук Л. Я., Прус Р. Б., Гришанович Т. О. Дослідження роботи програмного забезпечення для захисту мереж.	205
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА	
Павленко В. Я. Сертифікаційні випробування радіоелектронних приладів в Україні: сучасний стан та перспективи розвитку.	212
Терлецький Т.В., Ткачук А.А., Кайдик О.Л., Цебрук В.Р. Критерії вирішення оперативних задач світових стандартів інформаційних систем CCTV.	218

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-01>

УДК 004.5

Булатецька Леся Віталіївна, канд. фіз.-мат. наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-7202-826X>

Булатецький Віталій Вікторович, канд. фіз.-мат. наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-9883-4550>

Павленко Юлія Степанівна, старший викладач

<https://orcid.org/0000-0002-4065-045X>

Собчук Оксана Миколаївна, канд. пед. наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0003-2185-9896>

Гайдай Сергій Іванович, канд. фіз.-мат. наук

<https://orcid.org/0000-0001-7803-5498>

Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна

МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ БАЗ ДАНИХ ПРИ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ

Л. В. Булатецька, В. В. Булатецький, Ю. С. Павленко, О. М. Собчук, С. І. Гайдай. *Методичні особливості вивчення концептуального проектування баз даних при підготовці майбутніх фахівців.* Матеріал статті містить роз'яснення і методичні рекомендації для вивчення теми концептуального проектування баз даних в межах викладання курсів пов'язаних з дослідженням та вивченням структурованих даних в закладах вищої освіти при підготовці майбутніх фахівців. У роботі розглядається модель «сутність-зв'язок», що є неформальною моделлю предметної області, та запропоновано методичні прийоми навчання моделюванню предметних областей, розглянуто впровадження компетентнісних завдань, а також типові проблеми, які виникають при викладанні цієї теми.

Ключові слова: база даних, реляційна база даних, концептуальна модель даних, ER-діаграма, предметна область, компетентнісно-орієнтовані завдання.

Л. В. Булатецкая, В. В. Булатецкий, Ю. С. Павленко, О. М. Собчук, С. И. Гайдай. *Методические особенности изучения концептуального проектирования баз данных при подготовке будущих специалистов.* Материал статьи содержит разъяснения и методические рекомендации к изучению темы концептуального проектирования баз данных, в пределах преподавания курсов, связанных с исследованием и изучением структурированных данных в учреждениях высшего образования при подготовке будущих специалистов. В работе рассматривается модель «сущность-связь», что является неформальной моделью предметной области. В статье предложены методические приемы обучения моделированию предметных областей, рассмотрены внедрения компетентностных заданий, а также типичные проблемы, возникающие при преподавании этой темы.

Ключевые слова: база данных, реляционная база данных, концептуальная модель данных, ER-диаграмма, предметная область, компетентно-ориентированные задачи.

L. V. Bulatetskaya, V. V. Bulatetsky, Yu. S. Pavlenko, O. M. Sobchuk, S. I. Hayday. *Methodological features of studying the conceptual design of databases in the training of future professionals.* The material of the article contains explanations and methodological recommendations for studying the chapter of conceptual design of databases within the teaching of courses related to investigation and development of structured data in higher education institutions during the training of future professionals. The paper considers the entity-relationship model, which is non formal model of the subject area, and offers methods of teaching modeling of subject areas, considers the implementation of competency tasks, as well as typical problems that arise when teaching this chapter.

Keywords: database, relational database, conceptual data model, ER-diagram, subject area, competence-oriented tasks.

Постановка проблеми та аналіз досліджень. Підготовка сучасних учителів інформатики та фахівців в галузі інформаційних технологій обов'язково повинна включати предмети, пов'язані із удосконаленням базових знань, вмінь та навичок з проектування та розробки баз даних (БД), а також підвищення рівня теоретичних знань про основи БД. Перше знайомство з основами проектування та розробкою БД відбувається у закладах загальної середньої освіти. Навчальна програма профільного рівня та рівня стандарту вивчення інформатики для 10-11 класів містить розділ «Бази даних». Доцільність включення предметної змістової лінії «Системи керування базами даних» впливає із загальної мети вивчення курсу – формування в учнів інформаційної культури та інформатичної компетентності для реалізації їх творчого потенціалу та соціалізації у суспільстві завдяки здатності до ефективного використання засобів сучасних інформаційно-комунікаційних технологій [1-5]. У шкільному посібнику Завадського І. [6] значна увага приділяється концептуальному проектуванню БД та побудові ER-діаграми. При цьому тема «Проектування моделі бази даних» логічно передую темі «Створення реляційної бази даних» та знайомству з системами керування базами даних (СКБД).

У закладах вищої освіти бази даних вивчаються студентами комп'ютерних спеціальностей як самостійна дисципліна або як розділ спорідненої дисципліни. Зокрема, у Волинському національному університеті імені Лесі Українки навчальними планами спеціальностей 122 Комп'ютерні науки та інформаційні технології, 014 Середня освіта (Інформатика) та 125 Кібербезпека передбачені

дисципліни: «Бази даних та розподілені інформаційно-аналітичні системи», «Організація баз даних та знань», «Організація та обробка електронної інформації», «Проектування програмних систем», «Моделювання та аналіз систем різної природи», «Проектування інформаційних систем та системи програмування», «Проектування і розробка веб-ресурсів та забезпечення їх захисту», «Програмування та підтримка Веб-застосувань», «Платформи корпоративних інформаційних систем», у змісті яких послідовно розкриваються питання теорії баз даних, різні аспекти технологій їх проектування, створення та використання. Також вивчення баз даних тісно пов'язане міжпредметними зв'язками з іншими предметами, які мають справу з структурованими даними, наприклад, «Вибрані питання теоретичної інформатики та інформаційних технологій», «Програмування скриптовими мовами» та ін. Тому природно, що процесу проектування БД при підготовці майбутніх вчителів інформатики та фахівців в галузі інформаційних технологій приділяється значна увага [7–10]. Підготовка кваліфікованих фахівців передбачає формування у них вміння проектувати концептуальну модель БД відповідної предметної області. Для цього необхідні не лише глибокі знання теоретичних основ побудови та опрацювання БД, а також уміння аналізувати предметну область, на основі аналізу та опитування фахівців визначати її сутності, атрибути та зв'язки. Серед компетентностей, яких мають набути здобувачі вищої освіти під час вивчення теорії побудови БД, можна виокремити такі загальні та фахові компетентності, як [11]:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- здатність генерувати нові ідеї (креативність);
- здатність працювати в команді;
- здатність розробляти та управляти проектами;
- здатність приймати обґрунтовані рішення;
- здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт;
- здатність до логічного мислення, побудови логічних висновків, використання формальних мов і моделей алгоритмічних обчислень, проектування, розроблення й аналізу алгоритмів, оцінювання їх ефективності та складності, розв'язності та нерозв'язності алгоритмічних проблем для адекватного моделювання предметних областей і створення програмних та інформаційних систем;
- здатність застосовувати методології, технології та інструментальні засоби для управління процесами життєвого циклу інформаційних і програмних систем, продуктів і сервісів інформаційних технологій відповідно до вимог замовника;
- здатність до аналізу та функціонального моделювання бізнес-процесів, побудови та практичного застосування функціональних моделей організаційно-економічних і виробничо-технічних систем, методів оцінювання ризиків їх проектування.

Метою статті є розкрити особливості вивчення проектування БД при підготовці фахівців у галузі інформаційних технологій в закладах вищої освіти.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження.

Концептуальне проектування – побудова семантичної моделі предметної області. Така модель створюється без орієнтації на деяку конкретну СКБД і модель даних. Семантичні моделі головну увагу приділяють структурі даних. Найбільш поширеною семантичною моделлю є модель «сутність-зв'язок» (Entity Relationship model, ER-модель) [12]. ER-моделювання відображає логічну структуру даних так само, як блок-схеми алгоритмів відображають логічну структуру програми. Перевагою даного підходу є можливість відобразити наочно та зрозуміло для розробника загальну структуру БД. Також до переваг побудови ER-діаграм слід віднести те, що вони добре інтегруються з реляційною моделлю, яка є найбільш популярною на сьогоднішній день. Проектована БД повинна не лише забезпечити можливість зберігання даних, але й мати таку структуру, яка б дозволила формувати різноманітні запити, звіти та всю документацію, необхідну для користувачів. Розробка невеликих БД може здійснюватися і без проектування ER-моделі, так як є можливість відразу розробити логічну модель даних, оскільки там чітко прослідковується структура БД. Але, якщо йдеться про великі БД, із значною кількістю об'єктів, то побудова концептуальної схеми БД допоможе уникнути помилок проектування, які легко усунути на етапі ER-моделювання, але складно виправляти, коли БД вже розроблена і знаходиться на стадії тестування або експлуатації. Крім того, якщо предметну область можна розділити на декілька тем, то ER-модель розробляють окремо для кожної теми, а потім інтегрують в загальну концептуальну модель предметної області. Розробка концептуальної моделі є дуже важливим, найбільш відповідальним і найскладнішим етапом проектування БД.

Вивчення та дослідження предметної області є однією з основних проблем, яка виникає при проектуванні БД. Адже саме на етапі проектування, ще в ER-моделі, важливо найбільш точно відтворити всі вимоги до БД. Здобувачі вищої освіти повинні розуміти, що для того, аби правильно і оптимально спроектувати БД, необхідно фактично стати фахівцем відповідної предметної області. Потрібно багато працювати з замовником, з експертами та системними аналітиками для визначення вимог до розроблюваної БД. Власне вивчення даної теми у вищих навчальних закладах при підготовці майбутніх фахівців в галузі інформаційних технологій ставить за мету розвивати вміння аналізувати предметну область, правильно визначати сутності, атрибути та зв'язки між сутностями, а також усвідомлювати важливість комунікації з замовником.

Розгляд теми «Модель сутність зв'язок» варто розпочати з огляду стандартизації моделі. Вперше поняття ER-моделі запровадив П. Чен в роботі [13]. Система позначень з цієї роботи отримала назву нотації Чена. Надалі діаграми Чена набули розвитку у багатьох інших роботах з ER-моделювання. Різні автори почали пропонувати свої елементи моделі та свою термінологію, що призвело до наявності великої кількості різних нотацій ER-діаграм [12]. Проте існують загальні принципи побудови діаграм, що лежать в основі більшості її варіантів.

При вивченні даної теми можна вести аналогію між різними позначеннями або зупинитися на одній з них. Зокрема, в шкільному посібнику Завадського І. [6] використано графічні позначення сутностей і зв'язків, запропоновані П. Ченом.

Наступним етапом повинно бути вивчення основних понять моделі «сутність-зв'язок» та їх графічного подання: поняття сутності, екземплярів сутності, зв'язків між сутностями та їх властивостей (атрибутів). Також важливими поняттями, які розглядаються в даній темі, є поняття слабкої й сильної сутності, поняття кардинальності зв'язку, поняття обов'язкових і необов'язкових зв'язків та рекурсивних зв'язків. Особливу увагу потрібно приділити розширеній моделі «сутність-зв'язок».

При вивченні основ проектування БД важливо, щоб майбутні фахівці не лише зрозуміли принципи побудови ER-моделі, а й навчилися розробляти прості проекти. Тому, з метою набуття досвіду роботи з проектування БД, зокрема, формування вмінь і навичок правильно відображати особливості предметної області у концептуальних моделях БД, здобувачам вищої освіти доцільно пропонувати індивідуальні завдання, які полягають в розробці концептуальної моделі для реальної предметної області. Для цього майбутні фахівці повинні вивчити предметну область, проаналізувати її, визначити сутності й атрибути, сформулювати бізнес правила, на основі яких визначаються зв'язки між сутностями для проектованої області. Виконання індивідуальних завдань з проектування ER-діаграми є компетентнісним, оскільки вони стосуються реальних життєвих ситуацій, які потрібно вирішувати розробникам БД. Таким чином вивчення даної теми дозволить забезпечити формування у майбутніх фахівців інформаційно-аналітичної компетентності як характеристики особистості, що відображає її готовність і здатність ефективно здійснювати пошук, збір, аналіз, обробку інформації і продуктивно використовувати її в процесі розробки ER-моделі БД певної предметної області. [11].

При розробці варіантів індивідуальних завдань варто спочатку передбачити їх представлення у вигляді мінімального опису реальної предметної області. При такому формулюванні завдання, здобувачам вищої освіти, як правило, складно визначити сутності й атрибути, якщо вони мало ознайомлені з предметною областю, не знають принципів роботи підприємства, для якого розробляється БД. Але формулювання такого типу завдань дозволить здобувачам вищої освіти усвідомити об'єм роботи, яку повинен виконати проектант та важливість комунікації з замовником, експертами з предметної області та системними аналітиками при визначенні вимог до розроблюваної БД.

Наприклад, якщо буде сформульовано завдання розробити концептуальну модель БД книжкового магазину, то, ймовірно, студент не повною мірою зможе зрозуміти, що саме від нього вимагається. Якщо далі уточнити завдання і вказати, що мета розробки полягає у забезпеченні адміністрації магазину довідковою інформацією про наявні книги, про авторів, видавців та ведення обліку надходження і продажу книг, то майбутні фахівці зможуть визначити мінімальні вимоги до розроблюваної БД. Оскільки ER-діаграма повинна відображати всі бізнес правила предметної області, які, в свою чергу, визначають сутності, атрибути, зв'язки та ін., то без детального аналізу предметної області проектант може не врахувати деякі її важливі аспекти. Тому на це потрібно звернути особливу увагу при підготовці майбутніх спеціалістів.

При ER-моделюванні сутність має унікальне ім'я у межах системи, що описується та дозволяє моделювати клас однотипних об'єктів. Оскільки сутність відповідає деякому класу однотипних об'єктів, то передбачається, що в системі існує багато екземплярів даної сутності. Наприклад, сутність «Автор» предметної області «Книжковий магазин» має багато екземплярів, тобто список

авторів. Об'єкт, якому відповідає сутність, має набір атрибутів, які характеризують його властивості. При цьому набір атрибутів повинен бути таким, щоб можна було розрізняти конкретні екземпляри сутності. Сутностям і зв'язкам відповідає певний набір атрибутів. Сутність може мати принаймні один атрибут, а зв'язок може взагалі не мати жодного атрибуту. Сутність може бути об'єктом із реальним або абстрактним існуванням. Наприклад, Сутності «Книга», «Видавець» – це типи сутностей, що відповідають об'єктам із реальним існуванням, а сутність «Продажі» – це тип сутності, що відповідає об'єкту із абстрактним існуванням [12]. Модель «сутність-зв'язок» не дає однозначного вирішення для визначення проєктантом вимог до її об'єктів. Наприклад, не завжди можна визначити, до якого елемента моделі можна віднести певний об'єкт (до типу сутності, зв'язку або атрибута). Наприклад, при визначенні набору сутностей предметної області «Книжковий магазин» об'єкт «Автор», можна розглядати, як окрему сутність, або як атрибут сутності «Книга», а об'єкт «Продажі» теж можна розглядати, як окрему сутність, або як об'єкт зв'язок. Аналіз предметної області та побудова її моделі є суб'єктивним процесом, тому учасники навчального процесу можуть створювати різні але допустимі інтерпретації одного й того самого факту. Вибір варіанту значною мірою залежить від проєктанта і його бачення даної проблеми, що стимулює розвиток логічного мислення. В результаті, ER-модель книжкового магазину може мати різну інтерпретацію, де набір сутностей не обов'язково співпадатиме. Також слід зауважити, що атрибут реалізувати значно простіше, ніж сутність або зв'язок.[12]

Не менш важливим завданням є визначення зв'язків між сутностями в проєктованій ER-моделі. Майбутні фахівці повинні навчитися будувати зв'язки між сутностями, які визначаються на основі бізнес правил з урахуванням організаційної структури й операцій, що виконуються в проєктованій системі. Наприклад, для проєкту «Книжковий магазин» потрібно знати чи може бути в однієї книги декілька авторів, чи тільки один. Можливо, для прикладу, в книжковому магазині є наявності тільки художня література, де один автор. Також потрібно знати, чи постачає книги в книжковий магазин посередник чи видавництво, та яка кількість постачальників. Зрозуміло, що посередник та видавництво здійснюють постачання різних книг. Також потрібно з'ясувати, як саме відбувається процес надходження книг в магазин, та як відбувається процес покупки, щоб все це відобразити в концептуальній моделі.

Висновки. Використання компетентнісних завдань в процесі підготовки майбутніх фахівців в галузі інформаційних технологій стимулює студентів до творчого пошуку вирішення життєвих проблем і досягнення професійних компетентностей. Метою компетентнісних завдань з проєктування БД є засвоєння знань та вмінь побудови ER-моделі, оцінювання її правильності та оптимальності, виявлення та виправлення помилок. В процесі розв'язування таких завдань зростає мотивація майбутніх фахівців при розробці ER-моделі БД. Також було б доречно запровадити підготовку індивідуальних завдань з проєктування БД для конкретних підприємств, установ чи організацій в процесі проходженні здобувачами вищої освіти виробничої практики. Наприклад, у Волинському національному університеті імені Лесі Українки згідно навчального плану підготовки бакалаврів спеціальності 122 Комп'ютерні науки та інформаційні технології передбачено в 6 семестрі проєктно технологічну практику, а здобувачі вищої освіти, які навчаються за спеціальністю 014 Середня освіта (Інформатика), мають практику «Застосування інформаційних технологій», яку проходять на підприємствах або в комерційних установах. Одним з завдань такої практики є ознайомлення з структурою підприємства чи установи та принципами його функціонування. Доцільно було б уточнити завдання, запропонувавши студентам на основі аналізу та комунікації з потенційними користувачами, спроектувати концептуальну модель вибраної предметної області для розробки БД, яка могла б використовуватися на даному підприємстві. Такого виду завдання забезпечують формування у майбутніх фахівців реального практичного досвіду.

Викладені у статті методичні прийоми навчання моделювання предметних областей та використання з цією метою компетентнісних завдань можуть бути використані не лише для вивчення теми концептуального проєктування баз даних в межах викладання курсів пов'язаних з дослідженням та вивченням структурованих даних в закладах вищої освіти при підготовці майбутніх фахівців, а також і для організації навчального процесу вчителів у системі післядипломної педагогічної освіти під час підвищення кваліфікації.

Список бібліографічного опису

1. Інформатика. Навчальна програма вибірково-обов'язкового предмету для учнів 10-11 класів загальноосвітніх навчальних закладів (рівень стандарту) – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/informatika-standart-10-11.docx>
2. Інформатика для 10-11 класів (профільне навчання) – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/01/10-11-profilniy-riven.docx>

3. Шамшина Н.В. Методичні особливості вивчення зв'язків та типів об'єднання у базах даних Microsoft Access / Н. В. Шамшина // Фізико-математична освіта. – 2018. – Випуск 1(15). – С. 339–343
4. Булатецька Л.В. Особливості вивчення мови запитів SQL профільному курсі інформатики закладів загальної середньої освіти / Л. В. Булатецька, В. В. Булатецький. Комп'ютерно-інтегровані технології : освіта, наука, виробництво. – Луцьк. – 2020. – № 39. – С. 5–10.
5. Руденко В.Д. База даних – основна складова інформаційної системи / В. Д. Руденко // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2009. – №6. – С. 48–52. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/komp_2009_6_12.
6. Завадський І.О. Основи баз даних : навч. посіб. К. : Видавець І.О. Завадський, 2011. 192 с.
7. Мулеса О.Ю. Методика навчання основам теорії нормалізації реляційної моделі даних в контексті компетентнісного підходу до підготовки фахівців у системі вищої освіти / О. Ю. Мулеса, Ф. Е. Гече, Ю. Ю. Імре // Фізико-математична освіта. – 2018. – Випуск 3(17). – С. 67–72.
8. Єфименко В. В. Особливості курсу «Проектування та опрацювання баз даних» для майбутніх вчителів інформатики / В. В. Єфименко // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 2 : Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. – 2019. – № 21. – С. 70–78. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nchnpu_2_2019_21_14.
9. Єфименко В. В. Деякі аспекти навчання курсу «Проектування та опрацювання баз даних» студентів інформатичних спеціальностей. Науковий часопис НПУ імені М.П.Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2018. № 20 (27). С. 113–118.
10. Погромська Г. Викладання баз даних на комп'ютерних спеціальностях як елемент підготовки студентів-інформатиків до професійної діяльності / Г. Погромська . Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини. – 2013. – Випуск 3. – С. 215–222. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpu_2013_3_33.
11. Стандарт вищої освіти України першого (бакалаврського) рівня ступеня «бакалавр» за галуззю знань 12 «Інформаційні технології» спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» [Електронний ресурс] — Режим доступу : <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2019/07/12/122-kompyuterni-nauki-bakalavr.pdf>
12. Буй, Д. Б. Формалізація моделі «сутність-зв'язок» [Текст] : монографія / Д. Б. Буй, Л. М. Сільвейструк. – Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. – Київ : Київський університет, 2011. – 175 с.
13. Chen, P. P. The entity-relationship model – towards a unified view of data / P. P. Chen // ACM Transactions on Database Systems. – March 1976. – Vol. 1, №. 1. – P. 9–36;

References

1. Informatyka. Navchalna programa vybirkovo-obov'yazkovogo predmetu dlya uchniv 10-11 klasiv zagalnoosvitnih navchal'nyh zakladiv (riven standartu) – Rezhyim dostupu: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/informatika-standart-10-11.docx>
2. Informatyka dlya 10-11 klasiv (profil'ne navchannya) – Rezhyim dostupu: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/01/10-11-profilniy-riven.docx>
3. Shamshina N. Methodical Features Of Studying Relationships And Types Of Joins In Databases Microsoft Access. Physical and Mathematical Education. 2018. Issue 1(15). P. 339–343. (in Ukrainian)
4. Bulatetska L.V., Bulatetsky V.V. Features of studying the language of SQL queries in the profile course of informatics of institutions of general secondary education. // Computer-integrated technologies: education, science, production. 2020. – № 39. – P. 5–10. (in Ukrainian)
5. Rudenko V. D. Baza danyh – osnovna skladova informatsiynoi systemy / V. D. Rudenko // Kompyuter v shkoli i sim'yi . – 2009. – № 6. – P. 48–52. Rezhyim dostupu – http://nbuv.gov.ua/UJRN/komp_2009_6_12
6. Zavadsky I.O. Fundamentals of the databases: textbook. K. : Publ. I.O. Zavadsky, 2011. 192 p. (in Ukrainian)
7. Mulesa Oksana, Geche fedir, imre yuliy. The method of teaching the basis of theory of normalization of the data relative model in the context of the competency approach to preparation of professionals in the higher education system. Physical and mathematical education. 2018. Issue 3(17). P. 67–72.
8. Yefymenko V.V. Features of the course «Design and development of databases» for future teachers of computer science. Naukovyi chasopys NPU imeni M. P. Drahomanova. Seria № 2. Kompiuterno -oriento-vani systemy navchannia. Kyiv: NPU imeni M. P. Drahomanova, . – 2019. – № 21. – S. 70–78.
9. Yefymenko V.V. Deiaki aspekty navchannia kursu «Proektuvannia ta opratsiuvannia baz danykh» studentiv informatychnykh spetsialnostei. Naukovyi chasopys NPU imeni M. P. Drahomanova. Seria № 2. Kompiuterno-oriento-vani systemy navchannia. Kyiv: NPU imeni M. P. Drahomanova, 2018. №. 20 (27). S. 113–118.
10. Pogromska G. Teaching databases in computer specialties as an element of preparation of computer science students for professional activity / G. Pogromska // Collection of Scientific Papers of Uman State Pedagogical University. – 2013. – Vip. 3. – P. 215–222.
11. Standart vyshchoi osvity Ukrainy pershogo (bakalavrskogo) rivnya stupenya «bakalavr» za galuzzyu znan 12 «Informatsiynr tehnologii» spetsialnistyu 122 «Kompyuterni nauky» [Elektronnyi resurs] / Rezhyim dostupu <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2019/07/12/122-kompyuterni-nauki-bakalavr.pdf>
12. Buy D. B. Formalization of the «essence-connection» model [Text]: monograph / D. B. Buy, L. M. Silvestruk; Kiev. nat. Univ. Taras Shevchenko. – Kyiv: Kyiv University, 2011. – 175 p.
13. Chen, P. P. The entity-relationship model – towards a unified view of data / P. P. Chen // ACM Transactions on Database Systems. – March 1976. – Vol. 1, №. 1. – P. 9–36;

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-02>

УДК: 621.183

Волошанюк Олександр Якович, аспірант

<https://orcid.org/0000-0002-0484-9111>

Черкаський державний технологічний університет

МАТЕМАТИЧНИЙ АСПЕКТ ПРОДУКТИВНОСТІ ДІЇ РЕДУКЦІЙНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНИХ УСТАНОВОК

Волошанюк О. Я. Математичний аспект продуктивності дії редукційно-охолоджувальних установок. Розкрито поняття редукційно-охолоджувальної установки та пароохолоджувача. Здійснено визначення головних складових процесу зниження тиску та температури пари, що використовується. Наведено схему редукційно-охолоджувальної установки з детальним описом всіх складових та відокремленням потоків охолоджуючої води та свіжої пари. Також зазначено вхідні значення тиску та температури, що задаються на початку роботи редукційно-охолоджувальної установки. Описано алгоритм охолодження із зазначенням всіх компонентів. Розкрито рівень надійності редукційно-охолоджувальної установки та підкреслено основні негативні впливи, що відбуваються під час дії редукційно-охолоджувальної установки. Підкреслено, що ефективність редукційно-охолоджувальної установки, рівень її продуктивної дії лежить в основі ексергії. Наведено математичне обґрунтування продуктивності дії редукційно-охолоджувальних установок. Запропоновано рівняння ексергетичного балансу для редукційно-охолоджувальної установки та схема ексергетичних потоків редукційно-охолоджувальної установки. Відокремлено рівняння теплового балансу редукційно-охолоджувальної установки та матеріального балансу. Наведено формулу для визначення витрати гострої пари та обчислення витрати охолоджуючої води. Окремо відокремлено параметри, які використовуються при аналізі функціонування редукційно-охолоджувальної установки.

Ключові слова: Редукційно-охолоджувальна установка, продуктивність, енерговиробництво, температура, пароохолоджувач, пара, ексергія, конденсат, потік, ентропія, ентальпія, матеріальний баланс.

Волошанюк А. Я. Математический аспект производительности действия редукционно-охладительных установок. Раскрыто понятие редукционно-охладительной установки и пароохладителя. Осуществлено определение главных составляющих процесса снижения давления и температуры пара, который используется. Приведена схема редукционно-охладительной установки с подробным описанием всех составляющих и разделением потоков охлаждающей воды и свежего пара. Также отмечено входные значения давления и температуры, задаваемые в начале работы редукционно-охладительной установки. Описан алгоритм охлаждения с указанием всех компонентов. Раскрыто уровень надежности редукционно-охладительной установки и подчеркнута основные негативные воздействия, происходящие во время действия редукционно-охладительной установки. Указано, что эффективность редукционно-охладительной установки, уровень ее продуктивного действия лежит в основе эксергии. Приведено математическое обоснование производительности действия редукционно-охладительных установок. Предложено уравнение эксергетического баланса для редукционно-охладительной установки и схема эксергетических потоков редукционно-охладительной установки. Обособленно уравнение теплового баланса редукционно-охладительной установки и материального баланса. Приведена формула для определения расхода острого пара и вычисления расхода охлаждающей воды. Выделены отдельно параметры, используемые при анализе функционирования редукционно-охладительной установки.

Ключевые слова: Редукционно-охладительная установка, производительность, энергопроизводство, температура, паро-охладитель, пара, эксергия, конденсат, поток, энтропия, энтальпия, материальный баланс.

Voloshaniuk O. Y. Mathematical aspect of the performance of the action of the reduction-cooling plants. The concept of a reduction-cooling unit and a desuperheater is disclosed. The determination of the main components of the process of reducing the pressure and temperature of the steam used has been carried out. The diagram of the reduction-cooling unit with a detailed description of all components and the separation of the cooling water and live steam flows is given. Also marked are the input pressure and temperature values set at the start of the reduction and cooling unit. The cooling algorithm is described with an indication of all components. The level of reliability of the reduction-cooling unit is disclosed and the main negative impacts that occur during the operation of the reduction-cooling unit are emphasized. It is indicated that the efficiency of the reduction-cooling unit, the level of its productive action underlies exergy. The mathematical substantiation of the performance of the operation of the reduction-cooling units is given. An equation of exergy balance for a reduction-cooling unit and a diagram of exergy flows of a reduction-cooling unit are proposed. Separately, the equation of the heat balance of the reduction-cooling unit and the material balance. The formula for determining the flow rate of live steam and calculating the flow rate of cooling water is given. The parameters used in the analysis of the operation of the reduction-cooling unit are highlighted separately.

Key words: Reduction and cooling unit, productivity, energy production, temperature, steam-cooler, steam, exergy, condensate, flow, entropy, enthalpy, material balance.

Постановка проблеми дослідження. Історія людського суспільства, свідчить, що одним із визначальних чинників його розвитку є ефективність і масштаби енерговиробництва. При цьому значимість цього чинника безперервно зростає з плином часу.

XX століття ввійшло в історію як століття освоєння людиною атомної енергії, принципово нового, практично невичерпного джерела енергії для успішного вирішення суспільством безперервно зростаючих потреб в енергоспоживанні. Редукційно-охолоджувальні установки відносяться до числа допоміжного обладнання електростанцій і з цієї причини до її розробки і модернізації ставляться з

істотно меншою увагою, ніж до основного обладнання. Однак, без надійного допоміжного обладнання експлуатація електростанцій взагалі неможлива. Існуючі редуційно-охолоджувальні установки вже давно не відповідають сучасному технічному рівню як по надійності, так і за економічними показниками. Низький термін служби, високий опір, підвищена вібрація і шум властиві практично всім елементам. Звідси випливають не тільки високі експлуатаційні витрати, а й часті позапланові, а іноді і аварійні зупинки основного обладнання. Особливі труднощі виникають при створенні редуційно-охолоджувальних установок, де режим роботи змінюється в дуже широких межах. Відповідно саме це обладнання найбільш часто виходить з ладу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На сьогодні, чимало сучасних науковців досліджували технічну складову редуційно-охолоджувальних установок. Ф.І. Лухтура, А.В. Пижигов, О.А. Хлестова [1] дослідили способи підвищення теплової економічності і надійності промислових теплових електростанцій, розкрили шляхи вдосконалення роботи теплових схем теплової станції, до яких віднесли оптимізацію режимів роботи існуючого обладнання станції; оптимізацію і вдосконалення із заміною котельного обладнання; установку нових, сучасних турбін, в т.ч. різні варіанти заміни на турбіни постійно діючих редуційно-охолоджувальних установок; повне заміщення теплових електростанцій з установкою парогазових і газотурбінних станцій або часткове заміщення (модернізація) теплової схеми з впровадженням в технологічну схему теплових електростанцій утилізаційних установок вторинних джерел низької потенційної теплоти, наприклад, теплових насосних установок.

В. А. Маляренко, О. Л. Шубенко, С. Ю. Андреев, М. Ю. Бабак та О. В. Сенецький [2] підійшли до вирішення важливої проблеми підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів шляхом енергозбереження. Авторами виконано аналіз стану й потенціалу розвитку світової та базової енергетики України. Показано, що значні резерви містяться у «малій» енергетиці, яка є головним споживачем паливно-енергетичних ресурсів. Розкрито енергоджерела та енергоустановки для впровадження когенерації з обґрунтуванням компонентів та їх взаємозв'язку.

Підвищення ефективності систем енергопостачання шляхом застосування когенераційних установок з турбоагрегатом дослідили Л.В. Високих, В.В. Клименко та В.І. Кравченко [3].

В.В. Клименко, В. І. Кравченко та Р. В. Телюта [4] розкрили питання організації систем рециркуляції, визначили пасивні методи енергозбереження, навели та детально описали математичну складову енергетичних балансів та їх різновидів, для кожного окремого агрегату електростанцій.

Із зарубіжних напрацювань варто відмітити роботи: Д.Н. Соловей, А.В. Поджаров [5], Т. Maurer [6], S. X. Li, J. S. Wang [7], A. Emadi [8], M. Takashi, H. Shuichi, O. Daisuke, T. Masahiko, S. Jun [9], M. El Mankibi, R. Cantin, A. Zoubir [10], F. Gloriant, P. Tittlein, A. Joulin, S. Lassue [11] та інші.

Однак, незважаючи на масштабність наукових досліджень за темою даної роботи, питання систематизації та формулювання математичного аспекту продуктивності дії редуційно-охолоджувальних установок є вивченим не досконало та потребує детального опрацювання.

Виділення раніше не вирішених частин загальної проблеми. В умовах глобалізації сучасної наукової думки питання систематизації наукових надбань у рамках певної сфери застосувань потребує детального опрацювання. Так, математична складова дії редуційно-охолоджувальних установок є розкритою у багатьох наукових працях, проте не є систематизованою та сформованою повною мірою, тому тема даної наукової роботи є актуальною.

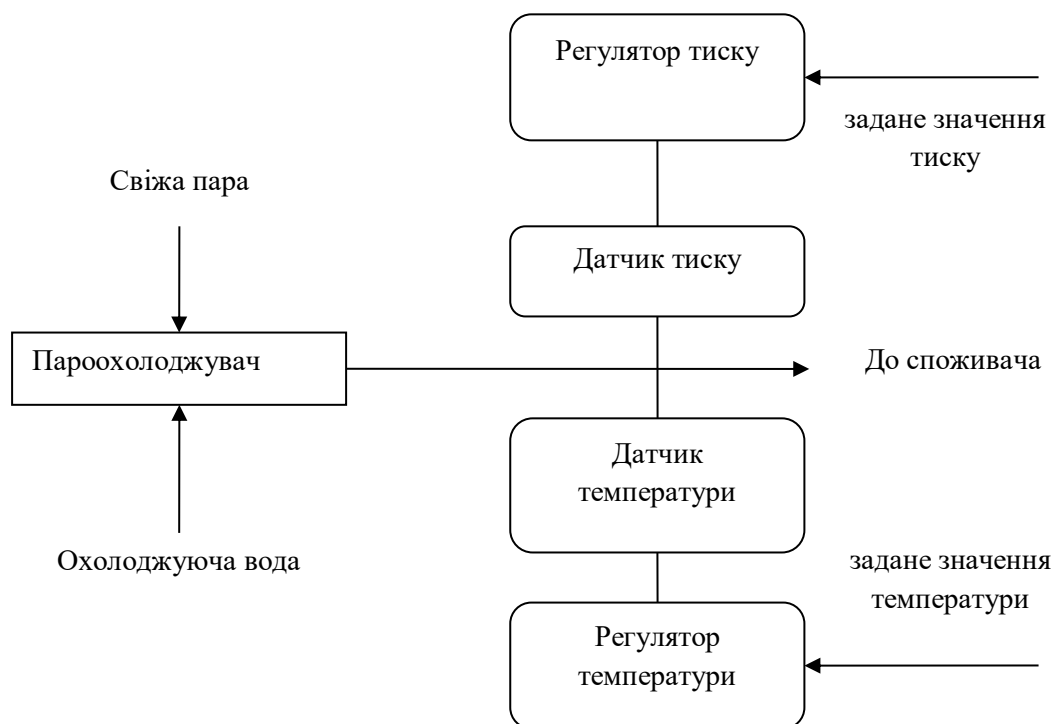
Формулювання мети дослідження. У рамках даної статті необхідно розкрити математичний аспект продуктивності дії редуційно-охолоджувальних установок. Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно:

- дослідити схему редуційно-охолоджувальної установки;
- розкрити математичну складову ефективності редуційно-охолоджувальної установки та рівень її продуктивності із застосуванням принципів ексергетичного балансу;
- навести схему ексергетичних потоків редуційно-охолоджувальної установки.

Виклад основного матеріалу дослідження. В умовах сьогодення, теплові та атомні електростанції посідають одне з головних місць по виробленню електричної енергії та потребують детального дослідження компонентного складу з метою підвищення або стабілізації продуктивності.

Важливим елементом обладнання теплових і атомних електростанцій є редукційно-охолоджувальні установки і пароохолоджувачі, від яких в значній мірі залежать надійність і час використання встановленої потужності енергоустановок. Редукційно-охолоджувальні установки застосовують, щоб знизити тиск і температуру пари. Гострий пар надходить з основного паропроводу. Його тиск знижують за рахунок дроселювання потоку через регулюючий клапан. Температура знижується за рахунок упорскування охолоджуючої води. Тиск і температура пари залежать від вимог споживачів, а також від призначення.

На рис. 1 показана схема редукційно-охолоджувальної установки, в якій свіжий пар проходить через засувку на дросельний клапан, де і знижується його тиск.



* власна розробка автора на основі [9]

Рис. 1. Схема редукційно-охолоджувальної установки

Редукційно-охолоджувальна установка застосовується для зміни параметрів пари, що подається до ущільнень турбіни АЕС або ТЕС, а також пари, що надходить на ежектори і пароежекторні машини.

Охолоджуюча вода надходить до форсунки через водяну засувку і далі на регулюючий клапан. Установка дросельної шайби або групи дросельних шайб до клапана необхідна в разі, коли вода подається з більш високим тиском, ніж він необхідний для упорскування води. Для дросельних пристроїв розраховують таку кількість води, щоб охолодити максимально можливу витрату пари.

Щоб запобігти небезпечним граничним значенням тиску пари після редукційно-охолоджувальної установки, на вихідний паропровід встановлюється спеціальний запобіжний пристрій. Також охолоджувач пари укомплектовують захисною трубою, яка призначена для зниження негативного впливу води на стінку охолоджувача.

Традиційні редукційно-охолоджувальні установки володіють невисоким рівнем надійності, так як в них обрив дросельного клапана відбувається приблизно через 120 повних циклів навантаження, а захисна сорочка пароохолоджувача виходить з ладу приблизно через 2000 годин безперервної роботи [1]. Після її поломки корпус пароохолоджувача піддається ерозійному зносу під безпосереднім впливом струменя води, яка витікає з форсунок, через що термін його експлуатації значно скорочується. Це руйнування корпусу пароохолоджувача може супроводжуватися аварією і нещасним випадком [1]. Пароохолоджувач редукційно-охолоджувальної установки є дорогим конструктивним

вузлом, складним в ремонті, так як навіть заміна захисної сорочки в ньому є важко здійсненним фактом.

Як відомо, основні недоліки традиційних пароохолоджувальних і редуційно-охолоджувальних пристроїв викликані використанням в них способом зниження параметрів пари, в першу чергу його температури.

Цей спосіб полягає в тому, що для охолодження пари в її потік впорскується у вигляді крапель охолоджуюча вода, причому цей принцип використовується як в пароохолоджувачі, так і в редуційно-охолоджувальній установці (як при роздільному, так і при змішаному дроселюванні і охолодженні пари). Час випаровування крапель невелика, але так як швидкість потоку пари доходить до сотень метрів в секунду, то її досить, щоб краплі пролетіли разом з парою значну відстань (до десятків метрів). Звідси неминучий винос охолоджуючої води з пароохолоджувача у паропровід і пов'язаний з цим термошок металу в місцях, куди періодично потрапляє вода. Це призводить до пошкодження металу, поломок устаткування, що використовує охолоджений пар. Мала інтенсивність тепломасообмінних процесів у пароохолоджувачі і редуційно-охолоджувальній установці вимагає великих масогабаритних характеристик.

Ефективність редуційно-охолоджувальної установки, рівень її продуктивної дії лежить в основі ексергії.

Рівняння ексергетичного балансу для редуційно-охолоджувальної установки:

$$e_{n_1} + e_k = e_{n_2} + e_{\text{вум}} \quad (1)$$

де e_{n_1} – ексергія пари на вході у редуційно-охолоджувальну установку;

e_{n_2} – ексергія пари на виході з редуційно-охолоджувальної установки;

e_k – ексергія конденсату,

$e_{\text{вум}}$ – втрати ексергії на незворотності процесу дроселювання.

$$e_{\text{вум}} = \frac{h_{n_1} - h_0 - T_0(S_{n_1} - S_0) \cdot G_n + h_k - h_0 - T_0(S_k - S_0) \cdot G_k - (h_{n_2} - h_0 - T_0(S_{n_2} - S_0)) \cdot (G_n + G_k)}{G_n + G_k}$$

де S_{n_1}, S_{n_2} – ентропія пари до і після редуційно-охолоджувальної установки;

h_{n_1}, h_{n_2} – ентальпія пари до і після редуційно-охолоджувальної установки;

S_k, h_k – ентропія і ентальпія конденсату, який впорскується у редуційно-охолоджувальну установку.

Схема ексергетичних потоків редуційно-охолоджувальної установки наведена на рис. 2.

Рівняння теплового балансу редуційно-охолоджувальної установки виглядає наступним чином:

$$G_{zn} i_{zn} + G_e i_e = G_{pn} i_{pn} + (1 - \varphi) G_e i_{e\phi} \quad (3)$$

де G_{zn} – витрата гострої пари;

i_{zn} – ентальпія гострої пари, що визначається за таблицями для водяної пари відповідно до його тиску P_{zn} і температури t_{zn} ;

G_e – витрата охолоджуючої води, що впорскується;

i_e – ентальпія охолоджуючої води, що впорскується визначається за формулою:

$$i_{e1} = c_e t_{e1} \quad (4)$$

де c_e – теплоємність води,

t_{e1} – температура охолоджуючої води, що впорскується;

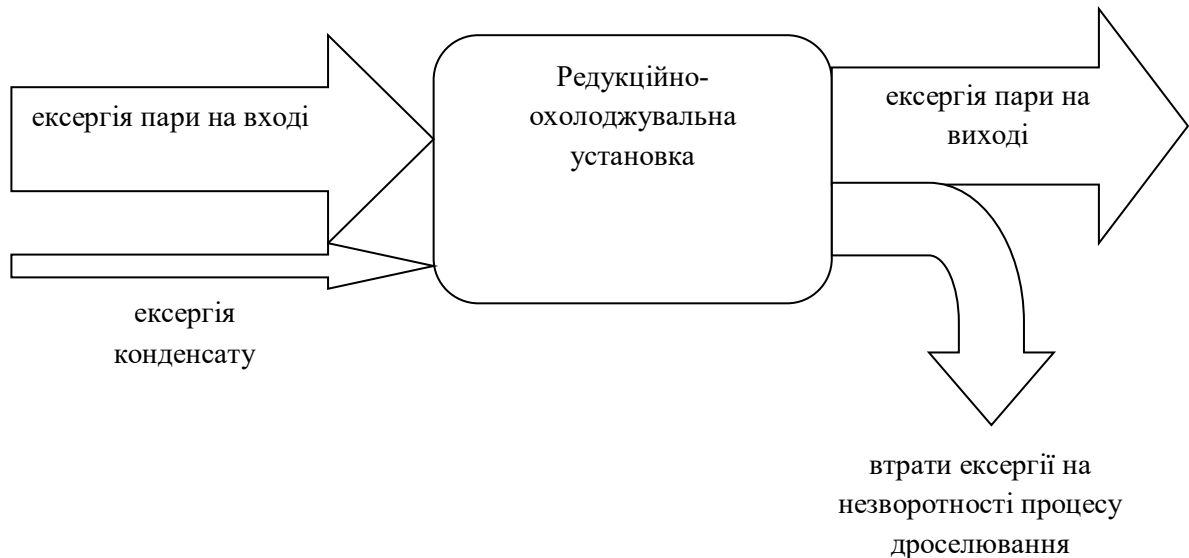
G_{pn} – витрата редукованої пари на виході з редуційно-охолоджувальної установки;

i_{pn} – ентальпія редукованої пари на виході з редуційно-охолоджувальної установки, визначається за таблицями для водяної пари для насиченої пари з тиском P_{pn} ;

φ – коефіцієнт обліку кількості води, що охолоджує, яка випарувалася в редукційно-охолоджувальній установці, $\varphi = 0,65 \div 0,7$;

$i_{\text{ов}}$ – ентальпія води, яка не випарувалася в охолоджувачі редукційно-охолоджувальної установки і відведеної з редукційно-охолоджувальної установки з температурою, що дорівнює температурі насичення при тиску скороченої пари P_{pn} :

$$i_{\text{ов}} = c_{\text{в}} t_{pn} \quad (5)$$



* власна розробка автора на основі [10]

Рис. 2. Схема ексергетичних потоків редукційно-охолоджувальної установки

Рівняння матеріального балансу редукційно-охолоджувальної установки виглядає наступним чином:

$$G_{on} + G_{\text{в}} = G_{pn} + (1 - \varphi) G_{\text{в}} \quad (6)$$

або формула для визначення витрати гострої пари:

$$G_{on} = G_{pn} - \varphi G_{\text{в}} \quad (7)$$

Відповідно формула для обчислення витрати охолоджуючої води:

$$G_{\text{в}} = \frac{G_{pn}(i_{\text{зн}} - i_{pn})}{\varphi \cdot i_{\text{зн}} + (1 - \varphi) \cdot i_{p\text{в}} - i_{\text{ов}}}$$

Параметри, які використовуються при аналізі функціонування редукційно-охолоджувальної установки, це:

тиск P_{pn} , температура t_{pn} і витрата G_{pn} редукційованої пари, що відпускається споживачеві;

тиск $P_{\text{зн}}$, температура $t_{\text{зн}}$ і витрата $G_{\text{зн}}$ гострої пари;

витрата $G_{\text{в}}$ і температура $t_{\text{в}}$ охолоджуючої води.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У роботі розкрито математичний аспект продуктивності дії редукційно-охолоджувальних установок. Головними параметрами, що використовуються при аналізі функціонування редукційно-охолоджувальної установки є: тиск, температура і витрата редукційованої пари, що відпускається споживачеві; тиск, температура і витрата гострої пари; витрата і температура охолоджуючої води. В основі ефективності редукційно-

охолоджувальної установки та визначення рівня продуктивної дії редуційно-охолоджувальної установки лежить ексергія, яка розкриває паралель максимальної роботи об'єкту.

Перспективним напрямком подальших досліджень є удосконалення сучасної редуційно-охолоджувальної установки шляхом загальної автоматизації та встановлення новітніх компонентів для підвищення продуктивності та ефективності редуційно-охолоджувальної установки.

References.

1. Lukhtura, F.I., Pyzhikov, A.V., & Khlestova, O.A. (2018). On some ways to improve the thermal efficiency and reliability of industrial CHP. *Bulletin of the Priazovsky State Technical University. Series: Technical Sciences*, (36), 88-100.
2. Malyarenko, V.A., Shubenko, O.L., Andreev, S. Yu., Babak, M. Yu., & Senetsky, O.V. (2018). Cogeneration technologies in small energy: a monograph. Kharkiv: KhNUMG them. O.M. Beketova
3. Vysokikh L.V., Klimenko V.V. and Kravchenko V.I. Improving the efficiency of power supply systems through the use of cogeneration units with a turbine unit. (2019). Promising areas of information and computer systems and networks, computer-integrated technologies in industry, telecommunications, energy and transport: All-Ukrainian scientific-practical Internet conference : Kropyvnytskyi. URL: <http://www.kntu.kr.ua/doc/zbirnyki/2019/11.pdf> (Last accessed: 17.03.2020).
4. Klimenko, V.V., Kravchenko, V.I., & Telyuta, R.V. (2020). Energy saving in heat technology processes and installations. Kropyvnytskyi: PE Exclusive-Systems.
5. Solovey, D.N., & Podzharov, A.V. (2016). The use of adventure turbines to improve the thermal efficiency and reliability of industrial heating power plants. *Actual problems of energy: materials of the 72nd scientific and technical conference of students and postgraduates*, 412-415.
6. Maurer, T. (2016). *Kältetechnik für Ingenieure*. VDE Verlag GmbH. 575 p.
7. Li, S. X., & Wang, J. S. (2015). Dynamic modeling of steam condenser and design of PI controller based on grey wolf optimizer. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015, 1-9, doi:10.1155/2015/120975.
8. Emadi, A. (Ed.). (2015). *Advanced electric drive vehicles*. Boca Raton, FL: CRC Press. 586 p.
9. Takashi, M., Shuichi, H., Daisuke, O., Masahiko, T., & Jun, S. (2013). Improvement of thermal environment and reduction of energy consumption for cooling and heating by retrofitting windows. *Frontiers of Architectural Research*, 2(1), 1-10.
10. El Mankibi, M., Cantin, R., & Zoubir, A. (2015). Contribution to the thermal renovation of old buildings: numerical and experimental approach for characterizing a double window. *Energy Procedia*, 78, 2470-2475.
11. Gloriant, F., Tittlein, P., Joulin, A., & Lassue, S. (2015). Study of the performances of a supply-air window for air renewal pre-heating. *Energy Procedia*, 78, 525-530.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-03>

УДК 004.7.056.5

¹Глинчук Людмила Ярославівна, к. ф.-м. н., доцент<https://orcid.org/0000-0002-8943-9604>¹Яцюк Світлана Миколаївна, к. пед. наук, доцент<https://orcid.org/0000-0002-8369-6060>²Кузьмич Олена Іванівна, к. ф.-м. н., доцент<https://orcid.org/0000-0002-8717-4497>²Багнюк Наталія Володимирівна, к. т. н., доцент<https://orcid.org/0000-0002-7120-5455>²Черняшук Н.Л., д. п. н., професор<https://orcid.org/0000-0002-3178-8377>¹Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна²Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

АНАЛІЗ ВИМОГ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ПІДБОРУ ТЕМ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ОСНОВ КРИПТОГРАФІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

Глинчук Л.Я., Яцюк С.М., Кузьмич О.І., Багнюк Н.В., Черняшук Н.Л. Аналіз вимог та методологія підбору тем для вивчення основ криптографічного захисту інформації. Розглянуто та проаналізовано вимоги та особливості викладання курсу «Криптографічний захист інформації». Проведено методологічний аналіз доцільності та актуальності врахування вказаних особливостей та вимог при викладанні відповідного навчального курсу, дано рекомендації як правильно орієнтуватися у виборі тем та чим керуватися. Складено та обґрунтовано основний перелік тем, згідно якого можна варіювати методику викладання в залежності від кількості годин, що даються на вивчення даного курсу та наявності у освітньо-професійній програмі додаткових предметів цього напрямку.

Ключові слова: захист інформації, основи криптографічного захисту, криптографічні методи захисту інформації, криптографічний шифр, криптографічний алгоритм.

Глинчук Л.Я., Яцюк С.М., Кузьмич Е.И., Багнюк Н.В., Черняшук Н.Л. Анализ требований и методология подбора тем для изучения основ криптографической защиты информации. Рассмотрены и проанализированы требования и особенности преподавания курса «Криптографическая защита информации». Проведен методологический анализ целесообразности и актуальности учета указанных особенностей и требований при преподавании соответствующего учебного курса, даны рекомендации как правильно ориентироваться в выборе тем и чем руководствоваться. Составлен и обоснован основной перечень тем, согласно которому можно варьировать методику преподавания в зависимости от количества часов, которые даются на изучение данного курса и наличия в образовательно-профессиональной программе дополнительных предметов этого направления.

Ключевые слова: защита информации, основы криптографической защиты, криптографические методы защиты информации, криптографический шифр, криптографический алгоритм.

Glinchuk L.Ya., Yatsyuk S.M., Kuzmych O.I., Bahniuk N.V., Chernyashchuk N.L. Requirements analysis and methodology of selection of topics for studying the basics of cryptographic protection of information. The requirements and features of teaching the course "Cryptographic protection of information" are considered and analyzed. The methodological analysis of expediency and urgency of taking into account the specified features and requirements at teaching of the corresponding training course is carried out, recommendations on how to be correctly guided in a choice of subjects and what to be guided are given. The main list of topics has been compiled and substantiated, according to which it is possible to vary the teaching methods depending on the number of hours given for the study of this course and the availability of additional subjects in this educational and professional program.

Keywords: information protection, basics of cryptographic protection, cryptographic methods of information protection, cryptographic cipher, cryptographic algorithm.

Постановка проблеми та аналіз досліджень. При підготовці фахівців у галузі захисту інформації виділяють такі основні гілки захисту: організаційний захист, програмний захист, апаратний (технічний) захист, інженерний захист, програмно-апаратний захист, криптографічний захист та захист з використанням нормативно-правової бази захисту інформації України. Можна виділити або об'єднати дані гілки захисту по іншому, та суть лишається такою ж. З визначенням, аналізом та врахуванням загроз, їх масштабами, стає зрозуміло, чому такий напрям як «Кібербезпека» виділився як окрема спеціальність. Зрозуміло, що кожна гілка захисту вирішує низку своїх проблем та захищає від притаманних їй загроз.

Як бачимо, свою особливу роль в цьому має і криптографічний захист інформації. Використання криптографічних методів не є новим у напрямі захисту. Якщо подивитися та

дослідити історію виникнення криптографії та використання її методів, то вона заводить дуже далеко в давнину: від стародавніх скитал та найперших форм тайнопису до створення та розробки сучасних апаратних, програмно-апаратних, програмних засобів та комплексів для захисту на основі криптографічних методів. Особливість ще і в тому, що всі не прості методи криптографічного захисту інформації потребують значних ресурсних затрат і не завжди виправдані, хоча в сучасному автоматизованому світі з використанням надшвидкого програмного, апаратного забезпечення або комплексу, даний аспект не завжди відчувається. Все ж таки, варто розуміти в яких випадках доцільно використовувати методи та засоби криптографічного захисту інформації, а в яких не потрібно. До прикладу, криптографічні методи та засоби варто застосовувати до інформації, яка носить характер комерційно-економічної чи державної таємниці.

Такі науковці як І. Берник, І. Громико, В. Кельтон, Д. Леонов, А. Лоу, В. Матвеев, І. Медведовський, В. Носов, П. Орлов, П. Сем'янов, Ю. Харін та ін. приділяють велику увагу проблемам впровадження вивчення сучасних засобів та видів захисту інформації для підготовки майбутніх фахівців у цій галузі. [1]

Про науковців криптографічного захисту можна говорити починаючи з таких відомих людей, які поклали свої дослідження в основу, як Чарльз Беббідж, Клод Шеннон, Керкгофф, Вітфілд Діффі, Мартін Хелман та багато інших видатних людей. Бурхливий розвиток випав на 19, 20 століття, коли розпочалися процеси автоматизації та перехід до сучасної комп'ютерної техніки. Цікавими є дослідження у напрямі криптографії з появою квантових комп'ютерів. Такі науковці як Шор, Гровер, Пауль, Фейнман Дойтч та інші, показали, що можуть виникнути великі загрози забезпечення криптографічної стійкості розроблених та досліджених раніше криптографічних алгоритмів. Крім цього, активні дослідження ведуться у напрямі квантових протоколів та квантових генераторів випадкових послідовностей. Якщо спочатку криптографічні методи в основному будувалися на лінгвістичних схемах, то зараз сучасна криптографія успішно використовує математичний апарат, теорію ймовірностей, теорію інформації, теорію чисел, абстрактну алгебру та багато інших напрямів. Та звичайно, що у сучасних дослідників та науковців є набагато більше можливостей у цій сфері. Деталізація вивчення криптографії призвела до появи нових напрямів у дослідженнях. З появою сучасних пристроїв для обробки, пошуку та зберігання інформації виявилось і надто багато сучасних загроз, яким треба і можна протидіяти з використанням криптографічного захисту.

З описаного вище, стає зрозуміло чому на даний час, кожен викладач, який викладає дисципліни, що так чи інакше стосуються криптографічного захисту інформації, стикається з проблемою оптимального вибору тем для подачі та вивчення матеріалу. Потрібно врахувати багато специфіки та правильно виділити те, що важливо та необхідно подати для студентів, майбутніх фахівців у галузі захисту інформації.

Метою дослідження є детальний аналіз вимог та обґрунтування вибору тем для вивчення основ криптографічного захисту при підготовці майбутніх фахівців у галузі захисту інформації.

Виклад основного матеріалу. Для того, аби оптимально підібрати перелік тем, кожному викладачу потрібно провести багато годин за дослідженням власне самої суті предмету, опрацювати велику кількість літератури та інформаційних джерел, визначити особливості предмету, напрями сучасного розвитку, перспективи на майбутнє, актуальність та необхідність для студентів і т.д.

Але в сучасних реаліях викладання та підготовки потрібно ще і врахувати дуже багато інших вимог та особливостей при формуванні курсу, а саме:

- на якій спеціальності навчаються студенти, майбутні фахівці галузі;
- які предмети були прочитані до викладання курсу основи криптографічного захисту інформації;
- які загальні та фахові компетентності повинні забезпечуватися даним курсом;
- які програмні результати повинен покривати курс;
- згідно якої освітньо-професійної програми треба планувати виклад матеріалу;

- скільки кредитів/годин дається на вивчення курсу;
- можливість матеріально-технічної бази закладу вищої освіти у якій вивчається курс.

Першою особливістю є спеціальність студентів, до прикладу студентам гуманітарних напрямів деталізація та заглиблення у математику, теорію ймовірностей та інші, не підійде та і цікаво не буде, навпаки, для студентів фізичного, математичного та ІТ напрямку потрібно та і можливо розглядати все з точки зору математичного апарату та можливістю самим пробувати розробляти та науково обґрунтовувати свої ж власні моделі чи алгоритми криптографічного захисту.

Обов'язковим фактором для врахування є вивчення питання, які предмети передують курсу основи криптографічного захисту інформації для того, аби розуміти рівень викладання. Тобто чи можна деталізовано розглядати методи та алгоритми криптографічного захисту, до прикладу симетричний алгоритм блочного шифрування AES містить складну математичну теорію: операції в полях Галуа, арифметику многочленів, матриці і т.д. Багато криптографічних алгоритмів містять модулярну арифметику, діофантові рівняння та ін. Основою ж кожного алгоритму криптографічного захисту є робота з двійковою системою числення. Важливо звернути увагу на якому рівні студенти вміють програмувати та якими мовами програмування володіють, оскільки, є мови програмування у яких потрібно прописувати всі операції та деталі в ручну, а є мови програмування з уже готовими реалізованими частинами (бібліотеками) деяких алгоритмів шифрування. Можливість чи не можливість та складність візуального програмування для кращої демонстрації процесу шифрування, визначення складності та часу.

Розглядаючи детальніше особливість викладання основ криптографічного захисту для студентів спеціальності «Кібербезпека», потрібно зосередити увагу на законодавчих документах України, виходячи з яких, можливо зробити висновок як правильно побудувати структуру курсу. Отож, до 2018 року такими орієнтирами можна вважати документи: Національний класифікатор України: "Класифікатор професій" ДК 003:2010 // Видавництво "Соцінформ". - К.: 2010, Наказ Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від «Про затвердження зміни до національного класифікатора України ДК 003:2010» від 18.11.2014 р. № 1361 (зміна № 2), «Галузевий стандарт вищої освіти України. Освітньо-професійна програма підготовки», 2010 рік, вибираючи для спеціальності 125 «Кібербезпека». Де прописано код та назва груп професій, код та професійна назва роботи, знання та вміння яким повинен відповідати фахівець. Після появи стандарту вищої освіти за спеціальністю 125 «Кібербезпека» [4] у 2018 році, знання та вміння описуються по іншому, а саме, потрібно вибрати загальні та фахові компетентності, яких дозволить набути курс, до прикладу, пов'язаний з криптографічним захистом інформації, але це актуально і для інших дисциплін. Важливим є вибір програмних результатів навчання, яким повинен задовольняти курс. В даному випадку деталізовано тем курсу теж не вказано, але викладач має можливість підібрати теми таким чином, щоб задовольняти відповідні загальні, фахові компетентності та результати навчання.

Звичайно, що головний документ, на який орієнтується викладач при підготовці курсу є відповідна освітня програма для відповідної спеціальності та відповідного року. Освітньо-професійна програма враховує всі особливості галузі знань та спеціальності, написана та побудована згідно відповідних нормативних документів на той період та відображає специфіку спеціальності. Паралельно до освітньо-професійної програми в допомогу викладачу є навчальний план, де можна зорієнтуватися у послідовності викладу усіх предметів, зрозуміти які предмети йдуть перед курсом викладача, які йдуть після.

До прикладу, якщо в освітньо-професійній програмі, немає більше похідних курсу, що стосуються криптографічного захисту інформації, то викладач, враховуючи це, повинен по максимуму дати інформації, щоб охопити напрям криптології. Напрямами криптології можна вважати ще і стеганографію, криптоаналіз, квантову криптографію, криптографічні протоколи. Хоча предмет і не називається криптологія, обов'язково потрібно дати поняття хоч

і коротко, про зазначені похідні напрями, без цього не буде сформовано цілісного та системного бачення такого виду захисту.

Але якщо освітньо-професійна програма передбачає вивчення у студентів таких предметів як стеганографічний захист, криптоаналіз, криптографічні протоколи, то відповідно до цього, викладач повинен та може змінити зміст курсу основи криптографічного захисту.

Ще одним особливим фактором, який дуже впливає на якість та повноту викладу матеріалу курсу, звичайно є кількість годин, які даються на вивчення, від цього залежить і можливість розгорнути або скоротити запланований матеріал. Зрозуміло, що при більшій кількості годин, можна краще та якісніше дати можливість опанувати курс. З досвіду помітно, що віддаючи великий відсоток матеріалу на самостійне вивчення студентам, вони його в таких масштабах не вивчають та не розглядають, створюючи таким чином для себе прогалини в даному напрямі. Зрозуміло, що при малій кількості годин і при тому, що похідних предметів немає, матеріал повинен охопити все, що стосується напрямку криптології і дати розуміння основних понять, методів, алгоритмів, засобів. Виявити у студентів зацікавлення та бажання досліджувати детальніше самостійно.

Матеріально-технічна база закладу вищої освіти, якби не хотілося викладачу від цього залежати, дуже істотно впливає, знову ж таки, на якість та можливість вивчення певних тем криптографічного захисту інформації. Специфікою вивчення даного курсу є можливість роботи з відповідним програмним, апаратним, програмно-апаратним забезпеченням чи комплексами захисту, які працюють на основі криптографічних методів захисту інформації. Що стосується програмного забезпечення, тут простіше – можна використати для демонстрації безкоштовне (відкрите) ПЗ, але до прикладу, при створенні цифрового підпису, потрібно працювати з центрами сертифікації ключів, які не дають безкоштовних послуг, крім ПриватБанку, за умови наявності картки банку та ін. Можна скористатися програмним забезпеченням, що дає можливість спробувати його в роботі, а тоді купити ліцензію, проте і тут є мінус – не працюють усі заявлені функції, версія обмежена. Як допомога або виняток, можна скористатися програмним забезпеченням розробленим студентами у вигляді емуляторів того чи іншого алгоритму шифрування та дешифрування, проте таке програмне забезпечення не розроблене для кожного методу і правильність його роботи нічим не підтверджена. Не потрібно забувати і про сучасні онлайн засоби для демонстрації роботи криптографічних методів, до прикладу, подивитися як відбувається хешування за вибраною хеш-функцією можна, використавши ресурс <https://www.convertstring.com/ru/Hash>, аналогічних ресурсів є декілька. Але ліцензійне програмне забезпечення, яке дає можливість спробувати роботу з криптографічними методами у всій повноті та правильності функціонування є обов'язковою умовою при вивченні курсу. Що стосується апаратного забезпечення (чи комплексів) тут ситуація набагато складніша, бо прилади не коштують дешево, якщо взяти цілісні системи, то вони вартують великих грошей. Тому можуть використовуватися прилади, до яких дає доступ заклад вищої освіти. Найкращим варіантом для навчання студентів у сфері захисту інформації є створення та функціонування лабораторій захисту інформації з наявністю в них спеціалізованих пристроїв та програмного забезпечення. До прикладу, можна подивитися за посиланням перелік засобів криптографічного захисту інформації, які мають експертний висновок за результатами державної експертизи у галузі криптографічного захисту інформації:

http://195.78.68.84/dsszzi/control/uk/publish/article?art_id=316570&cat_id=72110&mustWords=%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9+%D0%B7%D0%B0%D1%85%D0%B8%D1%81%D1%82+%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97&searchPublishing=1

Звичайно, що дотримання таких особливостей та вимог повинна контролювати система внутрішнього забезпечення якості освіти кожного закладу вищої освіти.

Отож, з врахуванням вищеописаних та визначених вимог, все таки, кожен викладач пробує побудувати кістяк або класичну схему курсу, від якої можна рухатися в ту чи іншу

сторону в разі збільшення чи зменшення кількості годин та наявності похідних предметів, у яких може бути вивчено ті чи інші теми.

Опишемо та розглянемо оптимально можливий вибір тем для студентів спеціальності у сфері захисту інформації при невеликій кількості годин та без наявності в освітньо-професійній програмі похідних (паралельних) курсів у сфері криптології.

Для початку, коротко розглянемо, що ж це за така наука криптографія. Існує багато джерел, які дають зрозумілі визначення цього напряму захисту інформації починаючи з Вікіпедії, або до прикладу як у [2]. Але повернімося на початок, потрібно розуміти поняття криптології як науки. Чому криптологія, бо криптологія – наука, яка поділяється на дві: криптографію – досліджує методи шифрування та криптоаналіз – досліджує методи дешифрування інформації. У яке б джерело не дивитися суть означення така ж, до прикладу як у [3].

При дослідженні вибору тем потрібно проаналізувати історію науки, напрями сучасного розвитку, щоб побачити картину цілісно, тоді потрібно перейти до деталізації. Оскільки, розглядаємо випадок при невеликій кількості годин та при відсутності паралельних курсів даної тематики – доведеться будувати схему, яка охоплює по можливості всі елементи.

Звичайно, що логічно і необхідно виділити для початку тему «історія криптографії та основні поняття», проаналізувати з чого почали і до чого прийшли, виділити напрями розвитку, розглянути основні поняття, задати напрям для подальшого вивчення.

Наступним логічним викладом є «законодавство України у сфері криптографічного захисту». Варто розглянути наступні документи: Положення про порядок здійснення криптографічного захисту інформації в Україні (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/505/98#Text>), Положення про порядок розроблення, виробництва та експлуатації засобів криптографічного захисту конфіденційної інформації та відкритої інформації з використанням електронного цифрового підпису (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0868-99#Text>) як обов'язкові. Детальніше, за посиланням <https://cip.gov.ua/ua/news/perelik-aktiv-zakonodavstva-u-sferi-kriptografichnogo-zakhistu-informaciyi> зібрано перелік актів законодавства у сфері криптографічного захисту, яке можна дати для самостійного ознайомлення.

Вирішення проблеми інформаційної безпеки в Україні регламентують: Закон України «Про державну таємницю», Закон України «Про Національну програму інформатизації», Закон України «Про Концепцію Національної програми інформатизації», Закон України «Про електронні документи та електронний документообіг», Закон України «Про електронний цифровий підпис», Закон України «Про захист інформації в автоматизованих системах». [1] Перераховані документи теж можна подати на розгляд самостійно.

Аналізуючи літературу [5, 6, 7, 8] та багато інших джерел, стає зрозуміло, що можна йти різним шляхом вибору тем далі.

Отож, у [5,7] вказано на те, що можна розглядати тему «криптографічні протоколи», проте в інших джерелах розглядають класичні шифри згідно історії розвитку. Історія каже про поділ шифрів на симетричні та асиметричні. Тому, скоріше за все, логічно буде йти за етапами розвитку і розглянути «класичні симетричні алгоритми шифрування» починаючи від найпростіших і завершуючи стандартами шифрування. До прикладу, можна окремо розглянути блокові та потокові симетричні алгоритми (шифри перестановки, заміни, шифри, що використовують аналітичні перетворення, шифри з використанням гамування і т.д.), а також розглянути українські досягнення у цій темі. Як приклади, також проаналізувати такі стандарти симетричних алгоритмів шифрування як DES, AES, ГОСТ. Для детального аналізу складних алгоритмів шифрування потрібен математичний апарат, який можна розглянути додатково в процесі вивчення.

Наступною темою можна запропонувати розглянути «асиметричні алгоритми шифрування та основні поняття цього напряму». Доцільно, знову ж таки спиратися на класику, а саме, вибрати для аналізу алгоритм з відкритим ключем RSA, Діффі-Хелмана, Ель-Гамала

та ін. За цією темою логічно буде розглянути тему «схеми ідентифікації, автентифікації та криптографічні протоколи».

Особливу роль у вивченні криптографічного захисту інформації відіграють так звані «криптографічні хеш (геш)-функції». Особливістю яких є перетворення вхідних даних будь якого розміру у дані фіксованого розміру. До таких функцій саме криптографічного характеру висувається ряд вимог. Можна проаналізувати та розглянути такі відомі функції як MD2, MD4, MD5, сімейство SHA, N-Hash та інші.

Одним з цікавих прикладів практичного застосування симетричного та асиметричного напряму шифрування є електронний цифровий підпис, тому логічно розглянути тему «електронний цифровий підпис та його різновиди». Алгоритми ЕЦП засновані на базових стандартах, наприклад, таких як RSA, ElGamal та ін. Якщо розглядати ЕЦП, які засновані на еліптичних кривих, зокрема на ECDSA, ГОСТ Р 34.10-2001, ДСТУ 4145-2002 (український стандарт ЕЦП). Звідси слідує, що обов'язковою темою для вивчення, яка має передувати цій, повинна бути тема «криптографія на еліптичних кривих».

Як було уже сказано, у випадку не передбачення в освітньо-професійній програмі предметів стеганографічний захист та криптоаналіз, можна в цей перелік додати теми: «основи стеганографічного захисту» та «елементи криптоаналізу та його види». Розглянути основні напрями та методи стеганографії, в елементах криптоаналізу варто також показати приклад найпростішого криптоаналізу.

Ще одним практичним використанням криптографії є розвиток криптовалюти, яка пережила недавній бум, тому можна також запропонувати до викладу тему «особливості криптовалют та законодавство країн світу у їх використанні». Розгорнуто розглядати чи ні, тут на вибір викладача і орієнтація на години, проте цікавий напрям у криптографії, який студенти швидше розглянуть самостійно. Напевно мало таких студентів в галузі ІТ, які б не поцікавився даним напрямом до сьогодні.

На вибір викладача також лишається тема «квантова криптографія», оскільки в основу покладено методи квантової механіки, то для вивчення та аналізу потрібно володіти спеціалізованим матеріалом.

І нарешті, тема, яка теж може бути винесена на самостійний розгляд студентів – «міжнародні та українські стандарти у сфері криптографічного захисту інформації». Даних стандартів є доволі багато, і увагу потрібно зосередити саме на стандартах криптографічного захисту. Іншим цікавим стандартом є Оранжева книга (стандарт міністерства оборони США), що є основою «веселкових публікацій». Пізніше замінено на стандарт критеріїв інформаційної безпеки. Доречніше, можливо було б, цей стандарт розглядати в загальному предметі по захисту інформації або під час детального розгляду нормативно-правової бази спеціальності.

Як бачимо, криптографічний захист інформації досить розвинений, досліджений, опрацьований та актуальний напрям, хоча в перспективі все складніше досліджувати та доводити ефективність нових створених методів. Звичайно, що можна міняти перелік тем, розширювати чи звужувати. Кожен викладач бачить по своєму системну та цілісну картину викладу матеріалу та враховує відповідні вимоги. Тому даний перелік тем є лише приблизним та запропонованим як один з варіантів.

Висновки. Детально розглянуто вимоги та особливості, які можуть бути враховані, при розробці та проведенні занять з курсу основи криптографічного захисту. Складено варіант вибору відповідних тем курсу, які можна варіювати та подавати на самостійне вивчення для студентів. Зрозуміло, що ту чи іншу тему можна при необхідності деталізувати чи скорочувати.

Важливо пояснювати, щоб студенти розуміли, що використовуючи тільки криптографічний захист інформації, який би метод не лажав в основі та з якою криптографічною стійкістю, найкращого захисту можна досягти застосовуючи лише всі ланки захисту в сукупності.

Список бібліографічного опису

1. Воскобойніков С.О. Теоретичні та методичні основи застосування криптографічних методів захисту інформації у професійній підготовці майбутніх інженерів-педагогів. ISSN 2075-146X. Витоки педагогічної майстерності. Збірник наукових праць. Полтава, 2011. – С. 79-84.
2. Горобцов В.О. Криптографічний захист інформації. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://esu.com.ua/search_articles.php?id=1575
3. Сушко С.А. Лекція, Практична криптологія. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://bit.nmu.org.ua/ua/student/metod/cryptology/%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%201.pdf>
4. Наказ Міністерства освіти і науки № 1074 від 04.10.2018 «Про затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю 125 Кібербезпека для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти». [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/12/21/125-kierbezpeka-bakalavr.pdf>
5. Брюс Шнайер, Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы и исходные тексты на языке С. – 2-е издание. – М.: Диалектика, 2003. – 610 с. – ISBN: 5-89392-055-4
6. Фергюсон, Нильс, Шнайер, Брюс. Практическая криптография.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 424 с.: ил. – Парал. тит. англ. ISBN 5-8459-0733-0 (рус.)
7. Романьков В.А. Введение в криптографию. Курс лекций. 2-е изд., исправ. – М.: ФОРУМ, 2012. – 240 с. – (Высшее образование). – ISBN: 9785911345730
8. Яценко В.В. Введение в криптографию. Под общей ред. В. В. Яценко. – 4 изд., доп. – М.: МЦНМО, 2012. – 348 с. – ISBN 978-5-4439-0026-1.

References

1. Voskoboinikov S.O. Theoretical and methodical bases of application of cryptographic methods of information protection in professional training of future engineers-teachers. ISSN 2075-146X. The origins of pedagogical skills. Collection of scientific works. Poltava, 2011. - P. 79-84.
2. Gorobtsov V.O. Cryptographic information protection. [Electronic resource] - Access mode: http://esu.com.ua/search_articles.php?id=1575
3. Sushko S.A. Lecture, Practical cryptology. [Electronic resource] - Access mode: <https://bit.nmu.org.ua/ua/student/metod/cryptology/%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%201.pdf>
4. Order of the Ministry of Education and Science № 1074 of 04.10.2018 "On approval of the standard of higher education in the specialty 125 Cybersecurity for the first (bachelor's) level of higher education". [Electronic resource] - Access mode: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/12/21/125-kierbezpeka-bakalavr.pdf>
5. Bruce Schneier, Applied Cryptography. Protocols, algorithms and source texts in the language of S. - 2nd edition. - M.: Диалектика, 2003. - 610 p. - ISBN: 5-89392-055-4
6. Ferguson, Niels, Schneier, Bruce. Practical cryptography.: Per. with English - M.: Williams Publishing House, 2005. - 424 p.: ill. - ISBN 5-8459-0733-0 (rus.)
7. Romankov V.A. Introduction to cryptography. Course of lectures. 2nd ed., Corrected. - M.: FORUM, 2012. - 240 p. - (Higher education). - ISBN: 9785911345730
8. Yashchenko V.V. Introduction to cryptography. Under the general editorship. V.V. Yashchenko. - 4th ed., Ext. - M.: MCNMO, 2012. - 348 p. - ISBN 978-5-4439-0026-1.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-04>

УДК: 004.056.5

Головань Микола Миколайович, студент

Здолбіцька Ніна Василівна, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-1345-3581>

Ліщина Валерій Олександрович, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-2371-3850>

Гринюк Сергій Васильович, асистент

<https://orcid.org/0000-0002-0080-3167>

Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

Головань М.М., Здолбіцька Н.В., Ліщина В.О., Гринюк С.В. Аналіз продуктивності системи автоматичного позиціонування сонячних панелей. Встановлено закономірності надходження сонячної енергії на сонячні панелі, закріплені стаціонарно та постійно орієнтовані системою позиціонування перпендикулярно до сонячного випромінювання. Розглянуто специфіку роботи систем автоматичного позиціонування. Встановлено показники відносних втрат енергії у стаціонарних сонячних панелях у порівнянні із їх орієнтацією через систему позиціонування. Доведено, що використання трекерів для сонячних панелей збільшує максимальний приріст річного обсягу вироблення електроенергії на 15 - 43 %.

Ключові слова: сонячна енергія, панелі, стаціонарний монтаж, позиціонування, трекер.

Головань М.М., Здолбицкая Н.В., Лещина В.О., Гринюк С.В. Анализ производительности системы автоматического позиционирования солнечных панелей. Установлены закономерности поступления солнечной энергии на солнечные панели, закрепленные стационарно и постоянно ориентированы системой позиционирования перпендикулярно к солнечному излучению. Рассмотрена специфика работы систем автоматического позиционирования. Установлены показатели относительных потерь энергии в стационарных солнечных панелях по сравнению с их ориентацией через систему позиционирования. Доказано, что использование трекеров для солнечных панелей увеличивает максимальный прирост годового объема выработки электроэнергии на 15 - 43%.

Ключевые слова: солнечная энергия, панели, стационарный монтаж, позиционирование, трекер.

Holovan M.M., Zdolbitska N.V., Lishchyna V.O., Hrinuk S.V. The analysis of the productivity of the solar panels automatic positioning system. The regularities of solar energy supply to solar panels, fixed stationary and constantly oriented by the positioning system perpendicular to the solar radiation. The specifics of the operation of automatic positioning systems are considered. The indicators of relative energy losses are established in stationary solar panels in comparison with their orientation through the positioning system. It has been proven that the use of trackers for solar panels increases the maximum rise in annual electricity generation by 15 - 43 %.

Keywords: solar energy, panels, stationary installation, positioning, tracker.

Постановка наукової проблеми. Інститут інженерів з електротехніки та електроніки (ІЕЕЕ) у своїх прогнозах передбачає, що в найближчому майбутньому сучасній традиційній енергетиці на базі викопного палива конкуренцію зможе скласти сонячна енергетика. Потенційні можливості енергетики, заснованої на використанні безпосередньо сонячного випромінювання, є надзвичайно великими. Використавши всього лише 0,0125 % енергії Сонця, можна забезпечити всі нинішні потреби світової енергетики, а використавши 0,5 % – забезпечити повне покриття потреб на перспективу. Проте на сьогодні в організації основна увага приділяється двом основним проблемам, які гальмують сонячну енергетику як повноцінну заміну викопного палива. Одна із цих проблем є дороговартісні панелі, друга – незначний ККД. Реально діючі структури з гетеропереходами ККД на сьогодні дають більше 30 %, а структури з однорідними напівпровідниками типу монокристалічного кремнію – до 18 %. Сонячні батареї на монокристалічному кремнії сьогодні видають ККД близько 15%. Проте ці цифри дійсні тільки за умови експлуатації сонячних панелей улітку, ополудні та коли випромінювання є перпендикулярним до світлопоглинаючої площини. Насправді ж Сонце, рухаючись від сходу до заходу, змінює кут падіння та інтенсивність випромінювання [1]. Щоб зменшити вплив цих факторів, забезпечують установлення сонячних панелей стаціонарно в положенні, за якого виробництво енергії буде максимальним, або організовується автоматизоване позиціонування площин сонячної панелі перпендикулярно до падаючого сонячного випромінювання. Відкритим лишається запитання, який із цих методів є енергоефективнішим.

Серед населення стрімко набирає популярності використання сонячних панелей. Зі зростанням кількості сонячних панелей постає питання їхньої якості та продуктивності. Один зі способів збільшення виробітку сонячних панелей – будівництво спеціальних конструкцій, що стежать за положенням сонця для забезпечення максимальної ефективності сонячних модулів – сонячних трекерів.

Аналіз досліджень. Автори роботи [8] справедливо стверджують, що дуже швидке використання викопного палива та глобальне потепління викликало зменшення запасів палива. Тому існує необхідність застосування екологічно чистих енергетичних ресурсів для повного задоволення потреб населення в електричній енергії [8]. Автори вважають, що саме сонячна енергія є найбільш ефективним та чистим джерелом енергії, а також дешевим, багатим і вічним джерелом відновлюваної енергії, за допомогою якого можливо подолати залежність сучасного суспільства від звичайних видів палива та ресурсів [8]. Загалом, автори роботи розробили рекомендації щодо широкого застосування сонячних станцій із різноманітною метою: кондиціонування, охолодження, нагрівання за допомогою сонячної енергії [8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій [3, 4, 5, 6, 8] засвідчив, що основна особливість енергопостачання із використанням сонячної енергії – це непостійність у часі, яка спричиняється обертанням Землі навколо Сонця. Щоб забезпечити необхідну генеровану потужність, необхідно збільшити площу панелей або, якщо це можливо, укомплектувати їх поворотними механізмами. Поворотний механізм забезпечує позиціонування площини панелі перпендикулярно до сонячних променів, залежно від положення Сонця. Окремі автори [3, 4, 5, 8] розглядають шлях розрахунку оптимального кута нахилу сонячної панелі щодо горизонту та кута повороту, за яких можна отримати найбільше енергії із сонячного випромінювання. Проте порівняльний аналіз між системою позиціонування та стаціонарним монтажем сонячної панелі досі не проведено.

Виклад основного матеріалу та обґрунтування результатів дослідження.

Ефективність (продуктивність) сонячних панелей залежить від багатьох значущих факторів, проте основний з них – орієнтація сонячних панелей щодо Сонця. Очевидним є той факт, що при жорсткому закріпленні сонячних батарей, які підлаштовуються лише на один кут падіння сонячних променів, максимальну кількість енергії виробляється опівдні, коли сонячні промені падають перпендикулярно до їхньої поверхні. Зважаючи на особливості щоденної траєкторії руху сонця, ефективним буде кут повороту панелей близько 150° . Панелі, що зафіксовані в напрямку рівно посередині між точками заходу і сходу, втрачають близько 75% максимально можливої енергії, виробленої в ранковий і вечірній час. Отже, якщо кут падіння променів на панелі буде малим, то й кількість виробленої енергії зменшиться.

Важливим є також урахування географічних координат розташування сонячної станції, оскільки для півночі України оптимальний кут розташування буде відрізнятися від південних та східних регіонів. При цьому існує потреба вироблення однаково високої кількості енергії протягом усього дня, а також протягом максимального терміну протягом року. Досягаються такі параметри через використання системи позиціонування (трекера), яка через інформацію зі спеціальних датчиків визначає оптимальне положення сонячних панелей та здійснює поворот платформи з необхідної сторони та під потрібним кутом.

Сонцем додатково здійснюється сезонний рух між північчю та півднем – за рік воно досягає показника близько 46° . Якщо панелі орієнтуються на середню точку середньорічної траєкторії руху Сонця за напрямом північ-південь, то втрачається генерація близько 8,3...9% від максимально можливої кількості. Щоб забезпечити автоматичне стеження за положенням Сонця протягом усього світлового дня та орієнтувати закріплені на них сонячні батареї, використовують динамічні системи кріплення панелей (рухливі трекири). Їх використання забезпечить коригування кута нахилу панелі в залежності від пори року. Такі трекирні установки дозволяють збільшити видобуток електроенергії на 15...43% в порівнянні із нерухомо закріпленими сонячними батареями.

Є декілька видів трекирів для сонячних панелей, які керуються різними алгоритмами при виборі напрямку та мають різні приводні механізми. Виділяється два основних типи динамічних систем стеження – одноосьові та двохосьові:

- одноосьові: протягом дня трекир може автоматично змінювати кут в горизонтальній площині. Сонячна станція рухається по траєкторії «Схід-Захід» і може збільшувати свою продуктивність на 10-34% у порівнянні зі статичною системою,

- двохосьові: трекир рухається і в горизонтальній, і у вертикальній площині, тобто повертається за сонцем для максимальної енергоефективності.

Зміна положення рухомої частини трекара можлива за допомогою ручного приводу, або за допомогою 1-2-х актуаторів – виконавчих механізмів, які здійснюють перетворення одного виду енергії (електричної, магнітної, теплової, хімічної) в іншу (найчастіше – в механічну), що виконує задану керуючим сигналом дію. Встановлення кутів нахилу робочої поверхні, навантаження, її строге орієнтування на Сонце є основним завданням трекара. Така орієнтація досягається кількома способами:

1. Пристрій, що управляється актуаторами через декілька фотодатчиків, здійснює аналіз освітленості при різних положеннях трекара та передає сигнал на актуатори до того моменту, коли потік світла на всіх фотоелементах зрівняється. Завдяки руху Сонця система розбалансовується, це зумовлює подачу імпульсу для активації нового переміщення, зорієнтованого на Сонце. Схеми таких пристроїв не є складними та дороговартісними, проте за похмурої погоди, при опадах чи забрудненні фотоприймачів система перестає працювати.

2. Переорієнтація системи можлива як вручну, так і через подачу сигналів на актуатори з допомогою перемикачів. Проте такий спосіб використовують зазвичай для сезонної орієнтації трекерів, коли на певний період часу виставляють відповідний кут нахилу (на рисунку 1 цей кут позначено як зеніт).

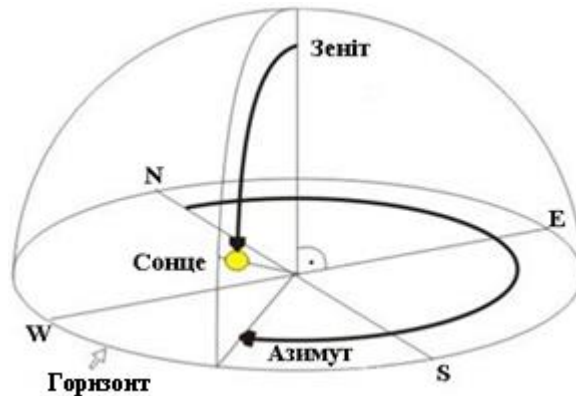


Рис. 1. Зенітний кут нахилу сонця

Рівень точності орієнтації за таких умов буде невеликим, адже постійне перебування оператора біля трекара неможливе, тому даний спосіб є малопоширеним, хоча для сезонної орієнтації невеликих систем він цілком придатний. Для того, щоб управляти рухом трекара за кутами азимута і зеніту, використовують пристрій управління із таймером. Актуатори починають діяти за добовою програмою таймера (якщо необхідно, то і за річною програмою). Але так як протягом року відбувається постійна зміна часу місця сходу і заходу сонця, зенітний кут, то точність орієнтації буде невеликою.

Найбільш ефективним є управління актуаторами за програмою, яка через певний час вираховуватиме місце розташування Сонця. Інформація про значення азимутального (Azimuth) і зенітного (Zenith) кутів із внутрішнього пристрою програмою передається на блок управління. Для переорієнтації трекара виконавчим пристроєм в розраховане положення важливо врахувати місце розташування трекара (широту, довготу, висоту над рівнем моря). Програмою для розрахунку місця розташування Сонця є алгоритм сонячної позиції (SPA). Пристрої управління трекара розташовуються на захищених комп'ютерах PLC (Програмованих логічних контролерах) або у вигляді окремих пристроїв, які запрограмовані постачальником при поставці трекара із прив'язкою до місцевості свого виробу.

Орієнтація трекара за Сонцем здійснюється трьома способами:

Спосіб 1 – вручну. Цей спосіб є найнадійнішим: сезонна орієнтація трекара виконується оператором вручну, несправності в механічних частинах виникають рідко. Завдяки відсутності вимірювальної апаратури та мінімуму рухомих частин він є максимально надійним, але найменш ефективним.

Спосіб 2 – через фотодатчики. При цьому способі поєднуються два-чотири фотоелектричні датчики, розташовані під кутом 45° відносно площини панелі (90° відносно один одного). Датчики розміщуються в оболонках та сприймають тільки вузький промінь світла. За умови, що площина сонячної панелі перпендикулярна сонячному світлу, на кожен датчик будуть потрапляти однакові промені, а напруга на всіх датчиках буде однаковою. Коли Сонце зміститься, то напруга на датчиках почине відрізнятися, і система управління увімкне привід, який відкоригує положення панелі так, щоб напруга датчиків знову була однаковою. Принцип роботи системи нескладний, проте не вважається надійним. У системі управління з фотодатчиками є два суттєві недоліки: по-перше, часте забруднення датчиків, що призводить до збоїв у їх роботі та частого калібрування. Другий недолік – нездатність системи працювати в похмурої погоди.

Спосіб 3 – програмний. Автономну систему управління сонячними панелями програмують відповідно до циклів руху Сонця. Така система є найнадійнішою та не вимагає частого втручання операторів. Основні переваги: швидкість змін програми та можливість віддаленого доступу.

Запропоновано розгляд двох випадків систем монтажу сонячних панелей:

1) стаціонарний;

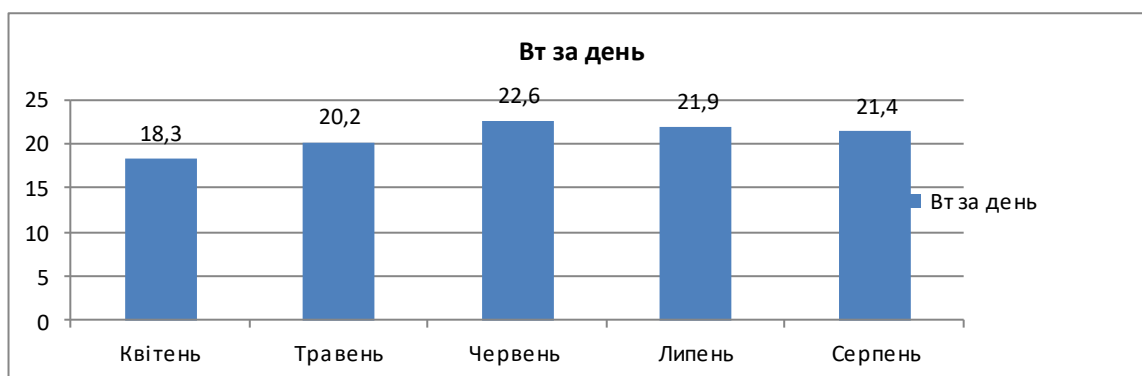
2) із використанням системи автоматичного позиціонування щодо положення Сонця.

Експерименти проводилися за наступних умов:

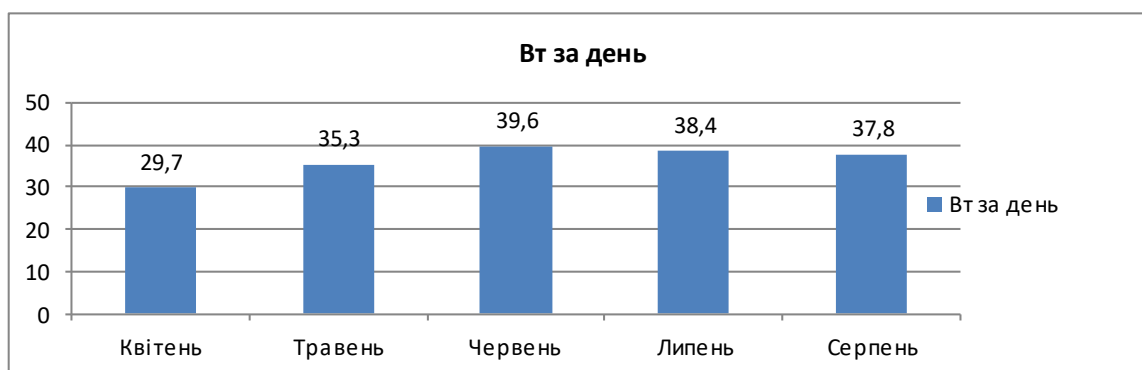
1) для першого випадку положення сонячної панелі в просторі: сонячні панелі нерухомі; азимут орієнтації нормалі до поверхні сонячної панелі відносно південного напрямку $\alpha = 0^\circ$; кут нахилу поверхні сонячної батареї відносно поверхні Землі $\beta = 25^\circ$, який є оптимальним для Волинської області влітку;

2) для другого випадку позиціонування проводиться неперервно із постійним суміщенням нормалі до поверхні сонячної панелі і напрямку на Сонце: сонячні панелі повертаються по одній осі; сонячні панелі повертаються по одній осі із застосуванням таймера на увімкнення-вимкнення; сонячні панелі повертаються за двома осями; сонячні панелі повертаються за двома осями із застосуванням таймера на увімкнення-вимкнення

Експерименти проводилися у квітні, травні, червні, липні, серпні в одному й тому самому місці на відкритій місцевості протягом 5 днів (по одному дню на кожен вид експерименту) за ідеальних погодних умов (на рисунку 2 представленні значення вихідної потужності кожного місяця), показники вихідної потужності вимірювалися щогодини протягом світлового дня.



Сонячні панелі нерухомі



Сонячні панелі поверталися за двома осями

Рис. 2. Значення вихідної потужності

Щоб розрахувати інтенсивність потоку сонячного випромінювання, що надходить на похилу поверхню сонячних панелей, потрібно визначити кут падіння сонячних променів на них [8]. Розрахунок кутів падіння сонячних променів на поверхню здійснено за формулою (1). При цьому годинний кут ω розраховано за формулою (2) від 4 до 20 години із кроком 1 година.

$$\cos\theta = \cos(\varphi - \beta) \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega + \sin\delta \cdot \sin(\varphi - \beta), \quad (1)$$

$$\omega = 15 \cdot (12 - \tau), \quad (2)$$

де β – кут нахилу поверхні сонячної панелі відносно поверхні Землі.

При стаціонарному монтажі сонячна панель є нерухомою, а кількість сонячної енергії, що надходить безпосередньо на поверхню панелі, прямо залежить від коефіцієнту пропускання та коефіцієнту поглинання захисного скла та площі проекції сонячної панелі на поверхню, що є перпендикулярною рухові сонячних променів.

За формулою (3) розраховано надходження сонячної енергії на стаціонарно змонтовану поверхню для вище зазначених умов.

$$E_{\pi} = E_c \cdot \tau_{\text{пр}} \cdot \tau_{\text{пог}} \cdot \sin(\theta_1) \quad (3)$$

де E_c – сумарна сонячна енергія, яка надходить на 1 м^2 , Вт/1 м^2 .

На основі отриманих даних щодо надходження енергії на сонячні панелі із різною системою монтажу визначено відносні втрати енергії ε (4) у стаціонарно змонтованих сонячних батареях у порівнянні із орієнтацією їх системою позиціонування.

$$\varepsilon = \frac{E_{\pi} - E_{\text{см}}}{E_{\pi}} \cdot 100\% \quad (4)$$

де $E_{\text{см}}$ – сонячна енергія, що надходить на сонячну панель упродовж дня при стаціонарному монтажі, Вт-год; E_{π} – сонячна енергія, що надходить на поверхню, перпендикулярну рухові сонячних променів упродовж дня, тобто при наявності системи позиціонування, Вт-год.

При порівнянні отриманих результатів розрахунків відносних втрат енергії встановлено, що при наявності системи позиціонування та з використанням таймера кількість сонячної енергії впродовж дня в 15–43 % більша (рис. 3, 4).

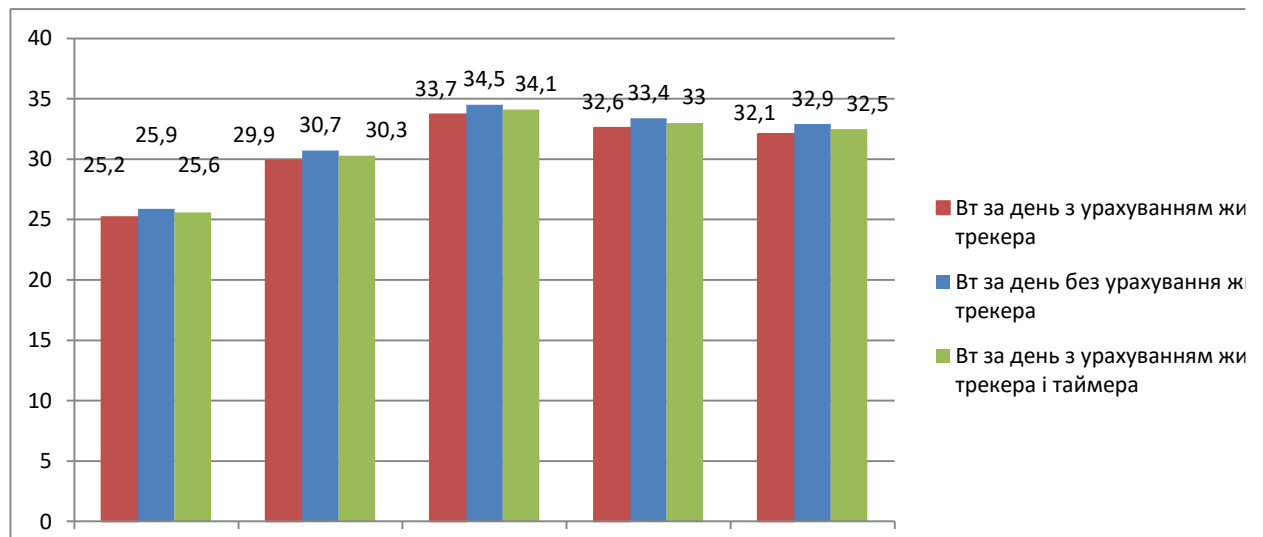


Рис. 3. Порівняння трьох різних видів експерименту при обертанні панелей по одній осі

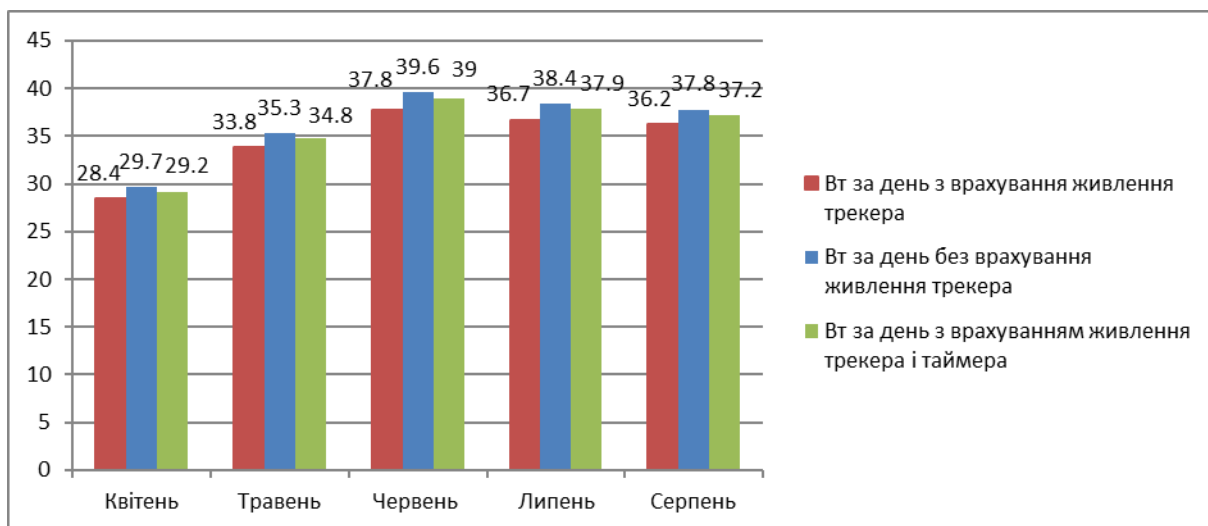


Рис. 4. Порівняння трьох різних видів експерименту при обертанні панелей за двома осями

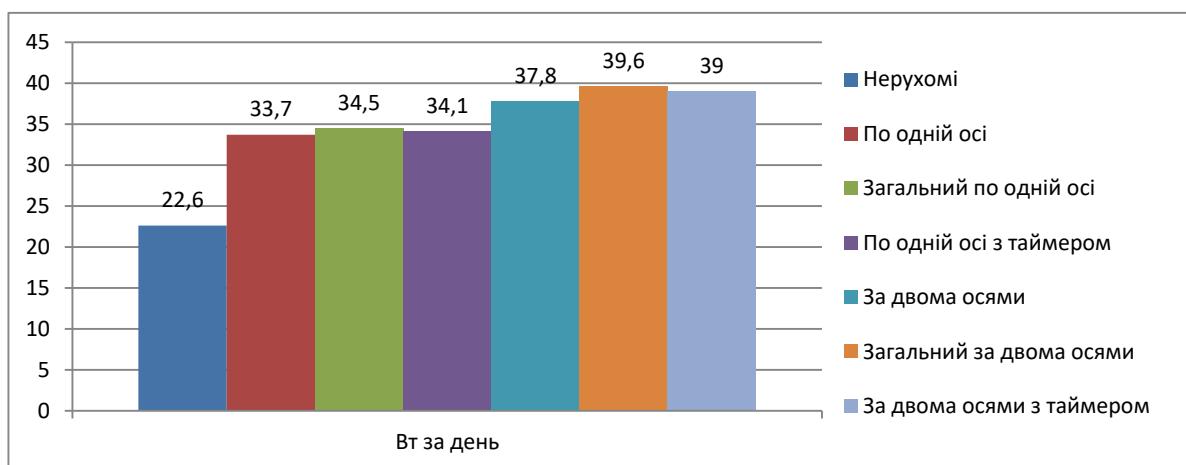


Рис. 5. Результати проведених експериментів за червень

Висновки. Стаціонарний монтаж сонячних панелей передбачає надходження найбільшої кількості енергії тоді, коли випромінювання падає на панель під прямим кутом. В інших положеннях Сонця кількість отриманої сонячної енергії панеллю значно знижується.

Встановлено, що відносні втрати сонячної енергії за стаціонарного монтажу сонячних панелей становлять 15–43 % (в залежності від пори року). Це є підтвердженням високої енергоефективності систем позиціонування сонячних панелей.

Список бібліографічних посилань.

1. Гільов В.В., «Переваги та недоліки сонячних батарей та можливості їх використання. Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту»: 78 Міжнародна науково-практична конференція, 17-18 травня 2018 р. Дніпро, 2018. С. 243.
2. Головань М.М., Здолбіцька Н.В. «Система автоматичного позиціонування сонячних панелей». Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології і автоматизація – 2020». Одеса, 22 - 23 жовтня 2020. С 284-286.
3. Коваль В., «Енергетична ефективність систем позиціонування плоских сонячних панелей. Енергозбереження». Київ, 2015. випуск 134.
4. Олійник Ю.С. та Машкова О.В. «Ефективність сонячних батарей». Збірник наукових праць: Актуальні наукові дослідження в сучасному світі. Вип. 1 (33), Ч. 1. Переяслав-Хмельницький. 2018. С. 37-39.
5. Серкез Х.В. та Серкез, Яцук В.О. «Оцінювання непевності вимірювання енергетичної освітленості методом електричного заміщення». Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених у царині метрології «Technical Using of Measurement-2015», 2- 6 лютого 2015 р. Київ: Академія метрології України, 2015. С. 101-102.
6. Стаднік М.І., Рубаненко О.О., Бондаренко С.В. «Аналіз ефективності генерації електроенергії на основі сонячної енергії в Вінницькій області». Техніка, енергетика, транспорт АПК. Вінниця, 2016. №2 (94) С. 87-97.

7. Femia N. Power Electronics and Control Techniques for Maximum Energy Harvesting in Photovoltaic Systems / N. Femia, G. Petrone, G. Spagnuolo, M. Vitelli. – CRC Press, 2012. – 366 p.
8. S. Sansaniwal, V. Shanna, J. Mathur. Energy and energy analyses of various typical solar energy applications: A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 82, P. 1. February 2018. P. 1576-160. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.003>.

References

1. Gilov V.V. "The advantages and disadvantages of the solar panels and the possibility of their use. The problems and prospects for the development of the railway transport ": The 78th International scientific-practical conference, 17-18 May 2018. Dnipro, 2018. p. 243.
2. Holovan M.M., Zdobitska N.V. " System of automatic positioning of solar panels". The collection of the abstracts of the 13-d International scientific-practical conference "The information technologies and automation- 2020". Odessa, October 22-23, 2020. pp. 284-286.
3. Koval V., "The energy efficiency of the positioning systems for the flat solar panels. The energy saving ". Kyiv, 2015. № 134.
4. Oliynyk Y.S., Mashkova O.V. "The efficiency of the solar panels". The collection of scientific works: The current scientific researches in the modern world. № 1 (33), Part 1. Pereyaslav-Khmelnytsky. 2018. pp. 37-39.
5. Serkez H.V., Yatsuk V.O. "The estimation of the uncertainty of the energy illumination measurement by the method of the electrical substitution "The collection of the materials of the Ukrainian scientific and technical conference of the young scientists in the field of the metrology "The technical using of measurement-2015", February 2-6, 2015 Kyiv: The Academy of Metrology of Ukraine, 2015. pp. 101-102.
6. Stadnik M.I., Rubanenko O.O., Bondarenko S.V. " The analysis of the efficiency of the electricity generation based on the solar energy in the region of Vinnytsia". The machinery, energy, transport of the agro-industrial complex. Vinnytsia, 2016. №2 (94), pp. 87-97.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-05>

UDC: 517.938

Hubal Halyna M., Ph.D. (Physical and Mathematical Sciences), Associate Professor.
Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine**CONSTRUCTION AND STUDY OF THE SYSTEM OF DIFFERENTIAL EQUATIONS THAT DESCRIBES THE MUTUAL SYNCHRONIZATION OF COUPLED SELF-OSCILLATING CHEMICAL SYSTEMS**

Губаль Г.М. Побудова та дослідження системи диференціальних рівнянь, яка описує взаємну синхронізацію зв'язаних автоколивальних хімічних систем. У статті побудовано та досліджено систему диференціальних рівнянь, яка описує взаємну синхронізацію зв'язаних автоколивальних хімічних систем, визначено полосу синхронізації, в якій існує синхронний режим та визначено час встановлення синхронної різниці фаз.

Ключові слова: автоколивальна система, полоса синхронізації, система диференціальних рівнянь.

Губаль Г.Н. Построение и исследование системы дифференциальных уравнений, описывающей взаимную синхронизацию связанных автоколебательных химических систем. В статье построено и исследовано систему дифференциальных уравнений, описывающей взаимную синхронизацию связанных автоколебательных химических систем, определено полосу синхронизации, в которой существует синхронный режим и определено время установки синхронной разности фаз.

Ключевые слова: автоколебательная система, полоса синхронизации, система дифференциальных уравнений.

Hubal H.M. Construction and study of the system of differential equations that describes the mutual synchronization of coupled self-oscillating chemical systems. The article constructs and investigates the system of differential equations that describes the mutual synchronization of coupled self-oscillating chemical systems, defines the synchronization bar in which a synchronous mode exists and determines the time of establishment of the synchronous phase difference.

Keywords: self-oscillating system, synchronization bar, system of differential equations.

Formulation of the scientific problem. Often there are chemical reactions that occur in an oscillating mode. Mathematical research is needed to describe these reactions. The need to study the mutual synchronization of coupled self-oscillating chemical systems is especially important when applied to biochemical processes in living organisms [1], [2].

Research analysis. We have two diffusely connected self-oscillating systems with oscillating chemical reactions of substances P and Q , that are close to harmonic ones. Suppose that, in the absence of a connection between systems I and II, the reactions in them go with the same amplitudes and slightly different frequencies ω_I and ω_{II} . Consider the self-oscillating reactions in these chemical systems in the connection between them through diffusion. Diffusion passes from volume V_I to volume V_{II} and vice versa. We believe that the reactions go with complete stirring.

Presentation of the main material and the justification of the obtained research results.

Denote by P_I and Q_I the concentrations of substances P and Q in volume V_I , P_{II} and Q_{II} the concentrations of substances P and Q in volume V_{II} . The flow of a substance Q from one system to another depends on the difference in concentrations Q_I and Q_{II} .

Let the substance P not diffuse from system to system.

Then we describe the self-oscillating chemical reactions in two coupled systems by the following system of differential equations [3]-[7]:

$$\begin{cases} \frac{dp_I}{dt} = q_I, \\ \frac{dq_I}{dt} = \mu f_I(p_I, q_I) - \omega_I^2 p_I - \lambda(q_I - q_{II}), \\ \frac{dp_{II}}{dt} = q_{II}, \\ \frac{dq_{II}}{dt} = \mu f_{II}(p_{II}, q_{II}) - \omega_{II}^2 p_{II} - \lambda(q_{II} - q_I), \end{cases} \quad (1)$$

where p_I, p_{II}, q_I, q_{II} are small deviations from stationary (equilibrium) concentrations $\bar{P}_I, \bar{P}_{II}, \bar{Q}_I, \bar{Q}_{II}$ respectively, that is

$$\begin{aligned}P_I(t) &= \bar{P}_I + p_I(t), \\Q_I(t) &= \bar{Q}_I + q_I(t),\end{aligned}$$

similarly it is for $P_{II}(t)$ and $Q_{II}(t)$.

Note that

$$\frac{dq_I(t)}{dt} = \frac{dQ_I(t)}{dt},$$

since

$$\frac{dQ_I(t)}{dt} = \frac{d}{dt}(\bar{Q}_I + q_I(t)) = \frac{dq_I(t)}{dt},$$

because $\frac{d\bar{Q}_I}{dt} = 0$, and $\bar{Q}_I$ does not change over time.

Similarly it is for $\frac{dp_I(t)}{dt}$, $\frac{dp_{II}(t)}{dt}$, $\frac{dq_{II}(t)}{dt}$.

Let $\bar{P}_I = \bar{P}_{II}$, $\bar{Q}_I = \bar{Q}_{II}$, then the diffusion from system I to system II takes place only due to the differences in concentrations created by self-oscillations P and Q near their stationary levels.

Terms with a multiplier λ take into account the diffusion relation, where λ is the diffusion relation coefficient, i.e., $\lambda(q_I - q_{II})$ indicates that the rate $\frac{dq_I}{dt}$ of synthesis of the substance Q into V_I decreases due to the outflow of the substance Q from the first system (decrease in its concentration $-q_I$) into the second one and the inflow of the same substance Q from the second system (increase in its concentration $+q_{II}$) into the first one.

Since the systems differ only in frequency, then $f_I = f_{II}$.

The solution of the system of differential equations (1) is sought in the form:

$$\begin{cases} p_I(t) = a_I(t) \cos(\omega t + \varphi_I), \\ q_I(t) = -\omega a_I(t) \sin(\omega t + \varphi_I), \\ p_{II}(t) = a_{II}(t) \cos(\omega t + \varphi_{II}), \\ q_{II}(t) = -\omega a_{II}(t) \sin(\omega t + \varphi_{II}). \end{cases} \quad (2)$$

Substituting the solution (2) into the system of differential equations (1), we find:

$$\begin{cases} \frac{da_I}{dt} = \psi_I(a_I, a_{II}, \varphi_I, \varphi_{II}, t), \\ \frac{da_{II}}{dt} = \psi_{II}(a_I, a_{II}, \varphi_I, \varphi_{II}, t), \\ \frac{d\varphi_I}{dt} = \theta_I(a_I, a_{II}, \varphi_I, \varphi_{II}, t), \\ \frac{d\varphi_{II}}{dt} = \theta_{II}(a_I, a_{II}, \varphi_I, \varphi_{II}, t). \end{cases} \quad (3)$$

The formulas of the functions $\psi_I, \psi_{II}, \theta_I, \theta_{II}$ are quite cumbersome. To simplify them, we can take into account that since the frequencies ω_I and ω_{II} have similar values, then they can be written as $\omega = \omega_I = \omega_{II}$. Since the amplitudes $a_I(t)$ and $a_{II}(t)$ for the period $T = \frac{2\pi}{\omega}$ vary very little, then in $\psi_I, \psi_{II}, \theta_I, \theta_{II}$ under the integral signs, these amplitudes can be considered constant values and can be taken outside the integral signs.

Taking into account that the synchronicity conditions can approximately be obtained from the differential equations for the phases of the system (3), the differential equations for phases after all simplifications take the form:

$$\frac{d\varphi_I}{dt} = -\frac{\lambda}{2} \cdot \frac{a_{II}}{a_I} \sin(\varphi_I - \varphi_{II}) - \frac{\omega^2 - \omega_I^2}{2\omega}, \quad (4)$$

$$\frac{d\varphi_{II}}{dt} = \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{a_I}{a_{II}} \sin(\varphi_I - \varphi_{II}) - \frac{\omega^2 - \omega_{II}^2}{2\omega}. \quad (5)$$

In a combined diffusely coupled self-oscillating system, the oscillating process goes with one frequency ω . This synchronization condition is fulfilled automatically if the difference of phases $\varphi_I - \varphi_{II}$ that change slowly over time tends to a constant value.

Let us prove when it is possible.

We subtract the differential equation (5) from the differential equation (4):

$$\frac{d(\varphi_I - \varphi_{II})}{dt} = -\frac{\lambda}{2} \cdot \left(\frac{a_{II}}{a_I} + \frac{a_I}{a_{II}} \right) \sin(\varphi_I - \varphi_{II}) + \frac{\omega_I^2 - \omega_{II}^2}{2\omega}. \quad (6)$$

Since $\omega \approx \omega_I \approx \omega_{II}$, then $\omega_I - \omega_{II} = \delta \ll \omega$. Therefore,

$$\frac{\omega_I^2 - \omega_{II}^2}{2\omega} = \frac{(\omega_I - \omega_{II})(\omega_I + \omega_{II})}{2\omega} \approx \omega_I - \omega_{II} = \delta.$$

Taking into account that $a_I \approx a_{II}$, we can write

$$\frac{a_{II}}{a_I} + \frac{a_I}{a_{II}} = 2.$$

Then the differential equation (6) takes the form:

$$\frac{d(\varphi_I - \varphi_{II})}{dt} = \delta - \lambda \sin(\varphi_I - \varphi_{II}). \quad (7)$$

We find a stationary solution of this differential equation. We write

$$\frac{d(\varphi_I - \varphi_{II})}{dt} = 0.$$

Then

$$\delta - \lambda \sin(\bar{\varphi}_I - \bar{\varphi}_{II}) = 0,$$

whence

$$\sin(\bar{\varphi}_I - \bar{\varphi}_{II}) = \frac{\delta}{\lambda}.$$

Since $|\sin(\bar{\varphi}_I - \bar{\varphi}_{II})| \leq 1$, then $\left| \frac{\delta}{\lambda} \right| \leq 1$ or, taking into account that $\lambda > 0$, $|\delta| \leq \lambda$, or $|\omega_I - \omega_{II}| \leq \lambda$.

Therefore, the synchronous mode exists only in the synchronization bar that corresponds to the formula $|\omega_I - \omega_{II}| \leq \lambda$.

Let's estimate time of establishment of the synchronous mode at $\left| \bar{\varphi}_I - \bar{\varphi}_{II} \right| \square \frac{\pi}{2}$. Then $\sin(\varphi_I - \varphi_{II}) \approx \varphi_I - \varphi_{II}$, and the differential equation (7) takes the form:

$$\frac{d(\varphi_I - \varphi_{II})}{dt} = \delta - \lambda(\varphi_I - \varphi_{II}). \quad (8)$$

Let us solve this non-homogeneous differential equation. First, we find the general solution of the corresponding homogeneous differential equation:

$$\frac{d(\varphi_I - \varphi_{II})}{dt} = -\lambda(\varphi_I - \varphi_{II}).$$

Its general solution has the form

$$\varphi_I - \varphi_{II} = Ce^{-\lambda t}.$$

We write the general solution of the non-homogeneous differential equation (8) in the form

$$\varphi_I - \varphi_{II} = C(t)e^{-\lambda t}. \quad (9)$$

Find the function $C(t)$, substituting the general solution (9) into the non-homogeneous differential equation (8):

$$C(t)e^{-\lambda t}(-\lambda) + \frac{dC(t)}{dt}e^{-\lambda t} = \delta - \lambda(\varphi_I - \varphi_{II})$$

or

$$-\lambda C(t)e^{-\lambda t} + \frac{dC(t)}{dt}e^{-\lambda t} = \delta - \lambda C(t)e^{-\lambda t},$$

or

$$\frac{dC(t)}{dt} = \delta e^{\lambda t},$$

whence

$$C(t) = \int \delta e^{\lambda t} dt,$$

or

$$C(t) = \frac{\delta}{\lambda} e^{\lambda t} - C_1.$$

Then

$$\varphi_I - \varphi_{II} = \left(\frac{\delta}{\lambda} e^{\lambda t} - C_1 \right) e^{-\lambda t}$$

or

$$\varphi_I - \varphi_{II} = \frac{\delta}{\lambda} - C_1 e^{-\lambda t}. \quad (10)$$

Substituting initial data: for $t = 0$, $\varphi_I - \varphi_{II} = \varphi_{I0} - \varphi_{II0}$ into the equation (10), we find C_1 :

$$\varphi_{I0} - \varphi_{II0} = \frac{\delta}{\lambda} - C_1 \cdot 1,$$

whence

$$C_1 = \frac{\delta}{\lambda} - (\varphi_{I0} - \varphi_{II0}).$$

Substituting C_1 into the equation (10), we find the difference of phases:

$$\varphi_I - \varphi_{II} = \frac{\delta}{\lambda} - \left(\frac{\delta}{\lambda} - (\varphi_{I0} - \varphi_{II0}) \right) e^{-\lambda t}$$

or

$$\varphi_I - \varphi_{II} = \left(\varphi_{I0} - \varphi_{II0} - \frac{\delta}{\lambda} \right) e^{-\lambda t} + \frac{\delta}{\lambda}, \quad (11)$$

where $\varphi_{I0} - \varphi_{II0}$ is the difference of the initial phases.

From the formula (11) as $t \rightarrow \infty$, we obtain

$$\varphi_I - \varphi_{II} \rightarrow \bar{\varphi}_I - \bar{\varphi}_{II} = \frac{\delta}{\lambda}.$$

From the formula (11), we take into account that the time for which the exponential function decreases by e times is denoted by the time τ of establishment of the synchronous phase difference:

$$\lambda \tau = 1 \quad \text{or} \quad \tau = \frac{1}{\lambda}.$$

If one of these chemical systems has an amplitude greater (more powerful) than the other, then as a result of diffusion it will synchronize the other imposing its frequency on it. Then this more powerful chemical system can be considered as a generator, an "external force" that synchronizes.

The basic laws of synchronization in relaxation systems, in which the form of oscillations is far from sinusoidal, remain the same as in almost sinusoidal ones. Unlike sinusoidal systems, relaxation systems (which are also common in chemistry and biology) have significantly less time τ to establish synchronism. Synchronization can also take place in multiple tones. For example, a generator with frequency ω_I may be synchronized with a generator with frequency $2\omega_{II}$ where $\omega_I \approx \omega_{II}$. A powerful synchronizing system that sets the rhythm for all other systems is a biological clock.

One example in a living system is the synchronization of heart muscle fiber contractions.

Conclusions and prospects for further research. A system of differential equations is constructed and investigated, which describes the mutual synchronization of coupled self-oscillating chemical systems.

The synchronization bar in which the synchronous mode exists is defined.

The time of establishment of the synchronous phase difference is determined.

Further research can be done for cases of occurrence of self-oscillating chemical reactions of random changes in the concentrations of reactants in the space.

Список бібліографічного опису

1. Дж. Тайсон (2002) Біохімічні коливання. *Computational Cell Biology*, № 20, С. 230-260.
2. Б. Новак, Дж. Тайсон (2008) Принципи побудови біохімічних осциляторів. *Nature Reviews. Molecular Cell Biology*, т. 9, № 12, С. 981-991.
3. Б. Демидович, В. Моденов (2008) *Дифференциальные уравнения*. 3-е изд., Санкт-Петербург: Лань.
4. Г.Н. Губаль (2015) Междисциплинарные связи в дифференциальной модели исследования колебаний в биологических системах. В трудах Международной математической конференции "Шестые Богдановские чтения по обыкновенным дифференциальным уравнениям", С. 142-144.
5. Г.М. Губаль (2017) Побудова та дослідження системи диференціальних рівнянь, яка описує швидкості біохімічних процесів. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*, № 27, С. 99-104.
6. А. Стразерс, М. Поттер (2019) *Дифференциальные уравнения: для ученых и инженеров*. 2-е вид., Springer.
7. Д.Г. Зілл (2017) *Перший курс з диференціальних рівнянь з додатками для моделювання*. 11-те вид., Cengage Learning.

References

1. Tyson, J. (2002) Biochemical oscillations. *Computational Cell Biology*, no. 20, P. 230-260.
2. Novak, B. & Tyson, J. (2008) Design principles of biochemical oscillators. *Nature Reviews. Molecular Cell Biology*, vol. 9, no. 12, P. 981-991.
3. Demidovich, B. & Modenov, V. (2008) *Differential Equations*. 3rd ed., Saint Petersburg: Lan.
4. Hubal, H. M. (2015) Interdisciplinary connections in a differential research model of oscillations in biological systems. In Proceedings of International Mathematical Conference "Shesty'e Bogdanovskie chteniya po oby'knovenny'm differentsial'ny'm uravneniyam", P. 142-144.
5. Hubal, H. M. (2017) The construction and study of the system of differential equations that describes biochemical processes rates. *Computer Integrated Technologies: Education, Science, Production*, no. 27, P. 99-104.
6. Struthers, A. & Potter, M. (2019) *Differential equations: for scientists and engineers*. 2nd ed., Springer.
7. Zill, D.G. (2017) *A first course in differential equations with modeling applications*. 11th ed., Cengage Learning.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-06>

УДК 514.181.6 + 514.182

Журило Алла Григорівна, к.т.н., доцент,

<https://orcid.org/0000-0003-4084-4622>

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ПОБУДОВА ТОЧНОЇ ПЕРСПЕКТИВИ КОЛА, ЩО НАЛЕЖИТЬ ПРЕДМЕТНІЙ ПЛОЩИНІ

Журило А. Г. Побудова точної перспективи кола, що належить предметній площині. У статті розглянуто основні положення щодо побудови перспективних зображень кіл, які належать предметній площині. Пояснюються складності таких побудов, пропонуються методи спрощення побудов, визначаються необхідні умови для таких побудов. Показано практичне застосування перспективних зображень, встановлена неможливість зображення кіл малих діаметрів в перспективних зображеннях. Тим самим, пояснюються причини можливої заміни еліпсів при виконанні перспективних зображень овалами без втрати наочності. Наведено приклади перспективних зображень кіл при виконанні креслеників.

Ключові слова: перспективні зображення, коло, еліпс, овал, практичне застосування.

Журило А. Г. Построение точной перспективы окружности, принадлежащей предметной плоскости. В статье рассмотрены основные положения по построению перспективных изображений окружностей, принадлежащих предметной плоскости. Объясняются сложности такого построения, предлагаются пути упрощения построений, определяются необходимые условия для таких построений. Показано практическое применение перспективных изображений, установлена невозможность изображения окружностей малых диаметров в перспективных изображениях. Тем самым, объясняются причины возможной замены эллипсов при выполнении перспективных изображений овалами без потери наглядности. Приведены примеры перспективных изображений окружностей при выполнении чертежей.

Ключевые слова: перспективные изображения, окружность, эллипс, овал, практическое применение.

Zhurilo A. G. Building the perspective of a circle that belongs to the subject plane. The article discusses the main provisions for the construction of perspective images of circles belonging to the subject plane. The complexity of such a construction is explained, ways to simplify the construction are suggested, and the necessary conditions for such constructions are determined. The practical application of perspective images is shown. It is established that it is impossible to image circles of small diameters in perspective images. This explains why ellipses can be replaced with ovals when performing perspective images without losing visibility. Examples of perspective images of circles when performing drawings are given.

Key words: perspective images, circle, ellipse, oval, practical use.

Постановка проблеми. Незважаючи на широкий розвиток комп'ютерної техніки та широке застосування її для виконання креслеників, появи вже декількох поколінь програм КОМПАС, AUTOCAD та їхніх аналогів, перспективні проекції широко використовуються у машинобудуванні та архітектурі. Для їх опанування потрібно добре знати їхні властивості та правила їхньої побудови, раціонального розташування, з метою отримання найбільш вигідного зображення, та зменшення кількості різних побудов, тощо. На жаль, перспективні проекції мають відповідні лише їм специфічні властивості, які ускладнюють побудову креслеників та їхніх частин, та, відповідно, використання вказаних проекцій на практиці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання щодо точних графічних побудов має велику історичну давнину, беручи свій початок ще в роботах Архімеда, Евкліда та інших вчених. З вичерпною повнотою і строгою науковою обґрунтованістю теорія точних метричних побудов була розроблена математиком Гаспаром Монжем, який у 1795 – 1799 рр. опублікував результати своєї двадцятирічної роботи під назвою «Нарисна геометрія» [1].

Серед імен, з якими пов'язаний розвиток наукової праці в області перспективних проекцій, можна згадати видатних вітчизняних вчених: Н. М. Бескіна, О. О. Вольберга, Н. О. Глаголева, Є. А. Глазунова, А. І. Добрякова, Д. І. Каргіна, І. І. Котова, М. О. Риніна, С. О. Смирнова, М. Ф. Четверухіна, С. О. Соловйова [2-6].

У даний час теорія перспективи розроблена докладно і висвітлена в численних працях з нарисної геометрії. Питання ж практики побудови перспективних зображень висвітлені в літературі недостатньо. У практиці побудови перспективних зображень часто виникають значні труднощі, обумовлені не тільки недостатньою підготовкою виконавця, але і складністю окремих задач, що вимагають спеціального роз'яснення [6-8].

Положення ускладнюється ще й тому, що за останні 20..30 років практично не публікувалося дослідних робіт із практики побудови перспективних зображень та її основних законів. Ті ж роботи, що були опубліковані раніше, у більшості випадків розглядають найбільш відомі методи

перспективних зображень, та розглядають найбільш нескладні задачі.

Невирішені частини проблеми. Метою статті є визначення причин широкого розповсюдження перспективних зображень, обґрунтування основних властивостей при побудові тіл обертання.

Мета дослідження.

Продовжуючи дослідження, що розпочато в роботі [11], можна визначити, що перспективні зображення є найважливішим розділом побудови об'ємних зображень. Перспектива підпорядковується законам і правилам, за якими можна зображати предмети так, як вони представляються нашому оку в просторі. Відомі побудови перспективних зображень методом архітекторів, перспективної сітки, лінійна, панорамна перспектива та інші її види. Спосіб архітекторів можна вважати різновидом способу сліду променя, коли перспективу не поєднують з фронтальною проекцією, а переносять на вільне поле кресленика, або на інший аркуш, при цьому масштабуючи зображення. Як впливає з назви, спосіб широко застосовується для зображення призм, кубів, паралелепіпедів, як складових будівель і споруд. На практиці широко застосовують методи архітекторів з однією точкою сходу, з двома, з опущеним (піднятим) планом і з бічною стіною. При побудові окремої будівлі площину картини зазвичай проводять під кутом $30...35^\circ$ до фасаду. Для полегшення побудови бажано провести картину через будь-який кут споруди. Згідно вищевикладеним вимогам, можна вказати на наступне побудова перспективи кола даного радіуса, яка, перебуваючи на предметній площині, має центром точку, певною її перспективою O (Рис. 1), коли лінія $t-t'$ служить підставою картини, лінія hh' — лінією горизонту, точка O — центральною точкою, а величина відстані точки зору до картини виражена відрізком $1P$.

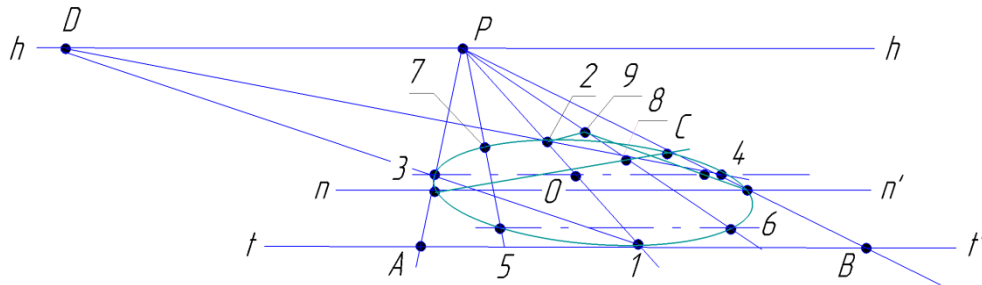


Рис. 1. Побудова перспективи кола

Провівши через точки O і P пряму $1P$, отримаємо перспективу прямої лінії перпендикулярної до картинної площини і проходить через центр заданої зазначеними умовами кола; провівши ж через точку O лінію 34 , паралельну лінії $t-t'$, отримаємо перспективу прямої лінії паралельної картинної площини і яка проходить через центр тієї ж окружності.

Відклавши від точки 1 в обидві сторони по лінії $t-t'$ відрізки $1A$ і $1B$, рівні даному радіусу кола, і провівши лінії AP і BP , визначимо точки A і B їх перетинів з лінією AB ; відрізок 34 буде перспективою діаметра, паралельного картинної площини заданої окружності.

Для побудови перспективи діаметра, перпендикулярного до побудованого в перспективі, виконаємо допоміжну побудову, змінивши кут зору на задану окружність, тобто, зробивши її проектуючою. Якщо в цьому колі (Рис. 2) на двох взаємно перпендикулярних діаметрах 12 і 34 провести допоміжні лінії, що проходять через кінці цих діаметрів, наприклад, 13 , 23 , 24 , то ці лінії складають з діаметрами кути в 45° . Звідси (Рис. 1) слід, що якщо через точки B і C (точка відстані) проведемо пряму $4D$, то ця лінія буде перспективою тієї лінії, яка з лінією $t-t'$ становить кут в 45° , а точка 2 її перетину з лінією $1P$ визначить кінець діаметра заданого кола, перпендикулярного до діаметру вираженому перспективою AB . Якби відрізок PD виражав $1/m$ - частину відстані точки зору до картини, то для подальшої побудови необхідно від точки C взяти частину відрізка 04 і крайню його точку з'єднати з точкою D прямою лінією, яка, перетинаючись з лінією $P1$, визначить точку 2 , яку шукають.

Точно так же, провівши через точки 1 і P пряму $1P$ і визначивши точку 2 її перетину з лінією $4D$, отримаємо інший кінець того ж діаметру, отже, цей діаметр виразиться в перспективі відрізком 12 .

Таким чином, зазначені побудови дозволяють визначити чотири точки $1, 2, 3, 4$, що належать еліпсу — перспективі заданої окружності.

Для побудови проміжних точок цього еліпса знову звернемося знову до Рис. 2 і зауважимо, що якщо проведемо лінію 69 паралельно діаметру 12 , визначимо точку 8 її перетину з лінією 24 і

проведемо лінію 38С, то ця пряма перетнеться з лінією 49, що проходить через точку 4 і точку 9 перетину ліній 96 і 329 в точці С, що належить окружності 3241. Дійсно: у трикутнику 394 лінія 96 перпендикулярна до сторони 34, а лінія 24 перпендикулярна до сторони 39; отже, пряма 3С, що проходить через точку 8 її перетину і вершину 3 кута 934, буде перпендикулярна до сторони 94, а якщо кут 3С4 — прямий, то його вершина С знаходиться на окружності 3241.

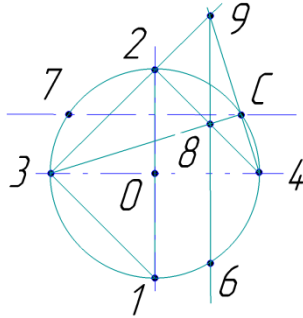


Рис. 2. Допоміжна побудова

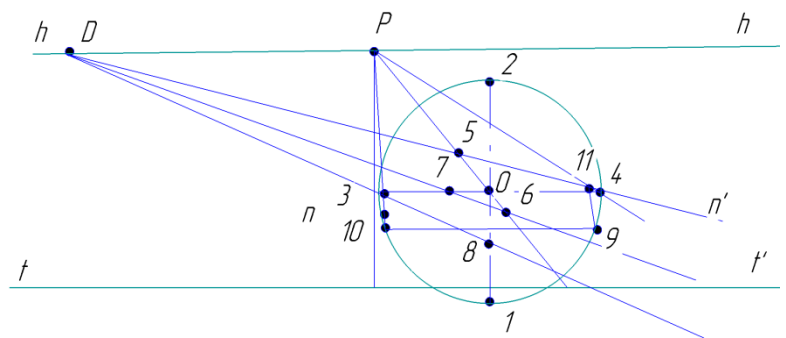


Рис. 3. Побудова перспективи кола

Так як діаметр 12 перпендикулярний до площини картини, то і лінія 69 буде до неї теж перпендикулярна, а, тому її перспектива буде проходити через центральну точку; перспективи ж інших допоміжних ліній викладеного рішення визначаються перспективами точок, що належать цим прямим, а тому і вказане рішення може бути знайдено на картинній площині.

Отже, через точку P (Рис. 1) проведемо лінію PK , а через точки 3 і 9 лінію 39 і визначимо точку M її перетину з лінією $P6$, яку і з'єднаємо з точкою в лінії 9. Проведемо лінію $B9$ і визначимо точку 8 її перетину з лінією $P6$, а через точки 3 і 4 проведемо лінію 34 і визначимо точку з її перетину з лінією BP , тоді точка C і буде належати еліпсу, службовцю перспективою заданої окружності.

Провівши через точку P іншу лінію і роблячи аналогічно, визначимо точку, що належить тому ж еліпсу, і т.д. ці лінії, що проходять через точку P , можна проводити так, що визначається точка еліпса вийде в бажаному приблизно місці слідів, точки еліпса можуть бути визначені на такій відстані одна від одної, що обрис еліпса зробиться досить точним. Застосування комп'ютера істотно полегшить процедуру побудови. Легко помітити, що всі хорди заданої окружності, паралельним картинній площині, в перспективі будуть хордами еліпса 3241 паралельними лінії $t-t'$ і діляться хордою 12 навпіл; отже хорда 12 є діаметр цього еліпса, пов'язаний зазначеним паралельним хордам. А тому, якщо відрізок 12 розділимо в точці O навпіл, отримаємо центр цього еліпса, отже положення діаметра, Сполученого діаметру 12, визначиться, провівши через точку O лінію, паралельну хорді 34 або лінії $t-t'$.

Для визначення ж величини цього сполученого діаметра, визначимо ту хорду заданої окружності, яка своєю перспективою дає цей діаметр, а по ній визначимо її перспективу, тобто діаметр, що відшукується.

Таким чином, зазначеними побудовами можна визначити перспективи 34 і 12 (Рис. 3) двох перпендикулярних діаметрів заданого кола, з яких перший паралельний картинній площині. Розділивши відрізок 12 в точці O навпіл, отримуємо центр еліпса, службовцю перспективою заданої окружності, а лінія 9-10, проведена через цю точку паралельно лінії $t-t'$, визначить положення діаметра цього еліпса, сполученого з діаметром 12.

Якщо площина заданого кола наведемо положення паралельне картинній площині, повернувши її біля лінії діаметра, паралельної лінії $t-t'$, то тоді перспективою заданої окружності буде окружність 3421, описана на відрізок 34, як на діаметрі, а діаметр заданої колу виражався перспективою 12, так само виразиться перспективою 34, тобто діаметр кола 1324 перпендикулярним до її діаметру 34.

Точка 8 є перспективою деякої точки, що належить діаметру і виражається перспективою EF при первісному положенні площини заданої окружності, а коли ця площина приймає положення паралельне картинній площині, то тоді ця точка виразиться перспективою (точкою), яка знаходиться на діаметрі EF кола 3421. Для визначення цієї перспективи наведемо через точку 8 і точку відстані D лінію PD і визначимо точку 7 її перетину з лінією 34. Відрізок 07 визначить в перспективі величину відрізка, вираженого перспективою 06 , подібно до того, як відрізок 30 виражає в перспективі величину відрізка, вираженого перспективою 10. А тому, відклавши відрізок 08 , що дорівнює відрізку 07 , проведемо через точку 8 хорду 9-10 кола 3421, паралельну діаметру 34. Ця хорда буде

перспективою хорди, яка відшукується, але тільки при положенні площини заданої окружності паралельної картинної площини. Залишається цю ж хорду визначити перспективою при первісному положенні площини заданої окружності.

Для цього через точки 9 і 10 проведемо лінію 9-10 паралельні лінії Е8 і визначимо, точки перетинів з лінією 34, які і з'єднаємо з точкою Р прямими Р10 і Р4. Лінії Р10 і Р4, перетинаючись з лінією 9-10, проведеної через точку 8, паралельно лінії 34, визначають відрізок 9-10, який і буде відшукуваним, та пов'язаним з діаметром 12 еліпса 304; а маючи дані по положенню і за величиною двох сполучених діаметрів еліпса, можна визначити ряд точок, що йому належать.

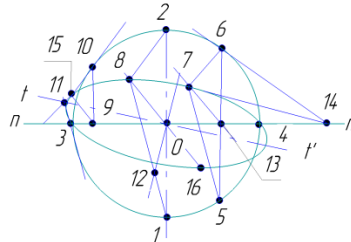


Рис. 4. Допоміжна побудова

Для визначення ж ряду точок, що належать еліпсу, коли дані два його пов'язані діаметра 34 і 08 (Рис. 4.), треба, як відомо, на відрізку 34, приймаючи його за діаметр, описати коло, через центр 0 провести діаметр 12 перпендикулярний до цього діаметру, а точки 2 і 8 з'єднати відрізком 28. На діаметрі 34 взяти якусь точку 13, через неї пронести лінію 7-13, паралельну 08 і 11-9, визначити точку 6 перетину лінії 65 з описаною окружністю і через точку 6 провести лінію 67 паралельну 28, яка перетинаючись в точці 7 з лінією 874, визначити точку, що належить необхідного еліпсу.

Якщо точки 1 і 8 з'єднаємо відрізком 18, а точки 7 і 6 відрізком 76, то ці відрізки будуть паралельні між собою. З подібних трикутників 082 і 76-13 отримуємо: $08 : 02 = 7-13 : 6-13$

Але $01 = 02$ і $6-13 = 5-13$, отже: $08 : 01 = 13-7 : 13-6$.

Крім того, кут 801 дорівнює куту 7-13-5, отже трикутник 802 подібний трикутнику 76-13, а тому сторона 28 паралельна стороні 76.

На цій підставі можна визначити точку, що належить еліпсу, наступною побудовою.

Описавши на діаметрі 34 окружність 3142 і провівши діаметр 12, до нього перпендикулярний, як і в попередньому рішенні, треба точку 8 з'єднати з точкою 2 лінією 82. Потім на лінії 34 взяти довільну точку 13 і через неї провести лінію 13-7, паралельну 08 та лінію 13-6, паралельну лінії 12, через точку 5 перетину лінії 13-5 з описаною окружністю провести лінію 57, паралельну лінії 82 і визначити точку 7 її перетину з лінією 13-7, яка і буде належати вказаному еліпсу.

Коли у еліпса визначено по положенню і за величиною два його сполучених діаметра, то можна визначити по положенню і за величиною його вісі, ґрунтуючись на наступному.

По-перше, дотична лінія 76, проведена до еліпса в точці 7 і дотична, що проведена у відповідній точці 6 або 7 кола перетинаються між собою в точці 1, що лежить на лінії pp даного сполученого діаметра 34. По-друге, якщо буде описано коло з загальним центром з даним еліпсом, який перетинає його в чотирьох точках, то загальні до цих двох кривих ліній чотири дотичні перетинаються між собою попарно на лініях осей цього еліпса, причому ці лінії кути кожної пари дотичних ділять навпіл, як наприклад, лінія tt ділить навпіл кут 10-11-3 двох загальних дотичних 11-3 і 11-10.

Припустимо, що нам дано два сполучених діаметра 34 і 8-16 еліпса, в якому бажаємо визначити напрямок його осей.

На відрізку 34, як на діаметрі, описуємо коло 31423, в ній проводимо діаметр 12, перпендикулярний до діаметру 34, а точку 11 з'єднуємо з точками 1 і 2 лініями 81 і 82. До описаної окружності наведемо дотичну 10-11, паралельну лінії 15-1, і визначимо на еліпсі точку 15, відповідну точці 10, зазначеною вище побудовою, тобто, через точку 10 проведемо лінію 10-9 і паралельну лінії 12; визначимо точку 9 і її перетин з лінією 34, а через точку 9 проведемо лінію 9-15, паралельну 0-16 і визначимо точку 15 її перетину з лінією, проведеної через точку 10, паралельно лінії 81, тобто проведену вже дотичною лінією 10-11. Дотична 3-11 до описаної окружності перетинається з лінією 34 в точці 3, отже, пряма, що з'єднує точки 3 і 15, буде дотична до еліпса в точці 15, звідки бачимо, що лінія 10-11 є загальна дотична до даного еліпсу і до кола 31423.

Провівши до цього кола дотичну 3-11, паралельну лінії 82 і визначивши точку 15, що належить еліпсу за допомогою трикутника, подібного трикутнику 082, побачили б, що лінія 3-11 буде дотичною і до еліпса в точці 3, отже, ця лінія 3-11 буде теж загальна дотична до даного еліпсу і

описаної окружності. Вище було помічено, що кут 10-11-3, утворений парєю загальних дотичних 10-11 і 11-3 до еліпса і до зазначеної окружності, лінією осі еліпса ділиться навпіл, то, визначивши точку 11 перетину дотичних 10-15 і 11-3, наведемо через неї і точку 0 прямої 11-0, яка і буде лінією однієї з осей даного еліпса; а провівши через точку 0 лінію до неї перпендикулярну, отримаємо положення лінії іншої його осі. Для скорочення ж побудов можна поступити наступним чином: кут 182, дорівнює куту 10-11-3, отже розділивши перший кут навпіл, визначимо напрямок однієї з осей даного еліпса, а провівши через точку 0 лінію 11-0, їй паралельну, визначимо і положення однієї з осей еліпса, положення другої осі визначиться, аналогічно.

Все, що було сказано про побудову перспективи кола, що належить предметній площині, цілком може бути застосовано і для кіл, що лежать не тільки на площинах паралельних і перпендикулярних до предметної площини, а й на площинах похилих, коли у останніх визначені відповідні лінії сходу і визначено в перспективі їх горизонтальні сліди. Тому для спрощення побудов, без втрати наочності, можна при виконання кресленика перспективних зображень замість побудови еліпсу використовувати овал

Висновок. Визначено, яким чином коло зображується у перспективних зображеннях, доведено, що еліпс, яким зображується коло у перспективі, має теж властивості, що і еліпс при побудові аксонометричних проєкцій. Доведено, що при побудові еліпсу, хоч у перспективі, хоч у аксонометрії, основною проблемою залишаються питання точної побудови еліпсу, необхідність використання лекал, потреба виконання чималої кількості допоміжних побудов. Тому, при можливості, пропонується при виконання кресленика перспективних зображень замість побудови еліпсу використовувати овал.

Список бібліографічного опису

1. Гордон В. О. Курс начертательной геометрии: учебник / В. О. Гордон, М. А. Семенов - Огиевский. – М.: Наука, 1976. – 432 с.
2. Ланюк А. В. Аксонометрические проекции: учебник / А. В. Ланюк. — М. : Гос. изд - во лит - ры по строительству и архитектуре, 1956. – 176 с.
3. Порсин Ю. Я. Аксонометрические изображения машиностроительных деталей: учебник / Ю. Я. Порсин. – М.- Л. : Mashgiz, 1973. – 188 с.
4. Соловьев С. А. Перспектива / С. А. Соловьев.- М.: Просвещение, 1981. - 144с.
5. Соловьев С. Д. та інші. Черчение и перспектива / С. А. Соловьев. - М.: Высшая школа, 1982.
6. Журило А. Г. Теоретичні та практичні основи аксонометрії [Текст] / А. Г. Журило. Навч. посібник. Х.: НТУ «ХПІ». — 2010. - 196 с.
7. Петерсон В. Е. Перспектива / В. Е. Петерсон. М.:Просвещение, 1970. – 184 с.
8. Ратничин В. М. Перспектива / В. М. Ратничин. Киев, Вища школа, 1982.- 232 с.
9. Журило А. Г. Деякі питання щодо креслення кіл при побудові аксонометричних проєкцій / А. Г. Журило, Є. М. Сивак // Комп'ютерно - інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. — 2017. - №26. - С. 93-98. Видавництво Луцького національного технічного університету.
10. Журило А. Г. Построение перспективных изображений при отображении картинной плоскости / А. Г. Журило, Е. М. Сивак, И. Ю. Адашевская // Вестник НТУ «ХПИ». № 17, 2014. С. 73-79.
11. Журило А. Г. Побудова перспективи кола, що належить предметній площині / А. Г. Журило, Є. М. Сивак // Комп'ютерно - інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. — 2020. - №39. - С. 17-21. Видавництво Луцького національного технічного університету.

References

1. Gordon V. O. Kurs nachertatel'noj geometrii: uchebnik / V. O. Gordon, M. A. Semencov - Ogievskij. – M.: Nauka, 1976. – 432 s.
2. Lanyuk A. V. Aksonometricheskie proekcii: uchebnik / A. V. Lanyuk. — M. : Gos. izd - vo lit - ry po stroitel'stvu i arhitekture, 1956. – 176 s.
3. Porsin Yu. Ya. Aksonometricheskie izobrazheniya mashinostroitel'nyh detalej: uchebnik / Yu. Ya. Porsin. – M.- L. : Mashgiz, 1973. – 188 s.
4. Solov'ev S. A. Perspektiva / S. A. Solov'ev.- M.: Prosveshchenie, 1981. - 144s.
5. Solov'ev S. A. ta insh. Cherenie i perspektiva / S. A. Solov'ev. - M.: Vysshaya shkola, 1982.
6. Zhurilo A. G. Teoretichni ta praktichni osnovi aksonometrii [Tekst] / A. G. Zhurilo. Navch. posibnik. H.: NTU «HPI». — 2010. - 196 s.
7. Peterson V. E. Perspektiva / V. E. Peterson. M.:Prosveshchenie, 1970. – 184 s.
8. Ratnichin V. M. Perspektiva / V. M. Ratnichin. Kiev, Vishcha shkola, 1982.- 232 s.
9. Zhurilo A. G. Deyaki pitannya shchodo kreslennya kil pri pobudovi aksonometrichnih proekcij / A. G. Zhurilo, E. M. Sivak // Komp'yuterno - integrovani tekhnologii: osvita, nauka, virobnictvo. — 2017. - №26. - S. 93-98. Vidavnictvo Luc'kogo nacional'nogo tekhnichnogo universitetu.
10. Zhurilo A. G. Postroenie perspektivnyh izobrazhenij pri otobrazhenii kartinnoj ploskosti / A. G. Zhurilo, E. M. Sivak, I. Yu. Adashevskaya // Vestnik NTU «HPI». № 17, 2014. S. 73-79.
11. Zhurilo A. G. Pobudova perspektvy kola, shcho nalezhyt predmetnii ploshchyni / A. G. Zhurilo, E. M. Sivak // Komp'yuterno - integrovani tekhnologii: osvita, nauka, virobnictvo. — 2020. - №36. - S. 17-21. Vidavnictvo Luc'kogo nacional'nogo tekhnichnogo universitetu.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-07>

УДК: 004.9

¹Кузьмич Олена Іванівна, к. ф.-м. н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-8717-4497>

¹Яковлюк Сергій Миколайович, студент

¹Багнюк Наталія Володимирівна, к. т. н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-7120-5455>

²Мекуш Оксана Григорівна

<https://orcid.org/0000-0001-6052-9211>

¹Луцький національний технічний університет,

²Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ-ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ

Кузьмич О.І., Яковлюк С.М., Багнюк Н.В., Мекуш О.Г. Дослідження ефективності мобільного додатку-тренажера для вивчення англійської мови. В даній статті представлено проект розробки мобільного додатку-тренажера для вивчення англійської мови базового рівня, а також результати проведених досліджень його ефективності у формі опитувань та контрольованих експериментів.

Ключові слова: додаток, іноземна мова, навчання.

Е.И. Кузьмич С.Н. Яковлюк, Н.В. Багнюк, О.Г. Мекуш. Исследование эффективности мобильного приложения-тренажера для изучения английского языка. В данной статье представлен проект разработки мобильного приложения-тренажера для изучения английского языка базового уровня, а также результаты проведенных исследований его эффективности в форме опросов и контролируемых экспериментов.

Ключевые слова: приложение, иностранный язык, обучение.

O.I. Kuzmych, S.M. Yakovliuk, N.V. Bahniuk, O.G. Mekush. Research of the effectiveness of a mobile simulator application for learning English. This article presents a project for the development of a mobile simulator application for learning basic English, as well as the results of studies of its effectiveness in the form of surveys and controlled experiments.

Keywords: application, foreign language, education.

Постановка наукової проблеми.

В сучасному світі дуже швидко зростає необхідність володіння декількома мовами, серед яких особливе місце посідає англійська, оскільки вона має інтернаціональний статус і в більшості країн світу є однією з державних мов. Особливого значення їй надає і те, що сучасний інформаційно-технологічний світ з початку його становлення, активно реалізовувався носіями цієї мови. Завдяки представленим фактам виникає необхідність вчити англійську мову всім, хто планує працювати із іноземцями або подорожувати світом. В контексті цього особливого значення набуває ефективний, швидкий та оперативний процес вивчення мови саме дітьми, як майбутніми активними членами цього суспільства.

Сьогодні англійська мова, як основна мова міжнародного спілкування, викладається у переважній більшості шкіл по всьому світу, зокрема, й в Україні. Іноді її викладання буває занадто ускладнене для учнів, що викликає у них відторгнення та, як наслідок, небажання навчатись. Також частою причиною такого ставлення до навчання у школі є несприятлива обстановка та велика кількість людей у класі. Представлені дані показують необхідність створення технологічного засобу для дітей, за допомогою якого вони могли б зручно та без перешкод вивчати іноземну мову, і при цьому не залишатимуться в залежності від шкільного класу або певних часових рамок. Як відомо, сьогодення характеризується високою доступністю технологічних пристроїв, зокрема, й для дітей. Враховуючи це, можна прийти до висновку, що засіб, який би відповідав представленим вимогам це мобільний додаток, аналіз ефективності та практична розробка якого представлено в цій статті.

Мобільні платформи наразі дуже розповсюджені і за даними Pew Research Center у 2017 році смартфон був у 59% дорослих людей. Більш того, цей показник в рази вищий у країнах розвинутих у сфері інформаційних технологій. Насьогодні можна помітити, що практично у кожного школяра ще у початкових класах з'являється їх перший смартфон. Проте, найпопулярнішими програмами для смартфонів у дітей залишаються ігрові додатки, месенджери та додатки соціальних мереж. Одразу зрозуміло, що складніші додатки у дітей не викликають зацікавленості саме завдяки ускладненості та незрозумілості. Тому головними вимогами до навчальних мобільних додатків для дітей є саме інтуїтивна зрозумілість та простота інтерфейсу без нагромадження зайвої інформації.

Аналіз досліджень.

Проблема вивчення іноземних мов часто піднімається у педагогічних науках. Дослідження методів та інших теоретичних засад вивчення іноземних мов представлені у роботах В. В. Осадчого, С.В. Симоненка, С.В. Смоліної, Р. Горбатюка, Ю. Тулашвілі та інших [1, 2, 3].

Також існує багато робіт у сфері інформаційних технологій щодо розробки програм та засобів для вивчення англійської мови Використання мобільних застосунків у навчанні іноземним мовам досліджували Ю-Чанг Хсу, Ю-Хі Чінг, Дж. Аттевел, Дж. Тракслер, Б. Ріордан [4, 5]. Були наведені проекти власних розробок лінгвістико-аналітичного спрямування на тему застосування комп'ютерних пристроїв для навчання у роботах Л. В. Горбатюк, Н. В. Кравченко, Г. М. Алексєєвої, Т. С. Розумної, П. А. Пеха, Н. Н. Касаткіної, Н. С. Лагутіної, С. В. Варшавської [6, 7, 8, 9].

Також були розглянуті перспективи розвитку мобільних застосунків для вивчення іноземних мов та формування іншомовної компетенції в роботах Квінг-Ке Фу, Гво-Жен Кванг, Р.С. Гуревича, С. В. Тітова, А. П. Аваменко, Л. В. Горбатюк, Н. В. Кравченко, Г. М. Алексєєвої, Т.С. Розумної [10, 11, 12].

Таким чином, мобільні пристрої пропонують широкі можливості для організації персоналізованих занять з іноземної мови, що визначає актуальність та важливість представленого дослідження. Робота зі смартфонами й планшетами на занятті з іноземної мови дає змогу працювати з автентичними матеріалами, спонукає учнів та студентів до творчості, мобільності, гнучкості в мисленні [9].

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів.

Мобільні додатки, зазвичай, набагато простіші від десктопних програм, оскільки мають менше функцій та в цілому повинні вмістити інформацію на значно меншому просторі екрану, що вимагає лаконічності та логічної упорядкованості інформації. Одним з правил дизайну мобільних додатків, особливо, якщо основною аудиторією користувачів є діти, є простота інтерфейсу та достатня кількість функцій.

Таким чином, в межах розробленого практичного проекту був спроектований простий та лаконічний інтерфейс, а сама структура програми представлена на рисунку 1.



Рисунок 1 – Схема додатку-тренажера

Під час проектування мобільного додатку-тренажера було обрано декілька типів тестування, а також було розроблено довідник з підбіраною навчальною базою: словами та правилами, які вивчатимуться за допомогою програми, та деякими базовими довідниковими даними.

Для використання у додатку було розроблено три типи тестування:

1. Закриті тестові завдання на переклад слів;
2. Відкриті тестові завдання на переклад слів;
3. Закриті тестові завдання на граматику.

Також було обрано довідникову базу, до якої відносяться:

1. База слів, представлених для вивчення;
2. Таблиця-довідник неправильних дієслів англійської мови;

3. Граматичні правила побудови речень англійською мовою.

Крім вищевказаного було вирішено додати до застосунку можливість посилатись до певного інтернет-ресурсу задля перекладу слів та фраз.

Особливості розробки навчального додатку-тренажера

Головною частиною додатку є тестові завдання різних типів та рівнів складності, два з яких застосовуються для розширення словникового запасу учнів та один для покращення володіння граматичними правилами.

Тестові завдання закритого типу на переклад слів представляють собою запитання у вигляді ілюстрації та слова, яке її визначає, українською мовою. Також присутні 4 варіанти відповіді – англійські слова, одне з яких є перекладом представленого у запитанні слова. (Рис. 2, а)

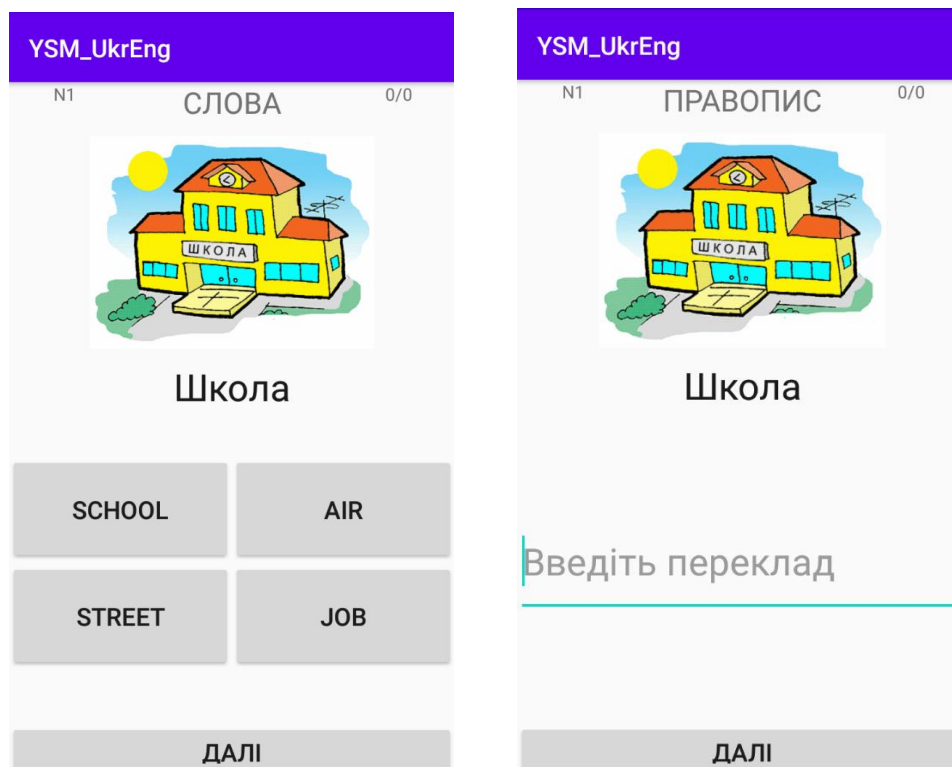


Рисунок 2 – Тестові завдання на переклад слів(скріншоти з додатку): а) закрыта форма; б) відкрита форма.

Наступним типом тестових завдань є ті ж самі питання та відповіді, проте, без представлення варіантів відповідей, а тільки зі стрічкою вводу (Рис. 2, б).

Третім типом тестових завдань, який представлений у даному додатку є завдання закритої форми на граматику. Головною її функцією є тестування на тему часових форм англійської мови (Present Simple, Past Continuous тощо). Завдання представляє собою запитання у вигляді речення із пропущеним словом, а серед відповідей присутні слова, які можливо підставити на місце пропуску. При цьому лише один з варіантів вірний (Рис. 3).

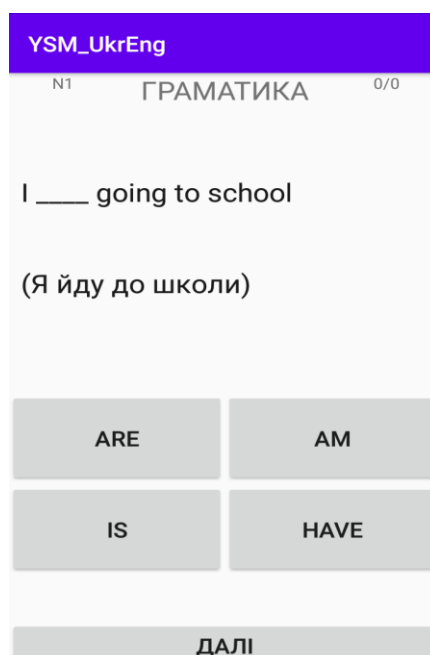


Рисунок 3 – Тестове завдання закритої форми на граматику (скріншот з додатку)

Дослідження ефективності розробленого додатку-тренажера

В процесі аналітичного дослідження предметної області було досліджено ефективність додатку за допомогою соціологічного опитування та контрольованого експерименту.

Так за результатами опитування користувачів додатку (Рис. 4) стало зрозуміло, що в цілому додаток добре сприймається респондентами та має хорошу потенційну корисність в якості ефективного додатку-тренажера для навчання дітей іноземної мови. Для опитування було підібрано 5 питань на які повинні були відповісти респонденти для оцінювання загальної якості розробленого продукту:

1. Оцінка загального враження;
2. Оцінка потенційної корисності;
3. Оцінка зручності;
4. Оцінка інтерфейсу;
5. Оцінка розроблених тестів.

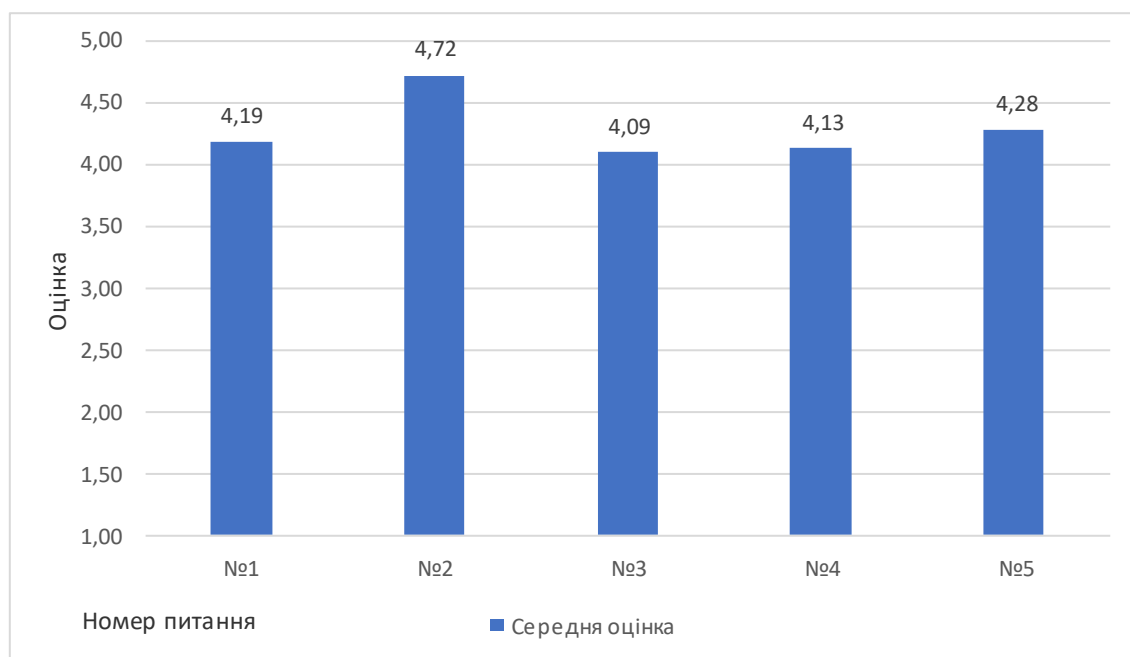


Рисунок 4 – Результати опитування користувачів додатку

Також для оцінки ефективності було проведено контрольований експеримент із 30 учасниками – учнями початкових та середніх класів. Частково результати проведених експериментів представлені на рисунках 5 та 6.

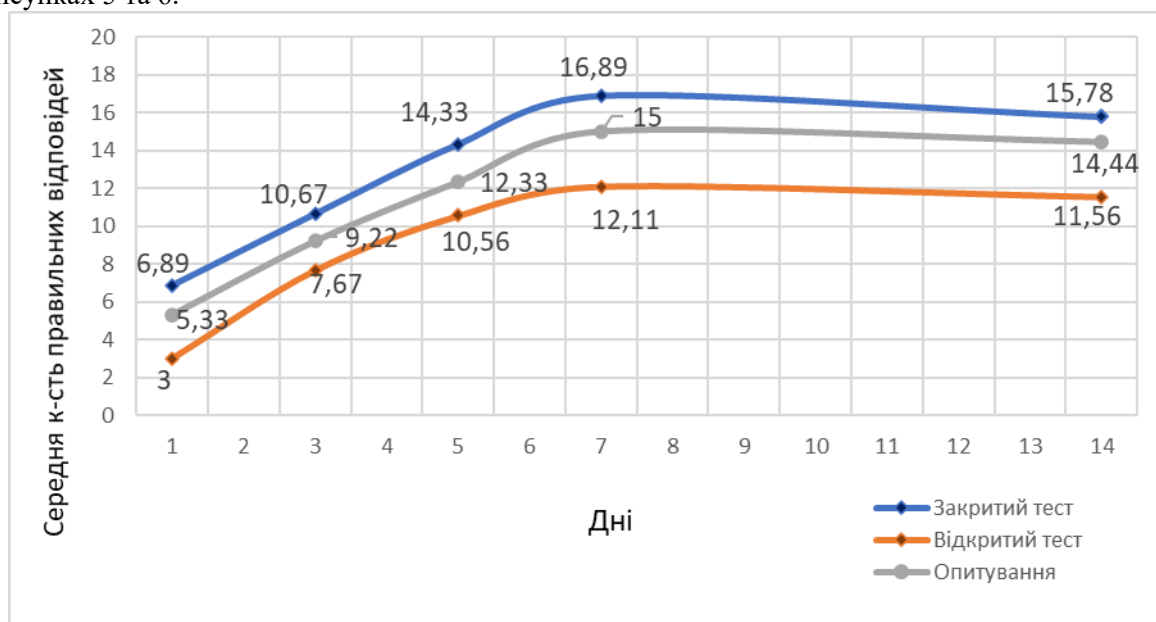


Рисунок 5 – Результати експерименту із тестами на переклад

Для проведення експерименту було відведено 14 днів. Впродовж перших 7-ми днів учасники проходили відповідні тестування із добіркою в 20 тестів на переклад слів та 10 тестів на граматику за допомогою додатку. Далі, починаючи з 8-го дня учасники припиняли користуватися додатком і наприкінці, 14-го дня знову проходили усі тестування. Також паралельно проводилось усне опитування учасників експерименту під час якого правильними вважались усі відповіді які схожі на правильний переклад, не беручи до уваги дефекти в вимові даних слів.

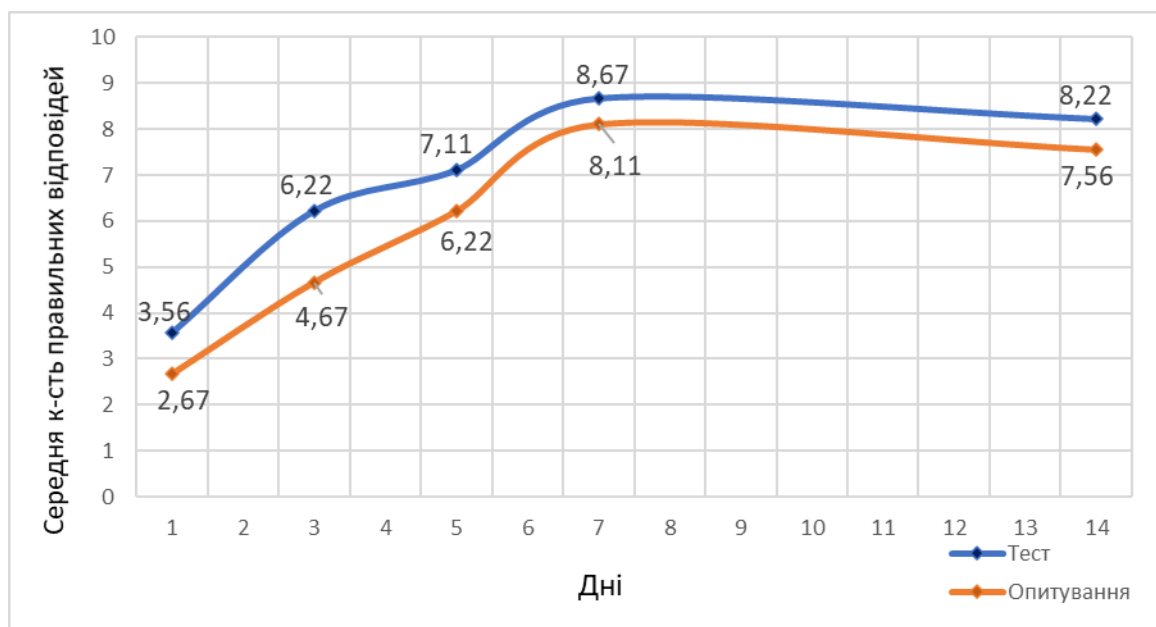


Рисунок 5 – Результати експерименту із тестом на граматику

Всі реалізовані модельні експерименти показали хороші результати ефективності розробленого додатку та, зокрема, якості самих тестів.

Учасники запам'ятали в середньому 9,11 слів із 14,67 незнайомих, а також навчилися правильно писати 8,56 слів із 17, які вони раніше не могли правильно відтворити у письмовому вигляді.

За результатами експерименту з тестом на граматику, кількість правильних відповідей через опитування зростає з 26,7% до 75,6% на довгостроковому рівні.

Висновки та перспективи подальшого дослідження.

У роботі був представлений проєкт додатка-тренажера, який пропонується як засіб для вивчення англійської мови базового рівня. Даний додаток добре оцінили користувачі, які брали участь в опитуванні. Також проведені дослідження довели, що розроблений застосунок показує хорошу ефективність для вивчення та запам'ятовування слів та правил англійської мови учням початкових та середніх класів. Перспективами розвитку даного додатку є покращення та розширення навчальної бази та удосконалення ефективності навчання за допомогою використання результатів найновіших досліджень. Подальші дослідження у представленому напрямку можуть відобразити шляхи можливого вдосконалення розробленого додатка-тренажера і стануть запорукою подальшого його покращення в напрямку розширення та модифікації функціоналу додатку.

Список бібліографічного опису.

1. В. В. Осадчий, С. В. Симоненко, «Іноземна мова як засіб формування комунікативної компетентності майбутніх інженерів-програмістів», Інформаційні технології і засоби навчання, № 58, Вип. 2, с. 38–48, 2017.
2. Р. Горбатюк, Ю. Тулашвілі, «Мобільне навчання як нова технологія вищої освіти», Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Педагогіка. Соціальна робота, № 27, с. 31-34, 2013
3. С. В. Смоліна, «Методика формування іншомовної лексичної компетенції», Іноземні мови, № 4, с. 16-23, 2010.
4. Yu-Chang Hsu, Yu-Hui Ching, «Mobile App Desing for Teaching and Learning Educators», Experiences in an Online Graduate Course, Vol 14, № 4, pp.117–139, 2013.
5. J. Attewell, J. Traxler, B. Riordan, C. Dennett «Towards sustainable large-scale implementation of mobile learning: a mobile learning network (MoLeNET). In the bridge from text to context», Conference materials mLearn, 2008, с. 28–35, 2008.
6. Л. В. Горбатюк, Н. В. Кравченко, Г. М. Алексеева, Т. С. Розумна «Мобільні додатки як засоби формування іншомовної лексичної компетентності студентів нефілологічних спеціальностей», Інформаційні технології і засоби навчання, Том 74 № 6, с. 150-164, 2019
7. П. А. Пех, С. М. Яковлюк «Створення колоди карток з програмування мовою C++ засобами програми Anki», Комп'ютерно інтегровані технології: освіта, наука, виробництво, с. 172-176, 2019
8. Н. Н. Касаткина, Н. С. Лагутина, «Разработка компьютерных программ как инструмент повышения качества обучения иностранному языку», Информационно-коммуникационные технологии в лингвистике, лингводидактике и межкультурной коммуникации, с.124–132, 2014.
9. С. В. Варшавская, «Использование мобильных справочных приложений для оптимизации процесса обучения английскому языку», Новые технологии в обучении иностранным языкам, с. 97–103, 2015.
10. Fu, Qing-Ke, and Gwo-Jen Hwang. «Trends in mobile technology-supported collaborative learning: A systematic review of journal publications from 2007 to 2016.» Computers & Education, № 119, 129-143, 2018.
11. Р. С. Гуревич, «Мобільне навчання – нова технологія професійної освіти XXI століття» Вісник Луганського національного університету імені Тараса Шевченка. Педагогічні науки, 20, 113-119, 2012. ISSN: 2076-8184. Інформаційні технології і засоби навчання, 2019, Том 74, №6.
12. С. В. Титова, А. П. Авраменко, «Эволюция средств обучения в преподавании иностранных языков: от компьютера к смартфону», Вестник Московского университета., №. 1. Серия 19: Лингвистика и межкультурная коммуникация, с. 9–21, 2013.

References:

1. V.V. Osadchy, S.V. Symonenko, "Foreign language as a means of forming the communicative competence of future software engineers", Information technology and teaching aids, No.58, Issue. 2, p. 38–48, 2017.
2. R. Gorbatyuk, Y. Tulashvili, "Mobile learning as a new technology of higher education", Scientific Bulletin of Uzhgorod National University. Series: Pedagogy. Social work, No. 27, p. 31-34, 2013.
3. S.V. Smolina, "Methods of forming foreign language lexical competence", Foreign languages, No. 4, p. 16-23, 2010.
4. Yu-Chang Hsu, Yu-Hui Ching, «Mobile App Desing for Teaching and Learning Educators», Experiences in Online Graduate Course, Vol 14, No. 4, pp.117–139, 2013.
5. J. Attewell, J. Traxler, B. Riordan, C. Dennett «Towards sustainable large-scale implementation of mobile learning: a mobile learning network (MoLeNET). In the bridge from text to context », Conference materials mLearn, 2008, p. 28–35, 2008.
6. L.V. Gorbatyuk, N.V. Kravchenko, G.M. Alekseeva, T.S. Rozumna, "Mobile applications as a means of forming foreign lexical competence of students of non-philological specialties", Information technology and teaching aids, Vol. 74, No. 6, pp. 150-164, 2019.
7. P.A. Pekh, S.M. Yakovlyuk "Creating a deck of cards for programming in C ++ by means of the Anki program", Computer-integrated technologies: education, science, production, pp. 172-176, 2019.
8. N.N. Kasatkina, N.S. Lagutina, "Development of computer programs as a tool to improve the quality of foreign language learning", Information and communication technologies in linguistics, linguodidactics and intercultural communication, pp.124-132, 2014.
9. S.V. Varshavskaya, "The use of mobile reference applications to optimize the process of learning English", New technologies in foreign language teaching, pp. 97–103, 2015.
10. Fu, Qing-Ke, and Gwo-Jen Hwang. «Trends in mobile technology-supported collaborative learning: A systematic review of journal publications from 2007 to 2016.» Computers & Education, № 119, 129-143, 2018.
11. R.S. Gurevich, "Mobile learning - a new technology of vocational education of the XXI century" Bulletin of Lugansk National University named after Taras Shevchenko. Pedagogical Sciences, 20, 113-119, 2012. ISSN: 2076-8184. Information Technologies and Teaching Aids, 2019, Volume 74, No. 6.
12. S.V. Titova, A.P. Avramenko, "Evolution of teaching aids in foreign language teaching: from computer to smartphone", Bulletin of Moscow University, No.1. Series 19: Linguistics and Intercultural Communication, pp. 9–21, 2013.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-08>

УДК: 004.62

Лавренчук Світлана Василівна, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-5453-3924>

Чабан Артем Сергійович, студент

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ПОГОДНИХ УМОВ ЗА ДОПОМОГОЮ TELEGRAM BOT API

Лавренчук С.В., Чабан А.С. Дослідження зміни погодних умов за допомогою Telegram Bot API. Розглянуто дослідження зміни погодних умов за допомогою Telegram Bot API. Використано аналітичні типи даних з кількох ресурсів API для виявлення найбільш точного та швидкого доступу до інформації через Telegram Bots із моніторингом більше двох вибірок в одній системі координат. Це дозволить нам вибрати найточніші показники та швидше передавати інформацію кінцевому користувачу. Враховано основні показники температури з точністю до однієї соті, вологість у відсотках, атмосферний тиск, швидкість вітру, хмарність, індекс ультрафіолету у вибраній системі координат, видимість на вулиці, стан озону в атмосфері.

Ключові слова: Telegram, bot, аналітика, точність даних, моніторинг даних, ввід даних, вивід даних, вибірка, погодні показники, швидкість передачі даних.

Лавренчук С.В., Чабан А.С. Исследование изменения погодных условий с помощью Telegram Bot API. Рассмотрены исследования изменения погодных условий с помощью Telegram Bot API. Использованы аналитические типы данных с нескольких ресурсов API для выявления наиболее точного и быстрого доступа к информации через Telegram Bots с мониторингом более двух выборок в одной системе координат. Это позволит нам выбирать точные показатели и быстрее передавать информацию конечному пользователю. Учтены основные показатели температуры с точностью до одной сотой, влажность в процентах, атмосферное давление, скорость ветра, облачность, индекс ультрафиолета в выбранной системе координат, видимость на улице, состояние озона в атмосфере.

Ключевые слова: Telegram, bot, аналитика, точность данных, мониторинг данных, ввод данных, вывод данных, выборка, погодные показатели, скорость передачи данных.

Lavrenchuk S.V., Chaban A.S. Investigate weather changes using the Telegram Bot API. Studies of changes in weather conditions using the Telegram Bot API are considered. Analytical data types from several API resources were used to identify the most accurate and fast access to information through Telegram Bots with monitoring of more than two samples in one coordinate system. This will allow us to choose accurate indicators and transfer information to the end user faster. The main indicators of temperature are taken into account with an accuracy of one hundredth, humidity as a percentage, atmospheric pressure, wind speed, cloud cover, ultraviolet index in the selected coordinate system, visibility on the street, and ozone in the atmosphere.

Keywords: Telegram, bot, analytics, data accuracy, data monitoring, data entry, data output, sampling, weather indicators, data rate.

Вступ. Телеграм ботами користується все більше людей. Ця, на перший погляд, проста річ дозволяє взаємодіяти з банками, обмінниками, робити онлайн замовлення, керувати Bitcoin-гаманцями, управляти бізнес процесами, має підтримку баз даних, а також може замінити служби підтримки. Тобто цей інструмент слугує для автоматизації процесів, аналітики даних та інших адміністративних процесів.

Ці всі дії користувачі робили раніше за допомогою Web-ресурсів. Оскільки при доступі до цієї інформації нам потрібен час для обробки даних, то ми будемо використовувати Telegram API для подальшого зв'язку з нашим ресурсом, від якого будемо отримувати наші вибірки з потрібною інформацією.

До основних переваг отримування даних через Telegram Bot API можна віднести:

- Користувачі швидше отримують потрібну інформацію порівняно з сайтами. Досить багато сайтів і додатків мають подібний інтерфейс, ніби однакові для всіх, але разом з тим не підходять ні для кого. При використанні ботів виникає відчуття, ніби людину обслуговують особисто, і вона може навіть не здогадуватися, що на тому боці знаходиться розумна програма, а не конкретний менеджер. Крім того, персональне обслуговування відкриває нові можливості для просування послуги, додаткових бонусів, персональних акцій, що може принести величезну віддачу.

- Текстовий інтерфейс потребує мало інтернет-трафіку, крім того у більшості операторів на месенджери розповсюджується безлімітний інтернет. Це досить важливо, адже близько половини клієнтів виходять в інтернет тільки з мобільних пристроїв, не у всіх є безліміт або висока швидкість. Наприклад, якщо користувачеві потрібно дізнатися прогноз погоди, то він не буде чекати завантаження цілої сторінки у браузері, дивитись на рекламні банери і шукати потрібну інформацію, набагато зручніше написати боту і відразу отримати те, що потрібно.

- Дешеві сервери, щоб розміститись на ресурсі. Не потрібно платити за домен та хостинг. Під наші потреби передачі та для здійснення аналітичного аналізу інформації підходить саме цей варіант.

- Гнучкість і швидкість відповіді користувачу. На сайті потрібно звертатись у службу підтримки і не зрозуміло коли буде відповідь. Бот сам виправляє свої помилки просто сам перезапускається через кілька хвилин.

- Захист від небажаних конкурентів. Вся інформація в зашифрованому виді p-p-p знаходиться на пристрої у користувача. Тому зловмисникам неможливо запустити вірусний файл для руйнації проекту.

- Не вимагає установки і авторизації. Щоб скористатися ботом, клієнтові не потрібно завантажувати і встановлювати додаток на телефон або заповнювати форму реєстрації на сайті або в додатку. Як тільки клієнт написав боту – ви відразу знаєте його ім'я і логін, після чого ви можете працювати з користувачем.

Аналіз останніх досліджень. Розглянемо подібні проекти які працюють по даному принципу, проаналізуємо найбільші проекти на телеграм площадці, яка спрямована на світовий ринок.

Weatherman_bot був актуальним кілька років. На даний момент він не працює, оскільки автори не змогли монетизувати проект і втриматись на телеграм площадці.

TheLairBot бот показує детальний прогноз погоди на 5 днів. Він показує температуру, щільність хмар, опади, зливи, сніг, швидкість вітру, пориви вітру, напрямок вітру, тривалість світлового дня. Він питає місто та сам вибирає точку на карті Google maps. Це не дуже зручно, оскільки, якщо користувачеві потрібно вказати координати певного району великого мегаполісу, то актуальність даних втрачається.

WorldWeatherBot – також проект, який на даний момент не працює. На нашу думку, тут така ж проблема, як з *Weatherman_bot* – розробники також не змогли реалізувати свою задумку до логічного кінця.

METAR Info Bot взагалі показує погоду в 3 аеропортах. Це звичайно корисно для клієнтів авіасполучень, але не для загального користувача, який збирається на роботу або планує свій тиждень відповідно до погоди.

Wrdar_bot також не працює. По аналізі даного боту незрозуміло чи використовувався програмний код на ньому чи автори просто створили оболонку і наповнили текстом в *BotFather*.

Pogodarlingbot досить цікавий, є ідеї, які можна реалізувати в нашій роботі, але є одна важлива проблема – локалізація під різних користувачів.

Розглянувши основні проекти на Telegram Bot API бачимо що 70% взагалі не працює через незрозумілі причини. *Weatherman_bot* взагалі був лідером на ринку з аудиторією понад 1 мільйон користувачів. Проаналізувавши інших ми помітили, що у них дуже незручний дизайн інтерфейсу. Одним з дуже вагомих недоліків є незручне використання та управління. Потрібно натиснути старт і вводити команди вручну такі як */help*, */w*, */add*, */finish*, */array*, */ide*, */choose*, */find*. Це зручно та інтуїтивно зрозуміло для людей, які мають або мали якесь відношення до ІТ-технологій. Звичайний користувач не зрозуміє, як потрібно взаємодіяти з ботом після того, як натисне */start*. Тому слід використовувати *inline keyboard* або *simple keyboard*. Це дозволить конверсію користування проектом на постійній основі збільшити як мінімум на 50%.

Розглянемо основні переваги використання *inline keyboard*:

- Обробка на серверах. Ми ховаємо «страшний код» та обробку даних на серверах і користувач не повинен вводити їх, щоб отримати бажану інформацію.

- Автоматизація. Користувач одним натисканням запускає алгоритм, який пов'язаний з іншими алгоритмами.

- Швидкодія. Обробка інформації швидша ніж на Веб-ресурсах. Ми не будемо очікувати обробку кнопки, ми одразу отримуємо доступ по API. Телеграм не має проблем з падінням серверів, тому втрата швидкості на передачу дуже мінімальна.

- Захист. Користувач може бути впевненим, що його дані ніхто не отримає зі зловмисників (звичайно, якщо адміністратор даного ресурсу не буде зловмисником).

Давайте розглянемо один з незручних для користування телеграм ресурсів, для якого діє правило розробник – розробник (рис.1).

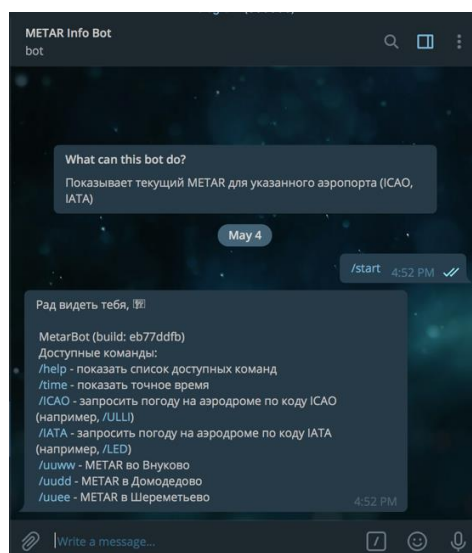


Рис. 1. Взаємодія через інтерфейс методом розробник – розробник

Після того як користувач натиснув старт, то в спрацьовує функція `/start`, яка прийняла метод *message* і передає користувачеві набір команд, які незрозумілі для більшості людей є незрозумілими, тому ця зв'язка буде працювати: як розробник – розробник. Перейдемо до сучаснішої версії телеграм-ботів, коли розробник думає про масового користувача: розробник – користувач (рис.2).

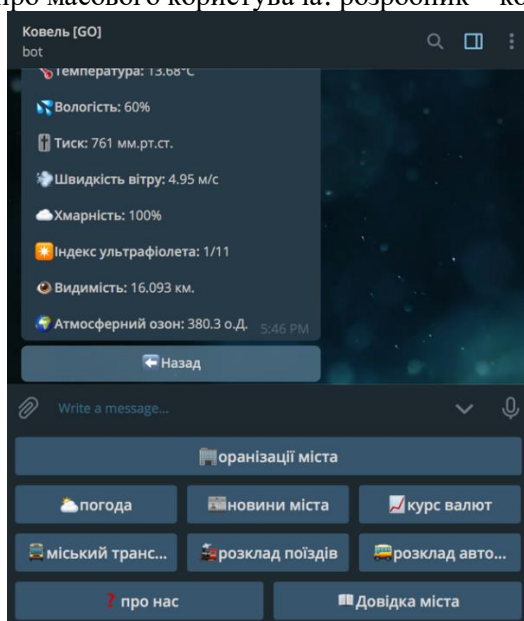


Рис. 2. Взаємодія через інтерфейс методом розробник – користувач.

Постановка проблеми. У роботі потрібно розглянути дослідження зміни погодних умов в різних районах міста за допомогою Telegram Bot API. Порівняти власну розробку з аналогічними проектами телеграм та web-ресурсами для передачі даних по API в одній системі координат, використати найточніші показники, а також організувати найшвидшу передачу цих даних.

Результати отриманих досліджень. До основних етапів дослідження зміни погодних умов за допомогою *Telegram Bot API* слід віднести:

- збір інформації з ресурсів: *Weather API*, *DARK SKY API*, *OpenWeatherMap*, *Weatherbit API*;
- аналіз вибірок;
- організація швидкої передачі актуальної інформації користувачам.

Збір інформації відбувається із загальнодоступних ресурсів, потім сортується масиви інформації для подальшої оптимізації та передачі на сервери *Telegram* для взаємодії з користувачем.

Інформація збирається за допомогою *API*, використовуємо для цього площадку *Telegram* отримавши *id-key-bot*. Багато компаній пропонують *API*, як готовий продукт. Наприклад, *Weather*

Underground продає доступ до свого API для отримання метеорологічних даних. Ми обираємо безкоштовні API, але якщо нам будуть обмежувати доступ до інформації, то будемо використовувати методи *Web Scanning*.

Сценарій використання. Отримавши *id-key-bot* ми підключаємо його до нашого програмного коду. Після цього ми можемо підключати API та передавати загальнодоступну інформацію в наш телеграм бот. Якщо нам потрібно масштабувати наш проект на якісь сторонні Web-ресурси, ми зможемо це зробити за допомогою парсингу нашої інформації.

Застосування API. API – це, в першу чергу, інтерфейс, який дозволяє розробникам використовувати готові блоки динамічної інформації для побудови програми. При використанні веб-додатків API може передавати інформацію у відмінному від стандартного HTML форматі, завдяки чому ним зручно користуватися при написанні власних програм. Сторонні загальнодоступні API найчастіше віддають дані в одному з двох форматів: XML або JSON. JSON набагато лаконічніший і простіший в читанні, ніж XML. Сервіси, що надають доступ до даних в XML-форматі, поступово відмовляються від нього.

Розглянемо один із прикладів *Weather API*:

```
{ "coord": { "lon": -0.13, "lat": 51.51 },  
  "weather": [ { "id": 300, "main": "Drizzle", "description": "light intensity  
drizzle", "icon": "09d" } ],  
  "base": "stations",  
  "main": { "temp": 280.32, "pressure": 1012, "humidity": 81, "temp_min": 279.1  
5, "temp_max": 281 },  
  "visibility": 10000,  
  "wind": { "speed": 4.1, "deg": 80 },  
  "clouds": { "all": 90 },  
  "dt": 1485789600,  
  "sys": { "type": 1, "id": 5091, "message": 0.0103, "country": "GB", "sunrise":  
1485762037, "sunset": 1485794875 },  
  "id": 2643743,  
  "name": "London", "cod": 200 }
```

Ми бачимо перед собою набір даних, за допомогою яких обираємо потрібну нам інформацію та в режимі *live* її відразу отримує кінцевий користувач.

Після цього переходимо на наступний етап – аналіз вибірок. Розглянемо алгоритм аналізу:

- Вибираємо основу вибірки, відкидаємо зайву інформацію. Упорядковуємо порядок списку одиниць відбору (опаді, температура, швидкість вітру, вологість, хмарність та рекомендації одягу залежно від погодних умов з точністю до годин).

- Для кожної вибірки формуємо варіаційний ряд. Варіаційний ряд складаємо за однаковими ознаками та ділимо їх на кілька груп для детальнішого аналізу.

- Для того, щоб бачити наочно, побудуємо графіки та гістограми абсолютних частот.

- Проведемо аналіз по кожному району міста.

- Порівнюємо всі вибірки між собою та загальними даними по місту і вибираємо найкращий варіант для нашого дослідження.

- Проведемо паралелі по районах, порекомендуємо оптимальний одяг для переміщення об'єкта з точки А в точку Б, залежно від погодних умов.

Розглянемо швидкодію передачі даних. Після того, як в нас визначилась вибірка з найточнішими результатами, нам потрібно передати всю інформацію без втрат кінцевому користувачу. Для цього звичайно потрібна хороша мережа 4G і вище або високошвидкісний доступ до інтернету зі швидкістю більше 10 мбіт/сек. Також потрібно написати програмний алгоритм для швидкої передачі даних ніж $O(n)$, а також бажано оптимізувати пам'ять під сервери Telegram.

Оскільки швидкість обробки даних за певну одиницю часу нам важливіша, ніж ресурси пам'яті, яких зараз достатньо, то саме до оцінки $O(n)$ ми будемо прагнути оптимізувати наш алгоритм для більш швидкої передачі даних.

Після оптимізації скрипта до $O(n)$ швидкість передачі даних в середньому становить 0.23 секунди (рис. 3), тобто користувач отримує інформацію менше, ніж за пів секунди. Ресурсів пам'яті також задіяно не багато (18.9 кб), оскільки ми не зберігаємо дані на сервері, наш бот слугує містком між інформацією на віддалених серверах або веб ресурсах до телеграм клієнта, яким користується споживач інформації. Виявилось, що *pooling* (звернення користувача до телеграм боту)

використовувати краще, оскільки взаємодія з нашим сервером відбувається швидше. Якби нам потрібно було б зашифрувати інформацію ми б використовували б webhook при цьому втрачали більше часу на оброблення запитів користувачів.

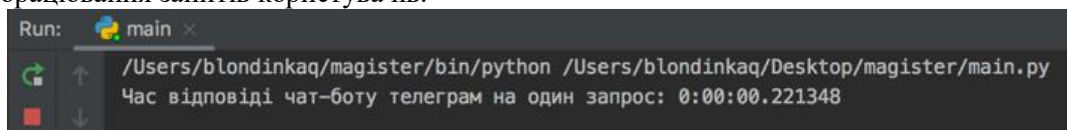


Рис. 3. Час передачі телеграм за допомогою Pooling

Висновки. У роботі розглянуто алгоритм дослідження зміни погодних умов за допомогою Telegram Bot API. Показано, що доступні сервіси телеграм зараз не працюють або вони не інтуїтивно зрозумілі для звичайного користувача. Розглянуто основні проблеми вирішення локалізації, вибір координатних даних, вибірка точніших та актуальніших даних, оптимізація передачі даних на стороні користувача та на стороні сервера, а також оптимізація алгоритму та програмного коду $O(n)$. Локалізація слугує для того, щоб вміст продукту був наповнений всіма мовами для зручності користувачів, орієнтуючись не тільки на локальний ринок, а й на інші міжнародні ринки, проводячи аналіз інших досліджень, ця функція взагалі не була включена. Вибір координат – ще одна проблема інших продуктів, враховуючи великі мегаполіси або просто великі міста такі як: Лондон, Варшава, Київ, Стенфорд, не можна просто взяти одну точку координат та вказати в центральному парку, оскільки люди з окрешних районів, яким до цієї точки 30 км будуть отримувати недостовірні дані, які можуть вплинути на плани та подальше користування продуктом користувача, тому нами прийнято рішення, що користувач сам повинен обирати точні дані для доступу до інформації. Вибір точніших та актуальних даних за допомогою відкидання неточної інформації потрібна для того, щоб інформація не втрачала актуальності, оскільки дані в цій предметній області змінюються динамічно. Оптимізація передачі даних на стороні користувача не залежить від розробника, на це впливає апаратна частина користувача та операційні системи, на яких підтримуються додаток Telegram: Androin, IOS, Windows PC, LinuxOS, MacOS, а також доступ до інтернет мережі зі швидкістю більше 1 мбіт/сек.

Спираючись на низку фактів, можемо зробити висновок про те що, описаний вище алгоритм дасть змогу досягти швидшого та точнішого результату. Досліджуючи зміни погодних умов за допомогою Telegram Bot API, будемо передавати актуальну інформацію користувачам. Ми пропонуємо зручний інтерфейс, який збільшить кількість користувачів, після чого буде можливість масштабувати проект на інші API такі як Facebook, Instagram, Viber, Discord та інші.

Список бібліографічного опису

1. Янг А. Node.js в действии / А. Янг, М. Брэдли. – Питер, 2015. – 448 с.
2. Бхаргава М. Грокаем алгоритмы / Манджул Бхаргава. – Питер, 2017. – 288 с.
3. Васильев О. Программування мовою Python / Олексій Васильєв. – Львів: Богдан, 2019. – 504 с.
4. Пишем telegram-бота на python за допомогою бібліотеки telebot частина 1 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/post/448310/>
5. Node.js документація [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://nodejs.org/en/>.
6. Фреймворк для работы с Telegraph API [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://telegraf.js.org/#/>.
7. Telegram Bot API [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://core.telegram.org/bots/api>.
8. Telegram API [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://core.telegram.org/>.
9. Создаем Telegram бота на API.AI [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/post/336668/>.
10. JSON в Python [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://python-scripts.com/json>.

References

1. Young A. Node.js in action / A. Young, M. Bradley. – Peter, 2015. – 448 p.
2. Bhargava M. Gрокаем algorithms / Manjul Bhargava. – Peter, 2017. – 288 p.
3. Vasiliev O. Programming in Python / Alexei Vasiliev. – Lviv: Bogdan, 2019. – 504 p.
4. Write a telegram-bot in python using the telebot library part 1 [Electronic resource] – Mode of access to the resource: <https://habr.com/ru/post/448310/>
5. Node.js documentation [Electronic resource] – Mode of access to the resource: <https://nodejs.org/en/>.
6. Framework for working with the Telegraph API [Electronic resource] – Resource access mode: <https://telegraf.js.org/#/>.
7. Telegram Bot API [Electronic resource] – Mode of access to the resource: <https://core.telegram.org/bots/api>.
8. Telegram API [Electronic resource] – Resource access mode: <https://core.telegram.org/>.
9. Create a Telegram bot on API.AI [Electronic resource] – Mode of access to the resource: <https://habr.com/ru/post/336668/>.
10. JSON in Python [Electronic resource] – Mode of access to the resource: <https://python-scripts.com/json>.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-09>

УДК: 004.94

Лазебний Валентин Миколайович, старший науковий співробітник

<http://orcid.org/0000-0002-2597-8203>

Досенко Сергій Дмитрович, старший науковий співробітник

<http://orcid.org/0000-0001-6707-2840>

Білевська Олена Станіславівна, науковий співробітник

<http://orcid.org/0000-0002-2081-1906>

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України

ПРИНЦИПИ 3D МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ 3D ПРИНТЕРА

Лазебний В.М., Досенко С.Д., Білевська О.С. Принципи 3d моделювання механічних деталей для застосування 3d принтера. Розкрито принципи 3D моделювання механічних деталей для застосування 3D принтера. Визначено поняття «3D принтер», зазначено, що 3D принтер використовує метод пошарового створення фізичного об'єкта по цифровій 3D-моделі. Запропоновано опис тривимірного друку, такого як швидке прототипування, зазначається, що дана технологія має широкі перспективи розвитку та впровадження, тому що має ряд переваг, у порівнянні з традиційними методами створення різних деталей. Наведено класифікацію 3D принтерів за призначенням (орієнтація на споживача) та за технологією друку у вигляді таблиці. Охарактеризовано цифрові 3D технології і когнітивне програмування, які відкривають унікальні можливості відтворення найскладніших просторових форм, об'єктів та інженерних конструкцій, механізмів, та наголошується, що реалізація цих можливостей пов'язана з цифровою технологією управління матеріальними частками в об'ємному середовищі інструментів 3D технології. Визначено способи 3D-моделювання механічних деталей: 3D-моделювання у програмі КОМПАС-3D; 3D-сканування за допомогою 3D сканера. Окреслено можливості системи тривимірного моделювання, які забезпечують проектування машинобудівних виробів будь-якої складності і відповідно до самих передових методик проектування. У системі присутні інструменти для роботи за методом «зверху вниз», або методикою низхідного проектування, а також за методом «знизу вгору». Визначено принципи сканування деталі з чотирьох сторін на 3D-сканері Artec за допомогою поворотного столу, де точність сканування для даного 3D-сканера становить до 0,1% від розміру сканованого об'єкта. Наголошено, що сканування можна застосовувати для створення точних моделей складнопрофільних об'єктів, які в подальшому можуть бути використані для отримання прототипів виробу, побудови нових виробів на базі існуючих.

Ключові слова: тривимірний сканер, механічна деталь, 3D моделювання, інструмент, принтер, когнітивне програмування, стереолітографія.

Лазебный В. Н., Досенко С. Д., Билевская Е. С. Принципы 3D моделирование механических деталей для применения 3D принтера. Раскрыты принципы 3D моделирование механических деталей для применения 3D принтера. Определено понятие «3D принтер», указано, что 3D принтер использует метод послойного создания физического объекта по цифровой 3D-модели. Предложено описание трехмерной печати, такого как быстрое прототипирование, отмечается, что данная технология имеет широкие перспективы развития и внедрения, так как имеет ряд преимуществ, по сравнению с традиционными методами создания различных деталей. Приведена классификация 3D принтеров по назначению (ориентация на потребителя) и по технологии печати в виде таблицы. Охарактеризованы цифровые 3D технологии и когнитивное программирование, которые открывают уникальные возможности воспроизведения сложных пространственных форм, объектов и инженерных конструкций, механизмов, и отмечается, что реализация этих возможностей связана с цифровой технологией управления материальными частицами в объемном среде инструментов 3D технологии. Определены способы 3D-моделирования механических деталей: 3D-моделирование в программе КОМПАС-3D; 3D-сканирования с помощью 3D сканера. Определены возможности системы трехмерного моделирования, обеспечивающих проектирование машиностроительных изделий любой сложности и в соответствии с самых передовых методик проектирования. В системе присутствуют инструменты для работы по методу «сверху вниз», или методике нисходящего проектирования, а также по методу «снизу вверх». Определены принципы сканирования детали с четырех сторон на 3D-сканере Artec с помощью поворотного стола, где точность сканирования для данного 3D-сканера составляет до 0,1% от размера сканируемого объекта. Отмечено, что сканирование можно применять для создания точных моделей сложнопрофильных объектов, которые в дальнейшем могут быть использованы для получения прототипов изделия, построения новых изделий на базе существующих.

Ключевые слова: трехмерный сканер, механическая деталь, 3D моделирование, инструмент, принтер, когнитивное программирование, стереолитографии.

Lazebnyi V., Dosenko S., Bilevska O. Principles of 3D modeling of mechanical parts for use of the 3d printer. The principles of 3D modeling of mechanical parts for the application of a 3D printer are revealed. The

concept of "3D printer" is defined, it is noted that the 3D printer uses the method of layer-by-layer creation of a physical object on a digital 3D-model. A description of three-dimensional printing, such as rapid prototyping, is proposed, noting that this technology has broad prospects for development and implementation, because it has a number of advantages over traditional methods of creating various parts. The classification of 3D printers by purpose (consumer orientation) and by printing technology in the form of a table is given. Digital 3D technologies and cognitive programming are characterized, which open unique possibilities of reproduction of the most difficult spatial forms, objects and engineering constructions, mechanisms and it is emphasized that realization of these possibilities is connected with digital technology of management of material particles in 3D environment of 3D technology tools. Methods of 3D-modeling of mechanical parts are determined: 3D-modeling in the program COMPASS-3D; 3D scanning with a 3D scanner. Possibilities of the system of three-dimensional modeling which provide designing of machine-building products of any complexity and according to the most advanced design techniques are outlined. The system has tools for working by the method of "top down", or the method of downward design, as well as the method of "bottom up". The principles of scanning a part from four sides on an Artec 3D scanner using a rotary table are defined, where the scanning accuracy for this 3D scanner is up to 0.1% of the size of the scanned object. It is emphasized that scanning can be used to create accurate models of complex profile objects, which can then be used to obtain product prototypes, build new products based on existing ones.

Keywords: three-dimensional scanner, mechanical part, 3D modeling, tool, printer, cognitive programming, stereolithography.

Вступ та постановка проблеми дослідження. За останнє десятиліття цифрові технології зробили крок далеко вперед. Те, що ми вже вважаємо повсякденним і буденним, насправді є результатом довгих, наполегливих досліджень і експериментів. Сьогодні виготовлення різних промислових предметів або відновлення деталей стало можливим не тільки в заводських умовах, але і вдома, завдяки тривимірному друку, який активно входить у звичайне життя і стає невід'ємною його частиною для багатьох користувачів. Незважаючи на те, що 3D принтери з'явилися зовсім нещодавно, в ЗМІ все частіше з'являються повідомлення про різноманітні сфери їх застосування: техніка (виготовлення деталей, макетів, шаблонів), побут (друк іграшок, сувенірів, посуду і т.д.), отримання композитних матеріалів, виготовлення індивідуальних протезів і навіть людських органів. Розглядається можливість використання принципу 3D друку при виготовленні будівельних конструкцій і житлових будинків, та найголовніше це виготовлення механічних деталей [1].

3D принтер – це периферійний пристрій, що використовує метод пошарового створення фізичного об'єкта по цифровій 3D-моделі. У зарубіжній літературі цей тип пристроїв називається фаббером, а процес тривимірного друку – швидке прототипування [2].

Дана технологія має широкі перспективи розвитку та впровадження, тому що має низку переваг, у порівнянні з традиційними методами створення різних деталей. Однією з таких переваг є наочність – деталь набагато простіше сприймати, коли вона є тривимірним об'єктом, а не коли вона представлена, наприклад, на кресленнях. Іншою перевагою є швидкість створення – найбільш яскраво це проявляється при виконанні складних деталей. Третьою перевагою є відсутність фізичних зусиль з боку людини. Роль людини в цьому процесі полягає у створенні віртуального макета, за допомогою якого-небудь графічного редактора, що дозволяє створювати 3D-моделі.

На сьогоднішній день сучасна промисловість стикається з такими проблемами, коли вийшла з ладу важлива деталь обладнання, відновлення якої неможливо, а покупка її викликає тимчасові матеріальні труднощі. Уявімо, що необхідна деталь з великою кількістю складних поверхонь, яку звичайним вимірювальним інструментом обмірити вкрай важко, щоб отримати результати необхідної точності. Потім за цими даними потрібно ще отримати математичну модель.

На відміну від традиційних методів виробництва швидке прототипування виробів не передбачає видалення матеріалу (фрезерування, свердління, сточування) або зміна його форми (штампування, кування, вигин, розкочування). Об'ємне прототипування виробів виконується шляхом пошарового нарощування матеріалу, з якого складається модель, до утворення єдиного цілого – готового виробу [3].

Особливість технології знімає всі обмеження на внутрішню структуру одержуваної моделі, тому дана технологія має перспективу використання для отримання складних конфігурацій виробів. Наразі існує декілька напрямків, що дозволяють реалізувати технологію швидкого прототипування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останнє десятиліття, чимало вчених, як зарубіжних, так і вітчизняних, здійснили відкриття у сфері 3D моделювання.

О.В. Струтинська [4] дослідила сучасний стан і перспективи розвитку технологій тривимірного моделювання й друкування Авторкою подано характеристику апаратного та

програмного забезпечення функціонування зазначених технологій, етапи процесу тривимірного друкування, а також охарактеризовано галузі їх використання.

Р. П. Мігущенко, М. І. Опришкіна, К. Ю. Куштим [5] розкрили перспективність FDM технологій у 3D друці. Авторами слушно зазначено, що на сьогоднішній день активно розробляються сучасні технології швидкого прототипування, що дозволило змодельовати 3D-зображення об'єкта. Описано 3D-принтери, що використовують технологію швидкого прототипування для відтворення твердотільних елементів. Процес друку є серією повторень циклів, пов'язаних зі створенням тривимірних моделей шляхом нанесення на стіл (ліфт) витратних матеріалів шарового принтера.

Сучасні адитивні технології та 3D друк наводить О.М. Гречко [6]. У роботі здійснено огляд останніх досягнень в різних сферах людського життя. На основі опублікованого у відкритих інформаційних джерелах численного матеріалу наведено короткий науково-технічний огляд останніх досягнень в області сучасних адитивних технологій, як в різних галузях промисловості, так і в сферах людського життя. Представлені найвагоміші розробки дослідників з усього світу в галузях медицини та протезування, архітектури та будівництва, проаналізовано технології створення металевих деталей з використанням адитивних технологій. Проведений аналіз прикладів впровадження адитивних технологій в світі засвідчив важливу необхідність недопущення відставання вітчизняної промисловості, а також науки і освіти від актуальних тенденцій застосування 3D-принтерів. Показано переваги і недоліки адитивних технологій у порівнянні з традиційними способами виробництва.

П. Ф. Зозуля, О. С. Поліщук, А. О. Поліщук [7] провели аналіз сучасного стану легкої промисловості та перспективи її розвитку за допомогою новітніх технологій. Розглянуто області застосування технології 3Dдруку у різних галузях промисловості та приведені характерні напрямки її застосування в легкій промисловості, зокрема під час виготовлення одягу і взуття та деталей у галузевому машинобудуванні.

Із зарубіжних робіт варто відзначити роботи: B.Garret, B.Redwood, F. Schöffner [8], S. Bhandari, B. Regina [9].

Однак, незважаючи на всю масштабність наявних наукових досліджень за темою, питання дослідження принципів 3D моделювання механічних деталей для застосування 3D принтера залишається відкритим та потребує детального опрацювання.

Мета статті полягає у розкритті принципів 3D моделювання механічних деталей для застосування 3D принтера. Завданнями дослідження є:

- розкрити поняття та принципи 3D моделювання;
- здійснити класифікацію 3D принтерів за призначенням (орієнтація на споживача) та за технологією друку;
- запропонувати принципи 3D моделювання механічних деталей для застосування 3D принтера.

Викладення основного матеріалу дослідження. Тривимірний друк стає все більш популярним і дешевим, доступним для більшості середніх виробничих підприємств, і, навіть, звичайного користувача. За допомогою 3D-принтера можна у короткі терміни повністю розробити проект: створити макет і отримати дослідний зразок, провести потрібні випробування зразка ще до виготовлення готової продукції, і навіть застосовувати за призначенням, якщо він виконаний з придатного матеріалу. Використання 3D-друку для швидкого прототипування істотно скорочує час і здешевлює процес створення продуктів, а так само дозволяє запобігати ряду конструкційних проблем ще на стадії моделювання.

Сьогодні, пропоновані до продажу 3D принтери по їх споживчим якостям достатньо різноманітні. За їх призначенням класифікація представлена у таблиці 1 [4, 6].

Перші ідеї по тривимірному друку відносяться до 80-х років XX століття. Саме в той період часу було створено стереолітографію, яка створювала об'єкти за допомогою спеціального фотополімерного пластика. Це була перша технологія, що стала основою для сучасних 3D принтерів: лазер променем прорисовував кожен піксель малюнка, створюючи його з рідкої речовини, яка, завмерши, ставала твердим елементом об'єкта.

Таблиця 1

Класифікація 3D принтерів за призначенням (орієнтація на споживача)

Тип принтера	Цільова аудиторія	Особливості
Споживчий	На людей, що працюють вдома.	Простий, зрозумілий інтерфейс. Друкують ABS і PLA пластиком. Процес друку тривалий. Орієнтовані на друк нескладних об'єктів.
Персональний	На малий бізнес з невеликим бюджетом, з потребою в періодичному використанні 3D друку.	3D принтери володіють більш високою якістю і точністю друку.
Професійний	На компанії з постійною потребою в прототипуванні, моделюванні, виготовленні різного роду об'єктів з високими показниками якості і точності.	Дуже габаритні і галасливі. Можуть виробляти кілька різних об'єктів одночасно. Потрібен навчений оператор для роботи на такому принтері.
Промисловий	На компанії з потребою у виробництві високоточних, високоякісних продуктів великого розміру або обсягу.	Є сукупністю точності і якості. Велика площа друку. Може швидко змінювати профіль і використовувати матеріали від ABS пластику до титану.

Сьогодні основою для створення моделей на 3D принтерах можуть бути різноманітні матеріали: кілька видів пластику, гіпс, віск, фотополімери, метал і т.д. Сьогодні виробники активно створюють для 3D принтерів нові компоненти і матеріали, що дозволяють отримувати все більш реалістичні зразки. У залежності від використовуваного матеріалу виділяють ряд різних технологій друку. Їх систематизація представлена в таблиці 2.

Цифрові 3D технології ікогнітивне програмування відкривають унікальні можливості відтворення найскладніших просторових форм, об'єктів та інженерних конструкцій, механізмів. Реалізація цих можливостей пов'язана з цифровою технологією управління матеріальними частками в об'ємному середовищі інструментів 3D технології, де здійснюється технологічний процес, який визначає властивості відтвореного об'єкта. Інновації індустріальних технологій ведуть до зламу звичних виробничих ланцюжків і тягнуть за собою новий етап розвитку світової цивілізації [4, 6].

Таблиця 2

Класифікація 3D принтерів за технологією друку

Назва технології	Опис технології
I. Принтер екструзійного типу	
FDM (Fuseddepositionmodeling)	Робочий елемент принтера - головка-екструдер, яка плавить пластикову нитку, якою заправляється принтер. Далі розплавлений елемент подається через сопло, а потім досить швидко застигає при кімнатній температурі. Замість пластику може бути використаний і інший матеріал, наприклад віск або керамічна суміш.
технологія PolyJet	Фотополімер маленькими дозами «вистрілюється» з тонких сопел, як при струменевому друці, і відразу полімеризується на поверхні пристрою під впливом УФ випромінювання. Важлива особливість, що відрізняє PolyJet від стереолітографії, є можливість друку різними матеріалами.
LENS (Laserengineerednetshaping)	Матеріал у формі порошку видувається з сопла і потрапляє на сфокусований промінь лазера. Частина порошку пролітає повз, а та частина, яка потрапляє у фокус лазера миттєво полімеризується і шар за шаром формує тривимірну деталь.

II. Принтер типу, що спікається	
SL (Stereolithography)	Є невелика ванна з рідким полімером. Промінь лазера проходить по поверхні, і в цьому місці полімер під впливом УФ спікається. Після того як один шар готовий платформа з деталлю опускається, рідкий полімер заповнює пустоту далі запікається наступний шар
LS (Lasersintering)	Схоже на SL, тільки замість рідкого фотополімеру використовується порошок легкоплавкого пластику, який полімеризується лазером. Під дією лазера пластик плавиться, стає еластичним, а потім спікається в єдину масу. Щоб пластик під дією температури лазера не загорівся або не окислювався, в камеру, де проводяться роботи, додають азот (інертний газ).
III. Принтер типу, що склеює	
3DP (Threedimensionalprinting)	На матеріал в порошковій формі наноситься клей, який пов'язує гранули, потім поверх клеєного шару наноситься свіжий шар порошку
LOM (laminatedobjectmanufacturing)	Тонкі ламіновані листи матеріалу вирізаються за допомогою ножа або лазера і потім спікаються або склеюються в тривимірний об'єкт.

З одного боку, технологія когнітивного програмування є інноваційним процесом цифрової творчості, промислового і художнього виробництва в рамках цифрової програмованої технології [10]. З іншого, – ще до епохи Відродження природною формою відображення навколишнього світу і сприйняття натури були скульптури, ускладнюючи зрозвитком цивілізації процес когнітивної творчості [5].

Також як для систем тривимірного комп'ютерного моделювання просторових об'єктів постійно оновлюється палітра інструментів, для кожного напрямку 3D обладнання розробляються цифрові копії виробів – програмні прототипи їх відтворення. Інновації когнітивного програмування ведуть до тиражування складних просторових форм, навіть тих, які практично неможливо відтворити без використання технологій 3D прототипування [6,7].

Архітектура, неорганічні і органічні об'єкти [8], протоклітини [9], начинені електронікою роботи, все це області застосування цифрових програмованих технологій швидкого прототипування.

Завдяки 3D-моделюванню будь-яку деталь можна отримати двома способами:

3D-моделюванням в програмі КОМПАС-3D;

3D-скануванням за допомогою 3D сканера.

Розглянемо детальніше ці два способи на прикладі деталі «Колінчастий вал» (рис. 1).

Перший спосіб – це 3D моделювання в програмі КОМПАС-3D.

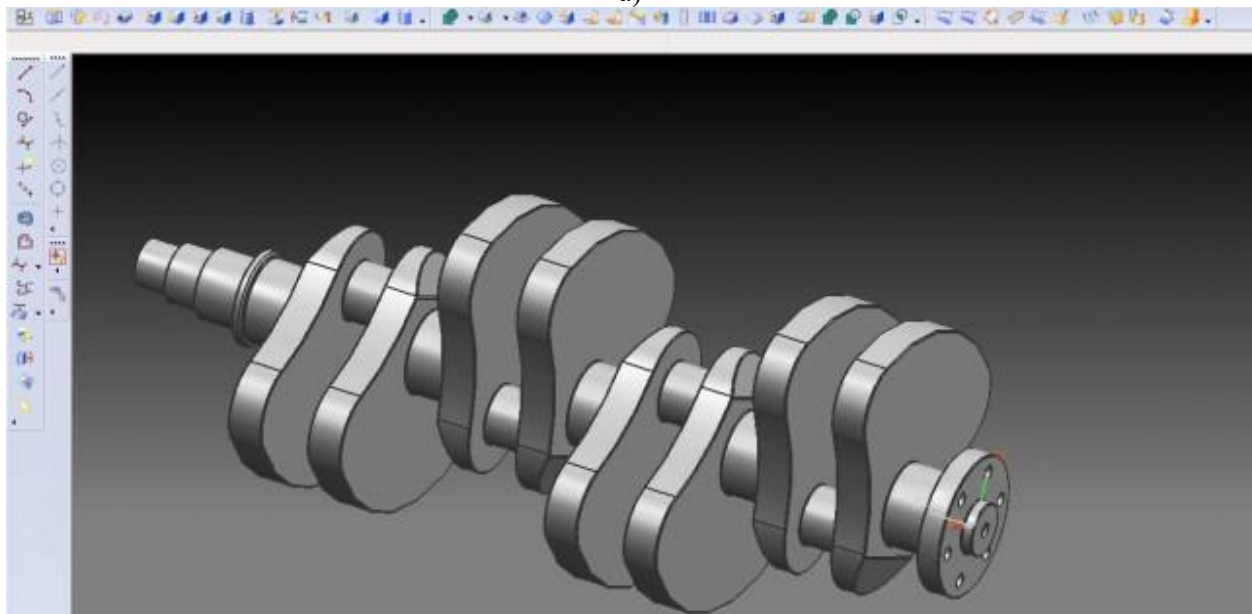
Дану деталь створено в програмі КОМПАС-3D по виміряним вимірвальним інструментом розмірами.

КОМПАС-3D – система тривимірного моделювання, що стала стандартом для тисяч підприємств завдяки вдалому поєднанню простоти освоєння і легкості роботи з потужними функціональними можливостями твердотільного і поверхневого моделювання.

Проектування машинобудівних і приладобудівних виробів накладає високі вимоги до використовуваного інструменту. Можливості системи забезпечують проектування машинобудівних виробів будь-якої складності і відповідно до самих передових методик проектування. В системі присутні інструменти для роботи за методом «зверху вниз», або методикою низхідного проектування, а також за методом «знизу вгору».



а)



б)

Рис. 1. 3D моделювання деталі Колінчастий вал

а) деталь Колінчастий вал

б) 3D модель деталі Колінчастий вал у програмі КОМПАС-3D

Другий спосіб – сканування деталі з чотирьох сторін на 3D-сканері Artec за допомогою поворотного столу (рис. 2). Точність сканування для даного 3D-сканера становить до 0,1% від розміру сканованогооб'єкта. Середня помилка для розміру 250мм – 0,1 мм.

Відскановані чотири види деталі необхідно з'єднати в одну цілу модель. 3D-сканер дозволяє в рази полегшити отримання математичної моделі, придатної для порівняння з еталонною моделлю. Також сканування можна застосовувати для створення точних моделей складно профільних об'єктів, які в подальшому можуть бути використані для отримання прототипів виробу, побудови нових виробів на базі існуючих.

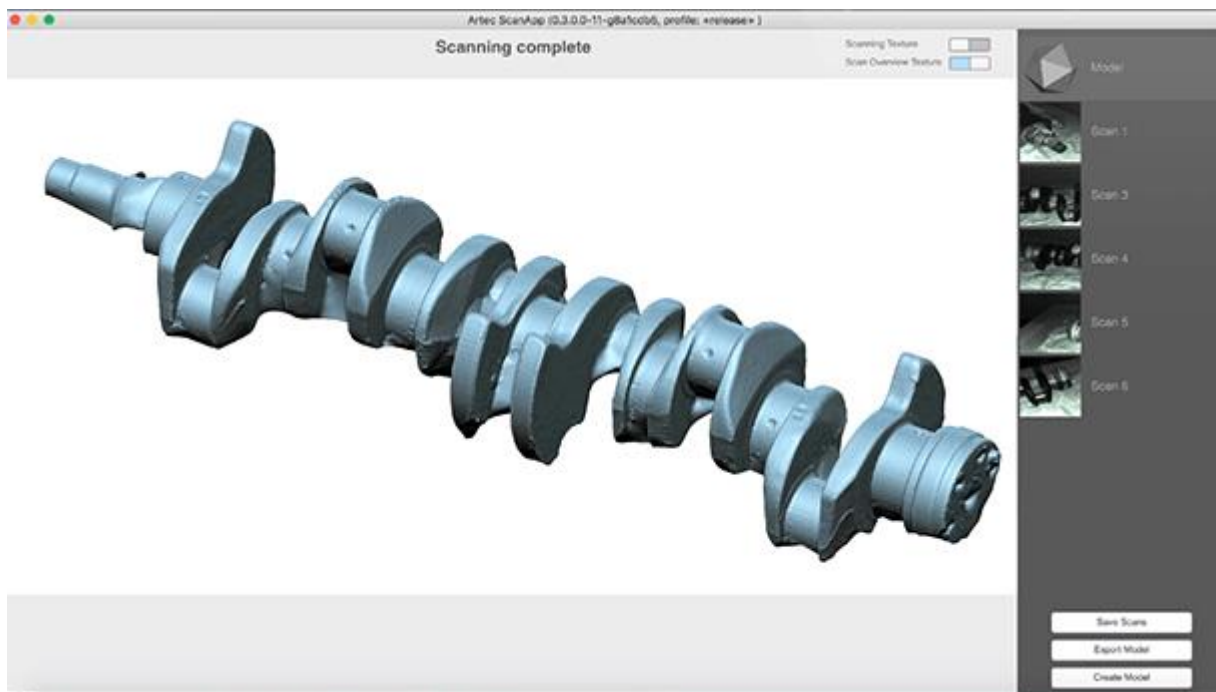


Рис. 2. 3D моделювання деталі Колінчастий вал на 3D-сканері Artec

3D-сканер є інноваційним пристроєм, за допомогою якого можна створювати точні тривимірні моделі реальних предметів з високим ступенем деталізації. Крім того, існує можливість отримання про них інформації. Зокрема, можна вивчити поверхню, форму і колір того чи іншого об'єкта в цифровому вигляді.

Тривимірні сканери необхідні для вирішення різних завдань в промисловості, науці, кіноіндустрії, медицині, мистецтві і багатьох інших областях [11].

Вони незамінні в тих випадках, коли необхідно зафіксувати форму об'єкта з високою точністю і за короткий проміжок часу. 3D-сканери дозволяють спростити і вдосконалити ручну працю, виконувати завдання підвищеної складності [1; 2]. Для того щоб відскановану деталь отримати повністю готовою із заданою точністю поверхні, її необхідно відправити на доопрацювання в програму Netfabb. В даному випадку моделі об'єкта з RVScanner експортуються в Netfabb, де проводиться глобальне зшивання і базова обробка, після чого група STL-файлів експортується в стороннє програмне забезпечення, де будується єдина модель і потім редагується (відбувається обрізка країв, встановлюється необхідна точність поверхні деталі, зберігається в потрібному форматі іт.д.).

Після 3D-сканування деталі отримуємо файли в різних розширеннях. Найчастіше 3D-сканери зберігають файли в форматах *.stl, *.obj, *.ply. Файли з цими розширеннями можна використовувати після 3D-сканування для 3D-друку або обробки на 3D-фрезері, але для CAD-моделювання вони не підходять. Тому простим перекладом вирішити проблему не вийде. Існує особлива процедура перекладу одного формату в інший.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Технології 3D-прототипування бурхливо розвиваються: з'являються нові, удосконалюються старі, з'являються нові напрямки використання принципів 3D-прототипування. Межа розвитку галузі ще дуже далеко, тому в найближчому майбутньому можна чекати нових відкриттів в даній сфері. Застосування 3D-прототипування виробничому процесі дозволить полегшити сприйняття спроектованих виробів і підвищити якість виготовлення деталей.

У науковому напрямку 3D-прототипування – великий невивчений процес. Немає літературних даних про взаємозв'язок режимів друку з якістю одержуваного виробу. Також неясно, якими властивостями буде володіти отриманий виріб і як ці властивості змінюються в процесі експлуатації. Дана розробка дозволить розширити уявлення про можливості 3D друку, а також отримати економічний ефект. Використання програми дозволить отримувати моделі необхідної якості і тим самим розширити ринок збуту роздрукованих моделей.

Список бібліографічного опису

1. Гнатюк, Л. Р., Кучер, Б. А. (2018). Методи 3D моделювання для різних проектних завдань. Проблеми розвитку міського середовища, 2, 35-50.
2. Лебедева, О. О., Гумен, О. М. (2017). Адитивні технології в реставрації та відтворенні елементів архітектурних об'єктів. *Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених*: збірник доповідей VI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. Київ, 269-274.
3. Осадча, К. П., Чемерис, Г. Ю. (2017). Добір засобів тривимірного моделювання для формування графічної компетентності майбутніх бакалаврів комп'ютерних наук. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 62, 6, 70-85.
4. Струтинська, О. В. (2018). Сучасний стан і перспективи розвитку технологій тривимірного моделювання та друкування. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 2 : Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*, 20, 88-94.
5. Мигущенко, Р. П., Опришкина, М. И., Куштым, К. Ю. (2016). Перспективність FDM технологій в 3D печаті. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Серія : Нові рішення в сучасних технологіях. Харків. № 18.С. 148-152.
6. Гречко, О. М. (2019). Сучасні адитивні технології та 3D-друк. Огляд останніх досягнень в різних сферах людського життя. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. : Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. *Теорія і практика = Bulletin of the National Technical University «KhPI». Ser. : Problems of electrical machines and apparatus perfection. Theory and practice* : зб. наук.пр. Харків : НТУ «ХПІ», 1, 63-75.
7. Зозуля, П.Ф., Поліщук О. С., Поліщук А. О. (2017). Перспективи застосування технології 3d-друку в легкій промисловості. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. Хмельницьк., № 4. С. 102-104.
8. Garret B., Redwood B., Schöffer F. The 3D Printing Handbook: Technologies, design and applications, 2017. November 14.
9. Bhandari S., Regina B. (2014). 3D Printing and Its Applications. *International Journal of Computer Science and Information Technology Research*, 2, 2, 378-380.
10. Скиба, М.С., Поліщук, О.С., Онофрійчук, В.І. (2016). Технічна творчість. Сучасні технології в механіці. Хмельницький : ХНУ, 214 с.
11. Сучасні технології тривимірного друку в машинобудуванні. (2020). URL: <http://pmoapv.pp.ua/index.php?r=conference%2Fconference-article%2Fview&id=10>. (дата звернення: 08.10.2020)

References

1. Hnatiuk, L.R., Kucher, B.A. (2018). 3D Modelling Methods for Various Design Specifications. *Problemy Rozvytku Miskoho Seredovyshcha*, 2, 35-50.
2. Lebedieva, O.O., Humen, O.M. (2017). Additive Technologies in the Restoration and Reproduction of Elements of Architectural Objects. *Applied Geometry, Design, Intellectual Property and Innovative Activities of Students and Young Scholars: Collection of Reports of the VI All-Ukrainian Research and Training Conference of Students, Graduate Students and Young Scholars*. Kyiv, 269-274.
3. Osadcha, K.P., Chemeris, H.Yu. (2017). Selection of Three-Dimensional Modelling Tools for the Formation of Graphic Competence of Future Bachelors of Computer Science. *Information Technologies and Learning Tools*, 62, 6, 70-85.
4. Strutynska, O.V. (2018). Current State and Prospects of Development of Three-Dimensional Modelling and Printing Technologies. *Scientific Journal of M.P.Drahomanov NPU. Series 2: Computer-Based Learning Systems*, 20, 88-94.
5. Migushchenko, R.P., Opryshkina, M.I., Kushtym, K.Yu. (2016). Promising FDM Technologies in 3D Printing. *Bulletin of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute". Series: New Solutions in Modern Technologies*. Kharkiv. No. 18. Pp. 148-152.
6. Grechko, O.M. (2019). Modern Additive Technologies and 3D Printing. Review of the Latest Achievements in Various Spheres of Human Life. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Problems of Electrical Machines and Apparatus Perfection. Theory and Practice: Collection of Scientific Papers*, Kharkiv, NTU "KhPI", 1, 63-75.
7. Zozulia, P.F., Polishchuk, O.S., Polishchuk, A.O. (2017). Prospects for the Application of 3D Printing Technology in Light Industry. *Bulletin of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*. Khmelnytsky, No. 4. Pp. 102–104.
8. Garret B., Redwood B., Schöffer F. The 3D Printing Handbook: Technologies, Design and Applications, 2017. November 14.
9. Bhandari S., Regina B. (2014). 3D Printing and Its Applications. *International Journal of Computer Science and Information Technology Research*, 2, 2, 378-380.
10. Skyba, M.E., Polishchuk, O.S., Onofriichuk, V.I. (2016). Technical Creativity. Modern Technologies in Mechanics. *Khmelnytskyi: KhNU*, 214 p.
11. Modern Technologies of Three-Dimensional Printing in Mechanical Engineering. (2020). URL: <http://pmoapv.pp.ua/index.php?r=conference%2Fconference-article%2Fview&id=10>. (retrieved: 08.10.2020)

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-10>

УДК 004.93

Левицька Тетяна Олександрівна, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0003-3359-1313>

Железов Дмитро Анатолійович, магістр

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна.

МОДЕЛЮВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ОЦІНКИ РИНКОВОЇ ВАРТОСТІ ОБ'ЄКТА ЖИТЛОВОЇ НЕРУХОМОСТІ

Левицька Т.А., Железов Д.А. Моделювання нейронних мереж для оцінки ринкової вартості об'єкта житлової нерухомості. Представлено концепт системи з використання багаторівневого перцептрону для оцінки ринкової вартості об'єктів житлової нерухомості. Виконано та обґрунтовано відбір факторів, що впливають на ринкову вартість квартир. Проведено моделювання у середовищі Deductor Studio Academic та встановлено оптимальну архітектуру багаторівневого перцептрону та її параметри.

Ключові слова: моделювання, нейронні мережі, навчання, оцінка вартості, житлова нерухомість

Левицкая Т.А., Железов Д.А. Моделирование нейронных сетей для оценки рыночной стоимости объекта жилой недвижимости. Представлен концепт системы с использованием многослойного перцептрона для оценки рыночной стоимости объектов жилой недвижимости. Выполнено и обосновано отбор факторов, влияющих на рыночную стоимость квартир. Проведено моделирование в среде Deductor Studio Academic и установлена оптимальная архитектура многослойного перцептрона и ее параметры.

Ключевые слова: моделирование, нейронные сети, обучение, оценка стоимости, жилищная недвижимость.

Levitskaya T.A., Zhelezov D.A. Modeling neural networks for assessing the market value of a residential property.

The concept of a system using a multilayer perceptron for assessing the market value of residential real estate objects is presented. The selection of factors affecting the market value of apartments has been completed and substantiated. Modeling was carried out in the Deductor Studio Academic environment and the optimal architecture of the multilayer perceptron and its parameters were established.

Key words: modeling, neural networks, training, cost estimation, residential real estate.

Постановка проблеми. У грудні 2019 року Верховна Рада прийняла закон «Про внесення змін до Податкового кодексу України щодо ліквідації корупційної схеми у сфері реєстрації інформації зі звітів про оцінку об'єктів нерухомості та прозорості реалізації майна» [1]. Цим законом спрощується процедура оцінки нерухомості та запроваджується новий альтернативний спрощений спосіб оцінки об'єктів нерухомості через автоматичну її оцінку модулем Фонду державного майна України.

У відповідності до цього закону Фонд державного майна був повинен з 1 липня 2020 року забезпечити функціонування у складі Єдиної бази даних звітів про оцінку модуля електронного визначення оціночної та/або ринкової вартості, сервісу послуги електронного визначення оціночної вартості та автоматичного формування електронних довідок про оціночну вартість об'єкта нерухомості [1, 2].

Завдяки цій системі будь-яка особа змогла б отримати автоматичну довідку про оцінку об'єкту нерухомого майна. Розробка, тестування та введення в промислову експлуатацію такої інформаційно-телекомунікаційної системи потребує значних витрат часу та коштів, які були спочатку передбачені Фонду в Державному бюджеті на 2020 рік. Втім, через об'єктивну необхідність фінансувати більш нагальні програми щодо підтримки медичної, соціальної сфери під час пандемії коронавірусної хвороби COVID-19 та спричиненого нею карантину, ця стаття бюджетних витрат була повністю урізана Законом про внесення змін до закону "Про Державний бюджет України на 2020 рік" від 13.04.2020 № 553- IX. [3]. Тому модуля електронного визначення оціночної та/або ринкової вартості поки що не розроблено.

У зв'язку з цим актуальним є створення математичних моделей і комп'ютерних програм, що дозволять виконати ринкову оцінку об'єктів нерухомості, зокрема, міських квартир, що мають будівельні, експлуатаційні, географічні характеристики. При розробці такої системи доцільно використовувати практичний досвід експертів (оцінювачів) отже варто створювати систему з використанням підходів штучного інтелекту.

Оцінка нерухомості є необхідною послугою для юридичних та фізичних осіб при безлічі юридичних, нотаріальних та фінансових оформленнях та операціях [4]. Основна мета цієї послуги – це визначити ринкову (оціночну) вартість нерухомого майна. Ринкова вартість об'єкта – найбільш ймовірна ціна, по якій даний об'єкт може бути відчужений на відкритому ринку в умовах конкуренції.

В першу чергу на вартість об'єктів житлової нерухомості вказують вплив фінансово-експлуатаційні та архітектурно-будівельні чинники, які безпосередньо пов'язані з об'єктом нерухомості і його технічними та будівельно-експлуатаційні характеристиками [4-]: кількість кімнат,

тип будинку, поверховість будинку, поверх розташування у будинку. загальна площа, житлова площа, площа кухні, стан.

За кількістю кімнат квартири можуть бути: 1-кімнатні, 2-кімнатні, 3-кімнатні, 4-кімнатні, багатокімнатні, студії. Тип будинку зазвичай визначають в залежності від типу матеріалів з яких він побудований: стіни панельні, стіни цегляні, стіни блочно-цегляні. Також під типом будинку розуміють поєднання типу планування (проекту) та періоду побудови. В цьому випадку в Маріуполі виділяють наступні типи будинків: «купецький», «сталінка», «хрущевка», «гостинки», «панельний», «чешка», «новострой».

За поверховістю будинки поділяються на: 2-поверхові, 5-поверхові, 9-поверхові, 12- поверхові, 14-поверхові. Для квартири важлива характеристика – поверх розташування. Зазвичай квартири на першому та самому верхньому поверсі стоять дешевше. Стан квартири визначається придатністю до житла: «підготовка під ремонт», «добрий», «після ремонту». Також важливим фактором є просторовий чинник, що визначає порівняльні переваги об'єкту нерухомості відповідно його територіального розташування стосовно центру – тобто район. У місті Маріуполі є 4 району: Центральний, Приморський, Лівобережний та Кальміуський.

Для отримання достовірних результатів в процесі оцінки і прогнозування ринкової вартості нерухомості необхідно ретельно виявляти, аналізувати і враховувати всі представлені фактори. Найбільш популярним для прогнозування є використання нейромережових технологій.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На сьогодні вже авторами опубліковані результати дослідження проблеми з використанням нейромереж:

- для прогнозування тенденцій ринку нерухомості [6, 12];
- для проведення масової оцінки земель [7-8],
- в оцінці вартості будівельних проектів [9],
- прогнозування індикаторів ринку нерухомості [10];
- для оцінки вартості оренди об'єкта офісної нерухомості [11];
- прогнозування ринку нерухомості у кризових умовах [13].

Сучасний стан публікацій наступний. В статті [6] розглянуто сутність нейронних мереж, методи їх проектування та навчання, переваги моделей оцінки нерухомості, побудованих на основі нейронних технологій. Теоретичні положення проілюстровано на прикладі нейронної мережі, що дає змогу здійснювати короткостроковий прогноз ціни на житлову нерухомість у Чернівцях. Для навчання дворівневого перцептрону 7-3-1 використовувався пакет Excel Neural Package компанії "НЕЙРООК", який доповнює пакет MS Excel алгоритмами оброблення даних, що використовують технології нейронних мереж.

Автори Алексєєв А.О., Харітонов В.А., Ясніцький В.Л. в своїй роботі [7] пропонують концепцію комплексного нейросетевого моделювання процесів масової оцінки і сценарного прогнозування ринкової вартості об'єктів житлової нерухомості. Для моделювання багатопараметрового перцептрону авторами був використаний пакет нейромережевого моделювання в програмному середовищі Statistica Neural Networks.

В публікації [11] наводяться результати дослідження по підбору оптимальної архітектури нейронної мережі для цілей оцінки об'єктів офісної нерухомості. Досліджено моделі нейронних мереж з архітектурою багатопараметрового перцептрона (9-11-1 і 7-9-1) і мережу радіальних-базисних функцій (12-60-1, 12-44-1, 12-29-1). Для моделювання мереж застосовувався пакет програмних засобів STATISTICA Neural Networks фірми StatSoft. В результаті проведених експериментів найменшу помилку показала мережа радіальних-базисних функцій з архітектурою 12-60-1.

В роботі [12] авторів Вороніна В.О., Мамчина М.М., Лянце Е.В., досліджено якість прогнозування в отриманні обґрунтованих і надійних прогнозних оцінок в розвитку об'єктів високої складності, зокрема, ринку нерухомості. Обґрунтовано доцільність використання технологій нейронних мереж для аналізу і прогнозування тенденцій ринку нерухомості. Наведено алгоритм нейромережевого прогнозування і здійснено побудову прогнозної моделі з використанням програми Neurosolutions for Excel. Виділено і проаналізовано можливі сценарії подальшої поведінки показників, що характеризують розвиток об'єктів різних рівнів у прогнозному горизонті. Запропонована модель (предиктор) на основі проведених розрахунків в середньостроковому горизонті прогнозування коректно передбачила тенденцію розвитку ринку нерухомості на 2009–2011 рр.

В роботі [13] здійснено прогнозування ринку нерухомості у кризових умовах за допомогою нейромережі. Для нейромережевого прогнозування ринку нерухомості у кризових умовах створено зведену таблицю з даними про об'єкти нерухомості. Наведено схематичний процес навчання нейромережі. На підставі даних про об'єкти нерухомості проведено навчання нейромережі. Застосовано методи математичної статистики, засновані на сукупності певних правил для точних

цифрових даних узагальненого характеру. Загальний прогноз за нейромережевого прогнозування ринку нерухомості у кризових умовах знайдено шляхом множення значення детермінації на кожне індивідуальне значення, отримане на основі результату нейромережевого моделювання.

В роботі [14] на основі нейромережевого підходу розроблена методика, що дозволяє виробляти визначення ринкової вартості квартир, апробована на базі даних міста Тула. Автори моделювали багатосаровий персептрон (MLP), мережу радіально-базисних функцій (RBF), узагальнено-регресійну нейронну мережу (GRNN). Як інструментальний засіб проектування нейронної мережі була обрана STATISTICA Neural Networks.

В рамках роботи [15] розглянуто хід побудови нейромережевої моделі оцінки ринкової вартості нерухомості з багатосаровою архітектурою (14-4-2-3-2-1) в Deductor Studio Academic.

Інші роботи [16-17] також показують, що нейронні мережі різних архітектур є одним з найкращих засобів для аналізу багатовимірних, топологічно взаємозалежних наборів даних, якими є набори факторів для оцінки житлової нерухомості. Здатність нейронних мереж знаходити сильно нелінійні залежності між вхідними факторами і вихідним значенням і виділяти з наборів найбільш значущі компоненти робить нейронні мережі незамінним інструментом для розв'язання задачі оцінки об'єктів житлової нерухомості [8].

Таким чином, в якості інтелектуального засобу для оцінки об'єктів житлової нерухомості доцільно використання моделей штучних нейронних мереж, а саме багатосарового персептрону.

Метою даної роботи є дослідження і моделювання нейронної мережі для оцінки ринкової вартості об'єктів житлової нерухомості на прикладі м. Маріуполь.

Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити наступні завдання:

- попередній відбір факторів, що впливають на ринкову вартість квартир;
- підготовка навчальної вибірки для нейронної мережі;
- визначення оптимального типу та характеристик нейронної мережі.

Виклад основного матеріалу.

Найбільше оголошень про продаж квартир у м. Маріуполь було зведено на сайті «Вся нерухомість України» [15] – 348 одиниць на вересень 2020 року. Шляхом парсінгу (Parsing) за допомогою окремо розробленого додатку з цього сайту було сформовано БД з 266 унікальними записами. На основі аналізу параметрів оголошень та робіт, які досліджували вплив різних чинників на вартість нерухомості, визначено набір параметрів для формування навчальної вибірки: район, кількість кімнат, поверх, кількість поверхів в будинку, тип будинку, загальна площа, житлова площа, площа кухні, стан. На основі відмінностей в характеристиках пропонованих об'єктів встановлені наступні значення для входів нейронної мережі:

X1 – кількість кімнат;

X2 – район: 1 – Центральний; 2 – Лівобережний; 3 – Приморський; 4 – Кальміуський;

X3 – тип будинку, задований наступними значеннями: 1 - панельний; 2 - «брежневка»; 3 - «хрущовка»; 4 - «сталінка»; 5 - цегляний; 6 - «чешка»; 7 - «новострой»; 8 - «купецький»;

X4 – поверх;

X5 – всього поверхів у будинку;

X6 – загальна площа (кв. м.);

X7 – житлова площа (кв. м.);

X8 – площа кухні (кв. м.);

X9 – стан об'єкту: «підготовка під ремонт» - 0, «добрий» - 1, «після ремонту» - 2.

Наступним етапом була підготовка навчальної вибірки, яка складалась з двох частин. По-перше було виконане відсікання «екстремальних» об'єктів, що мають занадто значну відмінність від середнього, тобто значно дешевих та занадто дорогих квартир. Таким чином, було відсічено приблизно 10% вибірки і залишилось у БД 240 записів. По-друге, проведено нормалізацію вхідних даних за методом мінімакса.

Масив підготовлених даних було розділено випадковим чином на наступні частини: навчальна вибірка (80%), тестова вибірка (10%) і контрольна вибірка (10%).

Далі було проведено моделювання нейронної мережі безпосередньо у Deductor Studio Academic. Для встановлення наявності зав'язків між обраними факторами і вихідною величиною – ціною, було проведено кореляційний аналіз. Результат впливу входів показаний на рисунку 1.

Входные поля		Корреляция с выходными полями	
№	Поле	Цена	
1	Комнат		0,637
2	Район		-0,305
3	этаж		0,025
4	всего этажей		-0,040
5	Общая площадь		0,687
6	Жилая площадь		0,673
7	Кухня		0,299
8	тип дома		-0,086
9	ремонт		0,269

Рисунок 1 – Вплив на ціну об'єкту

Для моделювання багат шарового персептронного важливий етап – визначення його архітектури – кількості прихованих шарів та кількості в них нейронів. В даний час немає жорстких правил ні для вибору кількості прихованих шарів, ні для вибору кількості нейронів в них. Деякі автори користуються формулою наслідком теорем Арнольда-Колмогорова-Хехт-Нільсена [14-15], більшість визначають це за допомогою експериментів, інтуїції, систематичного або евристичного пошуку. Для початку моделювання було обрано архітектури нейронних мереж вже описані іншими авторами по цій темі.

Після проведення серії з 38 експериментів з різними типами і формами нейронних мереж були визначені найкращі варіанти мережі за найменшою контрольною помилкою, що наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Приклади результатів навчання багат шарового персептронного

№	Архітектура	Помилка навчання	Помилка тестування	Кореляція
1	9-32-16-1	0,0083	0,0495	0,994
2	9-12-2-1	0,0510	0,0671	0,901
3	9-28-8-1	0,0071	0,1330	0,928

З таблиці видно, що не завжди найменша помилка при навчанні показує кращий результат навчання. Важливим є показник помилки на тестовому наборі. Найбільш вдалий результат навчання було отримано для мережі 9-32-16-1 з функцією активації – «сігмоїд», алгоритм навчання «з вчителем» Resilient Propagation (RPROP), кроки спуску = 0,4 крок підйому дорівнює 1,2. Крок спуску – в разі зміни знаку градієнтної складової помилки для даної ваги задає величину наступної корекції ваги. Крок підйому – в разі збереження знаку градієнтної складової помилки для даного ваги задає величину наступної корекції ваги.

Приклад процесу навчання показано на рисунку 2. Діаграма розсіювання, що показана на рисунку 3, демонструє збіг ціни початкової та прогнозованої нейронною мережею.

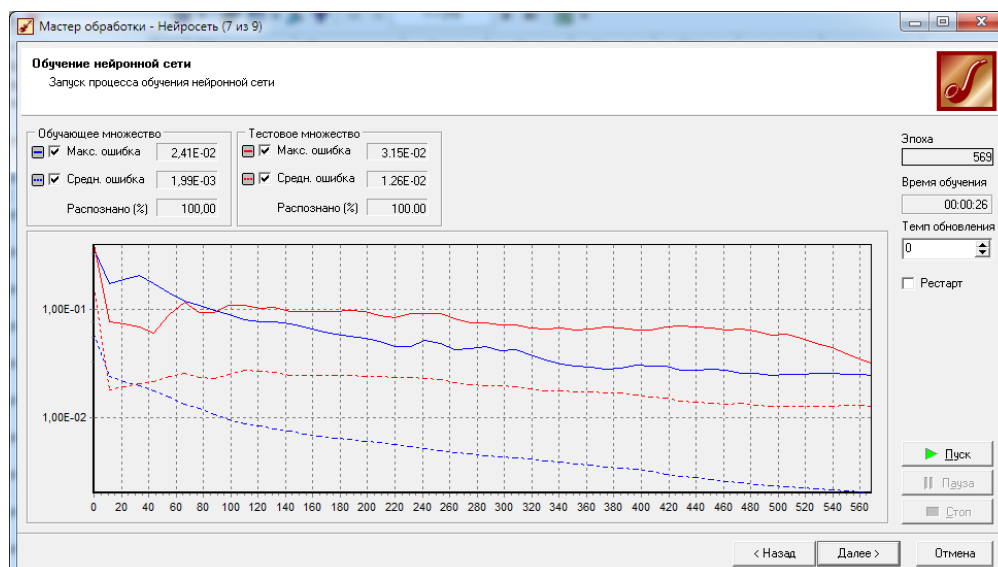


Рисунок 2 – Процес навчання нейронної мережі

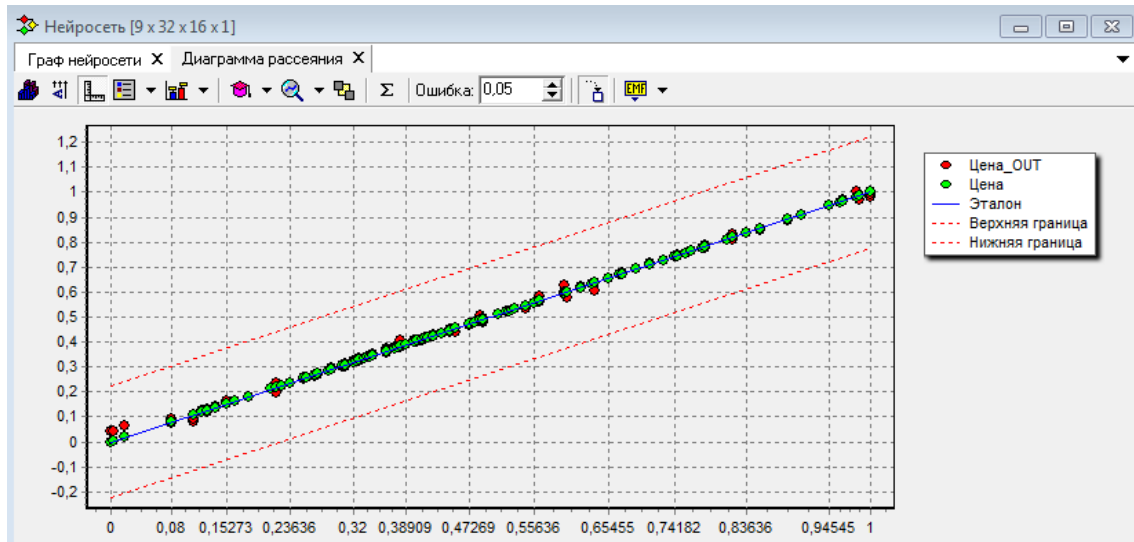


Рисунок 3 – Діаграма розсіювання після навчання.

Висновки та напрямок подальших досліджень.

Таким чином, дослідженням підтверджено можливість використання нейронної мережі, а саме багатоварового персептрону, для оцінки ринкової вартості об'єктів житлової нерухомості на прикладі м. Маріуполь. Моделювання у середовищі Deductor Studio Academic дозволило обрати архітектуру нейронної мережі для подальшого використання. Використання методу оцінки ринкової вартості об'єктів житлової нерухомості на основі прогнозування з допомогою багатоварового персептрону дозволить підвищити ефективність процесу оцінки. Цей метод у подальшому планується впровадити у систему підтримки прийняття рішень для оцінювачів ріелтерської компанії. Впровадження методу на основі нейромережевих технологій дозволить автоматизувати процес пошуку закономірностей між об'єктами житлової нерухомості при різних параметрах та встановлювати об'єктивну ринкову вартість.

Перелік використаних джерел

1. Про внесення змін до Податков... | від 05.12.2019 № 354-IX <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/354-20#Text>
2. Оцінити нерухомість можна буде онлайн | БІЗНЕС https://biz.ligazakon.net/ua/news/191492_otsniti-nerukhomst-mozhna-bude-onlayn
3. До уваги суб'єктів оціночної діяльності та оцінювачів <http://www.spfu.gov.ua/userfiles/files/do%20uvagi%20SOD.pdf>
4. Оцінка та управління нерухомістю: навчальний посібник / В. Р. Кучеренко, М. А. Засць, О. В. Захарченко, Н. В. Сментина, В. О. Улибіна. – Одеса: Видавництво ТОВ «Лерадрук», 2013. – 272 с.
5. Вся нерухомість України - Пошуковик нерухомості Flatfy від ЛУН <https://flatfy.lun.ua/uk>
6. Григорків В. С. Нейронні мережі та їхнє використання для прогнозування тенденцій ринку нерухомості / В. С. Григорків, О. І. Ярошенко, Н. В. Філіпчук // Науковий вісник НЛТУ України. - 2012. - Вип. 22.5. - С. 324-330. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnlut_2012_22.
7. Алексеев А.О., Харитонов В.А., Ясницкий В.Л. Разработка концепции комплексного нейросетевого моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2018. №1 (24). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-kontseptsii-kompleksnogo-neyrosetevogo-modelirovaniya-protssosov-massovoy-otsenki-i-stsenarnogo-prognozirovaniya>.
8. Кошель А. О. Використання нейромережевих технологій для проведення масової оцінки земель / А. О. Кошель // Формування ринкових відносин в Україні. – 2016. – № 12. – С. 77-81. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/frvu_2016_12_17.
9. Журавель О. Ю. Штучні нейронні мережі в оцінці вартості будівельних проектів / О. Ю. Журавель, Н. О. Вельмагіна // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепр, 2018. – Вып. 106. – С. 52-57. – (Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении). DOI: <https://doi.org/10.30838/P.CMM.2415.270818.52.229>
10. Евстафьев А. И., Гордиенко В. А. Прогнозирование индикаторов рынка недвижимости с применением нейронных сетей // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Общественные науки. 2009. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-indikatorov-rynka-nedvizhimosti-s-primeneniem-neyronnyh-setey>.
11. Герасимов С. А. Моделирование нейронных сетей для оценки стоимости аренды объекта офисной недвижимости с наименьшей ошибкой // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2011. №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-neyronnyh-setey-dlya-otsenki-stoimosti-arendy-obekta-ofisnoy-nedvizhimosti-s-naimenshey-oshibkoy>.

12. Воронін, В. О. Мамчин, М. М. Лянце, Е. В. Прогнозне моделювання тенденцій розвитку ринку нерухомості Логістика. – 2012. – №735 [37] <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/16008/1/7-Voronin-38-46.pdf>
13. Тазетдінов В. А. Нейромережеве прогнозування ринку нерухомості у кризових умовах / В. А. Тазетдінов // Науковий вісник НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.2. – С. 344-350. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnlut_2015_25.2_59
14. Арефьева Е. А., Костяев Д. С. Использование нейронных сетей для оценки рыночной стоимости недвижимости // Известия ТулГУ. Технические науки. 2017. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-neyronnyh-setey-dlya-otsenki-rynochnoy-stoimosti-nedvizhimosti>.
15. Вахрушев В.И., Курзаева Л.В., Дьяков В.А. Нейросетевое моделирование оценки рыночной стоимости недвижимости с использованием Deductor // Современная техника и технологии. 2016. № 11. Ч. 2 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2016/11/11407>
16. I Sun, Y., 2019. Real Estate Evaluation Model Based on Genetic Algorithm Optimized Neural Network. Data Science Journal, 18(1), p.36. DOI: <http://doi.org/10.5334/dsj-2019-036>
17. Jiafei Niu and Peiqing Niu. 2019. An intelligent automatic valuation system for real estate based on machine learning. In Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence, Information Processing and Cloud Computing (AIIPCC '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 12, 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1145/3371425.3371454>

References

1. On amendments to the Tax ... | from 05.12.2019 № 354-IX <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/354-20#Text>
2. You can evaluate the property online | BUSINESS https://biz.ligazakon.net/ua/news/191492_otsniti-nerukhomst-mozhna-bude-onlayn
3. To the attention of subjects of appraisal activity and appraisers <http://www.spfu.gov.ua/userfiles/files/do%20uvagi%20SOD.pdf>
4. Estimation and management of real estate: a textbook / VR Kucherenko, MA Zayets, OV Zakharchenko, NV Smentina, VO Ulybina. - Odessa: Leradruk LLC Publishing House, 2013. - 272 p.
5. All real estate in Ukraine - Flatfy real estate search engine from LUN <https://flatfy.lun.ua/en>
6. Grigorkiv VS Neural networks and their use for forecasting real estate market trends / VS Grigorkiv, OI Yaroshenko, NV Filipchuk // Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine. - 2012. - Vip. 22.5. - P. 324-330. - Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnlut_2012_22.
7. Alekseev AO, Kharitonov VA, Yasnitsky VL Development of the concept of complex neural network modeling of processes of mass assessment and scenario forecasting of market value of residential real estate // Izvestiya vuzov. Investments. Construction. Real estate. 2018. №1 (24). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-kontseptsii-kompleksnogo-neyrosetevogo-modelirovaniya-protsesov-massovoy-otsenki-i-stsenarnogo-prognostirovaniya>.
8. Koshel AA The use of neural network technologies for mass land valuation / AA Koshel // Formation of market relations in Ukraine. - 2016. - № 12. - P. 77-81. - Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/frvu_2016_12_17.
9. Zhuravel OY Artificial neural networks in the assessment of the cost of construction projects / OY Zhuravel, NO Velmagina // Construction, materials science, mechanical engineering: collection. scientific tr. / Приднєп. state acad. str-va and architecture. - Dnipro, 2018. - Issue. 106. - P. 52-57. - (Computer systems and information technologies in education, science and management). DOI: <https://doi.org/10.30838/P.CMM.2415.270818.52.229>
10. Evstafiev AI, Gordienko VA Forecasting of real estate market indicators using neural networks // Izvestiya vuzov. North Caucasus region. Series: Social Sciences. 2009. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognostirovanie-indikatorov-rynka-nedvizhimosti-s-primeneniem-neyronnyh-setey>.
11. Gerasimov SA Modeling of neural networks to estimate the cost of renting an office property with the least error // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal), 2011. №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-neyronnyh-setey-dlya-otsenki-stoimosti-arendy-obekta-ofisnoy-nedvizhimosti-s-naimenshey-oshibkoy>.
12. Voronin, VO Mamchin, MM Lyantse, EV Predictive modeling of real estate market trends Logistics. - 2012. - №735 [37] <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/16008/1/7-Voronin-38-46.pdf>
13. Tazetdinov VA Neural network forecasting of the real estate market in crisis conditions / VA Tazetdinov // Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine. - 2015. - Vip. 25.2. - P. 344-350. - Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnlut_2015_25.2_59
14. Arefieva EA, Kostyaev DS The use of neural networks to assess the market value of real estate // Izvestiya TulGU. Technical sciences. 2017. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-neyronnyh-setey-dlya-otsenki-rynochnoy-stoimosti-nedvizhimosti>.
15. Vakhrushev VI, Kurzaeva LV, Dyakov VA Neural network modeling of real estate market valuation using Deductor // Modern equipment and technologies. 2016. № 11. Part 2 [Electronic resource]. URL: <http://technology.snauka.ru/2016/11/11407>
16. I Sun, Y., 2019. Real Estate Evaluation Model Based on Genetic Algorithm Optimized Neural Network. Data Science Journal, 18 (1), p.36. DOI: <http://doi.org/10.5334/dsj-2019-036>
17. Jiafei Niu and Peiqing Niu. 2019. An intelligent automatic valuation system for real estate based on machine learning. In Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence, Information Processing and Cloud Computing (AIIPCC '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 12, 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1145/3371425.3371454>

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-11>

УДК: 004.056: 004.3

Ліщина Наталія Миколаївна, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-5200-536X>

Ліщина Валерій Олександрович, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-2371-3850>

Матвійв Юрій Ярославович, д.т.н., професор

<https://orcid.org/0000-0002-2236-2200>

Яшук Андрій Анатолійович, к.т.н.

<https://orcid.org/0000-0003-4872-7949>

Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКІВ ТА УПРАВЛІННЯ НИМИ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Ліщина Н.М., Ліщина В.О., Матвійв Ю.Я., Яшук А.А. **Аналіз методів визначення ризиків та управління ними при розробці програмного забезпечення.** В рамках дослідження розглянуто особливості управління ризиками проєктів в ІТ сфері. Висвітлені основні методи визначення ризиків та підходи до їх подолання. Описано процес ідентифікації зон ризику, який може вплинути на успіх проєкту. Пояснено процес управління ризиками для ІТ-проєктів, що зможе допомогти команді проєкту мінімізувати потенційні ризики та максимізувати потенційні можливості.

Ключові слова: ІТ-проєкт, управління ризиками, прогнозування ризиків, управління проєктами.

Лищина Н.М., Лищина В.А., Матвиив Ю.Я., Яшук А.А. **Анализ методов определения рисков и управление ими при разработке программного обеспечения.** В рамках исследования рассмотрены особенности управления рисками проектов в ИТ сфере. Освещены основные методы определения рисков и подходы к их преодолению. Описан процесс идентификации зон риска, который может повлиять на успех проекта. Объяснено процесс управления рисками для ИТ-проектов, который сможет помочь команде проекта минимизировать потенциальные риски и максимизировать потенциальные возможности.

Ключевые слова: ИТ-проект, управление рисками, прогнозирование рисков, управление проектами.

Nataliia Lishchyna, Valeriy Lishchyna, Matviiv Yuriy, Yashchuk Andrii. **Analysis of methods for identifying risks and managing them in software development.** The study examines the features of risk management of projects in the IT field. The main methods of risk identification and approaches to overcoming them are highlighted. Describes the process of identifying risk areas that may affect the success of the project, explains the process of risk management for IT projects, which can help the project team to minimize potential risks and maximize potential opportunities.

Keywords: IT project, risk management, risk forecasting, project management.

Постановка проблеми.

Розробка програмного забезпечення – це діяльність, яка використовує різноманітні технологічні досягнення і вимагає високого рівня знань. Через ці та інші фактори кожен проєкт з розробки програмного забезпечення містить елементи невизначеності. Це поняття відоме як проєктний ризик. Успіх проєкту з розробки програмного забезпечення в значній мірі залежить від рівня ризику, який відповідає кожному виду діяльності. Керівнику проєкту, недостатньо лише усвідомлювати ризики. Для досягнення успішного результату керівництво проєктом повинно визначити, оцінити, визначити пріоритети та управляти усіма основними ризиками [4].

Усі проєкти розробки програмного забезпечення та будь які інженерні роботи із створення програмного забезпечення різняться завдяки новим функціям, більшій ефективності або використанню досягнень у галузі програмної інженерії. Будь-який керівник програмного проєкту погодиться з тим, що досягнення таких можливостей не може рухатися вперед без ризику[4].

Оскільки ризики дійсно реальні і досить поширені у всіх програмних проєктах, вкрай необхідно, щоб зацікавлені сторони наполегливо працювали над виявленням, розумінням та пом'якшенням будь-яких ризиків, які можуть загрожувати успіху проєкту. Що стосується проєктів, які мають обмеження у часі та витратах. Досвід часто показує, що успішними проєктами з розробки програмного забезпечення є ті, у яких зменшення ризику є основною діяльністю управління.

Що таке ризик у розробці програмного забезпечення? Насправді, ризик є потенційною проблемою. Це діяльність або подія, яка може скомпрометувати успіх проєкту з розробки програмного забезпечення. Ризик – це ймовірність зазнати збитків, а загальний ризик для конкретного проєкту буде враховувати як ймовірність, так і розмір потенційної втрати. «Гарантування необхідного рівня якості програмного забезпечення – це процес, який функціонує паралельно розробці програмного забезпечення. Основна увага приділяється вдосконаленню процесу розробки програмного забезпечення для запобігання ризиків до того, як вони стануть головною проблемою» (Сіваковська, 2020, с. 67).

Формування мети дослідження.

Метою дослідження є аналіз методів та механізмів управління ризиками проєктів ІТ-галузі, аналіз зон ризику, які можуть вплинути на успіх проєкту. Пояснити процес управління ризиками для ІТ-проєктів, як такий, що зможе допомогти команді проєкту мінімізувати потенційні ризики.

Виклад основного матеріалу.

Припущення та антикризове управління не забезпечують повну ефективність проєкту. Виявлення та управління ризиками є єдиним прогнозуючим методом для виявлення ймовірності того, що проєкт розробки програмного забезпечення зазнає незапланованих або неприпустимих подій. Сюди входять припинення, розриви, затримки графіків, зниження вартості та перевитрата ресурсів проєкту

Що таке управління ризиками в програмній інженерії? Управління ризиками означає стримування та пом'якшення ризиків. По-перше, потрібно визначити та спланувати. Потрібно діяти, коли виникає ризик, спираючись на досвід та знання всієї команди, щоб мінімізувати вплив на проєкт.

Управління ризиками включає такі завдання:

- визначити ризики та їхні причини;
- класифікувати та визначити пріоритети всіх ризиків;
- скласти план, який пов'язує кожен ризик із пом'якшенням наслідків;
- відстежити напрями ризику під час проєкту;
- застосувати пом'якшувальні дії, якщо будь-який ризик матеріалізується;
- повідомити про стан ризику протягом проєкту;
- визначити та класифікувати ризики.

Більшість проєктів програмної інженерії за своєю суттю є ризикованими через різні потенційні проблеми, які можуть виникнути. Досвід інших проєктів програмної інженерії може допомогти менеджерам класифікувати ризик. Тут важливо не діапазон класифікації, а точне визначення та опис усіх реальних загроз успіху проєкту. Проста, але ефективна схема класифікації полягає у впорядкуванні ризиків за сферами впливу.

Для більшості проєктів з розробки програмного забезпечення ми можемо визначити п'ять основних сфер впливу на ризик:

- нові, неперевірені технології;
- користувацькі та функціональні вимоги;
- архітектура додатків та систем;
- продуктивність;
- організаційні вимоги.

Нові, неперевірені технології. Більшість програмних проєктів передбачають використання нових технологій. Постійно мінливі інструменти, методи, протоколи, стандарти та системи розробки збільшують ймовірність того, що технологічні ризики виникнуть практично за будь-яких значних зусиль, спрямованих на розробку програмного забезпечення. Навчання та знання мають надзвичайно важливе значення, і неправильне використання нових технологій найчастіше призводить безпосередньо до провалу проєкту.

Користувацькі та функціональні вимоги. Вимоги до програмного забезпечення враховують усі потреби користувачів щодо функцій, функцій та якості обслуговування програмної системи. Дуже часто процес визначення вимог є тривалим, нудним і складним. Більше того, вимоги, як правило, змінюються з відкриттям, прототипуванням та інтеграцією. Зміна елементарних вимог, швидше за все, поширюватиметься протягом усього проєкту, а модифікації вимог користувача можуть не перетворитися на функціональні вимоги. Ці збої часто призводять до однієї або декількох критичних помилок погано спланованого проєкту з розробки програмного забезпечення.

Архітектура додатків та систем. Неправильний напрямок з платформною, компонентом або архітектурою може мати катастрофічні наслідки. Як і у випадку з технологічними ризиками, життєво важливо, щоб команда включала експертів, які розуміють архітектуру та здатні робити обґрунтований вибір дизайну.

Продуктивність. Важливо переконатись, що будь-який план управління ризиками охоплює очікування користувачів та партнерів щодо ефективності. Потрібно враховувати контрольні показники та порогові випробування протягом усього проєкту, щоб забезпечити рух робочих продуктів у правильному напрямку.

Організаційні вимоги. Організаційні проблеми можуть мати несприятливий вплив на результати проєкту. Керівництво проєктом повинно планувати ефективне виконання проєкту та

знаходити баланс між потребами команди розробників та очікуваннями замовників. Звичайно, адекватний підбір персоналу включає вибір членів команди з наборами навичок, які добре відповідають проекту.

На самому верхньому рівні можна виділити три основні групи ризиків:

- ризик проектування;
- технічний ризик;
- бізнес-ризик (діловий ризик).

Ризики проектування включають ризики, пов'язані з невизначеністю у фінансуванні проекту, в кваліфікації персоналу, мінливість вимог замовника, несвоєчасними поставками технічних і програмних засобів і так далі. Крім того, факторами ризику є складність і розмір програмного виробу.

Технічний ризик з'являється в результаті того, що розробник на перших етапах не може передбачити всіх складнощів, які проявляться на етапах розробки, тобто проблема завжди складніше, ніж вона оцінюється спочатку.

Найбільш підступний – діловий ризик. Наприклад, створений прекрасний продукт, який ще не відповідає вимогам ринку, або створений продукт не відповідає стратегічній лінії компанії, або припинено бюджетне фінансування і тому подібні.

Можна запропонувати також наступну категоризацію ризиків:

- ризики пов'язані з вимогами;
- технологічні ризики;
- ризики пов'язані з кваліфікацією персоналу;
- політичні ризики.

PMBOK рекомендує керувати ризиками у 4 етапи:

1. Ідентифікація. Виявити ризики, котрі можуть перешкодити цілі проекту. На практиці, зазвичай, технічні ризики у IT-проекті з'являються дуже часто, та їх простіше вирішити. Більш складніше вирішувати такі ризики, як «політичні ігри», «небажання, опір підрядників, користувачів», «відсутність підтримки керівництва», «недостатнє фінансування».

2. Аналіз. Завдання цього етапу полягає в визначенні найнебезпечніших із ідентифікованих ризиків, тому що боротьба із всіма ризиками водночас неефективна і дорога.

3. Планування. На цьому етапі саме відбувається управління проектами. Для кожного ризику зі списку критичних потрібно розробити стратегію боротьби із ним. Усього використовують три стратегії:

Transfer. Перекладаємо відповідальність за наслідки ризику на третю сторону (замовника, страхову компанію, партнера та ін.). Застосовувати цю стратегію завжди є зміст, якщо самі не можемо вплинути на ризик та є на кого цю відповідальність перенести.

Accept. Приймаємо ми відповідальність за наслідки ризику на себе, та нічого не робимо, залишаємо усе як є. Використовувати цей підхід є зміст тільки коли із ризиком вдіяти ми нічого не можемо, а робити трансфер на іншу сторону не виправдано дорого.

Mitigate. Боремося із ризиком, при цьому беручи відповідальність за нього на себе. Задля боротьби із ризиком добре мати декілька планів: основний, для того, щоби ризик подавити, та відхідний, на випадок коли ризик усе ж таки трапився та впливає на проект.

4. Моніторинг та контроль. Піддержувати план проекту та перелік ризиків у актуальному стані. Використовують на практиці статистичні методи прогнозування ризиків [1].

Ризики відрізняються від проблем і труднощів, так як вони мають відношення до майбутніх, потенційно можливих негативних результатів і збитків. Оцінюється ймовірність за ступенем визначеності, із якою можливо прогнозувати прояв кожного ризику у проекті, який полягає у переростанні даного ризику у проблеми для проекту. SEI (Software Engineering Institute) радить використовувати три методики управління ризиком проектів:

1) SRE (Software Risk Evaluation) методологія оцінювання ризику містить формальний метод ідентифікації, контролю, аналізу та усунення ризиків проектів, що застосовується спочатку на ранній стадії розробки ПС (до укладення договору із розробником та потім періодично у ході усього життєвого циклу проекту.

2) Методологія безперервного керування ризиком CRM (від Continuous Risk Management) оснований на деяких принципах управління ризиком у ході всього ЖЦ проекту та не залежить від конкретних застосовуваних методів і інструментів оцінки і усунення ризиків.

3) Методологія колективного управління ризиком TRM (від Team Risk Management) описує додаткові дії у діяльності із управління ризиком, котрі пов'язані з здійсненням колективного управління ризиком зі сторони замовника проєкту і його виконавця [1].

Організація робіт із аналізу ризиків виконується в наступній послідовності:

- 1) підбір команди експертів;
- 2) підготовка запитань та зустрічі з експертами;
- 3) вибір техніки аналізу ризику;
- 4) установлення факторів ризику і їх значимості;
- 5) розробка моделі механізму дії ризиків;
- 6) встановлення зв'язків між окремими ризиками та сукупного ефекту від їх дії;
- 7) розподіл ризиків між учасниками проєкту;
- 8) перегляд результатів аналізу ризиків, найчастіше у вигляді звіту [2].

Ризики можуть стати проблемами, якщо ними ефективно не управляти. В рамках MSF (Microsoft Solutions Framework) управління ризиками розглядається як процес їх виявлення, аналізу та ефективної превентивної роботи над ними. Ефективний процес виявлення і управління ризиками допомагає досягти розумних компромісів між згаданими небезпеками і можливостями, що відкриваються.

У процесі виявлення ризиків проєктна група намагається чітко сформулювати і перерахувати всі наявні в проєкті ризики. На початковій стадії проєкту може бути організований семінар або мозковий штурм з метою виявлення ризиків, що виникають в нових умовах. Як мінімум, в результаті процесу виявлення ризиків повинні бути отримані їх чіткі, однозначні й узгоджені формулювання, представлені у вигляді списку ризиків.

Після того як ризики ідентифіковані, їх треба проаналізувати. Огляд математичних моделей і методів, які використовуються при аналізі ризиків, наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристика найпоширеніших методів аналізу ризиків

Вид методів аналізу	Метод	Характеристика методу
Якісні	Ймовірнісний аналіз	Ймовірність виникнення втрат визначається на основі статистичних даних, які передували ризикованому періоду, достатності інвестицій, коефіцієнта ризику
	Експертний аналіз	Метод використовується в разі відсутності чи недостатнього обсягу початкової інформації та полягає у залученні експертів для оцінки ризиків
	Метод аналогів	Користування базою даних по здійснених аналогічних проєктах задля перенесення їх результативності на проєкт, що розробляється
	Аналіз сценаріїв розвитку проєкту	Цей метод передбачає розробку декількох варіантів розвитку проєкту та їх порівняльну оцінку. Розраховується самий песимістичний варіант можливої зміни змінних, самий оптимістичний та найбільш вірогідний варіант
	Метод побудови «дерева рішень»	Передбачає покрокове розгалуження процесу реалізації проєкту з оцінкою витрат, збитків і вигод
Кількісні	Аналіз показників граничного рівня	Визначення ступеня стійкості проєкту по відношенню до можливих змін умов його реалізації
	Аналіз чутливості проєкту	Цей метод дозволяє оцінити, як саме змінюються результуючі показники реалізації проєкту при різних даних змінних, необхідних для розрахунку
	Імітаційні методи	Ці методи базуються на покроковому знаходженні значення результуючого показника за рахунок проведення багатократних дослідів з моделлю

Після каталогізації всіх ризиків за типами, керівник проєкту з розробки програмного забезпечення повинен розробити план управління ризиками. Як частина більш широкого, всебічного плану проєкту, план управління ризиками окреслює реакцію, яка буде прийнята щодо кожного ризику - якщо він реалізується [3].

На даному етапі має бути вироблений план боротьби із ризиками в ІТ-проекті на основі оцінювання ймовірностей і вироблена стратегія попередження.

Не потрібно розробляти безліч антиризикових заходів на кожний можливий та неможливий ризик у проекті. Інакше можливо отримати великий перелік робіт за проектом, що збільшує терміни його виконання як мінімум в 2 рази. Це відвертає увагу від основної мети проекту, зосереджуючи ресурси на запобіганні можливих негативних наслідків.

Отож, при оцінці ризиків та розробці заходів щодо їх запобігання важливий принцип Парето 80/20. Тому, при розробці антиризикових заходів треба вибрати ті 20% ризиків, які на 80% впливають на успіх чи провал проекту, а для цих ризиків спланувати антиризикові заходи. При цьому зі всього переліку заходів треба знову таки вибрати тільки 20%, котрі запобігають 80% ризиків [3].

Щоб бути ефективним, моніторинг програмного ризику повинен бути невід'ємною частиною більшості проектів. По суті, це означає часті перевірки під час зустрічей проекту та критичних подій. Моніторинг включає: публікування звітів про стан проекту та питання управління ризиками; перегляд планів ризиків відповідно до будь-яких серйозних змін у графіку проекту; перегляд та перевірка пріоритетів ризиків, усуваючи ризики з найменшою ймовірністю; мозковий штурм щодо потенційно нових ризиків після змін у графіку або масштабі проекту. Коли виникає ризик, відповідну реакцію щодо пом'якшення слід взяти із плану управління ризиками.

Таблиця 2 – Дії команди проекту по попередженню ризиків

Дії	Перелік питань до вирішення
Дослідження (research)	Чи достатньо ми володіємо інформацією про даний конкретний ризик? Чи ми повинні краще вивчити його, щоби отримати про нього більше інформації?
Ухвалення (accept)	Чи можемо пережити наслідки ризиків, якщо вони настануть? Чи можемо ми прийняти ризики та не здійснювати з цього приводу ніяких подальших дій?
Уникнення (avoid)	Чи можемо уникнути ми ризиків, змінивши спосіб дії?
Перенесення (transfer)	Чи можемо перенести ризик на деякий інший проект, проектну групу, організацію чи приватних осіб?
Запобігання (mitigation)	Чи можна щось зробити заздалегідь для зменшення ймовірності ризику чи його загрози?
Пом'якшення наслідків (contingency)	Чи може бути загроза ризику зменшена шляхом планування певної реакції на нього?

Протягом усього проекту життєво важливо забезпечити ефективну комунікацію між усіма зацікавленими сторонами, менеджерами, розробниками, службою контролю, особливо маркетингом та представниками споживачів. Обмін інформацією та отримання відгуків про ризики значно збільшить ймовірність успіху проекту.

Висновки

В статті охарактеризовано такі поняття, як управління програмними проектами та ризиками їх реалізації, що дало змогу визначити компоненти такого управління, основні категорії ризиків, ризик-орієнтовний підхід до процесу управління. З'ясовано основні завдання процесу управління ризиками реалізації програмних проектів, розроблено відповідні рекомендації, які дають змогу керівництву ІТ-компанії передбачити появу негативних ситуацій і, як наслідок, подальших потенційних проблем, що вимагатиме від них попередньої підготовки персоналу до їхнього настання. Виявлено, що підготовка заходів реагування на потенційні проблеми зводиться до визначення певного набору дій, які потрібно зробити для того, щоб підсилити позитивні результати прояву ризикових подій і послабити негативні їх наслідки.

Список бібліографічного опису.

1. Андон Ф. И., Коваль Г. И., Коротун Т. М., Лаврищева Е. М., Суслов В. Ю. Основы инженерии качества программных систем. 2-е изд., перераб. и доп. К. Академперіодика, 2007. 672 с.
2. Галенко Н. І., Фісун М. Т. Моделі ризиків у проєктах зі створення програмного забезпечення. Наукові праці: Науково-методичний журнал. Т. 106. Вип. 93. Комп'ютерні технології. Миколаїв. Вид-во ЧДУ ім. П. Могили, 2009. с. 89-96.
3. Дубровін В. І., Льовкін В. М. Прийняття рішень у процесі управління ризиками проєктів: навчальний посібник. Запоріжжя. ЗНТУ, 2012. 196 с.
4. Sandra M. N., Sandra M.N., Carlos S. da S. Eduardo Risk management applied to software development projects in incubated technology-based companies: literature review, classification, and analysis. Gest. Prod., São Carlos. 2016, №23(4). P. 798-814.

5. Сіваковська О. М., Ліщина Н. М. Основні підходи до управління якістю програмного забезпечення. Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції "Die wichtigsten Vektoren für die Entwicklung der Wissenschaft im Jahr 2020", 24 січня 2020 р. Люксембург: АООС, 2020. С.67-68.

References.

1. Andon F. Y., Koval G. Y., Korotun T. M., Lavryshheva E. M., Suslov V. Yu. Osnovy ynzheniyi kachestva programmnykh system. 2-e yzd., pererab. y dop. K. : Akadempyodyka, 2007. 672 s.
2. Galenko N. I., Fisun M. T. Modeli ryzykiv u proektax zi stvorennia programnogo zabezpechennia. Naukovi praci: Naukovo-metodychnyj zhurnal. T. 106. Vyp. 93. Kompyuterni tehnologiyi. Mykolayiv. Vyd-vo ChDU im. P. Mogily, 2009. s. 89-96.
3. Dubrovin V. I., Lovkin V. M. Pryjnyattia rishenu procesi upravlinnya ryzykamy proektiv: navchalnyj posibnyk. Zaporizhzhya : ZNTU, 2012. 196 s.
4. Sandra M. N., Sandra M.N., Carlos S. da S. Eduardo Risk management applied to software development projects in incubated technology-based companies: literature review, classification, and analysis. Gest. Prod., São Carlos. 2016, №23(4). P. 798-814.
5. Sivakovska O. M., Lishchyna N. M. Osnovni pidkhody do upravlinnia yakistiu prohramnoho zabezpechennia. Zbirnyk materialiv mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "Die wichtigsten Vektoren für die Entwicklung der Wissenschaft im Jahr 2020", 24 sichnia 2020 r. Liuksemburh: АООС, 2020. S.67-68.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-12>

УДК 004.048

Мартиненко Андрій Анатолійович, старший викладач, аспірант.

<https://orcid.org/0000-0002-5033-4696>

Мороз Борис Іванович, д.т.н., професор.

<http://orcid.org/0000-0002-5625-0864>

Гуліна Ірина Григорівна, к.т.н., доцент.

<https://orcid.org/0000-0003-2565-5006>

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна.

ІНСТРУМЕНТИ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КУЛЬТУРНИХ ЦІННОСТЕЙ

Мартиненко А.А., Мороз Б.І., Гуліна І.Г. Інструменти побудови інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень ідентифікації культурних цінностей. У статті розглядається проблема розробки інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень ідентифікації культурних цінностей, питання вибору і обґрунтування методів та інструментів для її побудови. Розглянуто методи дослідження та побудови складних об'єктів, перспективи використання сучасних штучних нейронних мереж як інструменту для розробки інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень. Також визначено перспективи та шляхи подальшого дослідження і використання даної предметної області.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, інтелектуальний аналіз даних, ідентифікація культурних цінностей, нейронні мережі.

Мартыненко А.А., Мороз Б.И., Гулина И.Г. Инструменты построения интеллектуальной системы поддержки принятия решений идентификации культурных ценностей. В статье рассматривается проблема разработки интеллектуальной системы поддержки принятия решений идентификации культурных ценностей, вопросы выбора и обоснования методов и инструментов для ее построения. Рассмотрены методы исследования и построения сложных объектов, перспективы использования современных искусственных нейронных сетей как инструмента для разработки интеллектуальной системы поддержки принятия решений. Также определены перспективы и пути дальнейшего исследования и использования данной предметной области.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, интеллектуальный анализ данных, идентификация культурных ценностей, нейронные сети.

A. Martynenko, B. Moroz, I. Hulina. Building tools of an intelligent decision support system to identify cultural values. The article discusses the problem of developing an intelligent decision support system for identifying cultural values, the issues of choosing and justifying methods and tools for its construction. The methods of research and construction of complex objects, the prospects of using modern artificial neural networks as a tool for the development of an intelligent decision support system are considered. The prospects and ways of further research and use of this subject area are also identified.

Keywords: decision support system, data mining, identification of cultural values, neural networks.

Вступ. Постановка проблеми. У роботах [1-3] авторами була запропонована і описана загальна схема інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень (ІСППР) для ідентифікації культурних цінностей (КЦ). У запропонованій авторами схемі можна виділити кілька груп елементів наведеної структури: зберігання інформації; системи забезпечення інтерфейсами користувача і системи і власне головний елемент системи - підсистема, що забезпечує обробку і аналіз інформації для отримання відповіді-рішення про ідентифікацію об'єкта КЦ. Даний елемент фактично являє собою структуру (модель), яка дозволяє перетворити ідентифікаційні ознаки об'єкта в аналітичні матеріали (довідки), які можуть служити користувачеві для підтримки прийнятого рішення. Основною ідеєю, яка розглядається авторами в даній роботі, є аналіз і обґрунтування вибору інструментарію для побудови сучасних ІСППР. Особливу увагу приділяється саме методам та засобам організації підсистеми обробки і аналізу інформації для отримання відповіді-рішення ІСППР.

Аналіз досліджень. Як зазначається в роботі [4], в даний час набули поширення ряд методів дослідження і побудови складних об'єктів, до яких відносяться і ІСППР. До таких методів належать: нейронні мережі (НМ), метод групового урахування аргументів (МГУА), еволюційне моделювання (генетичні алгоритми), регресійний аналіз і т.п. Слід зазначити, що перераховані методи мають як ряд переваг так і свої недоліки.

Також слід зазначити, що ряд сучасних ІСППР побудовані на використанні експертних систем (ЕС), знань експертів, теорії розмитих (нечітких) множин та ін.

Оцінка якості прийняття рішення (відповіді системи на запит користувача) в таких системах, побудованих на ймовірнісних методах, не завжди задовольняють заданим параметрам точності, тому слід приділити увагу альтернативним методам.

В даний час, з розвитком теорії штучних нейронних мереж (ШНМ), на думку авторів, з'явилася можливість більш точного вирішення задачі ідентифікації КЦ в порівнянні з пропонованими раніше методами [5-7].

Мета дослідження. Підвищення якості та ефективності рішення практичної задачі створення ІСППР за використання сучасних інструментів, методів та засобів, що мають ряд переваг в порівнянні з пропонованими раніше.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. За останні роки великої популярності набрало використання такого потужного інструменту як нейронні мережі. При чому використання НМ може бути застосовано для розпізнавання, ідентифікації об'єктів КЦ так і при побудові самої ІСППР, оскільки її можна розглядати як клас методів моделювання.

Сучасні нейронні мережі використовуються для вирішення складних обчислювальних і аналітичних задач [8]. Такими задачами та галузями застосування можуть бути:

- Розпізнавання образів. Даний тип задач може бути використано при роботі підсистеми розпізнавання об'єктів КЦ.
- Класифікація - розподіл даних за параметрами (ознаками). Даний тип задач може бути використано при роботі підсистеми формування сховища даних.
- Прийняття рішень і управління. Даний тип задач може бути використано при роботі підсистеми саме формування запитів користувача до системи і НМ та формування довідок-відповідей.
- Кластеризація. Даний тип задач також може бути використано при роботі підсистеми формування запитів користувача до системи і НМ та формування довідок-відповідей, в умовах коли є необхідність розбиття множини вхідних сигналів на класи, при цьому ні кількість, ні ознаки класів заздалегідь не відомі.
- Прогнозування. Даний тип задач, на думку авторів, може бути використано при роботі ІСППР в цілому, оскільки здатні до узагальнення і виділення прихованих залежностей між вхідними та вихідними даними.
- Апроксимація. Нейронна мережа здатна апроксимувати будь-яку безперервну функцію з деякої наперед заданою точністю.
- Стиснення даних і асоціативна пам'ять. Даний тип задач може бути використано при організації роботи підсистеми формування сховища даних оскільки виявляє взаємозв'язки між різними параметрами надає можливість представити дані більш компактно, якщо дані тісно пов'язані між собою.

Отже, виходячи з зазначеного вище, сучасні ІСППР при проектуванні та розробці її окремих складових, в тій чи іншій мірі, можуть використовувати програмно-апаратний комплекс НМ.

Для вирішення задачі побудови ІСППР, чи моделювання ідентифікації КЦ, на думку авторів, може бути розглянуто і використано існуюче програмне забезпечення [9]: Alyuda NeuroIntelligence, Amygdala, Annie, Artificial Intelligence Recurrent Asymmetric Networks (NARIA), Cortex, DELVE, EasyNN, ECANSE, FANN, Fann Neural Network for Mathematica, Genesis, Java library, Joone (Java Object Oriented Neural Engine), libF2N2, Lightweight Neural Network ++, LTF-Cimulator, Netlab, NetMaker, Neurak, Neural Network Framework, Neural Network Leaves Recognition, Neural Network Models in Excel, Neural Network Toolbox for MATLAB, Neural Networks at your Fingertips, NeuralWorks- Professional II / PLUS, NeuroBox-dotNET, Neuromat, NeuroMine, Neuropilot Project, NeuroShell Predictor, NeuroSolutions, NeuroXL, NNSYSID Toolbox, Penguinwerks, Pythia, Simbrain, Temporal Difference Learning Project, Tiberius, Torch, Tradecision, Xerion, Neuroph, University of Hertfordshire Neural Network Software.

Слід зазначити, що програмне забезпечення (ПЗ) в списку представляє собою інструменти різного типу і призначення: середовища розробки, нейромережеві фреймворки, нейромережеві бібліотеки або симулятори. Таким чином, певне ПЗ призначене для вирішення відповідних завдань і не завжди чи не повною мірою задовольнятиме саме задачі побудови ІСППР. На думку авторів, для розробки програмно-апаратного комплексу майбутньої ІСППР, особливу увагу слід приділити середовищам розробки та відповідним нейромережевим бібліотекам різних об'єктно-орієнтованих мов програмування високого рівня, наприклад, C#, C++, Java, Python, Lua, тощо.

Вибір мови та середовища програмування в першу чергу залежить від компетентності та кваліфікації розробника та наявності для мови та середовища відповідних бібліотек.

Також існує ряд фреймворків саме для розробки та використання ШНМ, наприклад: Tensor Flow, Microsoft CNTK, Caffe, Theano, MXNet, Torch т.п. Наведені фреймворки мають як свої переваги так і недоліки [10,11].

При проектуванні ІСППР на базі ШНМ, значну роль відіграє і тип НМ. Відповідно до принципів побудови НМ, мережа складається з шарів та обов'язково включає в себе перший (вхідний)

шар нейронів, який не виконує перетворень і обчислень, він приймає та розподіляє вхідні сигнали по іншим нейронам. Далі в залежності від критеріїв класифікації, ШМН можуть бути одношаровими (більш простими) чи багатошаровими (більш складними).

Крім кількості шарів, нейронні мережі можна класифікувати по напрямку розподілу інформації по синапсах між нейронами: нейромережі прямого поширення (односпрямовані), рекурентні нейронні мережі (із зворотними зв'язками), радіально-базисні функції чи карти що самоорганізуються.

Щоб підкреслити велику кількість типів НМ, можна зазначити, що також можна класифікувати:

- в залежності від типів нейронів: однорідні, гібридні;
- В залежності від методу нейронних мереж з навчання: навчання з учителем, без вчителя, з підкріпленням;
- за типом вхідної інформації: аналогові, виконавчі, образні;
- за характером налаштування синапсів: з фіксованими зв'язками, динамічними зв'язками.

Також слід зазначити, що на теперішній час набули популярності та розповсюдження більше двох десятків типів мереж[12-13], що в свою чергу в черговий раз підкреслює складність та важливість адекватного вибору НМ.

Штучний нейрон (ШН) (рис. 1.) складається з синапсів, які пов'язують входи нейрона з ядром; ядра нейрона, що здійснює обробку вхідних сигналів і аксона, який пов'язує нейрон з нейронами наступного шару. Кожен синапс має вагу, який визначає, наскільки відповідний вхід нейрона впливає на його стан.

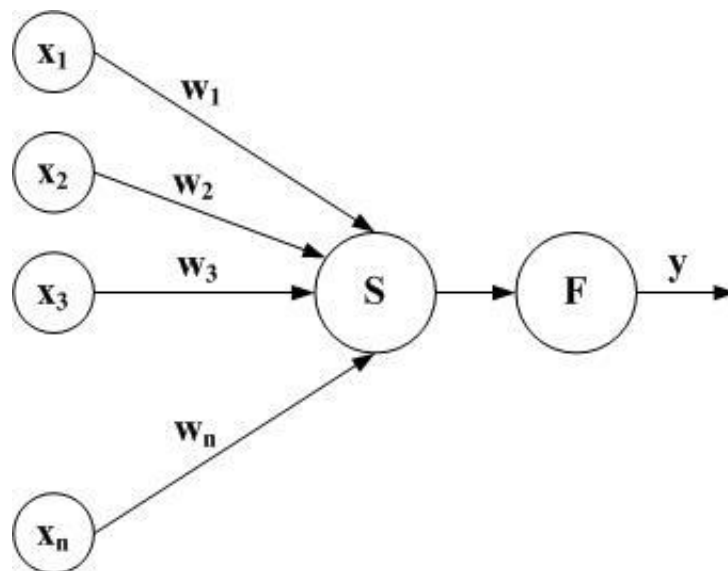


Рис. 1. Типова структура штучного нейрону

Стан нейрона визначається за формулами:

$$S = \sum_{i=1}^n x_i w_i$$

n – число входів нейрону, x_i – значення i -го входу нейрону, w_i – вага i -го синапсу.

Далі сигнал S перетворюється активаційною (передавальною) функцією нейрона F у вихідний сигнал y . Математично це можна виразити формулою:

$$y = F\left(\sum_{i=1}^n x_i w_i\right)$$

Якщо проаналізувати типові структури ШН та НМ (Рис. 1-2.), не дивлячись на різноманіття сучасних ШНМ, можна зробити висновок, що головними їх параметрами є тип, кількість вхідних ознак (якісні, кількісні) та їх значення для системи (вагові коефіцієнти).

Також, після аналізу різних типів НМ, авторами зазначається, що різні типи НМ можуть бути використані в одній ІСППР при розробці її окремих підсистем [1-2], але також за умов визначення вхідних та вихідних сигналів.

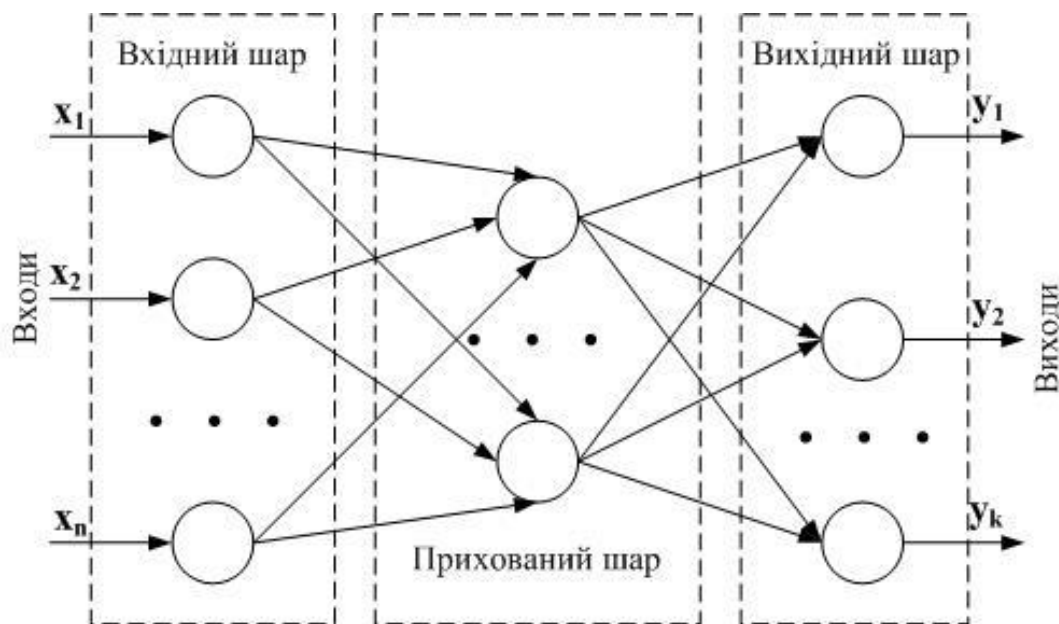


Рис. 2. Типова структура багатошарової НМ

Таким чином, за думкою авторів, в комплексі повинна вирішуватися і задача обґрунтування і дослідження характеристик і властивостей самих ознак (вхідних параметрів).

У зв'язку з великою кількістю типів/видів об'єктів КЦ і при цьому кожен тип може бути описаний різними характеристиками (параметрами), рішення ідентифікації всіх об'єктів КЦ є завданням дуже складною і трудомісткою. Виходячи зі сказаного, для спрощення процесу моделювання (створення принципової схеми, моделі) авторами було прийнято рішення в подальших роботах сконцентрувати увагу та відпрацювати на прикладі ідентифікації та аналізі одного виду/типу КЦ - картин. Таким чином, перевірка на адекватність моделі (системи) може бути виконана на прикладі картин, і в подальшому поширена на інші типи об'єктів КЦ.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Авторами було проаналізовано проблеми, пов'язані з вибором сучасних методів та засобів побудови ІСППР ІКЦ, а також з рішеннями, які при цьому використовуються. Отримані результати дозволяють зробити наступні висновки:

- Проблема галузь є дуже широкою та не досить вивченою сферою досліджень.
- Вибір інструментів побудови сучасних ІСППР є комплексною задачею, де слід враховувати всі складові та елементи ІСППР.
- Визначення критеріїв для аналізу та ідентифікації (вхідні дані, ознаки об'єктів) при створенні ІСППР для підтримки багатокритеріальних рішень у складному інформаційному середовищі впливає на вибір інструментів для побудови ІСППР.
- У даній статті, авторами висвітлена задача вибору й обґрунтування типової структури НС (обґрунтування діапазону кількості вхідних нейронів (параметрів), кількість шарів НС, типу НС, тощо) і її властивостей.
- В роботі автори наводять аналітичний огляд НМ можливих до застосування для моделювання залежності підтримує рішення (відповіді системи на запит) від вхідних ознак (параметрів переданих системі для обробки і аналізу).

Також слід зазначити, що для вирішення окремих питань, наприклад, для обґрунтування критеріїв для аналізу та ідентифікації об'єктів КЦ, слід залучати відповідних фахівців в галузі мистецтвознавства, чи звертатися до нормативно-правових документів в галузі роботи в зазначеній галузі, й можуть розглядатися в окремих роботах.

Список бібліографічного опису

1. Martynenko A., Moroz V., & Nulina I. (2020). An intelligent decision support system for cultural property identification. COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES: EDUCATION, SCIENCE, PRODUCTION, (39), 78-82. <http://cit-journal.com.ua/index.php/cit/article/view/126>
2. Martynenko A., Moroz B., Hulina I., & Syrotkina O. (2020). Conceptual model of an intelligent decision support system to identify cultural values. COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES: EDUCATION, SCIENCE, PRODUCTION, (40), 51-57. <http://cit-journal.com.ua/index.php/cit/article/view/156>
3. Martynenko A., Moroz B., Gulina I. "Intelligent decision support system for the identification of cultural values". IV All-Ukrainian scientific-practical conference "Prospective areas of modern electronics, information and computer systems (MEICS-2019)". Dnipro, November 27-29, 2019 <http://meics.dnure.dp.ua/files/MEICS-2019.pdf>

4. Комарцова Л.Г. «Методы и модели в системах поддержки принятия решений на начальном этапе проектирования распределенных вычислительных систем» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.ict.nsc.ru/ws/Lyap2001/2250/index.html#ft>
5. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс 2-е изд. Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1104 с.
6. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. «Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы» 2-е изд., стереотип. 2013. – 384 с.
7. Бодянский Е.В., Руденко О.Г. «Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения». Харьков: Телетех, 2004. – 369 с.
8. Искусственные нейронные сети (ИНС) [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/iskusstvennye-nejronnye-seti-ins>
9. Нейросетевое программное обеспечение [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://bookflow.ru/nejrosetevoe-programmnoe-obespechenie>
10. И.В. Ильин, К.В. Гудков АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ГЛУБИННОГО ОБУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.penzgtu.ru/fileadmin/filemounts/confcit/articles/spring_2018/04.pdf
11. Top 9 Frameworks in the AI World [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://geekflare.com/ai-frameworks/>
12. А. Павленко. Типы нейронных сетей. Принцип их работы и сфера применения [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://otus.ru/nest/post/1263/>
13. Нейронные сети. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://wiki.mvtom.ru/index.php>

References

1. Martynenko A., Moroz V., & Nulina I. (2020). An intelligent decision support system for cultural property identification. COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES: EDUCATION, SCIENCE, PRODUCTION, (39), 78-82. <http://cit-journal.com.ua/index.php/cit/article/view/126>
2. Martynenko A., Moroz B., Hulina I., & Syrotkina O. (2020). Conceptual model of an intelligent decision support system to identify cultural values. COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES: EDUCATION, SCIENCE, PRODUCTION, (40), 51-57. <http://cit-journal.com.ua/index.php/cit/article/view/156>
3. Martynenko A., Moroz B., Gulina I. "Intelligent decision support system for the identification of cultural values". IV All-Ukrainian scientific-practical conference "Prospective areas of modern electronics, information and computer systems (MEICS-2019)". Dnipro, November 27-29, 2019 <http://meics.dnure.dp.ua/files/MEICS-2019.pdf>
4. Komartsova L.G. "Methods and models in decision support systems at the initial stage of design of distributed computing systems" [Electronic resource] // Access mode: <http://www.ict.nsc.ru/ws/Lyap2001/2250/index.html#ft>
5. Haykin S. Neural networks. Complete course 2nd ed. Per. from English. - M.: Publishing house "Williams", 2006. - 1104 p.
6. Rutkovskaya D., Pilinsky M., Rutkovsky L. "Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems" 2nd ed., Stereotype. 2013.- 384 p.
7. Bodyansky E.V., Rudenko O.G. Artificial Neural Networks: Architectures, Learning, Applications. Kharkov: Teletekh, 2004. - 369 p.
8. Artificial neural networks (ANN) [Electronic resource] // Access mode: <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/iskusstvennye-nejronnye-seti-ins>
9. Neural network software [Electronic resource] // Access mode: <https://bookflow.ru/nejrosetevoe-programmnoe-obespechenie>
10. I.V. Ilyin, K.V. Gudkov ANALYSIS OF SOFTWARE FOR DEEP LEARNING OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS [Electronic resource] // Access mode: http://www.penzgtu.ru/fileadmin/filemounts/confcit/articles/spring_2018/04.pdf
11. Top 9 Frameworks in the AI World [Electronic resource] // Access mode: <https://geekflare.com/ai-frameworks/>
12. A. Pavlenko. Types of neural networks. The principle of their operation and scope [Electronic resource] // Access mode: <https://otus.ru/nest/post/1263/>
13. Neural networks [Electronic resource] // Access mode: <http://wiki.mvtom.ru/index.php>

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-13>

УДК 004.05(075.8)

¹Марценюк Василь Петрович, д.т.н., професор,

<https://orcid.org/0000-0001-5622-1038>

²Сверстюк Андрій Степанович, к.т.н., доцент,

<https://orcid.org/0000-0001-8644-0776>

³Андрушак Ігор Євгенович, д.т.н., професор,

<https://orcid.org/0000-0002-8751-4420>

³Кошелюк Віктор Андрійович, к.т.н., ст.викладач.

<https://orcid.org/0000-0002-4136-5087>

³Потейчук Михайло Іванович, аспірант.

<https://orcid.org/0000-0001-7263-0958>

¹Університет Бельсько-Бяли, Польща

²Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського, Україна

³Луцький національний технічний університет, Україна

FEATURES OF TECHNOLOGY OF PROTECTION AGAINST UNAUTHORIZEDLY INSTALLED MONITORING SOFTWARE PRODUCTS

Марценюк В.П., Сверстюк А.С., Андрушак І.Є., Кошелюк В.А., Потейчук М.І. Особливості технології захисту від несанкціоновано встановлених моніторингових програмних продуктів. У статті розглядається проблема програмних продуктів (модулів), призначених для забезпечення спостережуваності обчислювальних систем, фіксування діяльності користувачів і процесів, використання пасивних об'єктів, а також однозначно встановлених ідентифікаторів причетних до певних подій користувачів і процесів - з метою запобігання порушення політики безпеки і/або забезпечення відповідальності за певні дії.

Ключові слова: моніторинговий програмний продукт, Log-файл, сигнатура баз, Spyware.

Марценюк В.П., Сверстюк А.С., Андрушак І.Є., Кошелюк В.А., Потейчук М.І. Особенности технологии защиты от несанкционированно установленных мониторинговой программных продуктов. В статье рассматривается проблема программных продуктов (модулей), предназначенных для обеспечения наблюдаемости вычислительных систем, фиксирования деятельности пользователей и процессов, использование пассивных объектов, а также однозначно установленных идентификаторов причастных к определенным событиям пользователей и процессов - с целью предотвращения нарушения политики безопасности и/или обеспечения ответственности за определенные действия.

Ключевые слова: мониторинговый программный продукт, Log-файл, сигнатура баз, Spyware.

Martsenyuk V.P., Sverstiuk A.S., Andrushchak I.Ye., Kosheliuk V.A., Poteichuk M.I. Features of technology of protection against unauthorizedly installed monitoring software products. The article considers the problem of software products (modules) designed to ensure the observability of computer systems, recording the activities of users and processes, the use of passive objects, as well as clearly identified identifiers of users and processes involved in certain events - to prevent security and / or ensuring responsibility for certain actions.

Keywords: monitoring software, Log-file, database signature, Spyware.

Formulation of the problem. The most vulnerable element of any computer system (and the greatest threat to computer security) is personnel. Some people may simply be unprepared: they may inadvertently destroy important information stored in the system or interfere with the operation of the system. Others may intentionally break the rules and use the computer for personal gain. There are also true criminals who steal data (or computers themselves) or intentionally damage a computer object [1].

Analysis of research. Personnel protection is a big problem that is currently receiving great attention around the world. In Ukraine, it is especially acute, since the lack of specialized hardware and software, as well as the incompetence of responsible persons, create fertile ground for the development of various forms of industrial and commercial espionage. The object of industrial espionage is usually confidential information constituting a commercial secret. The subjects of industrial espionage, both in the form of illegal collection of confidential information and in the form of its illegal use, are persons who (or with the help of whom) implement external threats (competitors, competitors' agents, partners) or internal threats (employees) to the information security of business entities. activities. At the same time, a mandatory sign of the objective side of the illegal use of information containing commercial secrets is large material losses of a business entity, losses that are 50 or more times higher than the non-taxable minimum income of citizens per month established by law.

Presentation of the main material and the justification of the results. Personnel Security Programs use two main approaches. The first is related to the development of rules for the safe use of computers when working in a network, the delimitation of access to information, as well as the development of physical protection measures (guarding premises, using surveillance systems).

The second approach is associated with determining the composition of the software (software and hardware) that is used by the security administrator of the computing system to ensure its observability - the properties of the computing system, which makes it possible to record the activities of users and processes, the use of passive objects, and also unambiguously establish the identifiers of users involved in certain events and processes to prevent security policy violations and / or ensure accountability for certain actions. It is this property, depending on the quality of its implementation, that allows, to one degree or another, to control the observance of the established rules of safe work on computers by the employees of the enterprise [2].

Supervisory monitoring can occur as different frequencies depending on the certification agency, but usually consider the hardware and software of the product, as well as the manufacturer's constant adherence to functional safety management systems.

Only the method of application of monitoring software products allows to see the line between security management and security breach.

Unauthorized use - installation of monitoring software products takes place without the knowledge of the owner (security administrator) of the automated system or without the knowledge of the owner of a specific personal computer. Unauthorized monitoring software products are called spyware. Unauthorized use is usually associated with illegal activity. As a rule, unauthorized spyware products have the ability to configure and obtain a "complete" executable file, which during installation does not display any messages and does not create windows on the screen; such products also have built-in means of delivery and remote installation of the configured module on the user's computer, ie the installation process does not require direct physical access to the user's computer and often does not require the rights of a system administrator;

Authorized use - the installation of monitoring software products is with the knowledge of the owner (security administrator) of the automated system or with the knowledge of the owner of a specific personal computer. Authorized employee monitoring software (parental control software, access control software, personnel security programs) usually requires either physical access to the user's computer or the mandatory presence of system administrator rights to configure and install these programs.

Known monitoring software products. This category includes monitoring software products, the signature of which (on any basis) is included in the signature databases of the main known manufacturers of anti-spyware or anti-virus software products [3].

Unknown monitoring software products. This category includes monitoring software products whose signature is not included in the signature databases of major well-known manufacturers of anti-spyware software products and / or anti-virus software products and will probably never be included in them for various reasons, namely:

- monitoring software products (modules) developed under the auspices of various governmental organizations;

- spyware, which is developed in limited quantities (often only one or more copies) to solve a specific problem related to the theft of critical information from a user's computer (for example, software products used by malicious professionals). These software products can be slightly modified by the open source codes of monitoring software products, taken from the Internet and compiled by the attacker, which allows you to change the signature of the monitoring software product;

- commercial monitoring software products, which are very rarely included in the signature databases of well-known manufacturers of anti-spyware software products and / or anti-virus software products. This leads to the fact that attackers on the Internet a full-featured version of this commercial monitoring software can turn the latter into a spyware that is not detected by anti-spyware and / or anti-virus software;

- spyware that is part of viruses. Until spyware is entered into the virus database, these spyware products are unknown. An example is the world-famous viruses, which have caused a lot of trouble in recent years, include a module for intercepting keyboard keystrokes and sending the received information to the Internet.

Protection against "known" unauthorized monitoring software products: use of anti-spyware software products and / or anti-virus software products from well-known manufacturers, with automatic updating of signature databases.

Protection against "unknown" unauthorized monitoring software products: the use of anti-spyware software products and / or anti-virus software products from well-known manufacturers that use so-called heuristic (behavioral) analyzers to counter spyware, ie do not require a signature database.

Protection against "known" and "unknown" unauthorized monitoring software products includes the use of anti-spyware software products and / or anti-virus software products from well-known vendors that use: constantly updated spyware signature databases to counter spyware; heuristic (behavioral) analyzers that do not require a signature base.

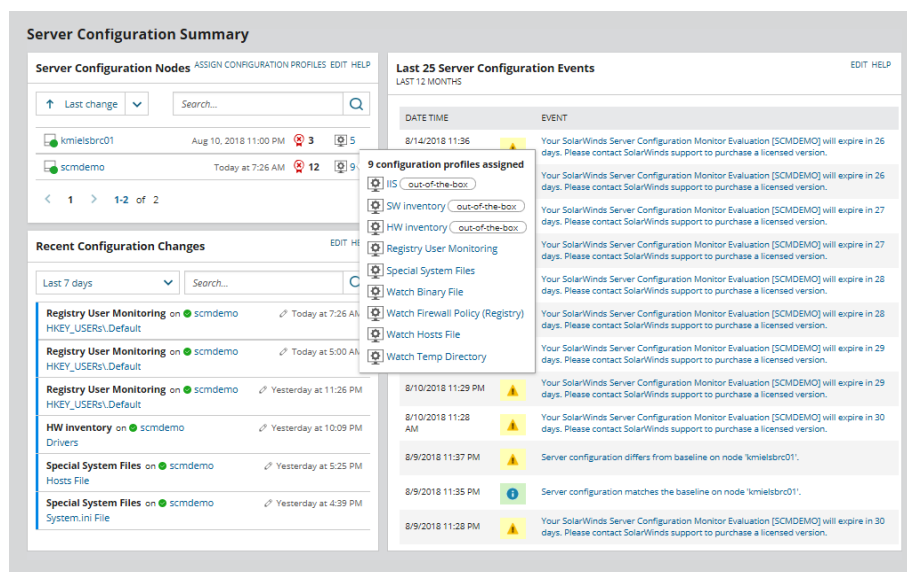
However, many Ukrainian enterprises often limit themselves to any one security measure, for example, buying an expensive firewall operating on the border of the internal corporate network and the external global Internet network. This assumes that all computers connected to the network have access to the Internet through this firewall. Meanwhile, the largest corporations in the world annually lay off hundreds of employees for bringing their modems and connecting to the external network via telephone lines from their workplaces. If there is a leak of critical information, the security administrator, not having additional software, is practically unable to identify the attacker and determine to which computer, at what time the modem was unauthorizedly connected, and what information was compromised. From this point of view, firewalls cannot provide reliable protection from personnel [4].

Another example is that some bank employees can commit illegal activities for a certain fee, providing interested parties with information about the financial transactions of any bank customers. This information can be transmitted to the interested party both over the network and in the form of a printout made on a local printer. In the second case, no network monitoring tools are able to detect the violation.

To solve these and many other problems related to protection from personnel, it is necessary to use software or software and hardware that implements the observability property of computing systems, which allows:

- identify (localize) all cases of unauthorized access attempts to confidential information with an exact indication of the time and network workplace from which such an attempt was made. Localize all cases of distortion (destruction) of information;
- to determine the facts of unauthorized installation of software;
- monitor the possibility of using personal computers outside of working hours and identify the purpose of such use;
- to determine all cases of unauthorized use of modems in the local network by analyzing the facts of launching unauthorizedly installed specialized applications;
- determine all cases of typing critical words and phrases on the keyboard, preparation of any critical documents, the transfer of which to third parties will lead to material damage;
- to determine the facts of misuse of personal computers.

Consider a number of technical requirements that must be met by software or software and hardware that ensure the observability of automated systems (AS), i.e. organizational and technical systems that implement information technology and integrate computing systems, physical environment, personnel and processed information. A computing system (CS) means a set of software and hardware designed for information processing (Pic1).



Pic.1 Network monitoring tools

The architecture of any network software that claims to be portable and versatile should be based on the TCP / IP protocols. The TCP / IP family of protocols is intended for an interconnected network consisting of separate heterogeneous packet subnets connected to each other by gateways, to which dissimilar machines are connected. Each of the subnets operates in accordance with its specific requirements and has its own nature of the communication means. However, it is assumed that each subnet can receive a packet of information (data with a corresponding network header) and deliver it to a specified address on that particular subnet. The subnet is not required to guarantee mandatory packet delivery and to have a reliable end-to-end protocol. Thus, two machines connected to the same subnet can exchange packets. Usually, for security reasons, programs that implement aircraft observability are limited to working on a subnet with a given mask with line of sight of the entire IP address space [5].

When it is necessary to transfer a packet between machines connected to different subnets, the sending machine sends the packet to the appropriate gateway (the gateway is connected to the subnet just like a normal node). From there, the packet is routed along a specific route through the gateway and subnet system until it reaches a gateway connected to the same subnet as the receiving machine; there the package is forwarded to the recipient. The interconnected network provides a datagram service. The problem of packet delivery in such a system is solved by implementing IP in all nodes and gateways. The gateway layer is essentially the basic element in the entire protocol architecture, providing the ability to standardize upper layer protocols.

Aircraft observability programs are executed using "client-server" technology.

There is one server side and a limited number of client sides.

Client parts are installed on end-user workstations that can run on various operating systems.

The main functions of the client side:

- registration of certain events;
- keeping a log of registration;
- transfer of the registration log to the server part according to the criterion established by the security administrator.

The client side should:

- boot automatically when the operating system boots;
- be invisible to the user;
- register texts typed in graphical and console windows;
- register the time and date of system boot and the name of the current user;
- register the time and date of launched applications;
- register the time and date of switching between tasks;
- register the addresses of the visited Internet sites;
- be able to apply filters to control strictly defined applications;
- be able to control on a schedule;
- be resistant to the user's influence;
- transfer reporting information to the server side invisibly to the user;
- use as little system resources as possible without significantly affecting system performance;
- be able to automatically install in a local network;
- do not interfere with antivirus and other software.

Thus, the client part collects detailed information about what actions were performed by the user on the computer. To log events in operating systems (OS) of the Microsoft Windows family, you can use kernel-level drivers or a hook mechanism. A trap is part of the Windows message processing engine that allows an application to install a routine to intercept system message traffic and process certain types of messages before they reach the recipient application's windowing routine.

Windows contains many different types of hooks. Each of them is responsible for one or another aspect of the message processing mechanism. For each of these types, the system maintains separate hook chains, which are a list of pointers to callback routines. When an event occurs associated with a particular type of trap, the system sends a corresponding message sequentially to each procedure in the trap chain. The actions that a trap procedure can perform depends on the type of trap. For some types of traps, the procedure can only register messages, for other types it can change the parameters of messages and even interrupt their passage through the chain of traps.

The hook procedure can be global, logging messages from all threads in the system, or targeting a single thread. The hook global procedure is called in the context of any application from a dynamic link library module. A thread-specific procedure is called in the context of an associated thread and can be located both in the main executable module and in a dynamic link library module.

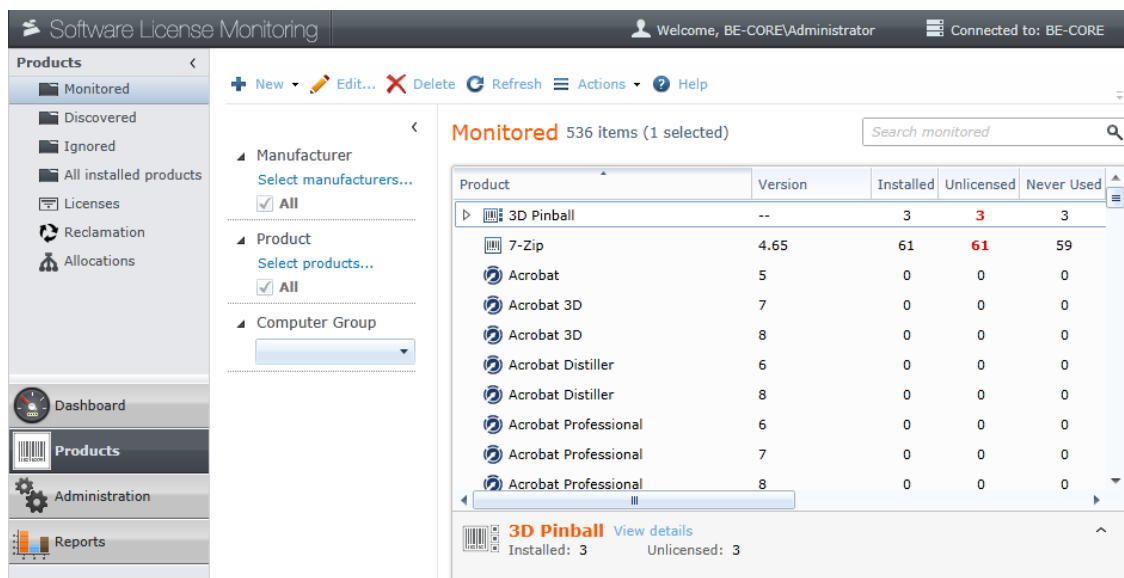
Windows OS contains the following main types of traps:

- to intercept messages sent to the procedure for processing the window of the receiving application, before or after their processing by this procedure;
- to intercept messages queued, record input messages;
- to replay a previously recorded sequence of messages;
- to intercept messages generated by any event of entering information in a dialog box;
- to intercept messages generated by a keyboard event, intercept messages generated by the mouse event; for debugging other traps.

Thus, this mechanism provides a very flexible set of tools that are used by the client parts to register system events.

The server part is managed only by the security administrator of the computing system. the information accumulated in the logbook becomes critical upon reaching a certain volume, SLM. Its loss or misuse (modification, familiarization) may harm the owner of the information or the AU, or any other natural (legal) person or group of persons. The main function of the server side is the centralized collection and storage of logs transmitted from the client side. A logbook is an ordered set of registration records, each of which is entered by the client part upon the fact of a controlled event.

The biggest problem in the development of the server side is to ensure the stable operation of the system when the server side will serve tens of thousands of clients. At the same time, it is necessary to ensure that there are no memory "leaks" due to incomplete freeing of heap sizes SLW (Pic 2).



Pic 2. SLM overview

Programs that implement the property of aircraft observability are very complex and expensive complexes. Therefore, they must have adequate security measures against unauthorized use. First, software protection technologies are used - checking the integrity of code and data, encrypting data, encrypting traffic between the client and server parts, etc. Secondly, hardware protection keys are used, into which personal information about the customer, the maximum allowable number of clients, a range of IP addresses, etc. are stitched. It is characteristic that observability programs can be used not only in the local network of an enterprise, but also in the global Internet. therefore, you must hard-code the range of client IP addresses and their maximum number, the server IP address and the subnet mask [6].

For convenient analysis of logs by means of database management systems, it is necessary to provide for the possibility of automatic conversion of logs to DBF format. This allows you to apply SQL queries and make selections based on criteria of interest Spyware.

Our next step is to find out whether use of the keystroke recorder is legal or illegal action in each particular case. Unauthorized installation of a keylogger or other software that includes keystroke logger as a module is any installation without the knowledge or consent of the PC owner (administrator). As a rule, such software products have ability to configure and obtain a "packed" installation executable file that is delivered to the victim's computer with the help of various illegal schemes (phishing, personalized spam, social engineering). During installation it doesn't display any messages or create any windows on the screen. That is, the keylogger installation process doesn't require direct physical access to the user's computer as well as administrative privilege. Such keyloggers are often constituents of malicious spyware and used to steal

confidential information such as logins and passwords, bank card data, etc. Authorized use of a keylogger is use of such software with the knowledge and consent of the PC owner or security administrator. As a rule, authorized monitoring software products require physical access to computer and administrative privilege for configuration and installation that excludes (or at least minimizes) risks of unauthorized use of such programs.

It should be noted that modern keystroke recording software have much more capabilities than their "classic" counterparts. Nowadays a keylogger is actually a software package that in addition to capturing of keystrokes also enables to monitor almost all users' activity (visited websites, communication via messengers, installation and launch of programs, creation, change and deletion of files, sending email and many other things). Besides, many keyloggers allow taking screenshots of the screen with a certain periodicity or with a binding to any events. Also, a modern keylogger can record information from the microphone and/or web camera. In addition to the function of information collection, keylogger can also have monitoring functions, namely, restrict access to certain sites and/or programs, respond to a specific keyword typed in the URL bar of the browser or in the messenger window. Thus, software for covert surveillance and access control is more appropriate name for such a complex software product.

During a network connection, the two processes exchange data. An abstract network connection point expression is a socket. Each socket in use has a type and a process associated with it. Sockets exist within communication domains. Domains are abstractions that imply a specific addressing structure and multiple protocols that define the different types of sockets within a domain. Observability programs can use two types of sockets - TCP or UDP. Stream sockets that use the TCP transport protocol must be created when guaranteed delivery of data is required, for example, when sending the server side of the client log. Datagram sockets use the UDP transport protocol, which allows small, fixed-length packets to be sent without confirmation of delivery and without establishing a virtual connection. The client side can use datagram sockets, for example, to send activity signals [7].

Conclusion and prospects for further research

The most effective protection of an automated system is provided only by a set of interrelated physical, technical and organizational measures. In modern conditions, especially when thousands of computers belonging to one organization are dispersed geographically (in different buildings, cities, countries), it is impossible to talk about the security of the infrastructure of an automated system without ensuring its observability.

Promising directions for the development of observability programs are: development of modules for audio and video control of computing systems, which sharply increase the information content of reporting information;

- development of multi-platform client and server parts;
- development of modules for prompt notification of the security administrator about the state of the server side and violations of the established security policy using cellular and paging communications.

References

1. Addicott J. Cyberterrorism: Legal Policy Issues / Jeffrey F. Addicott // Legal Issues in the Struggle against D. Ankov, K. Seiger, W. Fonstorh. Computer crimes. Guide to Combating Computer Crimes: Per. from English. - M.: Mir, 2009. - 351 p.
2. ND TZI 1.1-003-99. Terminology in the field of information protection in computer systems from unauthorized access. // Department of Special Telecommunication Systems and Information Protection of the Security Service of Ukraine. - Kiev, 2009.
3. Zolotov S. Protocols of the Internet - SPb.: BHV - Saint Petersburg, 2008. - 304 p.
4. RFC 1180. TCP/IP tutorial. T.J. Socolofsky, C.J. Kale. Jan-01-1991.
5. Prokofeva D.M. Pidpryamnytske spying in the information system. // Information Technologies and Information Technologies: Collection of Science Works. - Zaporizhzhya: Legal Institute of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, 1998. - VIP. 2.
6. Kutsenko V.N., Golubov V.O. Recommendations for securing the software and technical information retrieval in computer fences. // Information Technologies and Information Technologies: Collection of Science Works. - Zaporizhzhya: Legal Institute of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, 2018. - VIP. 2.
7. Krasnostup M.D. Information security of Ukraine: the day and the problem. // Information Technologies and Information Technologies: Collection of Science Works. - Zaporizhzhya: Legal Institute of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, 2019. - VIP.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-14>

УДК: 621.391

¹Мороз Борис Іванович, д.т.н., професор.<https://orcid.org/0000-0002-5625-0864>¹Щербаков Артем Геннадійович, студент<https://orcid.org/0000-0003-0788-2897>¹Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

MATHEMATICAL MODEL OF AN AUTOMATED VIDEO SURVEILLANCE SYSTEM FOR PERFORMING SPECIAL FUNCTIONS

Мороз Б. І., Щербаков А. Г. Математична модель автоматизованої системи відеоспостереження для виконання спеціальних функцій. Запропоновано математичну модель автоматизованої системи відеоспостереження. Розглянуті математичні моделі окремих вузлів літального апарату: динаміка квадрокоптера, RC передатчик, RC отримувач, HD камери. Показано, що такі моделі - є найбільш ефективні для виконання ключових задач.

Ключові слова: динамічна модель, RC передатчик, RC приймач, AWGN, стабілізація відео, стерео зображення, mean shift алгоритм.

Мороз Б. И., Щербаков А. Г. Математическая модель автоматизированной системы видеонаблюдения для выполнения специальных функций. Предложена математическая модель автоматизированной системы видеонаблюдения. Рассмотрены математические модели отдельных узлов летательного аппарата: динамики квадрокоптера, RC передатчик, RC приемник, HD камеры. Показано, что такие математические модели являются наиболее эффективными для выполнения ключевых задач.

Ключевые слова: динамическая модель, RC передатчик, RC приемник, AWGN, стабилизация видео, стерео изображения, mean shift алгоритм.

B. Moroz., A. Shcherbakov. Mathematical model of an automated video surveillance system for performing special functions. The mathematical model of the automated video surveillance system is offered. Mathematical models of separate units of the aircraft are considered: quadcopter dynamics, RC transmitter, RC receiver, HD camera. It is shown that such mathematical models are the most effective for performing key tasks.

Keywords: dynamic model, RC transmitter, RC receiver, AWGN, video stabilization, stereo image, mean shift algorithm.

Introduction and statement of the research problem. Over the past 2 years, the number of VR headsets sold has more than tripled. Every day, VR attracts the attention of more and more new users who set more and more complex tasks for developers. One of such tasks is to combine a VR system with a mobile aerial vehicle for real-time video surveillance. Companies such as Google and AT&T Labs - Research are attempting to create an available mobile aerial vehicle system that can be controlled via a VR headset, but the companies keep their developments in the strictest confidence. Therefore, to date, there are no publicly available mathematical models for VR drones that would allow obtaining panoramic video in 360 degrees and would perform a number of special functions. Thus, the task is to synthesize a mathematical model of a drone that allows us to capture an image from a number of cameras, stabilize video, transmit data over a long distance, edit/combine together the resulting video sequence for projection onto a VR helmet.

The purpose is to propose a mathematical model of a drone, to consider mathematical models of the dynamics of a quadcopter, capturing images from cameras, converting video into an analog signal, receiving and transmitting a signal over a long distance, controlling the drone in real time.

The analysis of recent research and publications. For now, there are several scientific developments regarding our topic:

1. David Finn and Qikai Huang (Bruce Wingo) developed a mathematical model of quadcopter kinematics and dynamics, as well as trajectory control algorithms. [1].
2. V. Kavitha and G. Balakrishnan analyzed algorithms and mathematical models to reduce gaps and imbalances in stereo images [2].
3. Li Bing considered a mathematical model of the attenuation of the signal in free space and the transmit path attenuation for an unmanned aerial vehicle [3].
4. Wilbert G. Aguilar proposed a new technique for real-time video stabilization with low computational cost, without deterioration of video quality for aerial vehicles [4].

Having considered mathematical models, we can explain the system and study the operation of various components, as well as predict further behavior. By analyzing the mathematical model, we can find a weak link in the system and improve it before creating a prototype. On the other hand, the experimental model may not be implemented due to the high cost of the hardware.

Presentation of the main material.

The description of the mathematical model of the drone begins with determining the state of the variables. The mathematical model of drone control is based on the laws of physics: the aspect ratio of coordinates and the basic laws of kinematics, with the help of which the control object will be described. There are several approaches to the mathematical description of the system. We will consider a common way of describing a mathematical model - through spatial and angular coordinates selected as state variables. A quadcopter model with traction forces, angular velocities of rotation of rotors, moments of forces and a coordinate system is shown in Fig. 1.

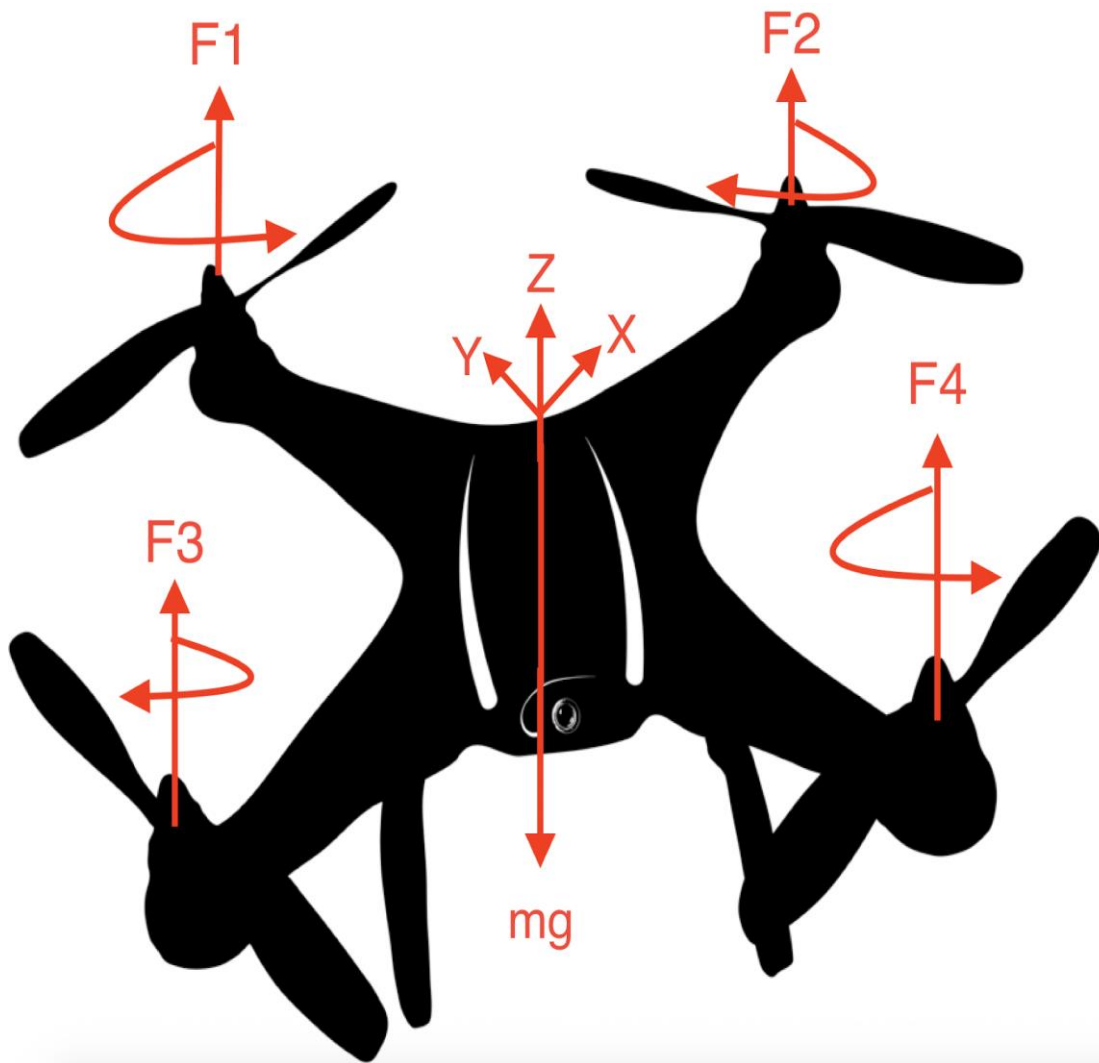


Fig. 1. Kinematic scheme of the quadcopter

The drone moves through space due to the resulting directional vector, which depends on the rotational speed of each engine. The engines create thrust and torque relative to the center of mass of the drone [5]. In the considered model of the drone, the "Cross" scheme is used.

The quadcopter has six degrees of freedom, so we can get a mathematical system of 6 equations. The origin of the coordinate system is at the center of mass of the drone. The linear and angular velocities of the drone are represented by system (1).

$$J_B = \begin{bmatrix} J_X, B \\ J_Y, B \\ J_Z, B \end{bmatrix}, \omega = \begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix} \quad (1)$$

The position of the quadcopter in space is characterized by the coordinates x, y, z of the vehicle's center of mass in a fixed Cartesian coordinate system and the Euler angles ψ, ϕ, θ , which determine the orientation of the coordinate system associated with the areal vehicle axes with respect to the fixed coordinate system xyz [6]. The figure 2 shows a fixed coordinate system and Euler angles to describe the drone in space.

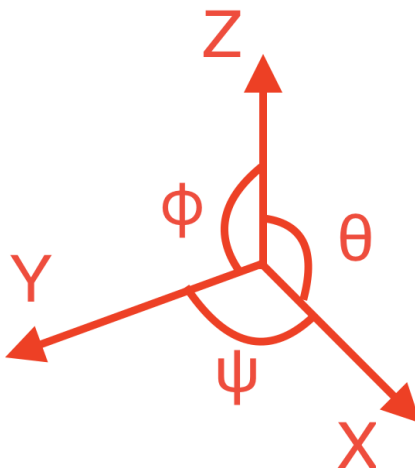


Fig. 2. Linked coordinate system

In addition, a set of vectors is used to describe the state of the quadcopter in space. For example, the linear position of the drone in a fixed coordinate system, the angular position of the quadcopter. To transform coordinates from a moving CS to a fixed one (R), a rotation matrix is used, which is a sequential multiplication of the transition matrices for each coordinate. This feature of this method is its disadvantage: if the sequence of rotation of the quadcopter in space is changed, that is, it is first rotated not along the Z axis, but, for example, along the Y axis, then the quadcopter will come to a completely different final position. Therefore, when choosing this method, we must adhere to the initially selected rotation order along the coordinate axes. The relationship between linear velocities in a stationary and bound coordinate system is determined by the equation (2).

$$\xi = R \cdot V_Q \quad (2)$$

The presented quadcopter has a symmetric structure with 4 screws. It can be assumed that the tensor of inertia will have the form (3).

$$J = \begin{bmatrix} J_{xx} & 0 & 0 \\ 0 & J_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & J_{zz} \end{bmatrix} \quad (3)$$

The rotors rotate at an angular velocity ω_i , creating a thrust force F_i directed along the rotor's axis of rotation. In addition, when the rotors rotate, an aerodynamic moment τ_i arises, directed in the opposite direction to the angular velocity of the rotor. For the torque and traction force, simplified equations in system (4) are presented:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_i = b \cdot \omega_i^2 \\ \tau_i = b \cdot \omega_i^2 + J_m \cdot \dot{\omega}_i \end{array} \right\}, \quad (4)$$

where J_m is the moment of inertia of the motor, b is a coefficient of lift, k is a coefficient of rotation, $i=1..4$. The summation of the thrust forces gives the total thrust T , which is co-directional with the axis Z_Q . Thus, a vector T_Q is obtained. It consists of a single component and describes the vector of thrust forces. The torque vector T_Q contains the torques at all three Euler angles ($\tau_\varphi, \tau_\theta, \tau_\psi$).

The Newton-Euler equation allows you to describe the dynamics of a quadcopter (as a rigid body). In a dynamic coordinate system, the dynamics of the drone can be described by an equation of the form (5).

$$M \cdot (\dot{V}_q + v \times V_q) = R^T \cdot G + T_Q, \quad (5)$$

where M is the total mass of the drone, $M \cdot \dot{V}_q$ is the force applied to accelerate the drone, $M \cdot v \times V_q$ is centrifugal force, $R^T \cdot G$ is the gravitational force.

In a static coordinate system, centrifugal force is not taken into account. Thus, the acceleration of the drone is affected by the gravitational component and the thrust vector, which are determined by the direction and force of thrust. After all the transformations, we get a system of equations, which is a mathematical description of a quadcopter, without taking into account external influences (6).

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{x} = \frac{T}{M} \cdot (C_\varphi \cdot S_\theta \cdot C_\psi + S_\varphi \cdot S_\psi) \\ \ddot{y} = \frac{T}{M} \cdot (C_\varphi \cdot S_\theta \cdot S_\psi - S_\varphi \cdot C_\psi) \\ \ddot{z} = \frac{T}{M} \cdot C_\varphi \cdot C_\theta - g \\ \ddot{\varphi} = \frac{(J_{yy} + J_{zz}) \cdot \dot{\theta} \cdot \dot{\psi}}{J_{xx}} + \frac{\tau_\varphi}{J_{xx}} \\ \ddot{\theta} = \frac{(J_{zz} + J_{xx}) \cdot \dot{\varphi} \cdot \dot{\psi}}{J_{yy}} + \frac{\tau_\theta}{J_{yy}} \\ \ddot{\psi} = \frac{(J_{xx} + J_{yy}) \cdot \dot{\varphi} \cdot \dot{\theta}}{J_{zz}} + \frac{\tau_\psi}{J_{zz}} \end{array} \right. \quad (6)$$

The digital data transmission system is based on six main blocks. In the transmitter, functional blocks are responsible for modulation, encoding, message processing and data transmission over the communication channel. In the receiver, functional blocks decrypt data in the opposite direction. The main goal of a digital system is optimized message transmission, by compressing the data itself (for example, MPEG), choosing the best methods for coding and modulation in order to recover the message in the receiver with minimal loss [7]. Original data in analog form digitized into a binary sequence (information sequence). The source encoder is responsible for compressing the information sequence to provide it with the least redundancy. The compressed data is sent to the channel encoder. The channel encoder adds redundancy to the binary sequence that can be used by the receiver to filter out noise and interference that the signal collides during transmission over the communication channel. Thus, the redundancy added to the original message is intended to improve the reliability of the received data and improve the accuracy of the received signal. Therefore, the channel decoder is responsible for data integrity and assists the receiver in decoding the desired information sequence.

The digital data transmission system is responsible for the formation of a digital baseband signal on the receiver side, coding and transfer to High frequencies. In addition to signal modulation, modern devices are able to add additive white Gaussian noise (AWGN) to the signal and simulate fading. The block diagram of a digital communication transmission system is shown in Fig. 3.

At the moment, the most common is the only mathematical model for communication channels with white Gaussian noise, which is based on the use of points in the signal space. Its essence lies in the transformation of the original data vector, consisting of the symbols of the original modulation alphabet, into points of the signal space according to the selected modulation method, superimposing white Gaussian noise on the obtained values and converting the noisy points of the signal space into the vector of the original data (symbols of the original modulation alphabet) [8].

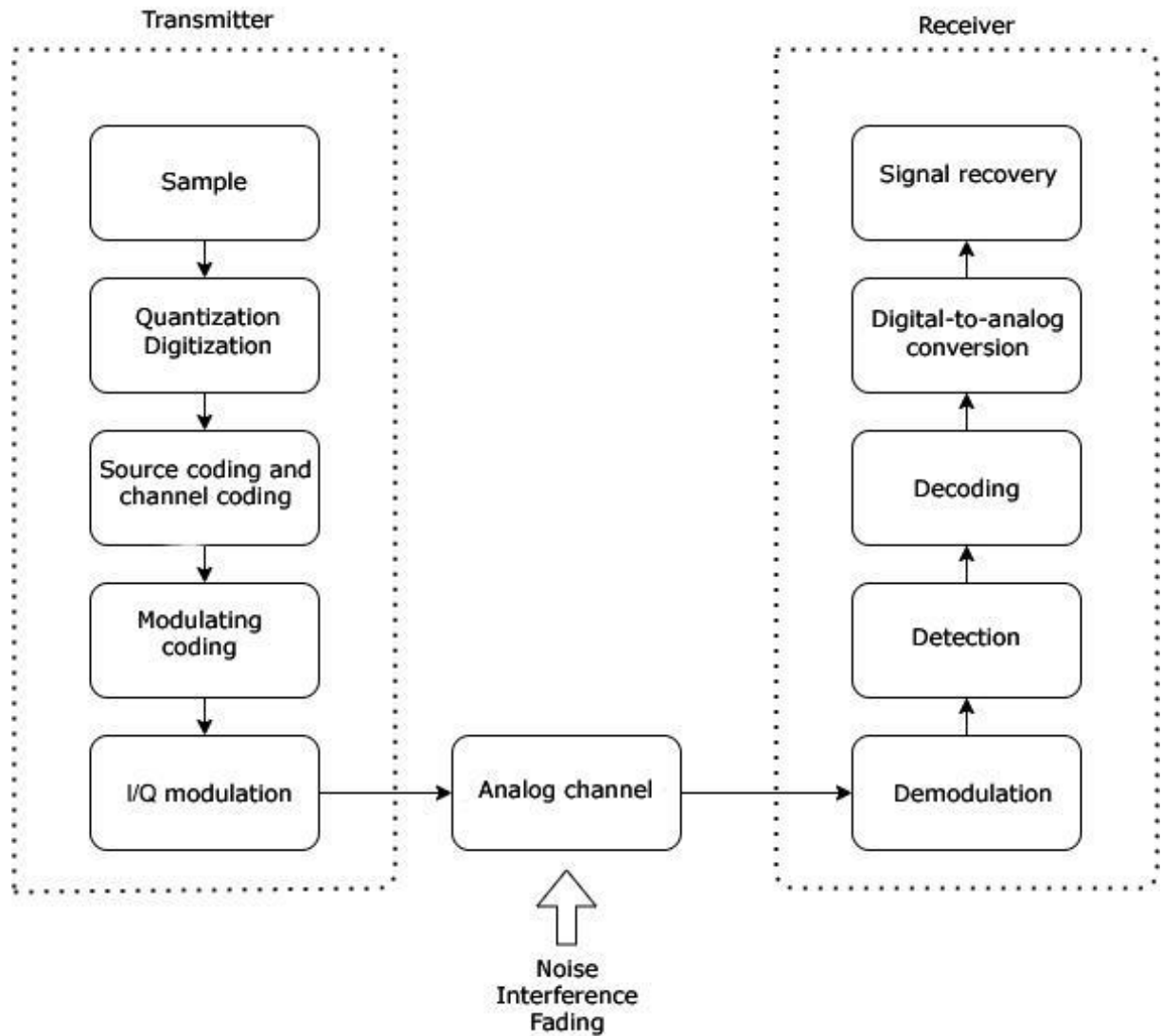


Fig. 3. The block diagram of a digital communication transmission system

Modulation of the symbol of the original modulation alphabet to a point in the signal space (7).

$$S_i = \frac{2\pi i}{e^{M \cdot j}}, \quad (7)$$

where j is the imaginary unit, M is the size of the modulation alphabet, i is the symbol of the modulation alphabet in the range $[0, M - 1]$, is a signal space point.

Superposition of white Gaussian noise on a point in the signal space (8).

$$R_i = S_i + n, \quad (8)$$

where n is the complex value of white Gaussian noise, R_i is a noisy point of the signal space,

Demodulation of a noisy point of the signal space into a symbol of the original modulation alphabet

(9).

$$x = \left\lceil \frac{j \cdot M \cdot \ln R_j}{2\pi} \right\rceil \cdot |M|, \quad (9)$$

where j is the imaginary unit, M is the size of the modulation alphabet, R_j is a noisy point of the signal space. Thus, the presented mathematical model fully conveys the data transmission process with white Gaussian noise.

Optical stabilization during video recording is considered to be more effective, however, it leads to an increase in the cost of video cameras. Software stabilization allows us to improve the quality of the video sequence already in post-production, which is an undoubted advantage if the video sequence has already been filmed and there is no binding to a particular video camera.

For dynamic scenes containing camera movement, the calculated global frame motion vector can consist of two main components: intentional movement (for example, camera panning) and unintentional movement [9]. The image correction algorithm should remove only unintentional movements, while saving the planned movement of the camera. Assuming that inadvertent camera movement during shooting corresponds to high frequency vibrations, the algorithm will use a low pass filter. Smoothing Motion Vector (SMV) is obtained by low-pass filtering that preserves the intentional movement of the camera. The proposed method calculates SMV as a first order regression equation using the formula (10).

$$SMV_n = \alpha \cdot SMV_{n-1} + (1 - \alpha) \cdot GMV_n \quad (10)$$

Since the first-order low-pass filter uses little memory, it can be used in real-time systems. Motion smoothing can be adjusted by choosing an appropriate value for α . The larger the parameter α , the greater the smoothing factor, which in turn leads to smooth movement, but increases the delay when the camera moves deliberately. The dynamic adjustment of the parameter α , based on the value of the global camera displacement in the last thirty frames, is calculated by the formula (11).

$$GDif f_n = \sum_{i=n-30}^n |GLV_i - GLV_{i-1}|, \quad (11)$$

where n is current frame number, GLV_i is global motion vector of the shot i . The input parameters of the fuzzy model that select the smoothing coefficient are:

- a) the sum of global motion vectors modulo over the last 30 frames of the video sequence $GDif f_n$;
- b) the number of extrema as a function of global frame movement, which shows the intensity of camera shake, over the last 30 frames of the video sequence. The quality of video stabilization is directly proportional to the values of the input parameters. The larger the values of the input parameters, the larger the value of the smoothing coefficient should be selected.

After calculating the smoothing parameter α , the smoothing vector SMV_n is calculated by the formula (10). And the calculation of the value of the unwanted motion vector (UMV_n , Unwanted Motion Vector) is made according to the formula (12).

$$UMV_n = GMV_n - SMV_n \quad (12)$$

To restore the current frame, it is necessary to change the position of its stabilized position to the vector of accumulated unintentional motion (AMV_n , Accumulated Motion Vector) is calculated by the formula (13).

$$AMV_n = \sum_{i=k_{fr}-1}^n UMV_i, \quad (13)$$

where $k_{fr}-1$ is the number of the first frame since the last scene change.

Image segmentation is the division of an image into many non-overlapping areas or objects [10]. Image segmentation is one of the main tasks of computer vision, since image analysis often begins with division into regions. The image segmentation algorithm refers to nonparametric clustering methods, which does not require a preliminary specification of the number of clusters for search [11]. The core density is estimated as the total influence of the sample elements (14).

$$f_h(x) = \frac{1}{N \cdot h^d} \cdot \sum_{i=1}^N K\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \quad (14)$$

As a kernel for estimating the probability density $K(x)$, the classical Gauss kernel can be used (15).

$$K_G \cdot \left(\frac{x-x_i}{h} \right) = \exp \left(-\frac{\|x-x_i\|}{2 \cdot h^2} \right), \quad (15)$$

where h is a smoothing parameter.

Iterative procedure starting from point x_0 , moves sequentially to the shift point $x_{k+1} = m(x_k)$ up to convergence to the local density maximum (16)

$$m(x) = \frac{\sum_{i=1}^N x_i \cdot K(x-x_i)}{\sum_{i=1}^N K(x-x_i)} \quad (16)$$

Vector $m(x) - x$ is called the "mean shift" vector, its direction coincides with the direction of the maximum density growth at the point x .

Conclusion and prospects for further development. The article considered a dynamic model of a quadcopter, which allows us to control the position of the drone in space by controlling the speed of the rotors. Also, a block diagram was considered and a mathematical model for converting a digital-to-analog signal for data transmission over long distances was described, taking into account white noise and interference in the air. To stabilize the video sequence, a model of a low-frequency vector with a smoothing motion vector was considered and an assessment of unwanted motion was carried out. Also, the mathematical model of the mean shift algorithm for stereoscopic segmentation of video objects is considered.

The considered mathematical models make it possible to simulate the behavior of individual parts of a quadcopter and analyze the advantages and disadvantages of each of them, before synthesizing a single aircraft system.

In further research, it is necessary to consider a mathematical model for combining together a video sequence from several video cameras and further projecting the video sequence onto a VR headset.

References

1. Q. Huang. Mathematical Modeling of Quadcopter Dynamics [Text] / Q. Huang, D. Finn // Rose-Hulman Undergraduate Research Publications. – 2016. – № 11. – P. 1-14.
2. V. Kavitha. A Survey and Analysis of Mathematical Algorithms on Stereo Images and Its Techniques [Text] / V. Kavitha, G. Balakrishnan // Global Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2017. – V. 13, № 9. – P. 6355-6366.
3. Li Bing. Study on Modeling of Communication Channel of UAV [Text] / Li Bing // Procedia Computer Science. – 2017. – V. 107. – P. 550-557.
4. W.G. Aguilar. Real-Time Model-Based Video Stabilization for Microaerial Vehicles [Text] / W.G. Aguilar, C. Angulo // Neural Process Lett. – V. 43, № 2. – P. 459-477.
5. Image segmentation. [Electronic resource] // URL: https://ru.qwe.wiki/wiki/Image_segmentation.
6. Dr. Ali Hassan Al-Fayadh. CT Angiography Image Segmentation by Mean Shift Algorithm and Contour with Connected Components Image [Text] / Dr. Ali Hassan Al-Fayadh, Hind Rostom Mohamed, Raghad Saaheb AlShimsah // International Journal of Scientific & Engineering Research. – 2012. – V. 3, №8. – P. 1-5.

Список бібліографічних посилань.

1. К. Габуев. Система автоматического управления беспилотного летательного аппарата [Text] / К. Габуев, В. Гонгалов, Н. Кучеренко, А. Шипко // Automation technological and business - processes. – 2017. – V. 9, № 4. – P. 57-62.
2. К. Котов. Метод управления полетом квадрокоптера в задаче сопровождения цели [Text] / К. Котов, А. Нестеров, М. Филиппов, А. Ян // Автометрия – 2017. – V. 53, № 4. – P. 3-10.
3. Куприянов А. Л. Математическая модель видеосистемы распознавания дорожной дорожной разметки и сигналов светофора [Text] // Наука без границ. – 2019. – V. 4, № 32. – P. 46-53.
4. Перов, Б. Г. Анализ математических моделей каналов связи с белым гауссовым шумом [Text] / Б. Г. Перов, В. Б. Голков, М. А. Черанёв, В. П. Полторак // Молодой ученый. – 2013. – V. 6, №53. – P. 114-116.
5. Буряченко В.В. Стабилизация видео на основе метода соответствия блоков [Text] // Материалы международной конференция «Телевидение: передача и обработка изображений», Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет ЛЭТИ. – 2011. – P. 61-64.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-15>

УДК 004.93

П'ятикоп Олена Євгенівна, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-7731-3051>

Пучков Євген Едуардович, магістр

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна

ОПТИМІЗАЦІЯ НАВАНТАЖЕННЯ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ ВІДСТЕЖЕННЯ ОБ'ЄКТУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДАТЧИКІВ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ

П'ятикоп О.Є., Пучков Є. Е. Оптимізація навантаження мобільного додатку відстеження об'єкту при використанні датчиків місцезнаходження. Робота присвячена вирішенню питання оптимізації навантаження мобільного додатку з використанням датчиків мобільного пристрою. В статті наведено аналіз сучасного стану вирішення проблеми виявлення місцезнаходження об'єкту. Оскільки використання GPS суттєво впливає на ресурси мобільного пристрою, то запропоновано підхід з використанням Wi-Fi та стільникових веж. Проведено дослідження на прикладі системи відстеження школярів. Наведено опис процесів роботи системи та результати порівняння навантаження.

Ключові слова: мобільний додаток, служби локації, проблеми GPS, стільникові вежі, місцеположення, оптимізація навантаження.

Пятикоп Е.Е., Пучков Е. Э. Оптимизация нагрузки мобильного приложения отслеживания объекта при использовании датчиков местоположения. Работа посвящена решению вопроса оптимизации нагрузки мобильного приложения с использованием датчиков мобильного устройства. В статье приведен анализ современного состояния решения проблемы выявления местонахождения объекта. Поскольку использование GPS существенно влияет на ресурсы мобильного устройства, то предложен подход с использованием Wi-Fi и мобильных вышек. Проведено исследование на примере системы отслеживания школьников. Приведено описание процессов работы системы и результаты сравнения нагрузки.

Ключевые слова: мобильное приложение, службы локации, проблемы GPS, мобильные вышки, местоположение, оптимизация нагрузки.

Piatyko O., Puchkov Y. Optimization of a mobile application for tracking children using location sensors. The work is devoted to solving the issue of optimizing the load of a mobile application using sensors of a mobile device. The article analyzes the current state of the solution to the problem of identifying the location of an object. Since the use of GPS significantly affects the resources of a mobile device, an approach using Wi-Fi and cell towers is proposed. A study was carried out using the example of a tracking system for schoolchildren. The description of the system operation processes and the results of load comparison are given.

Keywords: mobile application, location services, GPS problems, cell towers, location, load optimization.

Постановка наукової проблеми.

Швидкий розвиток сучасних інформаційних технологій, мобільного та інтернет зв'язку, систем навігації поширив можливості сучасних мобільних пристроїв. Повсюдне поширення смартфонів значно змінило життя людей. У сучасних смартфонах і інших персональних електронних пристроях вбудовано багато датчики різного призначення. Також застосовуються технології інерціальної навігації, які раніше були доступні тільки авіаційній та космічній промисловості. Використання глобальних супутникових навігаційних систем дає все більше можливостей для визначення місцезнаходження в системах відслідковування рухомих об'єктів. Глобальна система позиціонування (GPS) забезпечує вимірювання відстані, часу і визначає місце розташування у всесвітній системі координат WGS 84. У мобільних додатках ця технологія використовується найчастіше для отримання навігаційних даних.

В даний час широкого застосування набули сервіси та мобільні додатки з функцією «GPS-трекінг», завданням яких є відстеження маршрутів спостережуваних об'єктів з метою їх збереження та подальшого відтворення і аналізу. Наприклад, в статті [1] представлено використання служба місцеположення (Location-based services (LBS) в мобільних додатках для сфери маркетингу.

Однак через похибки GPS-датчиків, обумовлених певними причинами, такими як: втрата сигналу від супутника, зміна геометрії розташування супутників, відхилення сигналів, обчислювальні помилки і помилки округлення, більш детальне описання існуючих недоліків наведено в статті [2].

Одна з найбільших проблем у використанні GPS-технології пов'язана перш за все з помилками, які привносить приймач GPS-сигналу. Основною з цієї групи помилок є помилка годинника GPS-приймача. Помилка GPS-приймача набагато більша у порівнянні з помилкою годинника супутника, тому як стабільність годинника приймача становить близько 1×10^{-10} на добу [3]. Тому поправка до показань годинника приймача повинна розглядатись як невідома величина.

Незважаючи на недоліки використання GPS при розробці мобільних додатків, ця технологія на сьогодні залишається найточнішою та найпоширенішою в області визначення поточних координат, принаймні в умовах відкритого простору.

У зв'язку з постійним ростом інтересу використання в мобільних додатках навігаційних систем і служб локації, з'являються певні труднощі в реалізації подібного роду додатків.

Мобільні додатки, що використовують служби локації, регулярно взаємодіють зі своїм галасливим та постійно мінливим фізичним середовищем. Принципово невизначений характер таких взаємодій призводить до значних проблем в оптимізації навантаження на пристрій.

Стабільна робота такого додатка залежить від постійного використання служб локації, що істотно знижує термін життя акумулятора мобільного пристрою. Термін життя акумулятора – це найважливіший аспект взаємодії користувача з мобільним пристроєм. Пристрій без живлення взагалі не пропонує ніяких функціональних можливостей. В результаті експерименту, описаного в статті [4], проведеного у 2016-му році на прикладі телефонів Samsung Galaxy Note 3 та Sony Xperia Z2, стало відомо, що обрані пристрої втрачають 13% заряду в годину в місцях впевненого прийому сигналу GPS, та 38% в будівлі з залізним дахом.

З цієї причини надзвичайно важливо, щоб програми максимально поважали час автономної роботи, використовували якомога менше ресурсів пристрою, самостійно контролювали навантаження та кількість переданих даних. Саме вирішення таких проблем є важливою задачею в розробці програмного забезпечення для мобільних пристроїв.

Робота присвячена розробці та оптимізації мобільного додатку відстеження школярів з використанням служб локації.

Метою роботи є зменшення навантаження мобільного додатку на ресурси мобільного пристрою, що споживаються в процесі роботи додатку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Для виконання на мобільних пристроях все більш складних додатків потрібні: збільшення ємності батареї і оптимізація процесів витрачання енергії. Отже, якщо перше залежить від виробників мобільних пристроїв, то другий аспект необхідно враховувати безпосередньо розробникам мобільного додатка.

При розробці навігаційного додатку існує проблема вибору методу локалізації та навігації рухомих об'єктів. Необхідно враховувати множину факторів: як уникнути проблем з визначенням поточної локації, не втрачаючи точність даних, якого маршруту потрібно дотримуватися, як зберегти точність визначення в умовах перебування в мегаполісі або в місцях погано сигналу GPS/GNSS та ін.

У зазначеній роботі [5] пропонується використання технології iBeacon (Apple) для локалізації рухомих об'єктів. iBeacon представляє собою API сервісів iOS, починаючи з 7 версії, який дозволяє передачу даних між бездротовими пристроями, та пристроями, що підтримують Bluetooth LE. Детальний опис технології iBeacon наведено у статті [6].

Зазначена вище технологія разом з датчиком акселерометра мобільного пристрою, створюють, так званий, комбінований метод локалізації рухомих об'єктів. Сутність методу полягає в отриманні поточного місцезнаходження рухомого об'єкту всередині приміщення за допомогою передатчиків iBeacon, базуючись на міцності сигналу, що приймається, та корегування точності, використовуючи дані акселерометра. Вирішення питання направлення руху об'єкту полягає в скануванні всіх оточуючих передавачів. Той передавач, потужність сигналу від якого зменшується більше за інших, передбачається як опорний, тобто той, у бік якого рухається об'єкт. В наслідок цього з'являється можливість реалізувати компас з відносними сторонами світла. Зазначений підхід пропонується, як альтернатива використання інших джерел отримання поточного місцезнаходження, таких як: Wi-Fi, Bluetooth або GPS.

Пропонована в [7] система для визначення поточного місцеположення включає в себе три модулі: навігація, заснована на Wi-Fi мережах, PDR (Pedestrian Dead Reckoning), та EKF (Extended Kalman Filter) навігації.

При застосуванні EKF, дані з датчиків гіроскопа та акселерометра використовуються для визначення курсу рухомого об'єкту [8]. Отримані дані з'єднуються з результатами рішень Wi-Fi та технології мікроелектромеханічних систем (MEMS) для отримання кінцевого результату поточного місцезнаходження. Авторами [8] для оцінки ефективності цієї системи навігації було проведено ряд експериментів. Експериментальною платформою в даному випадку може бути будь-який смартфон на базі операційної системи Android, в якому встановлено відповідні датчики. В результаті експерименту, проведеного на дев'ятому поверсі блока «С» головного будинку університету Бейхан, були отримані наступні результати роботи алгоритму: максимальна помилка Wi-Fi/MEMS дорівнює 1,2498 м, що складається з 16% від MEMS та 23,97% від Wi-Fi; середня помилка дорівнює 0,6835 м, що складається з 24,67 від MEMS та 36,25% від Wi-Fi; середнє квадратичне значення помилок визначення місцеположення дорівнює 0,7926 м. Таким чином, алгоритм Wi-Fi/MEMS на базі EKF, має достатньо велику точність оцінки, низьку обчислювальну складність та нетривалий час роботи.

Інша робота [9] демонструє використання алгоритму визначення поточного місцезнаходження IPSCl, який складається з двох етапів. На першому етапі установки, IPSCl створює список автономних точок прив'язки та попередньо визначених орієнтирів. Точка прив'язки розглядається, як початкова точка позиціонування в приміщенні, наприклад, вхід до будівлі. Орієнтир в такому випадку – це положення, яке необхідно розглядати, як опорну точку. На етапі локалізації IPSCl вираховує положення користувача за допомогою гіроскопа та магнітометра, базуючись на характеристиках їх значень. IPSCl також коректує положення користувачів на основі орієнтирів та дозволяє додати місцеположення, в якому вони неодноразово виявляють той самий спеціальний RS датчик (Beacon RS). Коли користувач IPSCl входить в будівлю та сигнал GPS зникає, починається вимірювання значення RSSI датчиків Bluetooth в поточному положенні та отримання списку точок прив'язки з сервера. IPSCl виконує пошук найближчої точки прив'язки, яка має аналогічні списки точок доступу по K-алгоритму найближчого сусіда (KNN). Як тільки користувач IPSCl знаходить найближчу опорну точку, він вибирає місцеположення, як початкову точку позиціонування в приміщенні та починає отримувати локацію в приміщенні. Після того, як початкова точка визначена шляхом пошуку опорних точок, система використовує вбудовані датчики смартфона для вимірювання руху користувача. По-перше, IPSCl виявляє кроки користувача за допомогою лічильника кроків. Лічильник кроків використовується для підтвердження того, чи користувач рухається, і це значення визначається шляхом вимірювання зміни показань датчика прискорення. Коли IPSCl виявляє крок користувача, він обчислює два значення для відстані та напрямку руху. Відстань - це значення, яке підтверджує, як довго користувач рухається. Напрямок курсу - це значення, яке підтверджує, в якому напрямку рухається користувач [8].

Тестування алгоритму проводилось в інженерному корпусі університету Сонмун [8]. Розміри місця становили 14,88 м × 21,86 м (325,27 м²). В середньому для проходження стежки потрібно 57 с. Для експерименту було використано пристрій Samsung Galaxy A5 (2017), який включав датчик прискорення, датчик обертання та магнітний датчик. Для Bluetooth було використано датчик MiniBeacon з 3 В батареєю CR2477. Результати тестування продемонстрували переваги використання технології IPSCl перед іншими відомими технологіями визначення місцезнаходження в приміщенні.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження.

Ґрунтуючись на результатах проведеного аналізу, огляду існуючих методів визначення поточного місцезнаходження, проблем і недоліків існуючих засобів, було розглянуто кілька варіантів реалізації визначення поточного місцезнаходження.

Сучасні системи позиціонування для точного визначення поточної локації, нерідко використовують вбудовані сенсори, в основному: акселерометр, магнітометр і гіроскоп. За допомогою використання цих сенсорів, формується траєкторія руху мобільного об'єкта. Однак, використання вищезгаданих сенсорів в смартфонах, не вдаючись до використання додаткових зовнішніх датчиків, отримання поточних координат стає важкодоступним. Тому уточнення поточного місцезнаходження проводиться шляхом використання сукупності вхідних даних, таких як:

- дані, отримані з інерційних датчиків;
- дані, отримані від найближчих стільникових веж (станцій);
- дані мереж Wi-Fi;
- дані, отримані іншими додатками, які недавно запитували локацію.

Ґрунтуючись насамперед на головній проблемі, виявленій в результаті аналізу наукової проблеми, були розглянуті різні варіанти оптимізації навантаження на акумулятор мобільного пристрою.

В якості першого варіанту була розглянута можливість застосувати метод трилатерації на основі даних о найближчих стільникових вежах щоб отримати поточні координати користувача. Для реалізації такого алгоритму, необхідно перш за все знати точне місце розташування стільникових веж. Для збору даних використовувався сторонній додаток. Зібрана інформація завантажувалася в відкриту базу стільникових веж «OpenCellID». Однак, в ході проведення збору даних, а також тестування визначення найближчих стільникових станцій, було знайдено кілька проблем, які зробили в деякій мірі неможливим реалізацію наміченого алгоритму. Головна проблема полягала в забороні отримання інформації про вежі, до яких мобільний пристрій не приєднаний в даний момент часу. Таким чином, користуючись в конкретний момент часу лише певним постачальником стільникового зв'язку, отримати інформацію про розташування усіх інших вишок проблемно. А точність визначення локації сильно залежить від кількості і типу стільникових веж. Також, для стабільної роботи алгоритму, необхідно мати або базу даних з інформацією про стільникові вежі, або здійснювати запит в відкриту базу даних «OpenCellID». Враховуючи частоту формування та відправки таких запитів, кількістю переданих даних, оптимізація додатка виявляється під питанням.

Тому, було обрано інший підхід оптимізації, який полягає в отриманні поточної локації користувача шляхом використання в сукупності датчиків мобільного пристрою, точок доступу Wi-Fi і мобільних мереж.

При реалізації визначеного алгоритму, необхідно визначити послідовність процесів, які повинні відбуватися у додатку. Зображена на рисунку 1 діаграма демонструє послідовність процесів та етапи життя об'єктів в процесі виконання додатку. При першому запуску, додаток перевіряє наявність токена – унікального ідентифікатора користувача в системі. У разі відсутності, додаток пропонує пройти реєстрацію, після чого автоматично генерує токен та зберігає в налаштуваннях додатку.

На наступному етапі додаток перевіряє наявність дозволів на використання служб локації мобільного пристрою, якщо додаток має необхідні дозволи, перевіряє доступність служб локації, якщо локація працює – додаток створює запит на отримання навігаційних даних, отримані дані передаються на сервер, сервер оновлює або додає запис в базу даних, користувач отримує поточні координати.

Якщо додаток не має необхідних для роботи дозволів, користувачу буде запропоновано надати їх, у разі відмови користувач отримує відповідне повідомлення, додаток запропонує знов. Якщо служби локації недоступні, користувачу буде запропоновано включити їх, у разі відмови користувач отримає повідомлення, щодо неможливості роботи додатку без наявності включених служб локації.

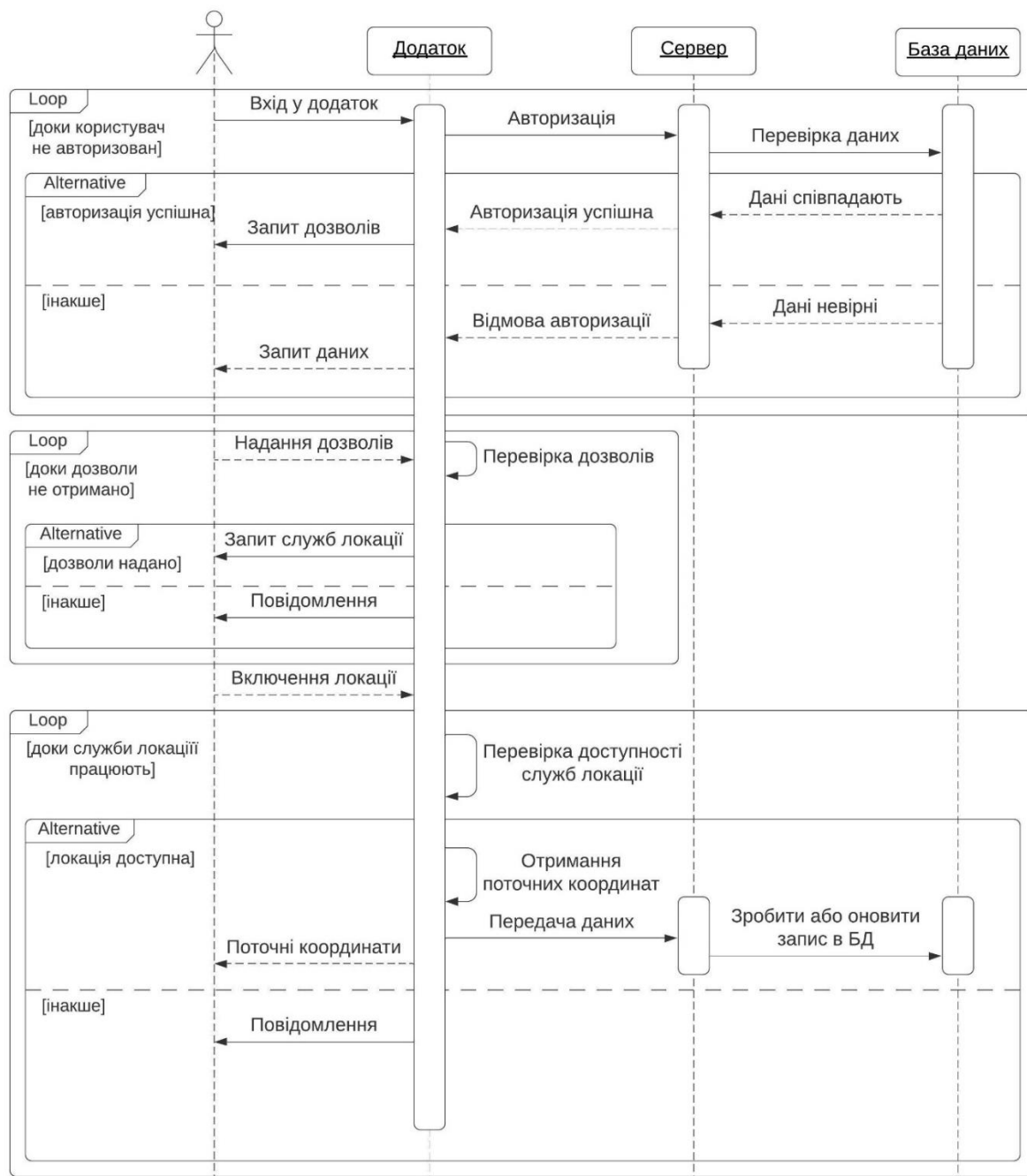


Рисунок 1 – Діаграма послідовності процесів, які відбуваються в додатку

Мобільний додаток, на прикладі якого проводилось дослідження зменшення навантаження на ресурси мобільного пристрою, є частиною системи відстеження школяра для батьків. У системі є мобільний додаток, що встановлено у батьків. Він повідомляє родичам про місцезнаходження дитини, наприклад у школі. На мобільному пристрої дитини встановлено інший мобільний додаток, який повинен передавати локалізацію дитини. Саме проблемі навантаження на цей пристрій присвячено дослідження. Схема взаємодії основних модулів системи показано на рисунку 2, а діаграма розгортання зображена на рисунку 3.

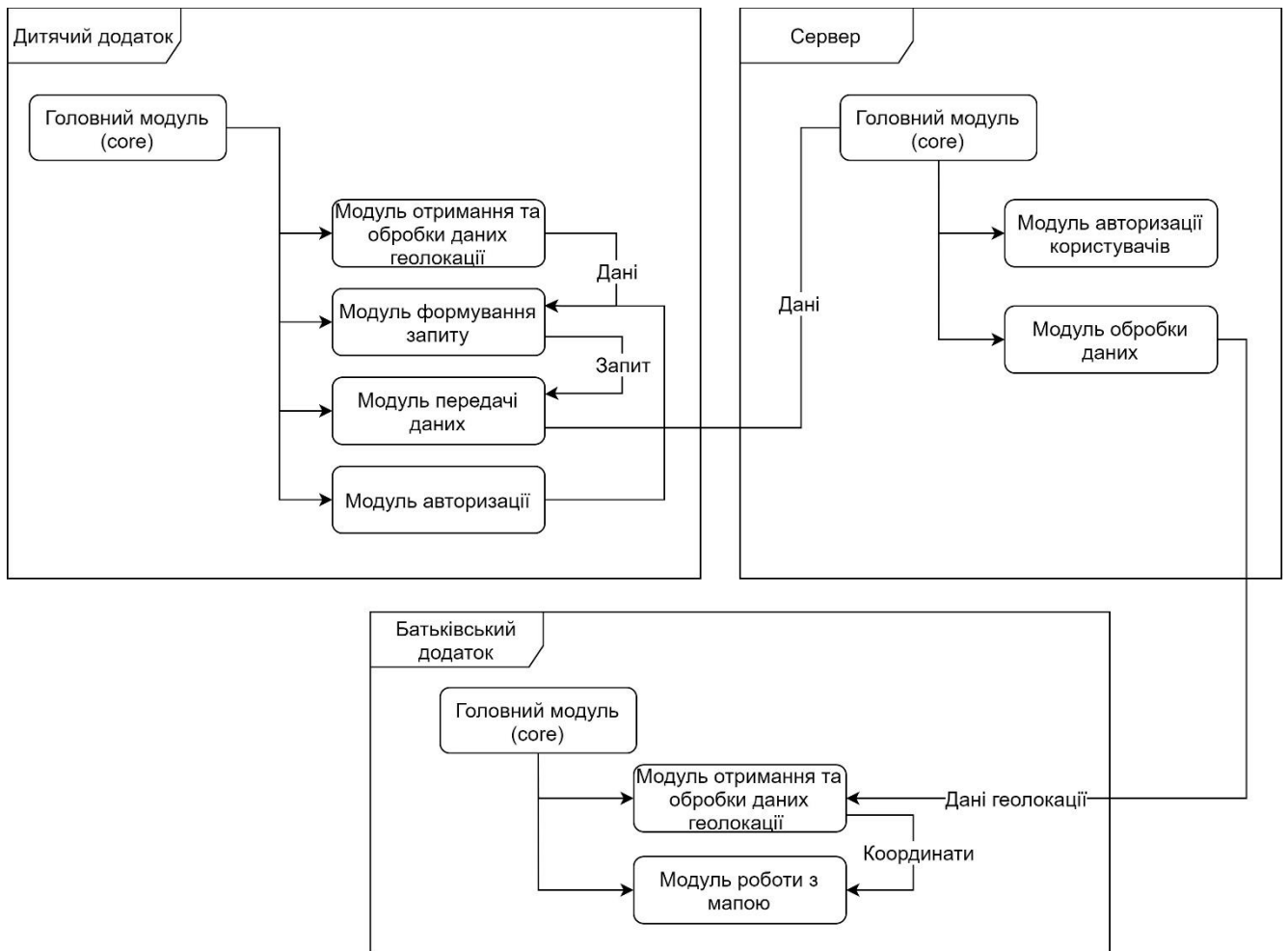


Рисунок 3.2 – Взаємодія модулів системи

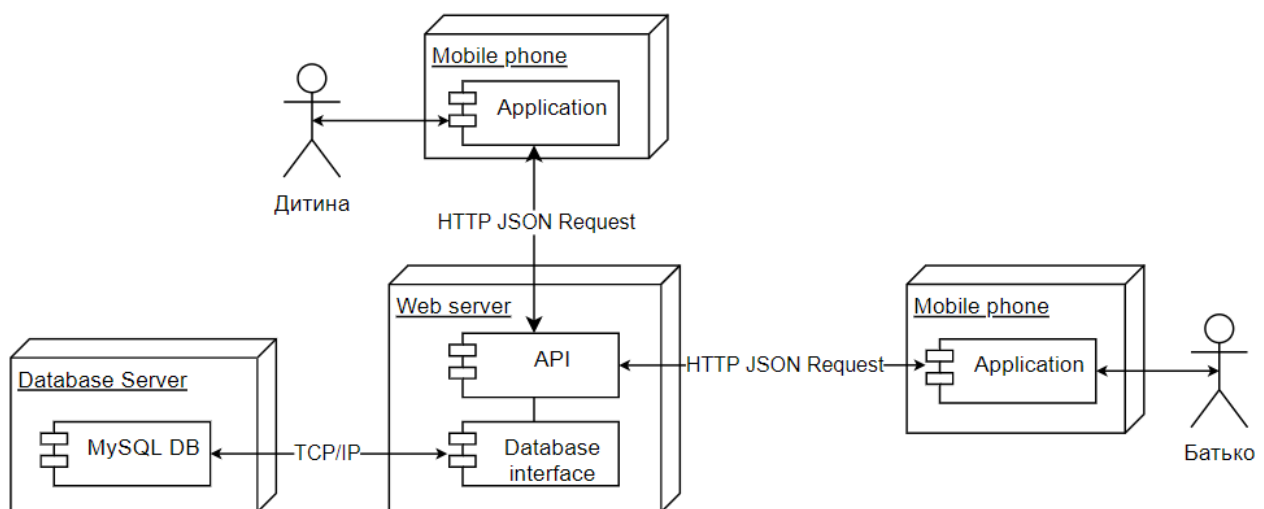


Рисунок 3 – Діаграма розгортання системи відстеження школярів.

Експеримент проводився на мобільному пристрої HUAWEI CAN-L 11, з ємністю акумулятору 3020 мА/год, версія ОС Android 7.0, підтримка стандартів зв'язку GSM, HSDPA та LTE. Пристрій використовує дві сім-карти мобільного оператора «Vodafone», відповідно GSM та LTE типу.

Результати оцінки навантаження додатку на ресурси мобільного пристрою, з використанням алгоритму оптимізації у зрівнянні з використанням GPS, приведено у таблиці 1.

Аналізуючи результати тестування додатку, можна зробити висновок щодо використання певного режиму в певних умовах. Режим локації «Найбільшої точності» використовує усі доступні джерела отримання даних, у тому числі GPS, саме використання GPS створює найбільше навантаження на акумулятор мобільного пристрою (27,79 мА/год за 30 хв). В залежності від умов, наприклад: перебування в будівлі з товстими стінами, або залізним дахом, в печерах або підземних переходах, метро тощо, місцях слабого сигналу GPS, навантаження може зростати. GPS видає максимальну точність визначення локації (від 1 до 3 м), в умовах відкритого простору, в більш важких умовах точність може варіюватися від 3 до 100 м (за даними тестування, проведеного в рамках цієї роботи).

Таблиця 1. Оцінка навантаження додатку

Показник \ Режим роботи	GPS	Wi-Fi + Стільникові вежі
Енергоспоживання	27,79 мА/год	5,16 мА/год
Тривалість роботи GPS	30 хв	< 1 с
Тривалість роботи Wi-Fi	< 1 с	< 1 с
Використано часу ЦП (фон. реж.)	25 с	15 с
Точність даних (радіус)	1-100 м	5-150 м
Використання пам'яті (середнє)	215 КБ	301 КБ
Використання пам'яті (максимальне)	51 МБ	67 МБ
Фізичний розмір (усього)	7,12 МБ	31,26 МБ

Також, було проведено тестування точності визначення поточної локації. В умовах пішого пересування, максимальне значення відхилення від реального маршруту в цьому випадку склало 38,3 метрів. Якщо розглядати застосування мобільного додатку для перевірки локалізації дитини на території школи, то така відстань не перевищує прилеглого простору учбового закладу.

Проведена оптимізація істотно зменшує навантаження на акумулятор мобільного пристрою, 5,22 мА/год в порівнянні 27,79 мА/год, але точність отримання даних в залежності від складності умов може варіюватись від 5 до 40 метрів.

Висновки та перспективи подальшого дослідження.

Розвиток мобільних технологій і вдосконалення технологічних процесів ведуть до зменшення розмірів і збільшення потужностей мобільних пристроїв, появи переносної електроніки, оснащеної різними датчиками, в тому числі систем навігації. У зв'язку з цим виникає ряд нових напрямів застосування смартфонів та їх оптимального застосування. Так актуальною задачею для родичів є відстеження місцезнаходження школяра за допомогою відповідних мобільних додатків. При цьому при застосуванні GPS виникає навантаження на ресурси смартфона, на сам перед на акумулятор.

Результатом проведеної роботи стало розроблення системи відстеження школяра, яка складається з дитячого, батьківського мобільних додатків та серверної частини. При цьому мобільний додаток дитини працює з використанням Wi-Fi та стільникових веж. Проведені експерименти показали позитивні результати застосування алгоритму оптимізації навантаження до вихідного додатку. Точність отриманих навігаційних даних, в контексті даної роботи, задовольнила поставленим вимогам. В майбутньому планується застосування також високоточних інерціальних датчиків.

Список бібліографічного опису

1. Suzan Girginkaya Akdağ & Ahu Ergen (2020) Role of location-based mobile apps in city marketing: Beşiktaş as a student-friendly district, Journal of Location Based Services, 14:2, 49-70, DOI: 10.1080/17489725.2020.1788184
2. Junbo Shi, Yongshuai Huang, Chenhao Ouyang, Xingning Lu & Chaoqian Xu (2020) BeiDou/GPS relative kinematic positioning in challenging
3. Бутаков Н. А. Применимость инерциальной навигации в мобильных устройствах // Intern. Journal of Open Information Technologies. 2014. Vol. 2. N 5. P. 24–32.
4. Mohammad Tawalbeh, Alan Eardley, Lo'ai Tawalbeh, Studying the Energy Consumption in Mobile Devices, Procedia Computer Science, Volume 94, 2016, P. 183-189.
5. Рустинов В. А. Комбинированный метод локализации подвижных объектов / В. А. Рустинов, А. Р. Сорокин // Радиоэлектроника и информатика. – 2014. – №№4(67). – С. 83–88.

6. Ye, Nuanqiang & Luo, Jinman & Zhao, Shanlong & Yan, Jing. (2020). Application of Ibeacon in Indoor Positioning and Navigation. Journal of Physics: Conference Series. 1575. 012056. DOI: 10.1088/1742-6596/1575/1/012056.
7. Cui, Y.; Zhang, Y.; Huang, Y.; Wang, Z.; Fu, H. Novel WiFi/MEMS Integrated Indoor Navigation System Based on Two-Stage EKF. Micromachines 2019, 10, 198.
8. Apráiz, Matilde & Diego, Ramón & Barros, Julio. (2018). An Extended Kalman Filter Approach for Accurate Instantaneous Dynamic Phasor Estimation. Energies. 11. 2918. DOI:10.3390/en11112918.
9. Jang, B.; Kim, H.; Kim, J.W. IPSCL: An Accurate Indoor Positioning Algorithm Using Sensors and Crowdsourced Landmarks. Sensors 2019, 19, 2891.
10. Миниахметов Р. М., Обзор алгоритмов локального позиционирования для мобильных устройств // Р. А. Миниахметов, А. А. Рогов, М. Л. Цымблер URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-algoritmov-lokalnogo-pozitsionirovaniya-dlya-mobilnyh-ustroystv>.

References

1. Suzan Girginkaya Akdağ & Ahu Ergen (2020) Role of location-based mobile apps in city marketing: Beşiktaş as a student-friendly district, Journal of Location Based Services, 14:2, 49-70, DOI: 10.1080/17489725.2020.1788184
2. Junbo Shi, Yongshuai Huang, Chenhao Ouyang, Xingning Lu & Chaoqian Xu (2020) BeiDou/GPS relative kinematic positioning in challenging
3. Butakov N. A., Applicability of inertial navigation systems in mobile devices (2015) International Journal of Open Information Technologies, ISSN: 2307-8162 vol. 2, no. 5
4. Mohammad Tawalbeh, Alan Eardley, Lo'ai Tawalbeh, Studying the Energy Consumption in Mobile Devices, Procedia Computer Science, Volume 94, 2016, p. 183-189, ISSN 1877-0509
5. Rustinov V. O., Sorokin A. R., Combined method of localization of moving objects, Radioelectronics and Informatics, no. 4 (67), 2014, pp. 83-88.
6. Ye, Nuanqiang & Luo, Jinman & Zhao, Shanlong & Yan, Jing. (2020). Application of Ibeacon in Indoor Positioning and Navigation. Journal of Physics: Conference Series. 1575. 012056. DOI:10.1088/1742-6596/1575/1/012056.
7. Cui, Y.; Zhang, Y.; Huang, Y.; Wang, Z.; Fu, H. Novel WiFi/MEMS Integrated Indoor Navigation System Based on Two-Stage EKF. Micromachines 2019, 10, 198.
8. Apráiz, Matilde & Diego, Ramón & Barros, Julio. (2018). An Extended Kalman Filter Approach for Accurate Instantaneous Dynamic Phasor Estimation. Energies. 11. 2918. DOI:10.3390/en11112918.
9. Jang, B.; Kim, H.; Kim, J.W. (2019) IPSCL: An Accurate Indoor Positioning Algorithm Using Sensors and Crowdsourced Landmarks. Sensors 2019, 19, 2891.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-16>

УДК: 622.673

Сай Олександр Валерійович, аспірант

<https://orcid.org/0000-0002-5979-8737>

Дніпровський державний технічний університет

МЕХАНІЗМИ ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ СТИКОВИХ З'ЄДНАНЬ ГУМОТРОСОВИХ КАНАТІВ ТА СТІЧОК

Сай О. В. Механізми підвищення міцності стикових з'єднань гумо тросових канатів та стрічок. У статті розкрито механізми підвищення міцності стикових з'єднань гумотросових канатів та стрічок. Описано види з'єднань гумотросових канатів та стрічок. Здійснено аналіз переваг та недоліків кожного з видів з'єднання. Запропоновано механізми підвищення міцності стикових з'єднань гумотросових канатів та стрічок та обґрунтовано підхід до кожного механізму. Схематично представлено з'єднання без розшарування країв та клинове з'єднання. Запропоновано формулу для визначення рівня міцності стикових з'єднань гумотросових канатів та стрічок, де головним показником рівні міцності виступає якість стрічки та стику, що залежить від рівня зусилля виривання тросу з гуми. Здійснено числовий аналіз міцності стиків гумотросових канатів та стрічок в залежності від якості їх виготовлення та розкрито поняття сквіджу та залежність зусиллі виривання тросу з гуми від його товщини. У варіанті підвищення якості з'єднань гумотросових канатів та стрічок за рахунок використання потовщеної гуми, розкрито числове значення міцності стиків гумотросових канатів та стрічок.

Ключові слова: міцність, стикове з'єднання, гумо тросові канати, стрічка, механізми.

Сай А. В. Механизмы повышения прочности стыковых соединений резинотросовых канатов и лент. В статье раскрыты механизмы повышения прочности стыковых соединений резинотросовых канатов и лент. Описаны виды соединений резинотросовых канатов и лент. Осуществлен анализ достоинств и недостатков каждого из видов соединения. Предложены механизмы повышения прочности стыковых соединений резинотросовых канатов и лент и обоснован подход к каждому механизму. Схематично представлено соединение без расслоения краев и клиновое соединение. Предложена формула для определения уровня прочности стыковых соединений резинотросовых канатов и лент, где главным показателем выступают уровни прочности и качество ленты и стыка, что зависит от уровня усилия вырывания троса из резины. Осуществлен численный анализ прочности стыков резинотросовых канатов и лент в зависимости от качества их изготовления и раскрыто понятие сквиджа и зависимость усилия вырывания троса из резины от его толщины. В варианте повышения качества соединений резинотросовых канатов и лент за счет использования утолщенной резины, раскрыто числовое значение прочности стыков резинотросовых канатов и лент.

Ключевые слова: прочность, стыковое соединение, резинотехнические тросовые канаты, лента, механизмы.

Sai O. V. Mechanisms for increasing the strength of butt joints of rubber cord ropes and belts. In the article to reveal the mechanisms of increasing the strength of butt joints of rubber cord ropes and belts. The types of connections of rubber cord ropes and belts are described. The analysis of the advantages and disadvantages of each type of connection is carried out. Mechanisms for increasing the strength of butt joints of rubber-cord ropes and belts are proposed, and an approach to each mechanism is substantiated. A schematic representation of a joint without edge delamination and wedge joints. A formula is proposed for determining the strength level of butt joints of rubber cord ropes and tapes, where the main indicator is the strength levels and the quality of the tape and the joint, which depends on the level of the pulling force of the cable from the rubber. A numerical analysis of the strength of the joints of rubber cord ropes and belts, depending on the quality of their manufacture, is carried out, and the concept of squidge and the dependence of the pulling force of a cable from rubber on its thickness are disclosed. In the variant of improving the quality of the joints of rubber cord ropes and belts through the use of thickened rubber, the numerical value of the strength of the joints of rubber cord ropes and belts is disclosed.

Key words: strength, butt joint, rubber-technical cable ropes, tape, mechanisms.

Постановка проблеми дослідження. Міцність гумо тросових канатів та конвеєрної стрічки діючої конвеєрної установки визначається міцністю їх стикових з'єднань, які багато в чому визначають надійність як гумо тросових канатів, конвеєрної стрічки, так і самого конвеєра. Для стикування гумо тросових канатів та конвеєрних стрічок можуть бути використані три види стикових з'єднань: механічні (роз'ємні і нероз'ємні), з'єднання методом холодної та гарячої вулканізації.

Механічні з'єднання, призначені для стикування гумовотканинних стрічок, отримали досить широке поширення для стрічок дільничних конвеєрів вугільних шахт. Однак механічні з'єднувачі стрічок, що випускаються вітчизняною промисловістю або виготовляються в майстернях шахт (заклепки, шарнірне з'єднання, з'єднання П-подібними скобами) володіють низькими експлуатаційними якостями. Їх міцність становить 50-70% міцності основного тіла стрічки. Вони відносяться до числа нероз'ємних з'єднань. При пере стикуванні стрічок, у зв'язку зі зміною довжини конвеєра або виходом з ладу стикового з'єднання, ділянка стрічки з механічним з'єднанням вирізається і викидається, що веде до збільшення витрати дорогої конвеєрної стрічки. Термін служби перерахованих вище з'єднувачів не перевищує 3-6 місяців. Тому у зв'язку з морально застарілою конструкцією таких з'єднувачів вони не рекомендуються для використання правилами експлуатації стрічкових конвеєрів.

Однак механічні з'єднання найменш трудомісткі при виготовленні стику. Цим пояснюється їх широке використання на гірничих підприємствах зарубіжних країн, де поруч фірм освоєно виробництво різних механічних з'єднувачів стрічок більш досконалої конструкції.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вивчення механізмів підвищення міцності стикових з'єднань гумотросових канатів та стрічок здійснили чимало вчених. Напрацювання викладено у наукових працях багатьох вчених.

І. В. Бельмас, Д. Л. Колосов та О. І. Білоус [1] дослідили міцність з'єднань стрічок та розробили метод електричного моделювання напружено-деформованого стану матеріалу з системою паралельних елементів армування. Авторами встановлено, що передача сил від барабана до канату з виступами призводить до нерівномірного розподілу сил поміж тросами канату, а зростання кількості тросів веде до зростання максимальних зусиль їх навантаження. Зменшення коефіцієнту тертя, радіусу барабана веде до більш рівномірного розподілу сил поміж тросами. Визначення розподілу сил по ширині канату з виступом дозволить забезпечити надійність та безпеку використання гумотросового канату на підйомних машинах.

М.В. Полушина, Т.В. Москальова та Е.С. Запара [2] дослідили ваціональні параметри підйомної установки, виконали аналіз впливу різних режимів управління двигунами і параметрами підйомної установки зі шківів тертя, розробили математичний опис тахограми підйому, навантажувальної діаграми з використанням безрозмірних експлуатаційних, конструктивних і кінематичних параметрів, виконали аналіз їх впливу на потужність приводу.

Дослідження впливу параметрів підйомної установки зі шківів тертя і урівноважуючим пристроєм з гумотросовими канатами на здатність шківів передавати тягове зусилля тертям без прослизання канатів здійснили М. В. Полушина та Т.В. Москальова [3]. Необхідність вирішення поставленого завдання обумовлено особливістю даної машини, що полягає в одночасній роботі двох шківів тертя. Підйомна машина зі шківів тертя має два приводних шківів тертя, один з яких встановлений в гілці канату, що піднімається, інший – в гілці канату, що опускається, між якими розташовано пристрій для намотування гумотросового канату.

Однак, незважаючи на масштабність наукових досліджень за темою даної роботи, питання дослідження механізмів підвищення міцності стикових з'єднань гумотросових канатів та стрічок залишається відкритим та потребує детального опрацювання.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. На сьогодні, у час усній науковій літературі відсутнє структуроване подання аналізу механізмів підвищення міцності стикових з'єднань гумотросових канатів та стрічок. Не сформовано числове значення міцності стиків гумотросових канатів та стрічок при використанні потовщеної гуми та не має опису зусилля виривання тросу з гуми стиків залежно від довжини їх закладення.

Формулювання мети статті, постановка завдання. У рамках даної статті метою є дослідження механізмів підвищення міцності стикових з'єднань гумотросових канатів та стрічок.

У роботі необхідно виконати низку завдань:

- описати конструкцію з'єднань гумотросових канатів та стрічок;
- обґрунтувати математичну складову розрахунку міцності стикових з'єднань;
- дослідити міцність стиків гумотросових канатів та стрічок при використанні потовщеної гуми та зусилля виривання тросу з гуми стиків залежно від довжини їх закладення.

Виклад основного матеріалу дослідження. З появою на підприємствах гумотросових канатів та стрічок стала важлива оцінка міцності їх стиків. Незважаючи на значне число публікацій на цю тему [4-10], питання міцності стиків гумотросових канатів та стрічок як і раніше залишається актуальним. Практика показує, що стикові з'єднання (стики) на стрічках вітчизняного виробництва працюють значно менше терміну служби самої стрічки.

Однією з причин є те, що за останні 15 років практично були припинені дослідження по стиках. За цей час конструкція гумотросових канатів та стрічок дещо змінилася, а технологія виготовлення стиків залишилася колишньою. На сучасних підприємствах не використовують можливі резерви підвищення довговічності стиків через відсутність необхідної інформації.

Види з'єднання гумотросових канатів та стрічок поділяються на:

- клеє-механічні;
- вулканізовані;
- ступінчасті;
- безступінчасті;
- профільні.

Клеє-механічні з'єднання конвеєрних стрічок не отримали практичного застосування, так як вони позбавлені таких переваг механічних з'єднань, як швидкість і простота виготовлення. Посилення ж клейових з'єднань додатковими механічними елементами не виправдано через меншу довговічність останніх.

Вулканізовані з'єднання гумовотканинних стрічок по режиму вулканізації підрозділяються на клейові (холодно вулканізовані і такі, що підігріваються) і гаряче вулканізовані, по конструкції – на ступінчасті, безступінчасті і профільні. Підігріті з'єднання застосовують при необхідності швидкого включення конвеєра в роботу. Технологія їх виготовлення передбачає нагрів і витримку стику при 70-80 ° протягом 20-25 хв, а потім охолодження до 30-40°. Після цього стик може працювати при повному номінальному натягу.

Ступінчасті з'єднання виконують двох типів: напускного і напівнапускного типів, а також з охопленням одного кінця розділеними половинками іншого.

Міцність ступінчастих з'єднань гумовотканинних стрічок досягає 60-90% міцності стрічки, а довговічність – 80% терміну служби стрічки. До 60% часу виготовлення ступінчастого з'єднання складають оброблення, підготовка кінців стрічок та збирання з'єднання, що виконуються вручну із застосуванням найпростіших інструментів.

До безступінчастих з'єднань відносяться клинові стики. Клинові з'єднання мають міцність на 5-8% вище, ніж ступінчасті такої ж довжини. Міцність з'єднань при гарячій вулканізації на 10% вище, ніж при холодній.

Іншим типом безступінчастих з'єднань гумовотканинних стрічок є з'єднання без розшарування каркасу (рис. 1). У даній конструкції після зняття обкладок каркас розрізають на поздовжні смужки рівної ширини, які потім по черзі накладають один на одного, розміщуючи між ними шар еластомеру



Рис. 1. Клинове з'єднання

Для стрічок з двома прокладками запропонована конструкція з'єднання, в якій видалений середній шар гуми і між прокладками стрічок розміщена додаткова прокладка з таким самим відносним подовженням, як і стрічка. В якості додаткової прокладки використовують високо еластичне метало кордонне полотно, яке має міцність, рівну міцності стрічки. Проте видалення шару гуми вручну є дуже складним завданням. З перерахованих безступінчастих з'єднань найбільш зручні для механізації клинові з'єднання.

До профільних відносяться з'єднання зі складним профілем поверхонь, що з'єднуються. Головною метою додання поверхням стрічок спеціальної форми є збільшення площі поверхні з'єднання, забезпечення щільного контакту поверхонь, що з'єднуються. Для збільшення міцності з'єднання рекомендовано на кінцях стрічок в поздовжньому напрямку виконувати виступи і западини прямокутного, трапецієподібного або хвильоподібного перетину (рис. 2) так, щоб виступи одного кінця заходили в западини іншого.

Для стикування цільних гумовотканинних стрічок на основі полівінілхлориду застосовують так званий «пальцевий» стик, для виготовлення якого на кінцях, що з'єднуються за допомогою шаблону вирізають трикутник з основою 40-70 мм і довжиною 400-3000 мм. Профільні з'єднання вимагають більшої точності виготовлення в порівнянні з іншими типами з'єднань. Навіть невеликі неточності виготовлення профілів призводять до неможливості складання з'єднання або до значної втрати міцності.

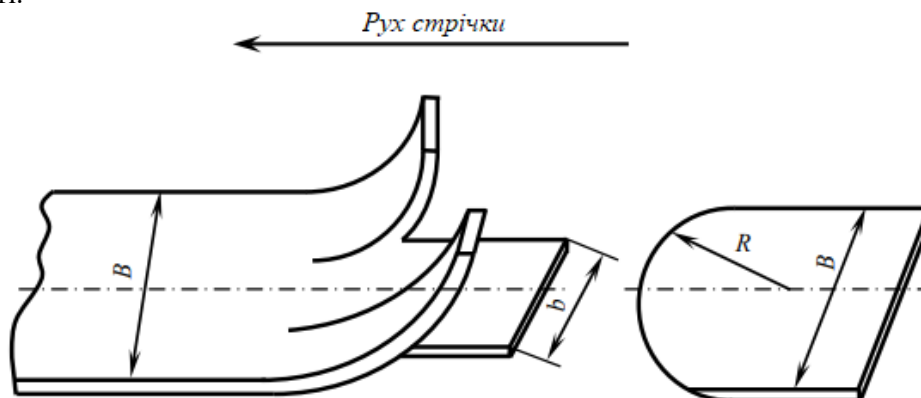


Рис. 2. З'єднання без розшарування країв

Міцність стикових з'єднань розраховується за формулою:

$$P = \frac{P' \cdot l \cdot n_1}{K_k \left(1 + \frac{G \cdot l \cdot l_{onm}}{E \cdot d \cdot \delta} \right)} \quad (1)$$

де P' – зусилля виривання троса з гуми стику, Н / мм; (за стандартом трос виривають з використанням зразка, в якому трос знаходиться поміж двома сусідніми на довжині 100мм) як перенести ці результати на довжину стику зв'язок між ними нелінійний.

l – довжина троса в стику, мм;

n_1 – кількість тросів в стрічці, шт.;

K_k – коефіцієнт концентрації напружень ($K_k = 1,3$);

G – модуль зсуву гуми, Н / мм²;

l_{onm} – довжина тросу, на половині якої досягається рівність навантаження між сусідніми тросами в стику, мм;

E – модуль пружності тросу, Н / мм²;

d – діаметр тросу;

δ – товщина шару гуми між тросами в стику, мм.

Розглянемо формулу (1). В ній, в знаменнику відношення модулів зсуву. Його можна вважати близьким до 0,001- 0,0001. Довжини в 100 раз більші за діаметри тросів та ще більше за відстань поміж тросами. Таким чином знаменник може бути практично від 1-до 10. В стику є, як мінімум два крайні троси. Кожен з них ми відриваємо від одного троса – не від двох. Їх міцність на вирив менша майже у двічі. Як видно з формули 1, міцність стиків в першу чергу залежить від якості стрічки та стику, яка характеризується зусиллям виривання тросу з гуми P' . Останнім часом, незважаючи на різні негативні фактори, якість вітчизняних стрічок є достатньою для отримання міцного стику з терміном служби до 5 років.

Головним критерієм якості гумотросових канатів та стрічок є міцність зв'язку тросів з гумою (опір виривання троса з гуми). Нормоване значення цього показника для стрічки ГТС 1500 дорівнює 80 Н / мм, для стрічки ГТС 2500 – 120 Н / мм, для стрічки ГТС 3150 – 125 Н / мм. При якісному виготовленні стику міцність зв'язку тросів з гумою зменшується незначно, а зусилля виривання тросу зменшується пропорційно зменшенню кроку укладання тросів в стику.

На якість стику, крім якості стрічки, впливають якість стикувальних матеріалів, вулканізатор, знання і досвід обслуговуючого персоналу. Тому виготовити якісний стик вдається не завжди. У таблиці 1 наведена залежність міцності стиків з'єднання гумотросових канатів та стрічок від якості їх виготовлення (питомого опору виривання тросу з гуми).

Таблиця 1

Міцність стиків гумотросових канатів та стрічок в залежності від якості їх виготовлення [4]

Зусилля виривання тросу, Н/мм	Тип гумотросової стрічки		
	ГТС 1500	ГТС 2500	ГТС 3150
	Міцність стиків, кН		
30	1062	1014	1167
40	1416	1352	1556
50	1770	1690	1945
60	2124	2028	2334
70	-	2366	2723
80	-	2704	3112
90	-	-	3500

Якщо міцність стику виходить більше міцності стрічки, то при випробуванні такого стику на розривній машині відбувається руйнування тросів на кордоні стику. Такі стики можуть працювати до п'яти років. У даній статті розглядається міцність стиків гумотросових канатів та стрічок тільки за фактором руйнування гуми.

В сучасних стрічках стало менше тросів, крок укладки тросів у стрічці став нерівномірним. У місцях перегину стрічки при утворенні лотка крок укладання тросів більший, ніж в інших місцях по ширині стрічки. Цей фактор є позитивним і його необхідно використовувати для збільшення міцності стиків гумотросових канатів та стрічок. Зусилля виривання тросів з гуми залежить від кроку укладання тросів. Чим менше відстань між тросами, тим менше потрібно зусилля, щоб витягти трос нормованої довжини з гуми стику канатів та стрічок.

У таблиці 2 наведена залежність зусилля виривання тросу з гуми від товщини шару гуми між тросами (товщини сквіджу¹). При розрахунках приймалося, що якість стрічки і стику відповідає стандартам. Довжина тросів прийнята рівною їх довжині в стику.

Таблиця 2

Зусилля виривання тросу з гуми в залежності від товщини сквіджу [4]

Товщина сквіджу, мм	Тип гумотросової стрічки		
	ГТС 1500	ГТС 2500	ГТС 3150
	Зусилля виривання тросів, кН		
1,0	15,1	23,3	29,0
1,5	22,0	35,6	46,0
2,0	27,7	47,3	62,0
2,05	32,4	58,2	76,8
3,0	36,5	66,8	90,6

Як видно з таблиці 2, при хорошій якості виготовлення стику міцність закладення тросів в стику вище міцності самих тросів. Але це відноситься до одинарних стиків. У багатоступеневих стику цей показник значно менше.

При виготовленні стиків гумотросових канатів та стрічок іноді збільшують його довжину, сподіваючись, що це збільшить його міцність і працездатність. Якщо якість виготовлення стику низька, то за рахунок довжини його міцність і довговічність не зростає. Збільшена довжина стику розтягує процес його руйнування. При щоденному візуальному контролі руйнування такого стику можна виявити і своєчасно стик переробити.

У таблиці 3 наведена залежність зусилля виривання тросу з гуми стиків від довжини їх закладення.

Таблиця 3

Зусилля виривання тросу з гуми стику залежно від довжини їх закладення [4]

Довжина тросу, м	Тип гумотросової стрічки		
	ГТС 1500	ГТС 2500	ГТС 3150
	Умова виривання тросів		
600	18	27,5	-
800	21	33,2	-
1000	24	37,9	44,7
1200	26	41,8	49,6
1600	29	48,0	57,4
2000	-	52,8	63,3
2400	-	-	68
2800	-	-	71,9
3000	-	-	73,5

Найближчим часом якість українських гумотросових канатів та стрічок практично не зміниться і буде істотно поступатися імпортом. Але резерви для підвищення міцності і довговічності стиків на шахтах є. При виготовленні стиків між тросами укладають смужку гуми товщиною 1,5 мм [4]. В результаті цього крок тросів в стику виходить рівномірним і працездатність стику залежить від найменшого кроку тросів. Необхідно виготовляти стик так, щоб крок тросів в стику був рівномірним. Для цього при виготовленні стиків стрічки ГТС 1500 необхідно укладати між тросами смужку гуми товщиною 2 мм, в стику стрічки ГТС 2500 – 2,5 мм, в стику стрічки ГТС 3150 – 3 мм.

Зміну міцності стиків наведено в таблиці 4.

Таблиця 4

Міцність стиків гумотросових канатів та стрічок при використанні потовщеної гуми [4]

Тип стрічки	Кількість тросів у стрічці, шт.	Кількість тросів, що видаляється, шт.	Товщина смужки гуми, мм	Розрахункова міцність стику, кН
ГТС 1500	120	30	2,0	2055
ГТС 2500	76	19	2,5	2720
ГТС 3150	76	25	3,0	3490

¹ Сквідж – гумовий шар

Якщо на стиках гумотросових канатів та стрічок використано потовщену гуму товщиною 1,5 мм, то необхідну товщину смужки гуми можна отримати при використанні здвоєних смужок гуми товщиною 1,5 мм. З двох складених листів гуми нарізають смужки («локшину») необхідної ширини. Потім ці смужки розтягують до тих пір, поки не вийде смужка товщиною 2 або 2,5 мм.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Механічні з'єднання, незважаючи на низьку міцність (50-70% міцності стрічки), малий термін служби (6-9 місяців), широко використовуються в гірничодобувній промисловості, на підприємствах виготовлення будматеріалів та інших галузях (до 80% всіх стиків) завдяки малій трудомісткості і швидкості виготовлення.

Запропонований механізм підвищення міцності стикових з'єднань гумотросових стрічок може бути використаний на конвеєрах стрічкових з ухилом. За умови використання потовщеної гуми на стиках гарантується безаварійна експлуатація гумотросових стрічок українського виробництва.

References.

1. Belmas I.V., Kolosov D.L., Belous O.I. (2018). Interaction of a rubber rope with a driving drum. Collection of scientific works of Dnipro State Technical University. Technical Sciences, 168-173. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpddtu_2018_Tem
2. Polushina M.V., Moskaleva T.V., Zapara E.S. (2017). Rational parameters of the lifting installation with friction pulleys and the bobbin balancing device from a condition of a minimum of power of the drive. Bulletin of the Donetsk Mining Institute, 2, 169-175.
3. Polushina, M.V., Moskaleva, T.V. (2019). Traction of the lifting installation with friction pulleys and the bobbin balancing device. Geotechnical Mechanics, 149, 68-76. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/gtm_2019_149_9
4. Bajda, M., Błazej, R., & Hardygóra, M. (2016, September). Impact of selected parameters on the fatigue strength of splices on multiply textile conveyor belts. In *World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS 2016)* (pp. 5-9).
5. Prushak, V. Ya., & Miranovich, O.L. (2008). Numerical estimation of durability of connections of rubber-rope conveyor belts. Science and Technology, (1), 35-38.
6. Daria, Z. S. (2013). Numerical method for determining the effective characteristics of unidirectionally reinforced composites. Bulletin of the National Technical University of KhPI. Ser. : Dynamics and strength of machines, (58), 71-77.
7. Belmas, I.V., & Kolosov, D.L. (2017). The stress-strain state of the flat rope is due to the ruptures of the traction elements and the design of the drum of the lifting machine. Collection of scientific works of the National Mining University, (50), 163-170.
8. Carbogno, A. (2001). Bobbin drum hoists with flat steel rubber-coated ropes. *LOAD02001. Logistics & Transport. Zbornik ADS Graphic*, 218-221.
9. Zabolotny K.S., Panchenko E.V., Zhupiev A.L. (2011). Theory of multilayer winding of a rubber rope: monograph. D. : NSU. 150 s.
10. Kartavy, N.G., & Zotov, V.V. (2009). Application of rubber-traction traction belts on lifting installations. Mining Journal, (1), 75-78.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-17>

УДК: 631.171

Теслюк Геннадій Володимирович, к.т.н., доцент

<http://orcid.org/0000-0003-4541-5720>

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ ПІДПРИЄМСТВ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

Теслюк Г. В. Основні підходи до забезпечення якості машинно-тракторного парку підприємств агропромислового комплексу України. У статті проаналізовано сучасний стан машинно-тракторного парку підприємств агропромислового комплексу України. Розглянуто основні підходи до забезпечення якості машинно-тракторного парку підприємств агропромислового комплексу України. Запропоновано основні перспективні напрямки удосконалення агропромислового комплексу України в сфері забезпечення якості.

Ключові слова: агропромисловий комплекс, Україна, машинно-тракторний парк, підприємство, чинники, підхід, забезпечення якості.

Теслюк Г. В. Основные подходы к обеспечению качества машинно-тракторного парка предприятий агропромышленного комплекса Украины. В статье проведен анализ современного состояния машинно-тракторного парка предприятий агропромышленного комплекса Украины. Рассмотрены основные подходы к обеспечению качества машинно-тракторного парка предприятий агропромышленного комплекса Украины. Предложены основные перспективные направления совершенствования агропромышленного комплекса Украины в сфере обеспечения качества.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, Украина, машинно-тракторный парк, предприятие, факторы, подход, обеспечение качества.

Tesliuk Hennadii. The main approaches to ensuring the quality of the machine-tractor fleet of enterprises of the agro-industrial complex of Ukraine. The article analyzes the current state of the machine-tractor fleet of enterprises of the agro-industrial complex of Ukraine. The main approaches to ensuring the quality of the machine-tractor park of the enterprises of the agro-industrial complex of Ukraine are considered. The main perspective directions of improvement of the agro - industrial complex of Ukraine in the field of quality assurance are offered.

Key words: agro-industrial complex, Ukraine, machine-tractor park, enterprise, factors, approach, quality assurance

Постановка проблеми. Сучасний стан розвитку агропромислового комплексу України (АПКУ) істотно залежить від стану машинно-тракторного парку (МТП) його підприємств [1]. Зниження якості МТП підприємств АПКУ призводить до зменшення обсягів виробництва валової продукції АПКУ [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Процесам створення МТП підприємств АПКУ та оцінювання їх якості присвячено багато наукових праць таких вчених: В.Г. Андрійчук, Я.К. Білоусько, І.Д. Бурковський, В.Г. Більський, Т.С. Івашків, Б.В. Курган, Я.М. Мартинишин, П.І. Гайдучий, М.Г. Лобас, М.М. Могилова, Г.М. Підлісецький, В.В. Россоха, П.Т. Саблук, В.П. Ситник, Ю.В. Тивоненко, В.Л. Товстопят, В.С. Шебанін тощо. Однак, деякі з питань залишаються не до кінця дослідженими та вивченими [3-9].

Метою дослідження є огляд основних підходів щодо забезпечення якості МТП підприємств АПКУ.

Виклад основного матеріалу дослідження. У статті використовуються наступні терміни та визначення в такому розумінні. МТП (у вузькому значенні) – це кількісна сукупність різних марок і модифікацій тракторів, комбайнів, причіпних та навісних машин і знарядь, призначених для механізації трудомістких процесів із вирощування сільськогосподарських культур і виробництва сільськогосподарської продукції, надання послуг та виконання робіт іншим виробництвам [10].

Якість – це категорія, що відображає сукупність властивостей продукції, що зумовлюють ступінь її здатності задовольняти потреби споживачів відповідно до свого призначення [11].

З метою визначення основних підходів до забезпечення якості МТП підприємств АПКУ необхідно провести аналіз сучасного стану МТП підприємств АПКУ.

Аналіз сучасного стану МТП підприємств АПКУ. Стан МТП підприємств АПКУ з 90-х років 20 століття і на сьогодні – нижче технологічних потреб на (30-50) %. Недостатня кількість зразків МТП збільшує терміни виконання робіт, і як наслідок – недобір врожаю, втрати якості продукції та зростання її собівартості [12]. За останні 30 років в Україні істотно скоротилась кількість зразків МТП підприємств АПКУ: льонозбиральних комбайнів зменшилась майже у 8 разів, картоплезбиральних – у 7,4 разів, кукурудзозбиральних – у 5,3 разів, бурякозбиральних машин – у 3,9 разів, кількість тракторів – в 3 рази, зернозбиральних комбайнів – у 2,9 разів [13].

Зменшення кількості зразків МТП підприємств АПКУ призвело до значного навантаження на них (наприклад, у 1991 році з урахуванням на 1000 га посівних площ (під зернові культури) ступінь забезпеченості МТП складав 8 машин, а у 2009 році – тільки 3 машини). Якщо порівнювати ці показники з відповідними показниками АПК провідних країн світу, то, наприклад, ступінь забезпечення зернозбиральними комбайнами на 1000 га посівних площ (під зернобобові та зернові культури) досягала: у Німеччині – 28; у Данії – 21; у Франції – 16; у США – 15; у Великій Британії – 14 машин [12].

На рисунку 1 показано динаміку змінювання обсягів придбання основної номенклатури МТП підприємствами АПКУ в 2004-2013 роках та результати прогнозування на 2014-2022 роки [15].



Рис. 1. Динаміка змінювання обсягів придбання основної номенклатури МТП підприємствами АПКУ в 2004-2013 рр. та результати прогнозування на 2014-2022 рр.

На рисунку 2 проілюстровано динаміку змінювання частки вітчизняних зразків МТП в загальному обсязі придбання основних видів машин та устаткування для сільського господарства підприємствами АПКУ протягом 2004-2013 років та наведено результати прогнозування на 2014-2022 роки [15].

В Україні протягом 2004-2013 років більш ніж у 4 рази зменшилась частка вітчизняної техніки в загальному обсязі придбання основних видів зразків МТП підприємствами АПКУ. Але результати прогнозування ілюструють стабілізацію та поступове зростання цього показника ринку зразків МТП у найближчі п'ять років (рис. 2).



Рис. 2. Динаміка змінювання частки вітчизняних зразків МТП в загальному обсязі придбання основних видів машин та устаткування для сільського господарства підприємствами АПКУ в 2004-2013 рр. та результати прогнозування на 2014-2022 рр.

Крім того, для сучасного стану МТП підприємств АПКУ справедливі наступні твердження [1-4, 10, 13, 14]:

- амортизаційні відрахування за рік, як головне джерело відтворення основних фондів підприємств АПКУ, не відповідає сучасним потребам;
- низький рівень забезпечення МТП підприємств АПКУ призводить до вищої, у порівнянні з провідними виробниками світу енергоємності сільськогосподарської продукції;
- збиткові господарства трансформують амортизаційні відрахування в обігові кошти, зменшуючи загальну купівельну спроможність на ринках технічних засобів;
- істотне зменшення кількості підприємств технічного сервісу МТП підприємств АПКУ;
- основна маса вітчизняних виробників зразків МТП зосереджена на створенні зразків МТП для оброблення ґрунту (отже, на сьогодні зразки МТП однакові за функціональним призначенням пропонують десятки підприємств, причому, елементна база з низькоякісних матеріалів та не уніфікована. Що призводить до низької надійності та зносостійкості МТП у порівнянні із закордонними зразками);
- за останні 30 років основна номенклатура зразків МТП вітчизняного виробництва залишилась майже незмінною;
- сьогодні на ринку України основну номенклатуру МТП пропонують понад ста вітчизняних виробників та всі провідні світові та Західноєвропейські компанії (наприклад, Claas, Kubota, New Holland, Deutz-Fahr, Fendt, Case IH, Massey Ferguson, John Deere тощо);
- на початку 2000-них років з 6 тисяч зразків МТП, що пройшли випробування, рекомендовано до виробництва лише біля 500 зразків;
- на рівні закордонних аналогів знаходяться 11 % машин від загальної номенклатури МТП, наближаються до їх рівня – 12 % та значно поступаються – 57 % техніки сільськогосподарського призначення;
- переважна більшість підприємств АПКУ не використовує сучасні технології та обладнання для створення і виробництва конкурентоспроможних зразків МТП;
- сучасними та енергоощадними зі складу МТП підприємств АПКУ можна вважати менше 7 % зразків;
- оновлення МТП підприємств АПКУ здійснюється за рахунок придбання імпортних зразків МТП. Також, слід відзначити, високі темпи збільшення обсягів продажу зразків МТП з вторинного ринку (в першу чергу, з країн Західної Європи) [14].

На рисунку 3 наведено результати статистичного моделювання та прогнозування динаміки змінювання кількості зернозбиральних комбайнів та тракторів на підприємствах АПКУ, а також міні-тракторів та мотоблоків в господарствах населення України [15].

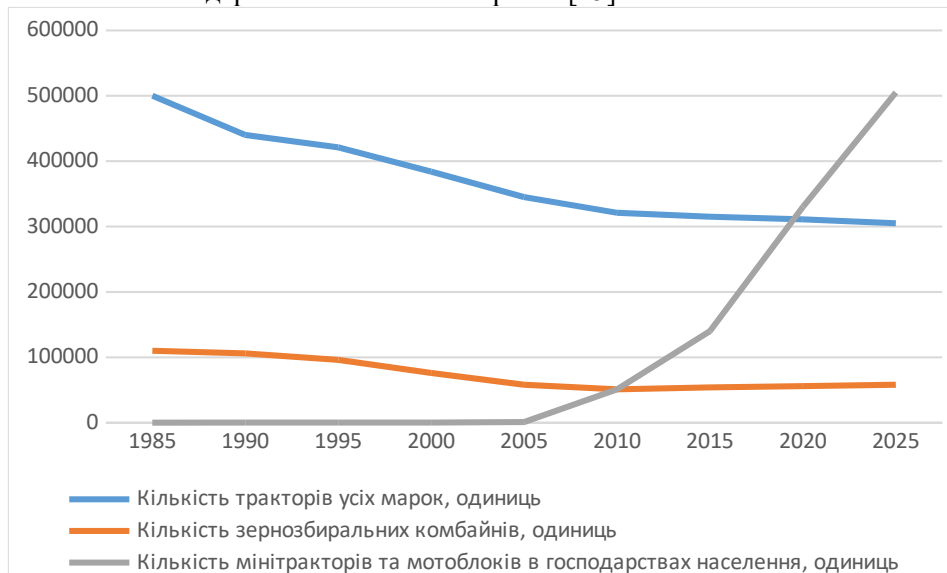


Рис. 3. Результати статистичного моделювання та прогнозування динаміки змінювання кількості зернозбиральних комбайнів, тракторів, міні-тракторів та мотоблоків АПКУ

Отже, надзвичайно важливою для інноваційного розвитку АПКУ є державна підтримка щодо створення та забезпечення якості МТП підприємств АПК. Практично у всіх розвинених країнах світу розвиток агросектору, як фундаменту продовольчої безпеки, підтримується державою. Україна після набуття членства у СОТ підтримує виробників продукції сектору АПКУ, через програми державної

підтримки (кредити, фінансовий лізинг, часткову компенсацію вартості, за регіональними програмами, за програмою підтримки фермерських господарств тощо), але за роки незалежності державні програми з підтримки АПКУ були профінансовані всього на 5-10 % [1-4, 10, 13, 14].

Визначення основних підходів щодо забезпечення якості МТП підприємств АПКУ. Основними суб'єктами процесу забезпечення якості МТП підприємств АПКУ є: фірмові технічні центри; дилерські сервісні установи на заводах-виробниках; агротехнічні сервісні установи; незалежні приватні підприємства – партнери заводів-виробників; пункти прокату зразків МТП; магазини, що торгують зразками МТП; машинно-технологічні комплекси по наданню виробничих послуг тощо [3].

Основними об'єктами процесу забезпечення якості МТП підприємств АПКУ є: трактори всіх марок; тракторні причеми; сівалки всіх видів; картоплесаджалки; сінокосарки тракторні; жатки валкові; зернозбиральні, льонозбиральні, кукурудзозбиральні, картоплезбиральні та кормозбиральні комбайни; бурякозбиральні машини; доїльне обладнання; транспортери для прибирання гною; роздавачі кормів; автотранспорт тощо [3].

Отже, враховуючи розглянутий вище матеріал, до основних підходів щодо забезпечення якості МТП підприємств АПКУ, слід віднести наступні: організаційний; підхід, що заснований на оптимальному технічному забезпеченні МТП; кадровий та комбінований. Розглянемо більш детально ці підходи.

Організаційний підхід до забезпечення якості МТП підприємств АПКУ передбачає: застосування сучасних раціональних технологій; постійну оптимізацію параметрів виробничих процесів; впровадження системи раціоналізації режимів робочих тижня та дня, а також раціоналізації процесів використання робочого часу; оптимізацію технологічного обслуговування процесів та величини швидкості руху складових МТП підприємств АПКУ.

Рівень забезпечення якості МТП підприємств АПКУ, в основному, залежить [5]: від обсягів фонду заробітної плати співробітників інженерно-технічної служби, витрат на експлуатацію МТП, складів паливно-мастильних матеріалів та витрат на тваринництво, тому що ці витрати характеризують собівартість всіх механізованих операцій (гривень/еталонного га), що визначає ефективність використання МТП.

Підхід, що заснований на оптимальному технічному забезпеченні МТП підприємств АПКУ передбачає: підтримку технічно працездатного стану МТП; оптимальне застосування двигунів комбайнів й іншого силового обладнання; технічне обслуговування двигунів тракторної та комбайнерської техніки; вибір оптимальних режимів застосування характеристик агрегатної частини МТП; застосування мастил та палива високої якості; своєчасне налагодження агрегатів тракторної техніки; своєчасне налагодження агрегатів комбайнерської техніки; установку і технічне обслуговування МТП підприємств АПКУ.

Економічні затрати на експлуатацію МТП підприємств АПКУ необхідно враховувати за кожним окремим зразком МТП. Також при цьому враховуються вид (наприклад, посівні чи боронувальні роботи або збирання урожаю) та обсяги виконаних робіт. За виконання цих видів робіт передбачається виплата заробітної плати для механізаторів. Крім того, треба звернути увагу на те, що зазначена сукупність робіт може бути реалізована за допомогою різних машинно-тракторних агрегатів (з низькою, середньою, високою потужністю і продуктивністю), з різним рівнем витрат паливно-мастильних матеріалів. Тому слід враховувати різні види витрат. Вибір найбільш економічного складу агрегатів для різного роду таких робіт є важливою складовою процесу експлуатації МТП.

Має бути пропорційне розподілення затрат (на експлуатацію пункту технічного обслуговування та ремонту МТП) між рослинництвом та тваринництвом з урахуванням обсягів виконаної роботи для кожної із галузей. Важливо врахування витрат пункту технічного обслуговування та ремонту для реалізації послуг іншим установам. Ці затрати складаються із великої низки складових (наприклад, із амортизаційних витрат на утримання будівель та устаткування пункту, заробітної плати працівників тощо).

Формування та утримання машинних парків для зберігання зразків МТП у неробочі дні є важливою невід'ємною складовою процесу забезпечення якості МТП підприємств АПКУ. Для проведення робіт з технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарських причіпних навісних машин в машинних парках необхідно створити майданчики (ділянки), що обладнанні відповідним устаткуванням. Наявність таких машинних парків (їх ще називають "машинні двори") дозволяє більш якісно зберігати техніку (при цьому забезпечуючи її збереженість за рахунок введення охорони на таких майданчиках) та зменшувати витрати на її експлуатацію [5].

Кадровий підхід до забезпечення якості МТП підприємств АПКУ передбачає: забезпечення раціональної кількості інженерів та механізаторів в структурних підрозділах підприємства; застосування підходів щодо наукової організації праці; постійне стимулювання праці та охорону праці механізаторів тощо.

Важливим показником забезпечення якості МТП підприємств АПКУ є механізatori з високим рівнем кваліфікації, що більш ефективно її використовують та постійно підтверджують. Персональне закріплення зразків МТП за механізаторами забезпечує більш ефективне її застосування, зберігання, а також зменшення витрат на її експлуатацію та регламентні роботи. Існує ефективна практика закріплення за кожним механізатором робочих машин (як правило, 4-5 одиниць техніки) для яких терміни роботи мають не співпадати [4, 5, 7]. Врахування науково-обґрунтованих нормативів є необхідною умовою забезпечення якості зразків МТП підприємств АПКУ. Трудомісткість виконаного комплексу робіт та необхідну чисельність співробітників підприємств АПКУ визначають з використанням науково-обґрунтованих нормативних даних (нормативів – часових та алгоритмічних).

В рамках цього підходу, слід відзначити, що принципове значення для забезпечення якості МТП підприємств АПКУ відіграє підготовка інженерного та механізаторського складу. Інноваційний розвиток сільського господарства в світі є безперервним процесом, змінюються покоління сільськогосподарської техніки, ускладнюються процеси її використання та технічного обслуговування. Отже, в сучасних умовах виникає постійна потреба у проведенні курсів підвищення кваліфікації, на яких інженерний та механізаторський склад буде вивчати нову техніку та відповідні сучасні технології. Вищі навчальні заклади, науково-дослідні установи, техніко-технологічні бази провідних сільськогосподарських підприємств регіону, центри дилерів техніки МТП – це місця де мають проводитися курси підвищення кваліфікації для інженерів та механізаторів.

Комбінований підхід до забезпечення якості МТП підприємств АПКУ передбачає: повне або часткове поєднання вище перелічених підходів. На практиці цей підхід є найбільш поширеним.

Проаналізований сучасний стан МТП підприємств АПКУ та розглянуті основні підходи до забезпечення його якості дозволяють визначити основні перспективні напрямки удосконалення АПКУ в сфері забезпечення якості [16-19]:

- застосування підходів щодо управління якістю, як МТП підприємств АПКУ, так і сільськогосподарської продукції на основі концепції ISO 9001;
- розвиток системи оцінювання відповідності, як МТП підприємств АПКУ, так і сільськогосподарської продукції;
- державне сприяння розвитку випробувальних та калібрувальних лабораторій для сертифікації та лабораторно-польових випробувань закордонних зразків МТП з оцінюванням їх відповідності вимогам державних стандартів України;
- створення та впровадження у практику національних стандартів щодо технічного сервісного обслуговування МТП (під час дії та після дії гарантії) з залученням виробників і постачальників відповідної продукції.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отже, на основі аналізу сучасного стану МТП підприємств АПКУ, у статті розглянуто основні підходи до забезпечення його якості та визначено основні перспективні напрямки удосконалення АПКУ в сфері забезпечення якості. **Подальшим актуальним напрямком досліджень** є розроблення методики оцінювання та системи показників якості МТП підприємств АПКУ.

Список бібліографічних посилань.

1. Якість продукції: поняття і показники, методи оцінки (2020). URL: https://ru.osvita.ua/vnz/reports/econom_pidpr/22070/#:~:text=%D0%AF%D0%BA%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C%20%2D%20%D1%86%D0%B5%20%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0%20%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F%2C%20%D1%8F%D0%BA%D0%B0,%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%B6%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%87%D1%96%D0%B2%20%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%BE%20%D0%B4%D0%BE%20%D1%81%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F. (Last accessed: 17.03.2017).
2. Карабиньш С. С., Новицкий А. А. (2009). Комбайн из вторых рук. *Зерно*, 1, 94–98.
3. Доброзорова, О. В. (2011). Модернізація машинно-тракторного парку АПК: обґрунтування та пріоритетні напрями інвестування. *Формування ринкової економіки*, 2, 51–57.
4. Болтянська, Н. І. (2008). Сучасний стан машинно-тракторного парку підприємств агропромислового комплексу. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*, 36. С. 3–7.
5. Кравчук В. М., Павлишин М. Л., Гусар В. Г., Бурилко А. В. (2014). Динаміка оновлення технічних засобів у сільгоспвиробництві України протягом 2004-2013 рр. та прогноз на 2015-2018 рр. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*, 18(1), 8–18.

6. ДСТУ EN ISO/IEC 17043:2014. (2014). Оцінка відповідності. Загальні вимоги до перевірки кваліфікації лабораторій. (EN ISO/IEC 17043:2010, IDT). [Чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України.
7. ДСТУ EN ISO/IEC 17065:2014. (2014). Оцінка відповідності. Вимоги до органів з сертифікації продукції, процесів та послуг. (EN ISO/IEC 17065:2012, IDT). [Чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України.
8. ДСТУ ISO 9000:2015. (2016). Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів. (ISO 9000:2015, IDT). [Чинний від 2016-01-07]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України.
9. Про технічні регламенти та оцінку відповідності: Закон України від 15 січня 2015 р. № 124-VIII. (2015). *Відомості Верховної Ради*, 14, 96.

References

1. Stelmashchuk, AM (2014). Analysis and assessment of the development potential of the machine-tractor fleet as a basis for sustainability and competitiveness of agricultural enterprises. *Innovative Economics*, (5), 204-211.
2. Trukhanskaya, OO (2020). Improving the quality of repair and maintenance of agricultural machinery. *Engineering, energy, transport AIC.-Vinnytsia*, 2018.-№ 3 (102) -S. 52-61.
3. Andriychuk, VG (2013). *Economics of agro-industrial enterprises: a textbook*. K.: KNEU, 779 (5).
4. Nepochatenko, AV (2014). Estimation of efficiency of use of machine-tractor parks of agricultural enterprises and directions of its improvement. *Economics and Management of Agriculture*, (2), 90-97.
5. Shebanin, VS (2007). Prospects for the development of agricultural engineering in Ukraine. *Bulletin of agr science of the Black Sea region*. 2007. №2. Pp. 4–10.
6. Shebanin, VS (2005). *System renewal and development of material and resource potential of agriculture: monograph*. K., 276 s.
7. Rossokha, VV (2005). Methodical aspects of formation and development of potential of enterprises of agrarian sphere of agrarian and industrial complex. *Economics of AIC*, 8, 39–44.
8. Kurgan, B. V. (2004). Efficiency of equipment use. *Economics of AIC*, 3, 115–118.
9. Martinishin, Ya. M. (2003). Dynamics of factors and indicators of economic efficiency of tractor maintenance. *Economics of AIC*, 11, 25–29.
10. Satyr, L. M. (2015). Theoretical aspects of improving the efficiency of machine-tractor fleet in agricultural enterprises. *Economics and Management of AIC*, 2, 14–19

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-18>

УДК 629.73

Харченко Володимир Петрович, д.тех.наук, професор, проректор з наукової роботи кафедри аеронавігаційних систем (АНС)

Онищенко Олександр Андрійович, аспірант кафедри аеронавігаційних систем (АНС) Національний авіаційний університет, м. Київ.

<https://orcid.org/0000-0001-7330-9541>

ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ПОЛЬОТИ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В СТРАТОСФЕРІ

Харченко В.П., Онищенко О.А. Фактори впливу на польоти безпілотних літальних апаратів в стратосфері. У статті проведено аналітичний огляд стратосферних безпілотних літальних апаратів. Встановлено місце стратосферних безпілотних літальних апаратів серед висотних безпілотних апаратів, сформульовано їх основні завдання. Наведено хронологію розвитку, держави і компанії виробники та типові характеристики основних стратосферних безпілотних літальних апаратів. Визначено основні чинники, що впливають на траєкторію польотів стратосферних безпілотних літальних апаратів.

Ключові слова: стратосфера, безпілотні літальні апарати, відхилення, траєкторія польоту, сонячне випромінювання, висотні безпілотні апарати.

Харченко В.П., Онищенко О.А. Факторы влияния на полеты беспилотных летательных аппаратов в стратосфере. В статье проведен аналитический обзор стратосферных беспилотных летательных аппаратов. Установлено место стратосферных беспилотных летательных аппаратов среди высотных беспилотных аппаратов, сформулированы их основные задачи. Приведены хронология развития, государства и компании производители и типовые характеристики основных стратосферных беспилотных летательных аппаратов. Определены основные факторы, влияющие на траекторию полетов стратосферных беспилотных летательных аппаратов.

Ключевые слова: стратосфера, беспилотные летательные аппараты, отклонения, траектория полета, солнечное излучение, высотные беспилотные аппараты.

Kharchenko V.P., Onishchenko O.A. Factors of influence on flight of unmanned aircraft in the stratosphere. The article provides an analytical review of stratospheric unmanned aerial vehicles. The place of stratospheric unmanned aerial vehicles among high-altitude unmanned aerial vehicles is determined, their main tasks are established. The chronology of development, states and manufacturers and typical characteristics of the main stratospheric unmanned aerial vehicles are given. Features of flights of stratospheric unmanned aerial vehicles are considered.

Key words: stratosphere, unmanned aerial vehicles, deviations, flight trajectory, solar radiation, high-altitude unmanned aerial vehicles.

Постановка проблеми. Найперспективнішою сферою сучасної авіаційної галузі є створення безпілотних літальних апаратів (БПЛА) – високотехнологічних комплексів на основі застосування сучасних інформаційних технологій [1-4]. Останнім часом номенклатура БПЛА була доповнена цілою низкою стратосферних БПЛА (це польоти на висотах від 20 км до 30 км) [5-8]. Нагальна потреба у підвищенні ефективності глобального і локального моніторингу території визвала появу таких БПЛА [9-12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зазначеним питанням присвячено роботи таких вчених як: В. І. Силков, М. М. Митрахович, С. О. Богословець, В. М. Ілюшко, В. П. Харченко, Н. Я. Василін,

Ю. Л. Іванов, А. Л. Рубцов, В. О. Свірко, І. В. Макаров, В. А. Попов, A. Piccard, C. Ryan, C. Peebles, G. Collins, A. Erickson, N. Baldock, M. R. Mokhtarzadeh-Dehghan, L. N. Craig. Але, певні з них ще не повністю досліджені та вивчені, і, в першу чергу, це питання щодо встановлення причин відхилення стратосферних БПЛА від траєкторії.

Метою дослідження є визначення основних чинників, що визивають відхилення БПЛА від траєкторії в стратосфері.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналітичний огляд стратосферних БПЛА. На основі класифікаційної системи EUROUVS [13] стратосферні БПЛА відносяться до висотних безпілотних апаратів: з максимальною висотою польоту від 20 км до 30 км; тривалістю польоту 48 годин і більше; радіусом зони польотів від 2000 км і більше.

Стратосферні БПЛА використовують, як у цивільній, так і у військовій сферах. Основними завданнями цих БПЛА в інтересах цивільних організацій є: передавання радіосигналів, і зокрема,

забезпечення інтернет з'єднання; фотоспостереження; аналіз клімату та радіаційного фону; спостереження в інтересах захисту державного кордону; спостереження в інтересах аграрного сектору тощо. У військовій сфері стратосферні БПЛА (належать до класу III відповідно STANAG 4670 (АТР 3.3.7)) використовують, як ударні бойові комплекси та бомбардувальники.

Для визначення місця стратосферних БПЛА в загальному обсязі БПЛА, що експлуатуються, розглянемо світовий ринок виробництва безпілотних апаратів різних класів. Рентабельність створення цих БПЛА та рівень їх розвитку суттєво залежать від обсягів фінансування науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, що проводяться в державних та приватних науково-дослідних установах. На сучасному етапі рівень фінансування науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт по створенню БПЛА складає 28,7 мільярда доларів (за результатами прогнозування з 2014 року по 2023 рік) (рис. 1). Як видно з рисунку 1, що 38 % усіх витрат припадає на Сполучені штати Америки, а в Азії це 27%. Відповідно розподіл між Західною та Східною Європою складає 18% та 9%. Для держав Близького Сходу це – 7%, а для країн Латинської Америки – 1% [14].

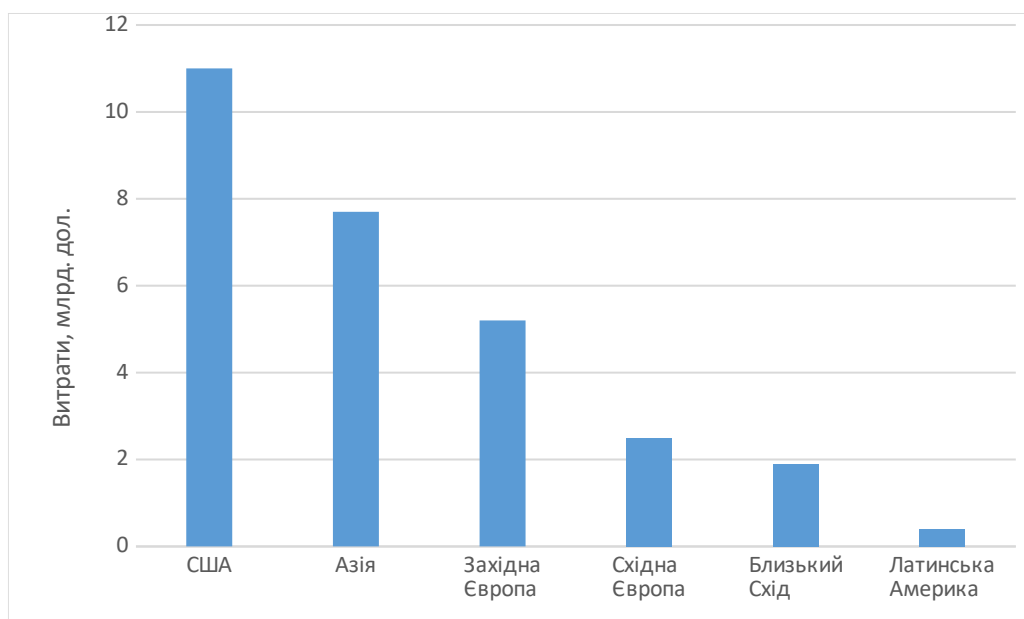


Рис. 1. Результати прогнозування обсягів фінансування створення у світі БПЛА (з 2014 року по 2023 рік) [14]

За результатами прогнозування на 2014-2023 рр. обсяги фінансового забезпечення для створення БПЛА складатиме 35,6 млрд. доларів. На рисунку 2 наведено результати прогнозування обсягів виробництва БПЛА за типами (з 2014 року по 2023 рік). З рисунку 2 видно, що найбільша частка виробництва (13,7 млрд. дол.) буде виділена для середньовисотних БПЛА великої тривалості польоту класу MALE (Medium Altitude Long Endurance), а найменша частка (1,3 млрд. дол.) – на переносні портативні БПЛА. Створення стратосферних БПЛА обійдеться в 7,3 млрд. дол. На рис. 2 класUCAV (Unmanned Combat Air Vehicle) – це ударні БПЛА [14].

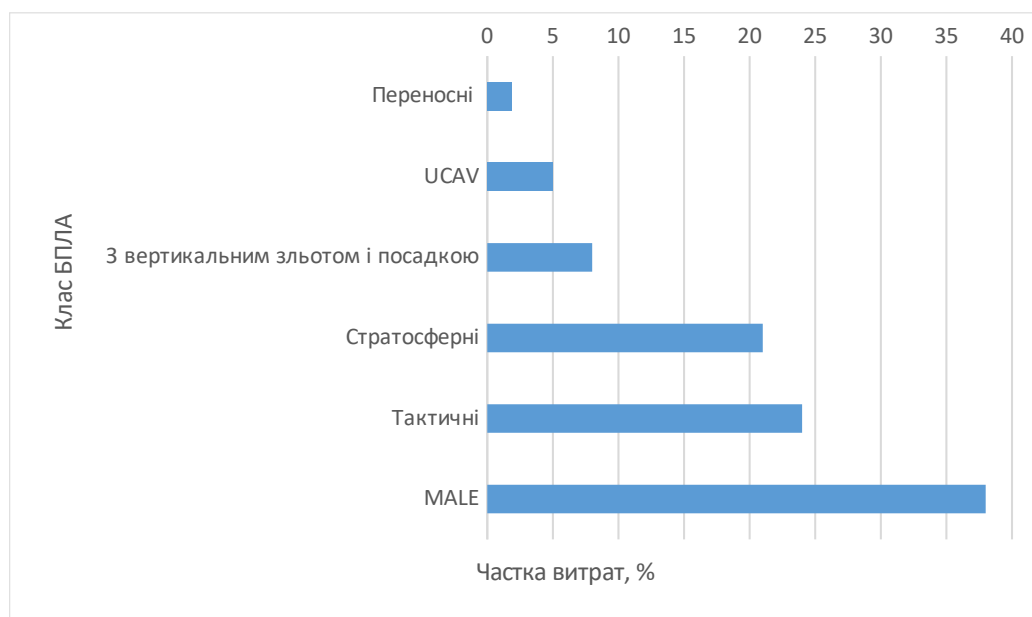


Рис. 2. Результати прогнозування обсягів виробництва БПЛА за класами (з 2014 року по 2023 рік)[14]

Станом на кінець 2017 року у світі було продано різних класів БПЛА на 7,8 мільярдів доларів (серед них стратосферних БПЛА – на 1,4 мільярди доларів) [15].

В таблиці 1 наведено хронологію розвитку, держави і компанії виробники та типові характеристики основних стратосферних БПЛА [6, 13-19].

Слід відзначити, що важливою перевагою стратосферних БПЛА є можливість їх використовувати як геостационарні супутники, що у поєднанні з сучасними технологіями тривалого знаходження на одному місці забезпечує високу економічну ефективність. Особливо це стосується тих держав де не має альтернативної наземної інфраструктури для стільникового зв'язку (наприклад, у Африці та Індії). Ці БПЛА мають можливість виконувати спектр завдань притаманних космічним штучним супутникам, наприклад, моніторинг екологічної ситуації, підтримання роботи рятувальних підрозділів, аеро- та теплова зйомка, формування мережі тимчасових комунікаційних і навігаційних систем. На відміну від таких супутників стратосферні БПЛА забезпечують посадку на різного роду поверхні для їх технічного забезпечення і відновлення джерел енергії.

Таблиця 1

Основні стратосферні БПЛА та їх характеристики

Назва БПЛА	Рік, держава, фірма розробник	Призначення	Висота польоту, м	Тривалість польоту, год.	Вага, кг	Кількість та тип двигунів
AQM-91A Compass Arrow	1968, США, Ryan Aeronautical	військове	24400	4,5	2381	1 ТРДД
Орел	1986, СРСР, ОКБ ім. В.М. Мясищева	військове	20000	34	12000	2 ПД
Condor	1988, США, Boeing	цивільне	20000	60	9070	2 ПД
Altus II	1997, США, General Atomics	цивільне	20000	24	966	1 ПД
Pathfinder Plus	1998, США, NASA	цивільне	24445	15	315	сонячні батареї

Helios	1999, США, NASA	цивільне	29523	24	929	електричний двигун, сонячні батареї
Zephyr	2001, Великобританія, Airbus	цивільне	21000	25 діб	53	сонячні батареї
RQ-4 Global Hawk	2004, США, Northrop Grumman	військове	19812	38	11612	1 ТРДД
ЛА-252 "Аист"	2013, РФ, НВО ім. С.О. Лавочкина	цивільне	22000	3 місяці	125	сонячні батареї
Aquila	2016, США, Facebook	цивільне	27000	3 місяці	399	сонячні батареї
CH-T4	2017, Китай, CASC	військове	20000	24	400	сонячні батареї
Apus Duo	2018, США, UAVOS	цивільне	20000	1 рік	23	сонячні батареї
PHASA-35	2019, Великобританія, Bae Systems	цивільне	21336	1 рік	150	сонячні батареї

В таблиці 1 введено такі скорочення: ТРДД – турбореактивний двоконтурний двигун; ПД – поршневий двигун.

Отже, тривалість польоту сучасних стратосферних БПЛА обмежена в основному запасами палива, тому переклад на енергозабезпечення від сонячних батарей і акумулювання енергії дозволить набагато збільшити час перебування в польоті. В таких БПЛА сонячна енергія в денний час витрачається для здійснення польоту і живлення бортової апаратури, а її надлишки акумулюються в накопичувачах (електрохімічних акумуляторах, паливних елементах, що здатні до регенерації або суперконденсаторах). Накопичена енергія потім використовуються під час доби, коли енергії Сонця недостатньо для здійснення польоту. Ці БПЛА можуть тривалий час перебувати в польоті, вони надійні, відносно прості в експлуатації, а їх виробництво не вимагає великих фінансових витрат.

Особливості польотів БПЛА в стратосфері. Розглянемо специфіку застосування в стратосфері БПЛА, а саме вплив на БПЛА швидкості вітру, параметрів повітря та сонячного випромінювання.

На рисунку 3 проілюстрована динаміка швидкості вітру в залежності від висоти підйому в стратосфері і вище. З рисунку 3 можна бачити, що зміна швидкості струменевих течій відбувається з висоти 10 км (максимальне значення – біля 21 м/с) до висот 21-23 км (мінімальне значення – 1-3 м/с), а далі йде практично лінійне зростання швидкості вітру в залежності від висоти підйому. Отже, інтервал висот 21-23 км є найбільш сприятливим для тривалого польоту стратосферних БПЛА [20].

До основних параметрів повітря, що впливають на рух БПЛА в стратосфері відносяться: щільність, температура та в'язкість повітря. Як відомо, зменшення щільності повітря відбувається з висотою у відповідності зі змінюванням температури та тиску (щільність повітря пов'язана рівнянням стану газу з температурою та тиском повітря). На рисунку 4 показано динаміку змінювання щільності повітря в залежності від висоти польоту [21].

На рисунку 5 проілюстровано динаміку змінювання температури повітря в залежності від висоти підйому в стратосфері і вище. З рисунку 5 можна бачити, що при висоті польоту від 20 км до 25 км інтервал температур складає від -53°C до -51°C, що може суттєво впливати на працездатність БПЛА.

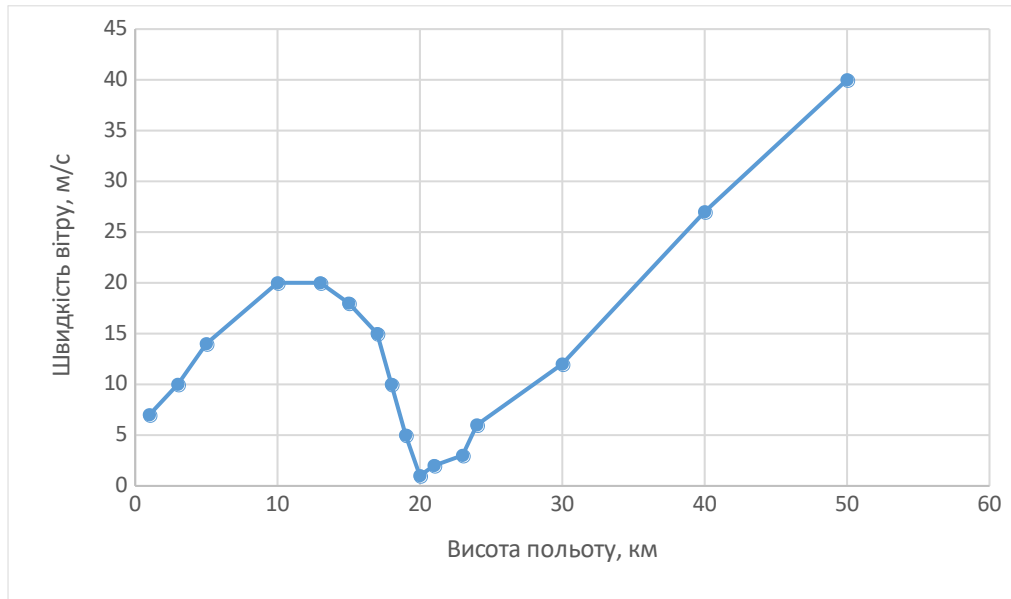


Рис. 3. Динаміка швидкості вітру в залежності від висоти польоту [20]

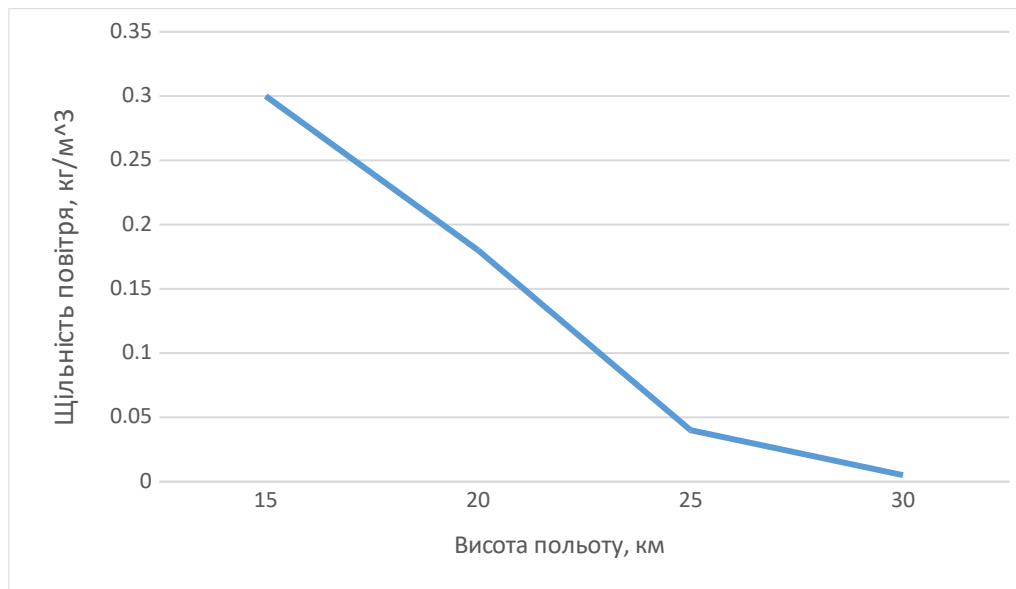


Рис. 4. Динаміка змінювання щільності повітря в залежності від висоти польоту[20]

За умови таких низьких температур може суттєво зменшуватися ємність акумуляторів (і цей фактор треба враховувати). Але вплив від таких температур має і позитивну складову, наприклад, для фотоелектричних перетворювачів їх ефективність зростає (при висоті підйому біля 30 км їх продуктивність збільшується на 10%).

Ще одним параметром повітря є його в'язкість. Збільшення висоти підйому призводить до змінювання в'язкості повітря (як динамічної, так і кінематичної), це викликає переважання сил в'язкості шарів повітря, що обтікає стратосферний БПЛА, над інерційними силами частинок повітря. Своєрідною мірою між цими силами є число Рейнольдса, яке може характеризувати наступні параметри: прикордонний шар крил БПЛА; точку переходу ламінарного прикордонного в турбулентний шар; точку відривання прикордонного шару; сумарні значення аеродинамічних сил, що впливають на БПЛА.

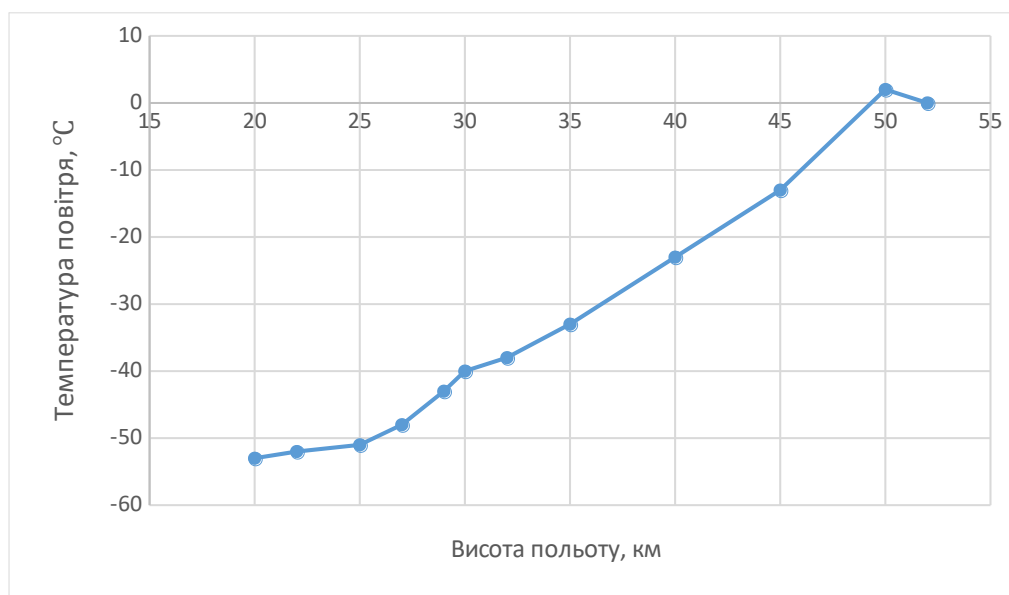


Рис. 5. Динаміка змінювання температури повітря в залежності від висоти польоту [20]

Вплив сонячного випромінювання на БПЛА будемо розглядати як вплив на фотоелектричний перетворювач БПЛА і він залежить від цілої низки чинників, серед яких є: кривизна профілю крил (або крила); орієнтація по земній системі координат; висота підйому (бо істотна частка потужності сонячного випромінювання поглинають атмосферні шари); відстань до Сонця (пов'язано з сезонним положенням Землі до Сонця під час руху у площині екліптики); орієнтація фотоелектричних перетворювачів відносно Сонця (як правило, оптимальним є їх розміщення у горизонтальному і вертикальному оперенні та балках); орієнтація Землі до Сонця залежно від доби та сезонів. Отже, БПЛА споживає різний обсяг сонячного випромінювання (енергії) в різні пори року, часи доби, для різної орієнтації фотоелектричних перетворювачів і географічних координат області, де проходить політ БПЛА. У таблиці 2 наведено середньодобові значення сонячної інсоляції у регіонах Європи (в кВт * год / м²) в день (нахил на південь, кут нахилу до горизонту 30 градусів)[22].

Таблиця 2

Середньодобові значення сонячної інсоляції у регіонах Європи (у кВт*год/м ²) в день (нахил на південь, кут нахилу до горизонту 30 градусів) [22]				
Назва регіону	Весна	Літо	Осінь	Зима
Південна Європа	4,6-6,3	6,6-7,5	3-5,5	2,6-3,9
Північна Європа	2,6-4,2	4-5	1,2-3,3	0,8-1,5
Центральна Європа	3,6-5,3	5,3-6	2,1-4,4	1,7-3,2

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином, проведено аналіз номенклатури та типових характеристик основних стратосферних БПЛА. Встановлено їх місце серед висотних безпілотних апаратів та визначено основні перспективні завдання для стратосферних БПЛА. Розглянуто специфіку застосування БПЛА в стратосфері та визначено вплив на траєкторію БПЛА швидкості вітру, параметрів повітря та сонячного випромінювання. **Подальшим актуальним напрямком досліджень** є розроблення підходу до оцінювання відхилення БПЛА від траєкторії в стратосфері з урахуванням їх специфіки застосування.

References

1. Dolgikh, V.S., Konyshov, D.S., Phil, S.A. (2018). Prospects for the Development of Unmanned Transport Aviation. *Open Information and Computer Integrated Technologies*, 80, 23–28.
2. Matiichuk, M.P. et al. (2019). Ergodesign of Unmanned Aerial Vehicles: Monograph. Ukrainian Research Institute of Design and Ergonomics. Kyiv: UkrNDIDE, 192 p.

3. Yefremov, O.V., Korshets, O.A. (2018). Methods of Choosing a Rational Type and Option of Equipment for Unmanned Aerial Vehicles for Combat Missions. *Control, Navigation and Communication Systems*, 5, 3–7.
4. Zhuravska, I.M., Musiienko, M.P. (2017). Synthesis of Routes of UAVs' Sub-swarms Based on Hopfield Neural Network for Inspection of Territories. *Radio electronics. Computer Science. Control*, 3, 86–94.
5. Dubinina, M.G., Dubinin, V.V. (2015). Directions of Development of Space and Stratospheric UAVs. *Analysis and Modelling of Economic and Social Processes: Mathematics, Computer, Education*, 22, 3, 184–191.
6. DARPA. URL: <http://www.darpa.mil/NewsEvents/Releases/2014/07/15.aspx> (retrieved: 07.10.2020).
7. Brusov, V.S., Piyavsky, S.A. (2016). Multicriteria Analysis of Concepts of High-Altitude Unmanned Aerial Vehicles. *Izvestiya VUZov. Russian Aeronautics*. No. 4. Pp. 9–12.
8. Popov, V.A. (2020). US Unmanned Combat Aerial Vehicle. URL: <http://bp-la.ru/udarnye-bla-ssha/> (retrieved: 06.10.2020).
9. Demchyshyn, M.G. et al. (2018). Use of UAVs in the Environmental Monitoring System: Collective Monograph on the Materials of the XVII International Research and Training Conference; Ed. by: S.O. Dovhyi; Scientific Center for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geological Sciences. Yuston, Kyiv, 85–86.
10. Makarov, I.V. (2020). Application of Satellite Navigation Systems in the Control System of an Unmanned Aerial Vehicle for Remote Ground Sensing Tasks. URL: <http://uav-siberia.com/news/primenenie-sputnikovykh-navigatsionnykh-sistem-v-sisteme-upravleniya-bespilotnogo-letatel'nogo-appara/> (retrieved: 06.10.2020).
11. Romanchenko, I.S. et al. (2016). Models of Application of Information and Telecommunication Technologies on the Basis of Unmanned Aerial Vehicles in Emergencies: Monograph / Ed. by: I.S. Romanchenko, O.I. Lysenko, S.M. Chumachenko; National Aviation University, NAU, Kyiv, 332 p.
12. Makarov, I.V., Kokorin, V.I. (2020). Unmanned Aerial Vehicle Control System for Remote Ground Sounding. URL: <http://uavsiberia.com/news/kompleks-upravleniya-bespilotnymi-letatel'nymi-apparatami-dly-distantsionnogo-zondirovaniya-zemli/> (retrieved: 06.10.2020).
13. Blyenburgh van Peter. (2020). Unmanned Aircraft Systems. The Current Situation. URL: [https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/ws_prod-g-doc-Events-2008-February-1-Overview-of-the-UAV-Industry-\(UVS\).pdf](https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/ws_prod-g-doc-Events-2008-February-1-Overview-of-the-UAV-Industry-(UVS).pdf) (Last accessed: 17.03.2020).
14. Preobrazhensky, N.P. (2020). World UAV Market. URL: <https://topwar.ru/38994-mirovoy-rynok-bespilotnikov.html> (retrieved: 06.10.2020).
15. The Drone Market in Russia and in the World, 2017 (Unmanned Aerial Vehicles, UAVs). (2017). URL: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/rynok-dronov-v-rossii-i-v-mire-2017-g-bespilotnye-letatelnye-apparaty-bla-bpla-20180427124557 (retrieved: 17.03.2020).
16. Aerovironment's Global Observer: Flying High, Again. (2020). URL: <http://www.defenseindustrydaily.com/aerovironmentsglobal-observer-flying-high-again-03902/#Contracts&KeyEvents> (retrieved: 17.03.2020).
17. Airforce Technology. (2020). URL : <https://www.airforce-technology.com> (retrieved: 17.03.2020).
18. X-37 Demonstrator to Test Future Launch Technologies in Orbit and Reentry Environments (2020). URL: <http://www.nasa.gov/centers/marshall/news/background/facts/x37facts2.html> (retrieved: 17.03.2020).
19. Military Factory. (2020). URL: <https://www.militaryfactory.com> (retrieved: 17.03.2020).
20. Земной климат. (2020). URL: <https://zemnoy klimat.ru/page/polety-v-stratosfere/next/10> (retrieved: 06.10.2020).
21. GOST 4401-81. Standard Atmosphere. Parameters. (1984). Introduced 1982-01-07. IPQ. Moscow: Standards Publishing House, 1984.126 p.
22. Solar Insolation Data for Ukrainian Cities. (2020). URL: <https://solar-tech.com.ua/fannye-solnechnoi-insolyacii-dlya-gorodov-ukrainy-2013-06-09.html> (retrieved: 06.10.2020).

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-19>

УДК: 519.86 + 519.21

Хомяк Марія Ярославівна, канд. фіз.-мат. наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-9245-7993>

Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІНОМІАЛЬНОЇ МОДЕЛІ РЕГРЕСІЇ З ПОХИБКАМИ ВИМІРЮВАННЯ В ПРОГНОЗУВАННІ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Хомяк М.Я. Особливості застосування поліноміальної моделі регресії з похибками вимірювання в прогнозуванні соціально-економічних процесів. Розглянуто поліноміальну регресійну модель з похибками вимірювання. З допомогою методу виправлених найменших квадратів знайдено конзистентну оцінку для невідомого параметра. Досліджується взаємозв'язок між факторними змінними, які потенційно можуть входити до економетричної моделі. Обґрунтовується вплив мультиколінеарності на якість оцінок, отриманих за допомогою МНК. Розглянуто способи виявлення мультиколінеарності та методи тестування мультиколінеарності.

Ключові слова: модель регресії, похибки вимірювання, оцінка, метод найменших квадратів, економетрична модель, мультиколінеарність.

Хомяк М.Я. Особенности применения полиномиальной модели регрессии с погрешностями измерения в прогнозировании социально-экономических процессов. Рассмотрено полиномиальную модель регрессии с погрешностями измерения. С помощью метода исправленных наименьших квадратов найдено конзистентную оценку для неизвестного параметра. Исследуется взаимосвязь между факторными переменными, которые могут входить в эконометрической модели. Обосновывается влияние мультиколлинеарности на качество оценок, полученных с помощью МНК. Рассмотрены способы выявления мультиколлинеарности и методы тестирования мультиколлинеарности.

Ключевые слова: модель регрессии, погрешности измерения, оценка, метод наименьших квадратов, эконометрическая модель, мультиколлинеарность.

Khomyak M.Ya. Features of application of polynomial regression model with measurement errors in forecasting of socio-economic processes. A polynomial regression model with measurement errors is considered. Using the method of corrected least squares, a consistent estimate for an unknown parameter was found. The relationship between factor variables that could potentially be included in the econometric model is investigated. The influence of multicollinearity on the quality of estimators obtained with the help of MLS is substantiated. Methods of multicollinearity detection and multicollinearity testing methods are considered.

Keywords: regression model, errors of measurement, estimator, least squares method, econometric model, multicollinearity.

Постановка проблеми. Математична модель – це дієвий інструмент дослідження та прогнозування розвитку соціально-економічних процесів і явищ. Вона розвиває наші уявлення про закономірності та взаємозв'язки і допомагає формуванню наукового мислення та навичок порівняльного аналізу на новому, більш високому рівні.

Використання математичних методів в економічних дослідженнях дає можливість виділити та формально описати найбільш важливі й суттєві закономірності функціонування економічних систем і об'єктів у вигляді моделей; на основі сформульованих за певними правилами логіки вхідних даних і співвідношень, методами дедукції зробити висновки, які адекватні до об'єкта дослідження стосовно зроблених припущень [2]. Тому розробка адекватної та статистично значущої математичної моделі є одним із основних завдань при вивченні соціально-економічних процесів.

Аналіз актуальних досліджень. Оцінювання невідомих параметрів поліноміальної функціональної регресійної моделі з похибками у змінних вивчали Ченг та Шнеєвайс. В [7] для даної моделі методом виправлених найменших квадратів вони побудували конзистентну оцінку, яка має асимптотичний нормальний розподіл. Модифікація цієї оцінки для малої вибірки запропонована у [8], модифікована оцінка асимптотично еквівалентна немодифікованій, але більш стійка для малих та середніх вибірок. Огляд інших результатів щодо вищезгаданої поліноміальної моделі міститься у [9]. В [3] отримано оцінку для невідомого параметра векторної моделі регресії з похибками вимірювання.

Проте на даний час отримано досить мало результатів щодо вивчення взаємозв'язків між факторними змінними, які потенційно можуть входити до економетричної моделі. Умови, яким факторні змінні, що входять до досліджуваної моделі мають задовольняти, викладено у [1].

Мета статті. Розглянути поліноміальну регресійну модель з похибками вимірювання, побудувати оцінку невідомого параметра, а також розкрити роль мультиколінеарності на етапі розробки багатовимірної економетричної моделі, висвітлити способи тестування на мультиколінеарність.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо поліноміальну функціональну модель з похибками вимірювання при фіксованому $k \geq 1$:

$$y_i = \sum_{j=0}^k \beta_j \xi_i^j + \varepsilon_i = \zeta_i' \beta + \varepsilon_i,$$

$$x_i = \xi_i + \delta_i, i = 1, 2, \dots, n,$$

де ξ_i - невідомі не випадкові величини, δ_i та ε_i - похибки спостережень, $\zeta_i := \begin{pmatrix} 1 \\ \xi_i \\ \xi_i^2 \\ \dots \\ \xi_i^k \end{pmatrix}$

$\zeta_i := (1, \xi_i, \xi_i^2, \dots, \xi_i^k)'$ і $\beta := \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \dots \\ \beta_k \end{pmatrix}$. Хоча $i = 1, 2, \dots, n$ являються просто індексами нумерації, в

прогнозуванні вони зазвичай відповідають моментам часу, взятих з однаковим кроком, при цьому допускається, щоб деякі значення i були опущені.

Визначення оптимальної кількості x_i , пояснюючих змінних, що адекватно описують зміни залежної змінної y_i - одне з найбільш важливих завдань, що стоять перед прогнозістом. Завдання це, як відомо, зовсім не просте і не є одноразовим рішенням, а є радше процесом.

Припустимо, що виконуються наступні умови.

а) $\{\delta_i, i \geq 1\}$ та $\{\varepsilon_i, i \geq 1\}$ - дві послідовності незалежних однаково розподілених випадкових величин, причому $\{\delta_i\}$ та $\{\varepsilon_i\}$ незалежні між собою.

Надалі $(x_i, \varepsilon_i, \delta_i) \stackrel{d}{=} (x, \varepsilon, \delta)$; $\mathbf{E}$ - символ математичного сподівання.

б) $\mathbf{E}\delta = 0$, $\mathbf{E}\varepsilon = 0$.

в) Дисперсія $\sigma_\varepsilon^2 := \mathbf{E}\varepsilon^2 < \infty$ - невідома, і відомі всі моменти до порядку $2k$ включно від похибки δ , причому $\sigma_\delta^2 := \mathbf{E}\delta^2 > 0$.

Нехай $t_r(x)$ - такий поліном, що при всіх $\xi \in \square$, $\mathbf{E}t_r(x) = \mathbf{E}t_r(\xi + \delta) = \xi^r$, $r = 0, 1, \dots, 2k$. Функція $t_r(x)$ є многочленом r -го степеня, що виражається через відомі моменти $\mathbf{E}\delta^l$, $l = 1, 2, \dots, r$.

Позначимо $t(x) = \begin{pmatrix} t_0(x) \\ t_1(x) \\ \dots \\ t_k(x) \end{pmatrix}$, і нехай $H = H(x)$ - матриця розміру $(k+1) \times (k+1)$, з матричним

елементом $h_{pq}(x) = t_{p+q}(x)$, $p, q = 0, 1, \dots, k$.

Оцінку $\hat{\beta}$ параметра β будемо виправленим методом найменших квадратів як розв'язок лінійної системи $\overline{H}\hat{\beta} = \overline{ty}$, коли матриця $\overline{H}$ є не виродженою. Якщо ж $\overline{H}$ вироджена, то покладемо $\hat{\beta} = 0$.

Тут і надалі риска зверху означає осереднення за n спостереженнями, наприклад, $\overline{ty} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t(x_i) y_i$.

Для довільної функції $f(\xi)$, $\xi \in \square$, позначатимемо $M(f(\xi)) := \lim_{n \rightarrow \infty} \overline{f(\xi)}$ за умови, що границя існує та скінченна.

Лема [7, 10]. Нехай виконуються умови:

(i) $E\delta^{4k} < \infty$,

(ii) Існує границя $M(\xi^r)$ для $r=1, \dots, 4k$ і матриця $S := M(\xi(\xi)\xi'(\xi))$ не вироджена. (Штрих тут позначає транспонування)

Тоді $\bar{N}$ не вироджена з імовірністю, що прямує до 1 при $n \rightarrow \infty$,

$$\hat{\beta}^P \rightarrow \beta \text{ при } n \rightarrow \infty,$$

$$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 := \overline{y^2} - (\overline{ty})' \hat{\beta}^P \rightarrow \sigma_\varepsilon^2 \text{ при } n \rightarrow \infty.$$

Однією з умов використання методу найменших квадратів (МНК) для знаходження параметрів моделі є те, що пояснювальні змінні ξ_i мають бути незалежними між собою. Проте не практиці можливі випадки, коли пояснювальні змінні пов'язані між собою, що стає перешкодою до використання МНК. Отже, варто не забувати про вплив статистичної лінійної залежності між регресорами на стандартні відхилення коефіцієнтів регресії (мультиколінеарність). Оскільки $\hat{\beta}$ є

оцінкою істинного, хоча і не спостережуваного коефіцієнта $\beta := \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \dots \\ \beta_k \end{pmatrix}$, то через фактори випадковості

компоненти $\hat{\beta}$ можуть значно відрізнятись від $\beta := \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \dots \\ \beta_k \end{pmatrix}$, що, в свою чергу, впливає на кількісні

характеристики моделі і може стати причиною неякісного прогнозу. Тобто, процес адекватно описується моделлю регресії навіть, можливо, з малою величиною σ_ε , а прогноз виявляється неякісним. Причиною є саме мультиколінеарність.

Найбільш комплексним методом дослідження мультиколінеарності є метод Феррара-Глобера [6], який передбачає такі умови й дії:

1) за наявності міжфакторної кореляції один з пари взаємопов'язаних факторів виключається, або ж в якості пояснюючого фактора береться якась їх функція;

2) якщо незначним виявився тільки один з факторів, то його можна виключити або замінити іншим (при цьому залишається ймовірність важливості й значимості цього фактора на більш короткому проміжку часу).

Найбільш характерними ознаками мультиколінеарності за методом Феррара-Глобера вважаються наступні: – невелика зміна вихідних даних (наприклад, додавання нових спостережень) призводить до істотної зміни оцінок параметрів моделі; – оцінки параметрів мають великі стандартні помилки, малу значимість, у той час як модель у цілому є значущою (велике значення коефіцієнта детермінації і відповідної F-статистики); – оцінки параметрів характеризуються помилковими знаками або мають невиправдано великі значення [1; 5].

Найповніше вивчити мультиколінеарність, а також її усунути, надає змогу метод головних компонент [4]. Зауважимо, що даний метод (алгоритм) використовується, як правило, для моделей великого розміру. Він передбачає за m -числом початкових ознак виділення r -головних компонент, або узагальнених ознак. При цьому простір головних компонент ортогональний (тобто такий, що не перетинається, не перекривається змістом окремих елементів-параметрів). Основна перевага даного методу полягає у тому, що це один з основних способів зменшення розмірності даних із найменшою втратою кількості вихідної інформації, тому він є найбільш оптимальним алгоритмом уникнення мультиколінеарності у процесі оцінки параметрів регресійної моделі.

Проте відомо, що мультиколінеарність в тій чи іншій мірі завжди присутня в моделі множинної регресії. Щоб позбутися мультиколінеарності прогнозист може виключити з моделі регресори з

невиправдано великими стандартними помилками, але при цьому можуть бути виключені окремі регресори, вплив яких необхідно враховувати для розуміння процесу. Так що ми маємо тут дві тенденції з діаметрально протилежним ефектом. З економічної точки зору регресор може виявитися істотним для отримання більш адекватної моделі, але з суто статистичних причин його включення може створити проблеми, пов'язані з мультиколінеарністю. Отже, оптимальним варіантом могло б стати застосування *ex post* прогнозування, яке дозволить виявити модель, що забезпечує значно кращі результати.

Висновки з дослідження і перспективи подальших розробок.

Розглянуто поліноміальну регресійну модель з похибками вимірювання. З допомогою методу виправленої оцінки найменших квадратів знайдено конзистентну оцінку для невідомого параметра, яка має асимптотичний нормальний розподіл. Однією з передумов того, що побудована модель відповідатиме всім вимогам і адекватно відображатиме досліджуваний процес, є відсутність сильної кореляції між факторними змінними, тобто, мультиколінеарності. Дана залежність може значно впливати на якість оцінки, отриманої за допомогою МНК, адже модель, в якій спостерігається мультиколінеарність, стає надзвичайно чутливою до конкретного набору даних, а отримана за МНК оцінка є зміщеною. Статистичними методами виправлення мультиколінеарності є факторний аналіз та гребінчаста регресія, на що будуть спрямовані подальші дослідження.

Список бібліографічного опису.

1. Глушак О.М., Семеняка С.О. Передумови побудови багатфакторної економетричної моделі: дослідження на мультиколінеарність. Фізико-математична освіта. 2018. Вип. 1. С. 171–175.
2. Економіко-математичне моделювання: Навчальний посібник / За ред. О. Т. Івашчука. Тернопіль: ТНЕУ «Економічна думка», 2008. 704 с.
3. Кукуш А.Г. та Полеха М.Я. Критерій згоди для багатовимірної моделі регресії з похибками у змінних. Теорія стохастичних процесів. 12 (28), 3-4, 2006. 67-79.
4. Метод головних компонент. Вікіпедія – вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Метод_головних_компонент (дата звернення: 03.11.2020).
5. Моисеев Н.А. Сравнительный анализ эффективности методов устранения мультиколлинеарности. Учет и статистика. 2017. № 2. С. 62–73.
6. Пул Р.К. Мультиколінеарність: причини, наслідки та засоби захисту. IASRI. 2006. No 35. С. 58–65.
7. Ченг К.-Л. та Шнеєвайс Г. Поліноміальна модель регресії з похибками у змінних. Дж. Р. Статист. Соц. Б, 60, 1998. С. 189-199.
8. Ченг К.-Л. та Шнеєвайс Г. Оцінка для малої вибірки поліноміальної моделі регресії з похибками у змінних. Дж. Р. Статист. Соц. Б, 62, 2000. С. 699-709.
9. Ченг К.-Л. та Шнеєвайс Г. Про модель поліноміальної помилки вимірювання, у: С. ван Хаффель та П. Леммерлінг (редактори), Моделювання загальних найменших квадратів та помилок у змінних. Клувер, Дордрехт, 2002. 131-143.
10. Хомяк М. Я. Застосування поліноміальної моделі з похибками у змінних в прогнозуванні соціально-економічних процесів // Сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та виробництва: міжгалузеві диспути [зб. наук. пр.]: матеріали ІХ міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Київ, 16 жовтня 2020 р.). Київ, 2020. – С. 723-726.
11. Khomyak M. A polynomial errors-in-variables model in forecasting of economic processes // Міжнародна наукова інтернет-конференція "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 52) / Збірник тез доповідей: випуск 52 (м. Тернопіль, 14 жовтня 2020 р.). –Тернопіль. – С. 17-19.

References.

1. Glushak OM, Semenyaka SO Prerequisites for constructing a multifactor econometric model: a study on multicollinearity. Physical and mathematical education. 2018. Vip. 1. S. 171–175.
2. Economic and mathematical modeling: Textbook / Ed. OT Ivashchuk. Ternopil: TNEU "Economic Thought", 2008. 704 p.
3. Kukush A.G. and Polekha M.Ya. A goodness-of-fit test for a multivariate errors-in-variables model. Theory of Stochastic Processes. 12(28), 3-4, 2006. 67-79.
4. The method of principal components. Wikipedia is a free encyclopedia. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Метод_головних_компонент (access date: 03.11.2020).
5. Moiseev NA Comparative analysis of the effectiveness of methods to eliminate multicollinearity. Accounting and statistics. 2017. № 2. S. 62–73.
6. Paul R.K. Multicollinearity: causes, effects and remedies. IASRI. 2006. No. 35. P. 58–65.
7. Cheng C.-L. and Schneeweiss H. Polynomial regression with errors in the variables. J. R. Statist. Soc. B, 60, 1998. 189-199.
8. Cheng C.-L. and Schneeweiss H. A small sample estimator for a polynomial regression with errors in the variables. J. R. Statist. Soc. B, 62, 2000. 699-709.
9. Cheng C.-L. and Schneeweiss H. On the polynomial measurement error model, in: S. van Huffel and P. Lemmerling (editors), Total Least Squares and Errors-in-Variables Modeling. Kluwer, Dordrecht, 2002. 131-143.

10. Khomyak M. Ya. Application of the polynomial model with errors in variables in forecasting socio-economic processes // Modern challenges and current problems of science, education and production: intersectoral debates [collection. Science. pr.]: materials of the IX International Scientific and Practical Internet Conference (Kyiv, October 16, 2020). Kyiv, 2020. - P. 723-726.

11. Khomyak M. A polynomial errors-in-variables model in forecasting of economic processes // International Scientific Internet Conference "Information Society: Technological, Economic and Technical Aspects of Formation" (issue 52) / Collection of abstracts: issue 52 (m. Ternopil, October 14, 2020). - Ternopil. - P. 17-19.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-20>

УДК: 004.65.012.45

Черняшук Наталія Леонідівна, д.п.н., професор<https://orcid.org/0000-0002-3178-8377>**Бортник Катерина Яківна**, к.т.н., доцент<http://orcid.org/0000-0001-5282-099X>**Плевако Назар Миколайович**, студент

Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ

Черняшук Н.Л., Бортник К.Я., Плевако Н.М. Аналіз дослідження функціонування інформаційної системи електронного документообігу. Розроблена програма надає можливість здійснення моніторингу успішності студентів. Проблеми прогнозування результатів сесії студентів у закладах вищої освіти в сучасних ринкових умовах є актуальними з багатьох причин. По-перше, підготовка кваліфікованих фахівців – це одне з головних завдань будь-якої освітньої установи. По-друге, управління процесом навчання студентів в умовах впливу безлічі зовнішніх чинників є складним завданням, як в організаційному, так і соціально-економічному плані, що вимагає системного підходу і розробки нових методів і моделей управління. Деканат бере участь в оперативному формуванні різних видів документів. Основними з них є особисті справи студентів, дані про викладачів, заліково-екзаменаційні відомості, відомості результатів навчання студентів, зведені відомості, звіти за успішністю. Ці дані є вхідними для роботи системи. Звітні документи створюються за потребою на основі результатів навчання студентів та можуть відображати й особисту інформацію.

Ключові слова: дослідження, інформаційна система, деканат, успішність.

Черняшук Н.Л., Бортник К.Я., Плевако Н.М. Анализ исследования функционирования информационной системы электронного документооборота. Разработана программа предоставляет возможность осуществления мониторинга успеваемости студентов. Проблемы прогнозирования результатов сессии студентов в учреждениях высшего образования в современных рыночных условиях актуальны с многих причин. Во-первых, подготовка квалифицированных специалистов - это одна из главных задач любой образовательного учреждения. Во-вторых, управление процессом обучения студентов в условиях воздействия множества внешних факторов является сложной задачей, как в организационном, так и социально-экономическом плане, что требует системного подхода и разработки новых методов и моделей управления. Деканат участвует в оперативном формировании различных видов документов. Основными из них являются личные дела студентов, данные о преподавателях, зачетно-экзаменационные ведомости, ведомости результатов обучения студентов, сводные ведомости, отчеты по успеваемости. Эти данные являются входными для работы системы. Отчетные документы создаются по необходимости на основе результатов обучения студентов и могут отражать и личную информацию.

Ключевые слова: исследование, информационная система, деканат, успешность.

Chernyashchuk N.L., Bortnyk K.Ya., Plevako N.M. Analysis of the study of the functioning of the information system of electronic document management. The developed program provides an opportunity to monitor student performance. Problems of forecasting the results of student sessions in higher education institutions in today's market conditions are relevant for many reasons. First, the training of qualified specialists is one of the main tasks of any educational institution. Second, managing the learning process of students under the influence of many external factors is a difficult task, both organizationally and socio-economically, which requires a systematic approach and the development of new management methods and models. The Dean's Office participates in the operational formation of various types of documents. The main ones are personal files of students, data on teachers, test and examination information, information on student learning outcomes, summary information, performance reports. This data is the input for the operation of the system. Reporting documents are created as needed based on student learning outcomes and can reflect personal information.

Key words: research, information system, dean's office, success.

Постановка наукової проблеми. Інформаційна система - це взаємопов'язаний набір даних, обладнання, програмного забезпечення, персоналу, стандартних процедур збору, обробки, розповсюдження, зберігання та подання інформації відповідно до вимог, що впливають із цілей організації. Сьогодні, в епоху інформації, майже кожна інформаційна система використовує комп'ютерні технології, а отже, в майбутньому, в рамках інформаційних систем, ми будемо автоматизовані. Інформаційні системи включають: обладнання для обробки даних, програмне забезпечення та відповідний персонал. Чотири складові частини становлять внутрішню інформаційну основу: • засоби запису та збору інформації; • засоби передачі відповідних даних та повідомлень; • засоби зберігання інформації; • інструменти для аналізу, обробки та подання інформації. Тому проблема виникає при розробці інформаційних систем безпосередньо у вищому навчальному закладі, точніше, вони відповідають його конкретним умовам та вимогам, оскільки розробляються у тісному контакті з майбутніми користувачами та зручні для використання персоналом навчального заклад. Але в системах комерційного розвитку, часто для того, щоб отримати кінцевий продукт - звітний документ або масив інформації для аналізу - користувачеві необхідно виконати додаткову конфігурацію параметрів, використовуючи різні генератори звітів та форми налаштування, вимагає від нього

© Чернящук Н.Л., Бортник К.Я., Плевако Н.М.

Основою створення інформаційної системи є модель системи управління, яка відбиває склад об'єкта, характер взаємодії його елементів і їх особливості. На цій стадії головна мета обстеження – отримання необхідних відомостей і побудова моделі системи управління. Ця модель повинна відбивати всі функції об'єкта, показники, які при цьому використовуються, схеми, процедури, їх рух і розробку [7; 5]. Вона може мати вигляд інформаційної схеми, яка містить близько 4 тис. показників, пов'язаних між собою відповідними процедурами обробки. Наявність повної робочої моделі на перших етапах створення інформаційної системи не є необхідною умовою. На першому етапі створюється концептуальна (принципова) модель системи управління як методичної основи створення інформаційної системи. На другому – здійснюється розробка детального обмеженого першочергового переліку функцій управління або комплексу моделей управління діяльністю об'єкта [3; 11].

Так, на схемі даних показано шлях даних при розв'язанні задач і визначено етапи обробки, а також різні носії даних, які застосовуються (рис 3).

Модель проблемної сфери – це параметричне формалізоване зображення процесу циркуляції і обробки інформації в системі виробництва і управління, яка відбиває дійсність у спрощеному вигляді.

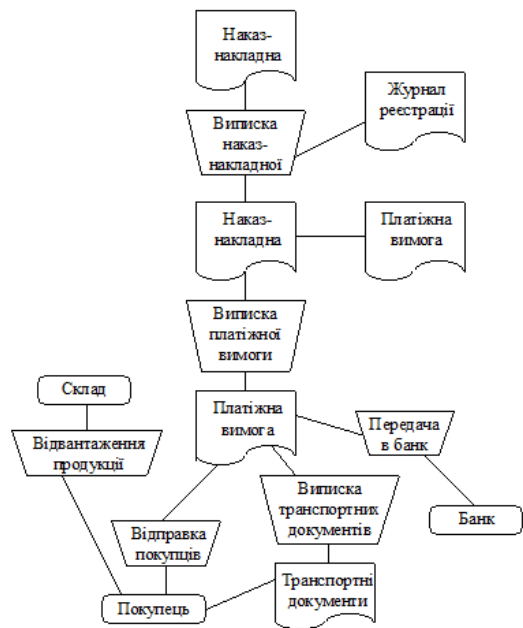


Рис. 3. Схема даних з обліку відвантаження готової продукції у відділі збуту

Отже, при проектуванні інформаційної системи застосовують методи з використанням ЕММ і ЕОМ: сіткову модель, матричну модель, графоаналітичний метод, опис процедур на алгоритмічній мові, динамічну інформаційну модель.

Сіткова модель відбиває взаємозв'язки функцій і процесів управління, вона будується за окремими функціями управління, підрозділах і об'єкта в цілому. Під подією розуміють певний документ, який містить результат конкретного процесу, під роботою – виконання працівниками управління логічних, арифметичних та інших операцій з формування документа, який розглядається. Вона дає змогу здійснювати комплексний аналіз функцій управління, виявляти вузькі місця, аналізувати тенденцію розвитку потоків інформації, прогнозувати функціонування всієї системи. Проте ця модель не дозволяє виявити зміст повідомлень, які передаються, і неповно характеризує складний документообіг [8; 9].

Матрична інформаційна модель є шахова таблиця, в якій записують у рядках і стовпцях документи і показники, а на перетині відмічають їх взаємозв'язки у системі управління, що дає змогу визначити, скільки разів і для створення яких показників використовується кожний із них. У таблиці виділяють чотири квадранти. У першому квадранті підсумок по кожному стовпцю показує, скільки показників використовується для формування показника, записаного у даному стовпці, а підсумок по рядку – скільки разів показник даного рядка використовується при створенні інших показників. Перший і третій квадранти дають уявлення про застосування кожного із показників, другий і четвертий – виявляють осідання показників, перелік показників, які надійшли, знову розраховані й не використовуються у подальшій роботі [7; 12].

За допомогою матричних моделей можна раціоналізувати документопотік, виявити дублювання в документах і показниках, встановити надмірні показники і документи, виявити показники, яких не вистачає. Недоліки: не дають уявлення про детальну постановку задач з метою їх алгоритмізації, неповно відбивають динаміку інформаційних потоків, не відображають технології обробки документів.

Графоаналітичний метод передбачає відображення потоків інформації у вигляді орієнтованого графа, вершини якого відбивають певні структурні одиниці (підрозділи об'єкта), а ребра – інформаційні потоки і засоби передавання. Опис потоків інформації зводиться до заповнення уніфікованої таблиці закодованими даними на спеціальній мові. Обробка таблиць виконується на ЕОМ. За допомогою цього методу можна виявити у потоках інформації те, що дублюється, встановити динамічні характеристики інформаційних потоків (обсяг даних по кожному документу, методику його формування і т.п.) [4; 9].

Опис процедур на алгоритмічній мові дає змогу схарактеризувати процес обробки інформації, який аналізується, і розробити програми автоматизації процесу руху інформаційних потоків, їх удосконалення, інтеграції і т.п. Цей метод в основному використовується спільно з іншими методами. Однак для цих методів характерні значні обсяги ручних робіт і фрагментарне використання ЕОМ на стадії обробки даних, обстеження і моделювання процесів, які вивчаються. Як правило, вони фіксують стан системи на конкретний момент часу, на момент обстеження, що не дає змоги взяти до уваги ті зміни, які відбулися після обстеження [5; 11].

Динамічна інформаційна модель будується як інформаційно-довідкова система і може застосовуватись для спостереження за станом системи управління у режимі функціонування об'єкта.

Інформаційне забезпечення моделі складається з трьох базисних масивів.

1. Інформація про структуру управління дає змогу отримати кількісні характеристики в різних розрізах.

2. Дані про існуючі потоки інформації.

3. Дані про кожний документ, включаючи опис атрибутів.

Усі дані постійно оновлюються і віддзеркалюють реальний стан об'єкта. Модель надає таку інформацію: про структуру і кількісні характеристики підрозділів об'єкта; про інформаційні та управлінські зв'язки підрозділу з іншими об'єктами і елементами системи; про маршрути руху документів; про технологію формування документів; про застосування документів і реквізитів; періодичність їх складання і т. ін [10; 3].

Динамічну модель розглядають не лише як інструмент для передпроектного аналізу системи, але і як основу створюваної інформаційної системи, як динамічну стежучу за допомогою ЕОМ систему, котра може інформаційно відображати в кожний момент часу стан усіх підрозділів об'єкта і всіх його елементів у період функціонування. Із упровадженням інформаційної технології дані стають своєрідним ресурсом економічного об'єкта. Так, набули широкого розвитку бази даних і знань під керуванням своєї СУБД. На цьому етапі виникла потреба створити словники-довідники даних (ССД) іще на етапі дослідження об'єкта. Вони суттєво змінюють методи проектування. Так, ручне проектування необхідне лише для оновлення даних, які зберігаються [12; 3].

Дані в словниках-довідниках описують один раз, надалі ж, описуючи звіти, файли, програми, тільки посилаються на визначення, які вже є. Словник-довідник може формуватися вручну групою розробників інформаційної системи, яка створює формалізований опис даних і підтримує їх каталоги. Однак у цьому разі ускладнюється контроль за внесенням змін. Уникнути цих складнощів допомагають програмні системи ведення словників-довідників даних чи СУБД СДД.

ССД є динамічною інформаційною моделлю проекту інформаційної системи, яка супроводжує його протягом усього життєвого циклу. У ССД описують усі інформаційні побудови, що присутні в проекті, об'єкти, які їх використовують, а також взаємозв'язки між ними. У ССД може зберігатися інформація про атрибути, показники, бази даних, вхідні й вихідні повідомлення, записи, файли, програмні модулі, пакети прикладних програм, обладнання введення-виведення, документи проекту і т.п.

Первісне завантаження інформації у ССД виконується на першій стадії. На наступних стадіях життєвого циклу ССД безперервно модифікується і доповнюється, зберігаючи повну відповідність проекту, забезпечуючи його інформаційну єдність [5; 9].

ССД є основою автоматизації документування проекту інформаційної системи. Сам проект може містити в середньому щонайменше 4000 показників, одну базу даних, близько 200 форм вхідних і 400 форм вихідних повідомлень, порядку 400 файлів, приблизно 1000 програм, 6 ППП, 20 обладнань введення-виведення, 69 документів проекту.

Без СУБД ССД його створення і функціонування має теоретичну абстракцію. При СУБД ССД його організація і ведення зводяться до таких операцій: внесення нових компонентів і їх зв'язків; коригування компонентів і зв'язків; пошук інформації, причому вхід може бути з будь-якої із зазначених складових: виведення на друк чи на екран дисплея інформації про компоненти і зв'язки; контроль даних, наприклад виконання накладених заборон [6; 12].

У результаті проведення всіх вказаних робіт з'являються:

- доцільність і можливість створення ІС на даному економічному об'єкті;
- тип створюваної ІС (інформаційно-довідкова, інформаційно-порадницька, експертна та інші системи);
- формування загальної економіко-математичної моделі управління об'єктом в умовах ІС;
- визначення бажаних характеристик ІС і приведення техніко-економічного обґрунтування цих характеристик.

Постановка задачі інформаційної системи – необхідна та достатня сукупність знань з конкретної задачі інформаційної системи, які визначають її суть, вимоги до регламенту рішення, вхідних даних і конкретних результатів.

Склад: характеристики комплексу задач; вихідна інформація; вхідна інформація; може містити опис алгоритму (дублювання змісту розділів об'єднаного документа не допускається).

1. Характеристики комплексу задач:

- призначення комплексу задач;
- перелік об'єктів (технологічних об'єктів управління, підрозділів підприємств і т.п.), при управлінні якими розв'язують комплекс задач;
- періодичність і довготривалість розв'язання;
- умови, за яких припиняється розв'язання комплексу задач автоматизованим способом (у разі потреби).
- зв'язок даного комплексу з іншими комплексами можемо показати на інформаційній моделі (рис. 4):
- посади осіб і (чи) найменування підрозділів, які визначають умови і часові характеристики конкретного розв'язання задачі;
- розподіл дій між персоналом і технічними засобами в різних ситуаціях розв'язання комплексу задач.

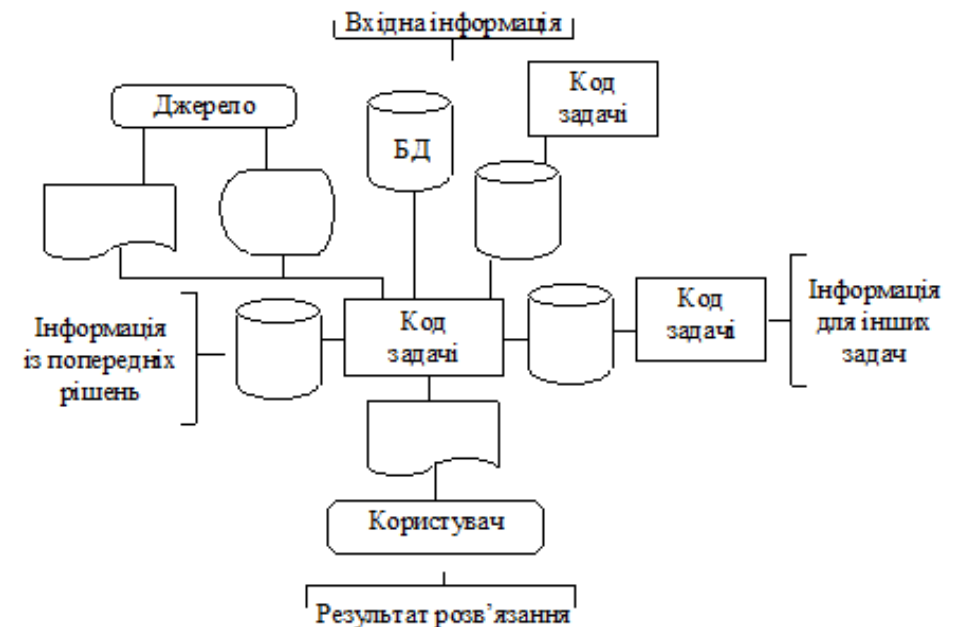


Рис. 4. Функціональна схема роботи об'єкта проектування

На сьогоднішній день достатньо актуальним є питання автоматизації навчального процесу, зокрема, автоматизації процесів управління у вищих навчальних закладах (ЗВО).

Мета автоматизації управління – отримати зручні засоби моніторингу, аналізу та відображення основних процесів прийому студентів, адміністративного управління, підготовки та випуску фахівців університету (інституту, академії) [1].

Слід зазначити, що однієї з основних та трудомістких в роботі ЗВО є діяльність деканату, а саме процес контролю та аналізу успішності студентів. Працівникам деканатів доводиться виконувати величезний обсяг рутинної роботи з обліку контингенту студентів, забезпечення навчального процесу, надання інформації в різні підрозділи ЗВО, формування звітності за результатами навчання студентів. При цьому, всю інформацію необхідно надавати в різних форматах та здійснювати прогноз успішності студентів з метою ефективного контролю за процесом навчання та своєчасного реагування на можливі негативні результати (пропуски занять, низькі показники абсолютної та якісної успішності, тощо) [2].

Таким чином, необхідність впровадження інформаційної системи (ІС), що автоматизує основні функції освітнього процесу є актуальною задачею.

Основними завданнями, що відображені у даному матеріалі, є опис етапів проектування інформаційної системи «Деканат» та аналіз особливостей реалізації даної системи на базі платформи ІС:Підприємство. 1. Концептуальна модель бази даних.

Деканат бере участь в оперативному формуванні різних видів документів. Основними з них є особисті справи студентів, дані про викладачів, заліково-екзаменаційні відомості (за предметами), відомості результатів навчання студентів, зведені відомості, звіти за успішністю. Особиста справа складається на окремого студента.

Вона містить основні відомості про студента з його особистої картки. Ці дані є вхідними для роботи системи. Звітні документи створюються за потребою на основі результатів навчання студентів та можуть відображати й особисту інформацію.

Для кожного предмета в період сесії формується заліково-екзаменаційна відомість, де викладач заносить результати навчання за своєю дисципліною. За цими відомостями формуються звіти для кожного студента, які заносяться до особистої справи. Одним з основних звітних документів, які відображають результати успішності всіх студентів факультету, є зведена відомість, яка складається за всіма студентами та дисциплінами. Вона містить такі основні дані: ППІ, курс, факультет, форма навчання, назва предметів, оцінки. Але цієї відомості недостатньо для повного аналізу та контролю якості навчання. За цими відомостями формується такий документ, як «Форма 10», де відображається абсолютна та якісна успішність студентів, та за потребою формується ще низка звітів (будуються рейтинги, діаграми, тощо), які охоплюються статистичні дані, що відображають загальні характеристики навчального процесу. Для створення бази даних (БД) необхідно розглянути процеси документообігу в деканаті. Структура цих процесів представлена на рис. 5. Ці структури побудовані за допомогою середовища BPwin, Erwin, Rational Rose.

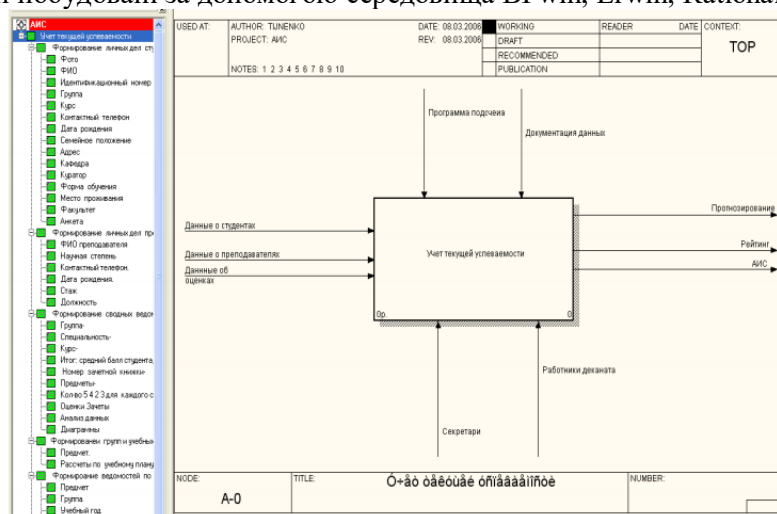


Рис. 5 Контекстна діаграма інформаційної системи в середовищі BPwin

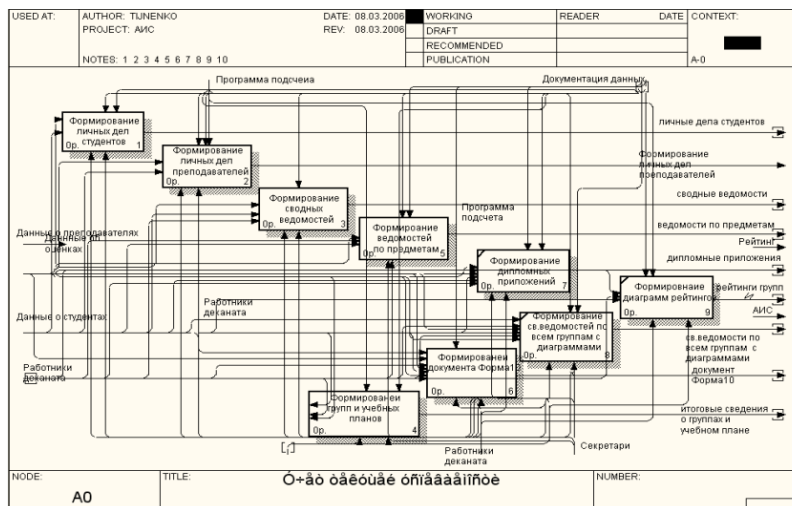


Рис. 6 Діаграма декомпозицій інформаційної системи в середовище VRwin

Так як всі дані, що надходять в деканат (вхідна документація), відображаються в різних звітах – зведеній відомості, відомостях за предметами, за студентами, то дані можуть заноситися до бази даних шляхом «Введення на підставі», що дає можливість позбавитися дублювання інформації.

Цей механізм добре реалізований в системі конфігурування 1С:Підприємство [4; 5].

Потім можна скласти стандартний набір запитів для спрощення вибірки даних та на основі складених запитів згенерувати звіти, які б виводили необхідну інформацію.

Очевидно, що ці звіти можна роздрукувати і таким чином отримати готові звітні документи.

Конфігуратор 1С також надає можливість швидкого налаштування форм звітності та зміну даних виводу [5].

На основі структури процесу документообігу в деканаті були виділені основна сутність та атрибути предметної області, встановлені зв'язки між об'єктами та розроблена логічна та фізична моделі БД.

На рис. 7 наведена логічна модель БД, яка відображає основні сутності, їх атрибути та зв'язки між сутностями.

В процесі розробки структури БД було використано технологію типового проектування та семантичного моделювання [6; 7], що дозволило досить повно описати предметну область деканату та врахувати множину даних, які є важливими в процесі управління якістю навчальним процесом.

На рис. 6 подана діаграма прецедентів, що відображає документообіг в деканаті. Схема формування документів в 1С представлена на рис. 8.

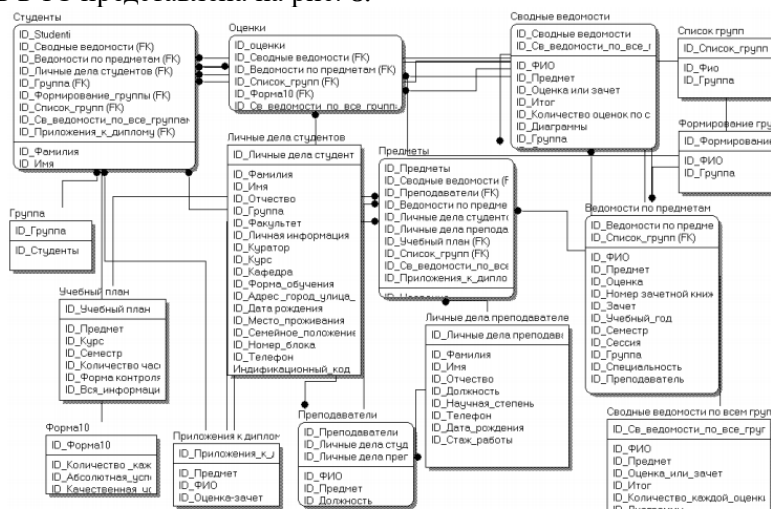


Рис. 7. Логічна модель БД

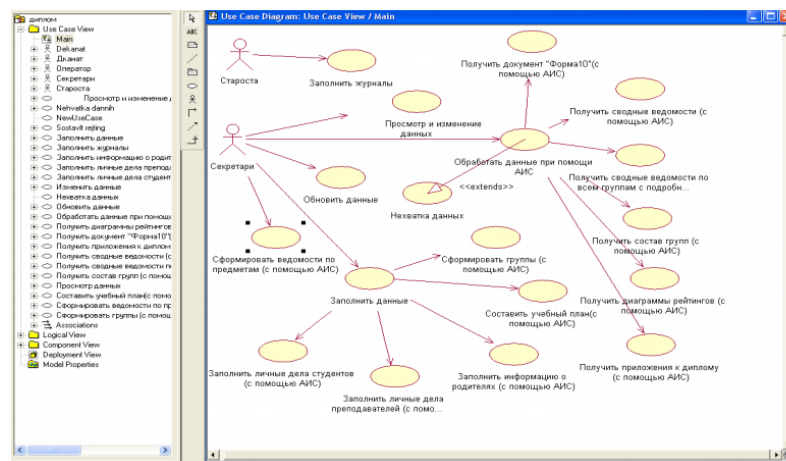


Рис. 8. Подання документообігу в середовищі Rational Rose (діаграма прецедентів)

Вибір програмного інструментарію. Для розробки комп'ютерної системи контролю та аналізу успішності студентів був вибраний програмний інструментарій – платформа конфігурування 1С:Підприємство [4; 5]. 1С:Підприємство є універсальною системою автоматизації економічної і організаційної діяльності підприємства.

Оскільки така діяльність може бути різноманітною, система 1С:Підприємство може «приспосовуватися» до особливостей конкретної області діяльності, в якій вона застосовується.



Рис. 9. Схема формування документів у системі 1С

Для позначення такої здатності використовується термін конфігурується, тобто є можливість настройки системи на особливості конкретного підприємства і класу вирішуваних завдань. Логічно всю систему можна розділити на дві великі частини, які тісно взаємодіють одна з однією: конфігурацію і платформу, яка управляє роботою конфігурації. Режим платформи 1С:Підприємство є основним і служить для роботи користувачів системи. У цьому режимі користувачі вносять дані, обробляють їх і отримують вихідні результати.

Режим конфігуратор використовується розробниками і адміністраторами інформаційних баз. Саме цей режим і надає інструменти, необхідні для модифікації тієї, що існує або створення нової конфігурації.

Для того, щоб систему 1С:Підприємство можна було швидко та легко налаштувати на потрібні прикладні завдання, весь опис, який містить конфігурація, складається з логічних одиниць, званих об'єктами конфігурації. Алгоритми обробки й аналізу даних здійснюються з використанням вбудованої метамови. Все це обумовлює вибір 1С для розробки інформаційної системи «Деканат» для вищих навчальних закладів України. Використання цієї системи є незвичним для вирішення завдань контролю та аналізу успішності студентів ЗВО. 3. Фізична реалізація 1С «Деканат».

1С «Деканат» була реалізована у вигляді кінцевого програмного продукту. Були розроблені наступні об'єкти, які можна розділити на три групи: «Довідники», «Документи», «Звіти», «Регістри відомостей» (рис. 9). На основі структури БД були сформовані наступні довідники: «Особисті справи студентів», «Особисті справи викладачів», «Факультети», «Відомості за студентами»,

«Інформація про сім'ю», «Предмети», «Групи», «Спеціальності», «Навчальний рік»; документи: «Учебний план», «Формування групи», «Відомості за предметами», звіти: «Звідні відомості», «Списки груп», «Рейтинг груп за предметами», «Додатки до диплому», «Звідні відомості за всіма групами з діаграмами»; реєстри відомостей: «Склад групи», «Навчальний план», «Оцінки». На рис. 10. відображено головне меню системи.

На рис. 11 надана форма «Зведена відомість», де відображено не тільки результати навчання студентів, але і статистичні дані, що дозволяють проводити всебічний аналіз. На рис. 12 представлено результати формування «Форми 10». Побудовані рейтинги успішності студентів, сформовані звітні документи та здійснено аналіз даних за результатами весняної сесії.

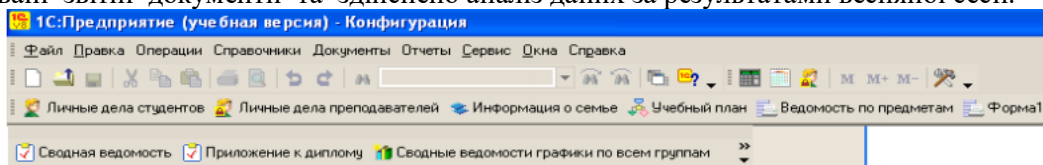


Рис. 10. Меню ІС «Деканат»

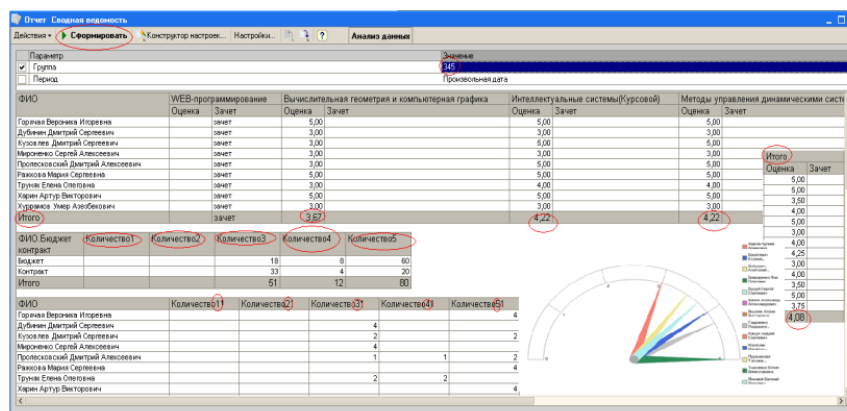


Рис. 11. Зведена відомість з результатами статистичного аналізу даних

Рис. 12. Формування звітної документа «Форма 10»

Висновок.

Таким чином, в роботі представлено основні етапи проектування інформаційної системи контролю та аналізу успішності студентів ЗВО. Запропонована ІС «Деканат» на базі платформи 1С:Підприємство призначена для ведення документообігу в деканаті, формування звітних документів, контролю та аналізу якості навчання. Обраний програмний інструментарій дозволяє оперативно та якісно отримувати необхідні звіти та аналізувати показники навчального процесу.

Список бібліографічного опису.

1. Анісімов А.В. Інформаційні системи та бази даних: Навчальний посібник для студентів факультету комп'ютерних наук та кібернетики. / Анісімов А.В., Кулябко П.П. – Київ. – 2017. – 110 с.
2. Антоненко В. М. Сучасні інформаційні системи і технології: управління знаннями : навч. посібник / В. М. Антоненко, С. Д. Мамченко, Ю. В. Рогушина. – Ірпінь : Нац. університет ДПС України, 2016. – 212 с.
3. Інформаційні системи в промисловості : навчальний посібник / Л. О. Добровольська, О. О. Черевко. – Маріуполь : ПДТУ, 2014. – 238 с.
4. Калінеску Т.В. Інформаційні системи і технології в оподаткуванні: навч. посіб. / Т.В. Калінеску, Г.С. Ліхоносова, О.М. Антіпов. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2011. – 407 с.

5. Клімушин П. С. Інформаційні системи та технології в економіці : навч. посіб. / П. С.Клімушин, О.В. Орлов, А.О. Серенок. — Х. : Вид-во ХарРІ НАДУ «Магістр», 2011. — 448 с.
6. Костріков С. В. Географічні інформаційні системи: навчально-методичний посібник. / Костріков С. В., Сегіда К. Ю. — Харків, 2016 — 82 с.
7. Морзе Н.В. Інформаційні системи. Навч. посібн. /за наук. ред. Н. В. Морзе; Морзе Н.В., Піх О.З. — Івано-Франківськ, «ЛілеяНВ», — 2015. — 384 с.
8. Павлиш В. А. Основи інформаційних технологій і систем: Навчальний посібник. / Павлиш В. А., Гліненко Л. К. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. — 500 с.
9. Пістунов І. М. Інформаційні системи в фінансово-кредитних установах [текст] навчальний посібник / І. М. Пістунов, Т. В. Борщ. — К.: «Центр учбової літератури», 2013. — 234 с.
10. Сікірда Ю. В. Інформаційні системи і технології в управлінні зовнішньоекономічною діяльністю : конспект лекцій / Ю. В. Сікірда, А. В. Залевський. — Кіровоград : Видавництво КЛІА НАУ, 2013. — 177 с.
11. Федотова Е.Л. Информационные технологии и системы: учеб. пособие / Е.Л. Федотова. — М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2014. — 352 с.
12. Шило С. Г. Інформаційні системи та технології : навчальний посібник / С. Г. Шило, Г. В. Щербак, К. В. Огурцова. — Х. : Вид. ХНЕУ, 2013. — 220 с.

References

1. Anisimov A.V. Informatsiini systemy ta bazy danykh: Navchalnyi posibnyk dlia studentiv fakultetu kompiuternykh nauk ta kibernetiky. / Anisimov A.V., Kuliabko P.P. — Kyiv. — 2017. — 110 s.
2. Antonenko V. M. Suchasni informatsiini systemy i tekhnologii: upravlinnia znanniamy : navch. posibnyk / V. M. Antonenko, S. D. Mamchenko, Yu. V. Rohushyna. — Irpin : Nats. universytet DPS Ukrainy, 2016. — 212 s.
3. Informatsiini systemy v promyslovosti : navchalnyi posibnyk / L. O. Dobrovol'ska, O. O. Cherevko. — Mariupol : PDTU, 2014. — 238 s.
4. Kalinesku T.V. Informatsiini systemy i tekhnologii v opodatkuvani: navch. posib. / T.V. Kalinesku, H.S. Likhonosova, O.M. Antipov. — Luhansk: vyd-vo SNU im. V. Dalia, 2011. — 407 s.
5. Klimushyn P. S. Informatsiini systemy ta tekhnologii v ekonomitsi : navch. posib. / P. S.Klimushyn, O.V. Orlov, A.O. Serenok. — Kh. : Vyd-vo KharRI NADU «Mahistr», 2011. — 448 s.
6. Kostrikov S. V. Heohrafichni informatsiini systemy: navchalno-metodychnyi posibnyk. / Kostrikov S. V., Sehida K. Yu. — Kharkiv, 2016 — 82 s.
7. Morze N.V. Informatsiini systemy. Navch. posibn. /za nauk. red. N. V. Morze; Morze N.V., Pikh O.Z. — Ivano-Frankivsk, «LileiaNV», — 2015. — 384 s.
8. Pavlysh V. A. Osnovy informatsiinykh tekhnologii i system: Navchalnyi posibnyk. / Pavlysh V. A., Hlinenko L. K. - Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki, 2013. — 500 s.
9. Pistunov I. M. Informatsiini systemy v finansovo-kredytnykh ustanovakh [tekst] navchalnyi posibnyk / I. M. Pistunov, T. V. Borshch. — K.: «Tsentr uchbovoi literatury», 2013. — 234 s.
10. Sikirda Yu. V. Informatsiini systemy i tekhnologii v upravlinni zovnishnoekonomichnoi diialnistiu : konspekt lektsii / Yu. V. Sikirda, A. V. Zalevskiy. — Kirovohrad : Vydavnytstvo KLA NAU, 2013. — 177 s.
11. Fedotova E.L. Ynformatsyonnye tekhnolohyy y systemu: ucheb. posobyte / E.L. Fedotova. — M.: YD «FORUM»: YNFRA-M, 2014. — 352 s.
12. Shylo S. H. Informatsiini systemy ta tekhnologii : navchalnyi posibnyk / S. H. Shylo, H. V. Shcherbak, K. V. Ohurtsova. — Kh. : Vyd. KhNEU, 2013. — 220 s.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-21>

УДК: 004.9

Богомазюк Віталій Сергійович, магістр
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ВЕБ-САЙТУ НА БАЗІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВМІСТОМ DRUPAL 8.

Богомазюк В. С. Дослідження способів оптимізації веб-сайту на базі системи керування вмістом Drupal 8. В статті представлено результати аналізу існуючих способів та інструментів для оптимізації веб-сайту на базі системи керування вмістом Drupal 8. Під час написання даної статті використовувалися матеріали з іноземних та вітчизняних веб-ресурсів. Проаналізовано останню інформацію про оптимізацію веб-ресурсів на базі Drupal 8/9. На основі цієї інформації були проведені дослідження по ефективності та доцільності наявних способів оптимізації. Опрацьовано та доповнено популярні стратегії для покращення швидкодії сайту. Доведено, що застосування даних рішень покращує швидкість завантаження на 30-70% в залежності від складності проекту. Досліджено доцільність використання сторонніх сервісів по кешуванню для проектів різної складності.

Ключові слова: оптимізація веб-ресурсу, системи керування вмістом, Drupal 8, швидкодія, кешування сайту, агрегація.

Богомазюк В. С. Исследование способов оптимизации сайта на базе системы управления содержанием Drupal 8. В статье представлены результаты анализа существующих способов и инструментов для оптимизации веб-сайта на базе системы управления содержанием Drupal 8. При написании данной статьи использовались материалы с иностранных и отечественных веб-ресурсов. Проанализировано последнюю информацию об оптимизации веб-ресурсов на базе Drupal 8/9. На основе этой информации были проведены исследования по эффективности и целесообразности имеющихся способов оптимизации. Обработаны и дополнены популярные стратегии для улучшения быстродействия сайта. Доказано, что применение данных решений улучшает скорость загрузки на 30-70% в зависимости от сложности проекта. Исследована целесообразность использования сторонних сервисов по кэшированию для проектов различной сложности.

Ключевые слова: оптимизация веб-ресурса, системы управления содержанием, Drupal 8, быстродействие, кэширование сайта, агрегация.

Bogomazyuk V.S. Research of ways to optimize a website based on the content management system Drupal 8. The article presents the results of the analysis of existing methods and tools for website optimization based on the content management system Drupal 8. In writing this article used materials from foreign and domestic web resources. The latest information on web resource optimization based on Drupal 8/9 is analyzed. Based on this information, studies were conducted on the effectiveness and feasibility of existing optimization methods. Developed and supplemented popular strategies to improve site performance. It is proved that the application of these solutions improves the download speed by 30-70% depending on the complexity of the project. The expediency of using third-party caching services for projects of different complexity has been studied.

Keywords: web resource optimization, content management systems, Drupal 8, performance, site caching, aggregation.

Постановка проблеми. Основною проблемою на сьогоднішній день є низька швидкодія веб-ресурсу. З розвитком технологій розміри веб-сайтів стають все більшими, наповнення та контент стають все складнішими. Швидкодія в наш час являється основним показником для індексації та просування веб-ресурсу пошуковими системами. Під час розробки або підтримки веб-сайту на базі системи керування вмістом Drupal 8 важливо приділяти увагу оптимізації та швидкодії. Для Drupal 8 існує велика кількість інструментів та сервісів, які дозволяють оптимізувати і покращити роботу сайту, але не завжди той чи інший інструмент може бути доцільний для даного випадку, і не завжди може бути доцільним використання додаткових модулів та зовнішніх ресурсів. Тому важливо розуміти що, коли і як використовувати.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На даний момент основний масив інформації по Drupal 8 знаходиться в інтернет ресурсах, 90% відсотків контенту розміщена на англійській мові. Перед тим як написати дану статтю було проаналізовано декілька прикладів тактик та підходів по оптимізації веб-сайтів на базі системи контролю вмісту Drupal 8 [5,6,9]. Основним джерелом інформації по Drupal є офіційний сайт [4,9], на даному ресурсі зібрана найновіша та найбільш актуальна інформація для розробників. Однак не потрібно забувати про публікації топ-контріб'ютерів Drupal 8/9, в статтях [7] описані нові стратегії по оптимізації ресурсу. Аналіз останніх досліджень в галузі оптимізації [2] показав, що однією з найперспективніших технологій для веб-сайтів є технологія BigPipe.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів. Розглянемо та проаналізуємо загальні способи оптимізації веб-сайтів. Для зручності розділимо способи оптимізації на дві групи: front-end оптимізація та back-end оптимізація. Front-end оптимізація дозволяє скоротити час завантаження веб-сайту після відповіді сервера до повного завантаження сайту в браузері клієнта. Back-end оптимізація дозволяє скоротити час між запитом до сервера та відповідями. В першу чергу потрібно дослідити оптимізацію для back-end. Для Drupal 8 основним інструментом для back-end оптимізації є кешування. За кешування в Drupal 8 відповідає Cache API.

Як правило, код закінчується рендерингами (блоками, об'єктами тощо), а контролери повертають масиви або відповіді рендерингу. Тому, як правило, ви не будете взаємодіяти з API кешу безпосередньо. Замість цього ви будете використовувати кеш візуалізації та response кеш. API візуалізації використовує метадані кешування, вбудовані в масиви рендерингу, для виконання кешування. Таким чином, API Cache не повинен використовуватися для взаємодії з кешем візуалізації (не для отримання елементів кешу, ні для створення нових). Метадані кешування, що використовуються API візуалізації (див. Попередній розділ), вони досягають аж до об'єктів Response (зазвичай `HtmlResponse`), які реалізують `CacheableResponseInterface`.

В Cache API включенні кеш теги. Теги кешу надають декларативний спосіб відстеження, які елементи кешу залежать від деяких даних, керованих Drupal. Це має важливе значення для системи управління контентом, як Drupal, оскільки той самий контент можна використовувати багато в чому. Іншими словами: неможливо заздалегідь знати, де буде використовуватися певний вміст. У будь-якому місці, де використовується вміст, його можна кешувати. Це означає, що той самий вміст можна кешувати в десятках місць. Мітки кешу передаються в наборах (порядок не має значення) рядків, тому вони набираються в `strings[]`. Вони є наборами, оскільки один елемент кешу може залежати від багатьох тегів кешу. Згідно з умовами, вони мають форму `thing:identifier` - і коли немає поняття декількох екземплярів речі, це має форму речі. Єдиним правилом є те, що він не може містити пробіли. Для прикладу:

- `node:5` — кеш-тег для `node` з `id 5` (кеш оновлюється завжди при зміні цієї ноди).
- `user:3` — кеш-тег для `user` з `id 3` (кеш оновлюється завжди при зміні цього юзера).
- `node_list` — список кеш-тегів для `node` (кеш оновлюється завжди коли будь яка `node` оновлюється, видаляється чи створюється).
- `config:system.performance` — кеш-тег для конфігурації `system.performance`.
- `library_info` — кеш-теги для бібліотек.

В Drupal може виникнути необхідність скасувати кеші на основі списків, які залежать від даних об'єкта (наприклад, оновлення візуального HTML для списку, коли об'єкт більше не існує): це можна зробити за допомогою `EntityTypeInterface::getListCacheTags()`, після чого недійсний будь-який повернений цим методом поряд з власним тегом. Замість того, щоб кешувати відповіді в Drupal і анулювати їх з тегами кешу, можна також кешувати відповіді в зворотних проксі (Varnish, CDN ...), а потім недійсними відповіді, які вони кешують, використовуючи теги кешу, пов'язані з цими відповідями. Щоб дозволити цим зворотним проксі-серверам знати, які теги кешу пов'язані з кожним відповіддю, ви можете надсилати теги кешу разом з заголовком.

Подібно до того, як Drupal 8 може надіслати заголовок `X-Drupal-Cache-Tags` для налагодження, він також може надіслати заголовок `Surrogate-Keys` з розділеними пробілами значеннями, як очікується деякими CDN або заголовком `Cache-Tag` з значеннями, розділеними комами, як очікується іншими CDN. І це також може бути зворотним проксі-сервером, який ви запускаєте самостійно, а не комерційною службою CDN.

HTTP базується на тексті. Таким чином, теги кешу також базуються на тексті. Зворотні проксі можуть вільно представляти теги кешу в іншій структурі даних внутрішньо. Обмеження значення заголовка відповіді 16 Кб було вибрано на основі 2-х факторів: А), щоб гарантувати, що він працює для випадку 99%, В) що практично досягне. Типові веб-сервери (Apache) і типові CDN (Fastly) підтримують 16 Кб значень заголовків відповідей. Це означає приблизно 1000 тегів кешу, що достатньо для випадку 99%.

Кількість тегів кешу широко варіюється залежно від сайту та конкретної відповіді. Якщо це відповідь, яка залежить від багатьох інших речей, буде багато тегів кешу. Більше 1000 тегів кешу на відповідь буде рідкісним.

Нарешті, щось більше ніж 1000 тегів кешу, ймовірно, вказує на більш глибоку проблему: що відповідь занадто складний, що його слід розділити. Ніщо не заважає вам виходити за межі цього числа в Drupal, але це може зажадати ручного доопрацювання. Що є прийнятним для таких надзвичайно складних випадків використання. Можливо, це стосується навіть менш ніж 1000 тегів кешу.

Всебічне використання тегів кешу в Drupal 8 дозволяє Drupal 8 поставлятися з його Internal Page Cache, увімкнутим за замовчуванням. Це не що інше, як вбудований зворотний проксі. Drupal 8 забезпечує модуль Internal Page Cache, який рекомендується для малих і середніх веб-сайтів. Цей основний модуль, який увімкнено за замовчуванням, кешує сторінки для анонімних користувачів. Його можна знайти за адресою: `core/modules/page_cache`. Ця функція покращує продуктивність, оскільки прискорює роботу сайту. Сторінки, які запитують анонімні користувачі, зберігаються при першому запиті, а потім повторному використанні; залежно від конфігурації вашого сайту покращення

продуктивності може бути значним. Веб-сайти, які обслуговують персоналізований вміст анонімним користувачам (динамічний, за сеанс, наприклад, кошик для покупок), повинні вимкнути модуль внутрішнього кешу сторінки. Цей модуль припускає, що сторінки ідентичні для всіх анонімних користувачів. Ці веб-сайти все ще можуть скористатися перевагами модуля керування динамічними сторінками, або ж можуть зробити свою персоналізацію за допомогою JavaScript + AJAX.

На сторінці Performance (admin/config/development/performance) можна налаштувати, як довго браузер та проксі можуть кешувати сторінки. Іншої конфігурації немає. Значення, встановлене для максимального часу, коли сторінка може кешуватися браузерами та проксі, буде використовуватися заголовками Cache-Control. Цей параметр ігнорується самим кешем внутрішньої сторінки, який постійно кешує сторінки до недійсності, якщо вони не несуть заголовка Expires.

Контексти кешу забезпечують декларативний спосіб створення варіацій, залежних від контексту, для того, що потрібно кешувати. Створюючи його декларативно, код, який створює кеш, стає легше читати, і ту ж логіку не потрібно повторювати в будь-якому місці, де потрібні однакові зміни контексту. Контексти кешу передаються в наборах (порядок не має значення) рядків, тому вони вводяться до рядка. Вони є наборами, оскільки один елемент кешу може залежати від багатьох контекстів кешу (залежить від нього). Як правило, контексти кешу виводяться з контексту запиту (тобто від об'єкта Request). Більшість середовищ для веб-додатків впливає з контексту запиту. Зрештою, відповіді HTTP генеруються в значній мірі в залежності від властивостей HTTP-запитів, які їх ініціювали. Але це не означає, що контекст кешу повинен виходити з запиту - вони також можуть залежати від розгорнутого коду, наприклад, контексту кешування deployment_id.

По-друге, контексти кешу мають ієрархічний характер. Найяскравіший приклад: коли змінюється щось на користувача, безглуздо також змінювати його за дозволами (тобто, набір дозволів, які користувач має), оскільки кожен користувач вже є більш деталізованим. Користувач має набір дозволів, тому кешування кожного користувача передбачає кешування за дозволами. Тепер для найбільш цікавого аспекту: якщо одна частина сторінки змінюється на одного користувача, а інша - на дозволи, то Drupal повинен бути достатньо розумним, щоб зробити комбінацію обох: тільки змінюватись на одного користувача. Саме там Drupal може використовувати ієрархічну інформацію, щоб не створювати непотрібних варіацій.

Далі розглянемо модулі для Drupal 8 які дозволяють покращити швидкодію на стороні front-end. Для початку розглянемо стратегію якої потрібно дотримуватися під час оптимізації front-end частини:

- Зменшити JavaScript, CSS and HTML.
- Включити агрегацію JavaScript and CSS.
- Налаштувати кешування браузера.
- Увімкнути gzip стиснення.
- Оптимізувати зображення.
- Використовувати lazy loading для "важких" елементів.
- Налаштувати контрольні точки для завантаження зображень згідно розширення.
- Видалити CSS код який не використовується.
- Використовувати оптимальні CSS селектори.
- Завантажувати зовнішні бібліотеки та скрипти асинхронно.

Для імплементації даної стратегії потрібно використовувати вже готові рішення для Drupal 8. Це дозволить зекономити час та ресурси.

Першим кроком оптимізації буде підключення модуля BigPipe. Завантажувати модуль не потрібно так як цей модуль з версії 8.1 у вже знаходиться в ядрі, залишається тільки включити його. Цей модуль має багато вбудованих налаштувань, але помітний ефект буде видно одразу після підключення даного модуля. Головна перевага даного модуля це завантаження "важкого контенту" асинхронно, це дозволяє не блокувати завантаження основного контенту і зменшити час до появи першого контенту. Для прикладу дана технологія використовується в Facebook.

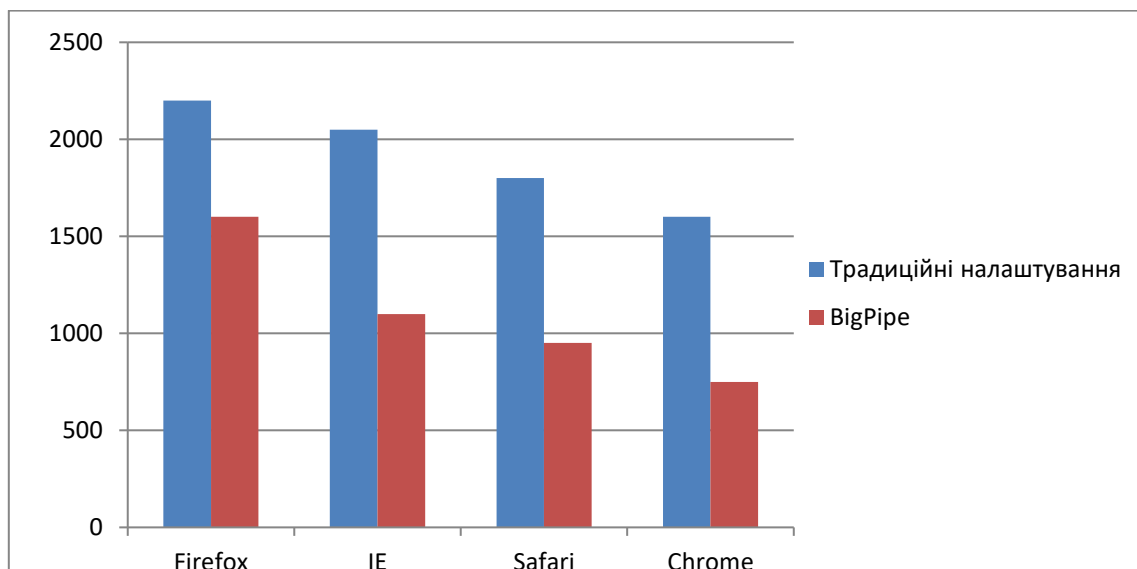


Рис 1. Порівняння скільки часу займає завантаження сторінки Facebook з та без BigPipe

Як ми бачимо з діаграми використання технології Big Pipe дозволяє зменшити завантаження веб-сайту в 2 рази. Важливий момент що в залежності від браузера відсоток на який зменшився час завантаження варіюється. Час завантаження сайту це не основний параметр за яким потрібно порівнювати швидкодію з використанням BigPipe. Декілька параметрів на які потрібно звернути увагу під час аналізу технології BigPipe:

- Time To First Byte (TTBF): Час, що пройшов між запитом HTML-сторінки та початком отримання першого байта відповіді. У цей час клієнт і браузер нічого не можуть зробити.
- Time To Interact (TTI): Повністю залежить від випадку використання, але це те, що насправді має значення.
- Page load time: Загальний час завантаження до завершення завантаження.

Після дослідження веб-сайту з використанням технології BigPipe та без використання за цими параметрами можна підвести такі підсумки:

Таблиця 1 . Порівняння основних характеристик швидкості завантаження веб-сайту

Показник	Час без використання BigPipe	З використанням BigPipe
Time To First Byte (TTBF)	4 с	1.8 с
Time To Interact (TTI)	6.3 с	3.2 с
Page load time	6.8 с	4.5 с

Як видно з досліджень технологія та модуль Big Pipe дозволяє значно покращити швидкодію веб-сайту без зайвих зусиль та фінансових витрат.

Наступним модулем який потрібно використовувати після Big Pipe це модуль Advanced CSS/JS Aggregation. Цей модуль дозволяє значною мірою оптимізувати CSS та JavaScript файли, в першу чергу за рахунок мініфікації файлів. Мініфікація це процес видалення непотрібних пробілів та зайвих розривів рядків. Також цей модуль об'єднує кілька файлів в один, це дозволяє зменшити кількість запитів на сервер та зменшити час завантаження, переносить теги підключення JavaScript файлів в кінець HTML сторінки. Цей модуль не входить в ядро Drupal 8, його потрібно встановлювати окремо.

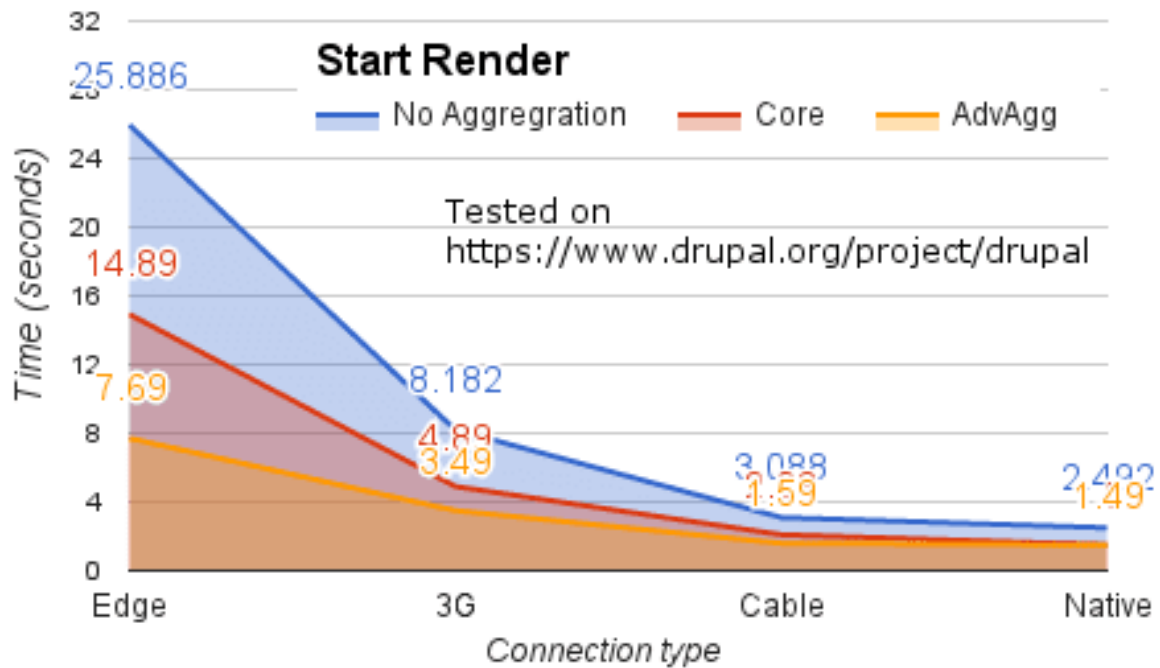


Рис 2. Порівняння швидкості завантаження сайту відносно налаштувань агрегації

На графіку ми порівнюємо сайт з трьома різними конфігураціями, перша без використання агрегації, з використанням вбудованої агрегації Drupal 8 та з використанням модуля Advanced CSS/JS Aggregation. Ці два основні модулі дозволять вагомо покращити швидкодію будь якого веб-сайту на базі систему управління вмісту Drupal 8.

Далі потрібно проаналізувати специфіку веб-сайту та контент, для прикладу якщо використовується статичний контент, можна надати перевагу модулям Dynamic Page Cache та Internal Page Cache. Модуль Internal Page Cache забезпечує внутрішнього кешування сторінок, який рекомендується для веб-сайтів малого та середнього розміру. Цей основний модуль, який увімкнено за замовчуванням, кешує сторінки для анонімних користувачів. Ця функція покращує продуктивність, оскільки пришвидшує роботу сайту. Сторінки, запитувані анонімними користувачами, зберігаються при першому запиті, а потім використовуються повторно залежно від конфігурації сайту, покращення продуктивності може бути значним. Веб-сайти, які обслуговують персоналізований вміст для анонімних користувачів (динамічні сторінки, наприклад кошик для покупок), вимикають модуль Internal Page Cache. Цей модуль передбачає ідентичність сторінок для всіх анонімних користувачів. Веб-сайти все ще можуть скористатися перевагами модуля динамічного кешування сторінок, або ж можуть зробити свою персоналізацію за допомогою JavaScript + AJAX. Використання модулю Internal Page Cache може пришвидшити час завантаження сторінки на 70-90%, але в будь якому випадку ми втрачаємо переваги динамічного контенту.

Для веб-ресурсів з великою кількістю користувачів, з великим навантаженням на сервер потрібно використовувати сторонні ресурси для оптимізації, для прикладу проаналізуємо сервіс Varnish. Varnish - це прискорювач веб-додатків, також відомий як кешований зворотний проксі-сервер HTTP. Varnish використовується на тисячах сайтів Drupal для прискорення продуктивності завантаження сторінки в 10-1000 разів, і його можна використовувати з тегами кешу, щоб полегшити інвалідацію кешу. Для веб-ресурсів з невеликою кількістю користувачів недоцільно використовувати Varnish, це буде невигідно зі сторони ресурсів. У випадку коли веб-сервер отримую велику кількість запитів (1000 запитів за секунду) з однаковими параметрами є сенс розвантажити веб-сервер, саме для цього використовують Varnish.

Як відомо Drupal по замовчуванню зберігає закешовані дані в базі даних на сервері, в залежності від функціоналу 20-40% розміру бази даних може займати таблиці з зайняті кешом. У випадку потужних сайтів з великою кількістю інформації розмір бази даних може перевищувати кілька гігабайт. Проаналізуємо кілька ситуацій з різними розмірами баз даних, та яку кількість пам'яті займає кеш.

Таблиця 2. Часта таблиць кешування в базі даних

Розмір бази даних	Відсоток зайнятий кешом	Кількість пам'яті
1 GB	35%	350 MB
5 GB	30%	1.5 GB
10 GB	33%	3.3 GB
50 GB	20%	10 GB

Проаналізуємо таблицю, як видно з колонки "Кількість пам'яті", ми бачимо що велику кількість пам'яті сервера займають закешовані дані, це збільшує загальний обсяг зайнятої пам'яті на сервері, від цього збільшиться щомісячна плата за сервер. Паралельно з цим збільшується розмір бази даних, а чим більший розмір бази даних, тим більше часу займають запити до даних. Цю проблему дозволяє вирішити сервіс Redis.

Redis - це відкрите джерело (з ліцензією BSD), сховище структури даних у пам'яті, що використовується як база даних, кеш-пам'ятки та посередник повідомлень. Він підтримує такі структури даних, як рядки, хеші, списки, набори, відсортовані набори із запитом діапазонів, растрові зображення, гіперлогічні журнали, геопросторові індекси із запитом радіуса та потоками. Redis має вбудовану реплікацію, сценарії Lua, LRU, транзакції та різні рівні збереження на диску, а також забезпечує високу доступність через Redis Sentinel та автоматичне розділення за допомогою кластера Redis. В Drupal 8 є однойменний модуль Redis, який дозволяє полегшити інтеграцію з цим сервісом.

Висновки. На основних даного дослідження доходимо до висновку що оптимізація веб-сайту на базі системи керування вмісту Drupal річ специфічна, і в більшій мірі залежить від специфікації та вмісту ресурсу з яким ми працюємо. Однак, основна частина базової оптимізації для всіх веб-сайтів однакова. Перевагою Drupal 8 є готові рішення для оптимізації, контрибні модулі які покращують швидкодію, чек-лісти та багато нових модулів які без зайвих зусиль дозволяють налаштувати інтеграцію сайту з зовнішніми сервісами по оптимізації. Доведено, що застосування даних рішень покращує швидкість завантаження на 30-70% в залежності від складності проекту.

Список бібліографічного опису

1. Ayen Green. Drupal 8 Quick Start Guide. – 259 с.
2. BigPipe at Facebook: Optimizing Page Load Time – [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.infoq.com/news/2010/07/bigpipe-facebook-optimize>
3. Daniel Sipos. Drupal 8 Module Development. – 231 с.
4. Drupal 8 Cache API – [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.drupal.org/docs/8/api/cache-api/cache-api>
5. Drupal 8 Performance Tips and Tricks for 2020 – [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://thinktandem.io/blog/2020/02/04/drupal-8-performance-tips-and-tricks-for-2020>
6. Elementary Tips To Optimize The Performance Of Your Drupal Website – [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.srijan.net/blog/elementary-tips-to-optimize-the-performance-of-your-drupal-website>
7. Faster Web Page Loading with Facebook BigPipe – [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://medium.com/@arpingajjar/faster-web-page-loading-with-facebook-bigpipe-fbbc49b28959>
8. Matt Glaman. Drupal 8 Development Cookbook. – 349 с.
9. Optimizing Drupal to load faster (Server, MySQL, caching, theming, HTML) – [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.drupal.org/docs/7/managing-site-performance-and-scalability/optimizing-drupal-to-load-faster-server-mysql>
10. Quick Tips That Will Speed Up Your Drupal 8 Website – [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.greengeeks.com/blog/14-quick-tips-that-will-speed-up-your-drupal-8-website/>
11. Simple methods to improve the page speed performance of a Drupal site – [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://befused.com/drupal/performance-improve>
12. Website speed optimization tactics for Drupal 8 & 9 – [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://chromatichq.com/blog/10-website-speed-optimization-tactics-drupal-8-9>

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-22>

УДК: 004.7.056.5

Бортник Катерина Яківна, к. ф.-м. н., доцент

<https://orcid.org/0000-0001-5282-099X>

Делявський Михайло Володимирович, д. т. н., професор

Кузьмич Олена Іванівна, к. ф.-м. н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-8717-4497>

Багнюк Наталія Володимирівна, к. т. н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-7120-5455>

Черняшук Наталія Леонідівна, д. п. н., професор

<https://orcid.org/0000-0002-3178-8377>

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

ОСНОВНІ ЗАГРОЗИ БЕЗПЕЦІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Бортник К.Я., Делявський М.В., Кузьмич О.І., Багнюк Н.В., Черняшук Н.Л. Основні загрози безпеці інформаційних систем. В даній статті проведено актуальний аналіз основних загроз безпеці інформаційних систем, серед яких - загрози порушення конфіденційності інформації, порушення цілісності інформації, загрози порушення працездатності системи. Виконано дослідження підходів реалізації безпеки інформації автоматизованих систем, наведено відповідні статистичні дані. Проаналізовано шляхи перешкоджання витоку інформації, забезпечення її цілісності, розроблено принципи проектування ефективної системи захисту даних.

Ключові слова: загроза безпеці, інформаційна система, кібербезпека, система захисту даних

Бортник К.Я., Делявський М.В., Кузьмич А.И., Багнюк Н.В., Черняшук Н.Л. Основные угрозы безопасности информационных систем. В данной статье проведен актуальный анализ основных угроз безопасности информационных систем, среди которых - угрозы нарушения конфиденциальности информации, нарушение целостности информации, угрозы нарушения работоспособности системы. Выполнены исследования подходов реализации безопасности информации автоматизированных систем, приведены соответствующие статистические данные. Проанализированы пути препятствия утечки информации, обеспечения ее целостности, разработаны принципы проектирования эффективной системы защиты данных.

Ключевые слова: угроза безопасности, информационная система, кибербезопасность, система защиты данных

Bortnyk K.Ya., Deliaivskyi M.V., Kuzmych O.I., Bahniuk N.V., Chernyashchuk N.L. The main threats to the security of information systems. This article provides an up-to-date analysis of the main threats to the security of information systems, including - threats to the confidentiality of information, violation of the integrity of information, threats to the system. The research of approaches of realization of information security of automated systems is carried out, the corresponding statistical data are presented. Ways to prevent information leakage, ensure its integrity are analyzed, the principles of designing an effective data protection system are developed.

Key words: security threat, information system, cybersecurity, data protection system.

Постановка проблеми та аналіз досліджень. Перевід інформаційних комунікацій в електронну форму останнім часом призвів до створення самостійного типу активу – інформацію, і як будь-яка цінність, вона підлягає захисту від шахраїв. У зв'язку з цим виникають суттєві ризики в галузі безпеки інформації. Ігнорування таких проблем призводить до втрати конкурентоспроможності на державному і на корпоративному рівнях. Таким чином, актуальність загроз збереження і конфіденційності інформації вимагає уважного ставлення до питань її захисту.

Актуалізуючи завдання виявлення загроз інформаційної безпеки зауважимо наступне. Суб'єкт інформаційних відносин може постраждати чи отримати шкоду як від поломки системи, так і від зловмисного доступу несанкціонованого користувача. Таким чином, інформаційна безпека є одним з найважливіших аспектів на всіх рівнях - національному, галузевому, корпоративному, персональному. Саме тому дослідження основних загроз безпеці інформації є актуальною задачею, яка має практичну цінність та потребує рішення. Найбільш небезпечні загрози інформаційної безпеки - це внутрішні загрози. Проведемо аналіз досліджень [7-9], які відображають стан інформаційної безпеки в організаціях. Індекс небезпеки витоку внутрішньої інформації в організаціях на 50% випереджає аналогічний показник для будь-якої з зовнішніх загроз. Державні структури і представники приватного сектора заявляють про витік інформації, наслідком чого є прямі фінансові збитки (46%), удар по репутації (42,3%) і втрата клієнтів (36,9%). В цьому контексті, як зазначено в дослідженнях [10] найбільш ефективним засобом захисту від загроз інформаційної безпеки є комплексні інформаційні продукти (44,8%), на другому місці - організаційні заходи (25,3%), тренінги персоналу (21,6%) і обмеження зв'язку з зовнішніми мережами становлять 18,1%.

Таким чином, проблеми кібербезпеки набувають все більшої актуальності. За останній час кількість витоків і крадіжок даних зросла, причому це трапляється на робочих місцях, мобільних, IoT-пристроях. Результати останніх досліджень [1-3] показують, що зростає не тільки кількість витоків даних, але і їх масштабність. В цьому контексті, в даній роботі проведено актуальний аналіз основних загроз безпеці інформації сучасної інформаційної системи та дослідження підходів забезпечення їх безпеки. Розглядаються шкідливі програми, віруси-шифрувальники, витік інформації, цільові атаки (APT), злом сайтів, DDoS, нові загрози для мобільних пристроїв, віртуальних і хмарних середовищ.

Виклад основного матеріалу дослідження. Інформаційна система — це сукупність організаційних і технічних засобів для збереження та обробки інформації для забезпечення потреб користувачів. Тому реалізація інформаційної безпеки підрозуміває захист інтересів суб'єктів інформаційних відносин. При найактуальнішими напрямками є конфіденційність, цілісність та доступність. Тому важливим є захищеність інформації та інфраструктури від випадкових або навмисних впливів. Такі впливи можуть завдати неприйнятної збитку суб'єктам інформаційних відносин. Зауважимо, що правильний з методологічної точки зору науковий підхід до проблем інформаційної безпеки починається з виявлення суб'єктів інформаційних відносин та інтересів цих суб'єктів, пов'язаних з використанням інформаційних систем.

Аналіз типів загроз безпеці інформаційної системи. Важливим чинником класифікації загроз безпеці інформації інформаційно-технічних систем є сучасна статистика, яка відіграє в цьому контексті визначальну роль. Згідно звіту корпорації Microsoft в 2007 році приблизно 60% всіх комп'ютерних систем були атаковані програмними загрозами [3]. Наведемо деякі статистичні дані. У 2016 році з'ясувалося, що дані 3 мільярдів акаунтів Yahoo потрапили в руки зловмисників. До цього дня цей витік вважають одним з найсерйозніших за останній час. Також в 2016 році Uber повідомила, що кіберзлочинці отримали доступ до інформації клієнтів і водіїв, ці дані налічували понад 57 мільйонів записів. В 2017 році 412 мільйонів облікових записів користувачів сервісу для дорослих FriendFinder були також викрадені в ході кібератаки. 2017 рік також відзначився найбільшою компрометацією даних 147,9 мільйонів американців через злом бюро кредитних історій Equifax. Зловмисники використовували вразливість у системі безпеки програми на веб-сайті компанії і отримали доступ до номерів соціального страхування, дат народження, адрес і в ряді випадків до номерів водійських посвідчень.

За статистикою 2017 року компанії Cisco, в США сталося понад 130 великомасштабних витоків в результаті націлених кібератак, і цей показник за рік виріс на 27%. Крім того, 31% організацій зіткнулися з кібератаками на інфраструктуру експлуатаційних технологій. Більше 400 000 комп'ютерів щонайменше в 150 країнах були вражені вірусом WannaCry в 2017 році. Цей вірус-вимагач коштував світу збитків, які оцінюються в 4 мільярди доларів. Більш того, 5,4 мільярда атак WannaCry були заблоковані за весь 2017 рік. Близько 24 000 шкідливих мобільних додатків блокуються щодня. У 2017 році середня кількість скомпрометованих даних по світу становила 24 089. Найбільша кількість витоків відбувалося в Індії (більше 33 тисяч файлів), на другому місці - США (28,5 тисяч). У березні 2018 року було викрадено дані користувачів мобільного додатку MyFitnessPal. Американська компанія Under Armour, якій належить цей додаток, повідомила про близько 150 мільйонів постраждалих. Також з 1 січня 2005 року по 18 квітня 2018 було зареєстровано 8 854 випадків витоків.

Проаналізуємо статистику найбільш поширених типів кібератак, а також джерела їх реалізації. Найбільше програм-вимагачів було зафіксовано в країнах з найбільш доступним для населення інтернетом. США тримає серед них перше місце з 18,2% від усіх атак шкідливих програм такого типу. Знаменитий троян Ramnit в значній мірі торкнувся фінансового сектору. Також, у 2017 році 53% атак Ramnit припали саме на цю галузь. Більшість шкідливих доменів (близько 60%) пов'язані зі спам-кампаніями. У 74% компаній є більше 1000 застарілих чутливих файлів. Шкідливі програми і мережеві атаки – це є два найбільш збиткових для компаній типи атак, і організації витратили в середньому \$ 2,4 мільйона на захист від них. Файли Microsoft Office (наприклад, Word, PowerPoint і Excel) представляють найпоширенішу групу шкідливих розширень - 38% від загальної суми. Близько 20% шкідливих доменів є абсолютно нові, вони використовуються приблизно через тиждень після реєстрації. Більше 20% кібератак в 2017 році були здійснені з Китаю, 11% з США і 6% з Росії. Серед додатків для музики та аудіо зловмисних є 20%. У період з 2015 по 2017 рік від націлених кібератак найбільше постраждали США - були зареєстровані 303 великомасштабні атаки. У 2017 році загальний обсяг шкідливих програм зріс на 88%. У числі найбільш виявлених шкідливих

програм знаходяться Neur.AdvML.C, Neur.AdvML.B і JS.Downloader. До 2020 року кількість використовуваних людьми і машинами паролів зросла до 300 мільярдів.

За метою впливу розрізняють наступні типи загроз, а саме - *загрози порушення конфіденційності інформації; загрози порушення цілісності інформації; загрози порушення працездатності системи* (відмови в обслуговуванні).

Порушення конфіденційності, доступності і цілісності ресурсів можуть бути викликані небезпечними впливами на систему. Небезпечні впливи на ІС можна поділити на *випадкові* та *зловмисні*. Аналіз досвіду експлуатації інформаційних систем показує, що інформація піддається різним випадковим впливам на всіх етапах функціонування інформаційної системи.

Причинами *випадкових впливів* можуть бути: Аварії можуть бути спричинені: надзвичайними ситуаціями, пов'язаними зі стихійними лихами та перебоями в електромережі; несправності та несправності обладнання; помилки в програмному забезпеченні та роботі користувача; поломки в лініях зв'язку, спричинені впливом навколишнього середовища.

Умисні погрози пов'язані з навмисними діями злочинця. Порушником може бути працівник, відвідувач, конкурент, працівник і т. д. Дії порушника можуть бути викликані різними мотивами: невдоволення працівника своєю кар'єрою, матеріальна зацікавленість, цікавість, конкуренція, прагнення до самоствердження тощо.

Несанкціонований доступ є найпоширенішим та різнобічним видом шкідливих порушень, зокрема це: перехоплення паролів, «маскарад» - незаконне використання привілеїв.

Перехоплення паролів здійснюється спеціально розробленими програмами. Коли законний користувач намагається увійти в систему, програма-перехоплювач імітує на екрані логін користувача та пароль, які надсилаються власнику програми-перехоплювача, після чого відображається повідомлення про помилку і управління повертається в операційну систему. Користувач вважає, що допустив помилку при введенні пароля. Він повторює вхід і отримує доступ до системи. Власник програми-перехоплювача, отримавши логін та пароль законного власника, тепер може використовувати їх у своїх цілях. Є й інші способи перехоплення паролів.

«Маскарад» - це виконання деяких дій одним користувачем від імені іншого, який має відповідні повноваження. Метою «маскараду» є приписування деяких дій іншому користувачеві або надання повноважень та привілеїв іншому користувачеві.

Прикладами здійснення «маскараду» є:

- вхід під іменем та паролем іншого користувача (такому «маскараду» передують перехоплення пароля);

- надсилання повідомлень по мережі від імені іншого користувача.

«Маскарад» особливо небезпечний в електронних платіжних системах, де неправильна ідентифікація клієнта через "маскарад" зловмисника може призвести до великих втрат законного клієнта банку.

Незаконне використання пільг. Більшість систем безпеки встановлюють певні набори привілеїв для виконання певних функцій. Несанкціоноване вилучення привілеїв, таких як "маскарад", призводить до можливості правопорушнику виконати певні дії, щоб обійти систему захисту. Слід зазначити, що незаконне вилучення привілеїв можливе або за наявності помилок в системі захисту, або через недбалість адміністратора в управлінні системою та призначенні привілеїв.

Давайте розглянемо загрози, з якими можуть зіткнутися комп'ютерні мережі. Головною особливістю будь-якої комп'ютерної мережі є те, що її компоненти розподіляються в просторі. Коли зловмисник потрапляє в комп'ютерну мережу, зловмисник може використовувати як пасивні, так і активні методи вторгнення.

У разі пасивного вторгнення (перехоплення інформації) порушник лише спостерігає за проходженням інформації через канал зв'язку, не втручаючись в інформаційний потік або зміст інформації. Як правило, зловмисник може ідентифікувати пункти призначення та ідентифікатори або лише факт повідомлення, його довжину та частоту обміну, якщо зміст повідомлення неможливо розпізнати - для аналізу трафіку (потoku повідомлень) у цьому каналі.

Під час активного вторгнення порушник прагне замінити інформацію, передану в повідомленні. Він може вибірково модифікувати або змінювати повідомлення, затримувати або змінювати порядок повідомлень. Зловмисник може також скасувати та затримати всі повідомлення, передані по каналу. Такі дії можна кваліфікувати як відмову надсилати повідомлення.

Комп'ютерні мережі характеризуються тим, що крім звичних локальних атак, які здійснюються в рамках єдиної системи, на об'єктах мережі здійснюються так звані віддалені атаки. Зловмисник може знаходитися на відстані тисяч миль від об'єкта, який атакується, і не лише

конкретний комп'ютер може бути атакований, але й інформація, що передається через мережеві канали зв'язку. Віддалена атака означає зловмисний вплив інформації на розподілену комп'ютерну мережу, що здійснюється програмно за допомогою каналів зв'язку

Шляхи реалізації загроз. Дано коротку характеристику розповсюджених загроз безпеці інформаційних систем, які систематизовані в Таблиці 1. Нижче показані основні шляхи реалізації загроз безпеці системи при впливі на її компоненти. Ця таблиця дає тільки загальну картину того, що може відбутися з системою, а конкретні обставини та особливості повинні розглядатися окремо.

Таблиця 1
Шляхи реалізації загроз безпеці ІС

Об'єкти впливу	Порушення конфіденційності інформації	Порушення цілісності інформації	Порушення працездатності системи
<i>Апаратні засоби</i>	Несанкціонований доступ – підключення; використання ресурсів; викрадення носіїв	Несанкціонований доступ – підключення; використання ресурсів; модифікація, зміна режимів	Несанкціонований доступ – зміна режимів; виведення з ладу; пошкодження
<i>Програмне забезпечення</i>	Несанкціонований доступ – копіювання; викрадення; перехоплення	Несанкціонований доступ – впровадження „троянських коней“, „вірусів“, „черв'яків“	Несанкціонований доступ – спотворення; знищення; підміна
<i>Дані</i>	Несанкціонований доступ – копіювання; викрадення; перехоплення	Несанкціонований доступ – спотворення; модифікація	Несанкціонований доступ – спотворення; знищення; підміна
<i>Персонал</i>	Розголошення; передача відомостей про захист; халатність	„Маскарад“; вербування; підкуп персоналу	Покидання робочого місця; фізичне усунення

«Троянський кінь» - це програма, яка, крім дій, описаних у його документації, виконує і інші дії, що призводять до порушень безпеки системи та руйнівних результатів. Небезпека "троянського коня" - це додатковий блок команд, вбудований в оригінальну утиліту, який надається користувачам. Цей блок команд може бути запущений, коли виникає умова (дата, стан системи). Користувач, який запускає таку програму, загрожує ресурсами.

Ось кілька руйнівних дій, реалізованих «троянськими конями»:

- знищення інформації. Вибір об'єктів і способів знищення визначається уявою та цілями автора шкідливої програми;
- перехоплення та передача інформації. Зокрема, існують програми, які перехоплюють паролі, набрані на клавіатурі;
- цілеспрямована модифікація тексту програми, що реалізує функції безпеки та захисту системи.

Загалом, «троянські коні» завдають збитків ІР, викрадаючи інформацію та чітко пошкоджуючи програмне забезпечення системи. Троянський кінь - одна з найнебезпечніших загроз безпеці ІВ. Радикальним способом захисту від цієї загрози є створення закритого середовища для програм, які необхідно зберігати та захищати від несанкціонованого доступу. Однак установка нового програмного забезпечення на ваш комп'ютер повинна дозволятися лише адміністраторам, чого зазвичай важко досягти.

Комп'ютерні «віруси» - це програми, які можуть заражати інші програми, модифікуючи їх, включаючи модифіковану копію програми, остання зберігає здатність до розмноження. Ключовими поняттями у визначенні комп'ютерного вірусу є здатність вірусу самостійно відтворювати та модифікувати код заражених програм.

Мережевий хробак - це тип вірусної програми, яка поширюється по глобальній мережі. Перші версії "черв'яків" були розроблені для пошуку в мережі інших комп'ютерів з безкоштовними

ресурсами для забезпечення розподілених обчислень. Мережеві хробаки - найнебезпечніший тип шкідливого програмного забезпечення, оскільки вони можуть атакувати будь-яку з величезної кількості комп'ютерів, підключених до Всесвітньої павутини або інших мереж. Для захисту від «хробака» використовуються засоби блокування несанкціонованого доступу до внутрішньої мережі.

Слід зазначити, що «троянські коні», комп'ютерні віруси та мережеві "хробаки" є одними з найбільш небезпечних загроз для ІР. Для захисту від шкідливих програм необхідно вжити низку заходів:

- виключення несанкціонованого доступу до виконуваних файлів;
- тестування нових програм;
- контролювати цілісність виконуваних файлів та системних областей;
- створення закритого середовища для виконання програми.

Впровадження безпеки інформаційних систем. Основною метою інформаційної системи є збір, зберігання, обробка та видача інформації, і тому проблема інформаційної безпеки є центральною для ІС. Забезпечення безпеки ІВ передбачає організацію протидії будь-якому несанкціонованому вторгненню в роботу ІВ, а також спроби модифікувати, викрасти, відключити або знищити його компоненти - захист усіх компонентів ІВ - апаратного забезпечення, програмного забезпечення, даних та персоналу. Існує два підходи до проблеми безпеки ІВ: фрагментарний та складний.

Фрагментарний підхід спрямований на протидію чітко визначеним загрозам у певних умовах. Прикладами такого підходу є індивідуальні засоби контролю доступу, окремі засоби шифрування, спеціалізовані антивірусні програми тощо. Перевагою цього підходу є висока селективність до конкретної загрози. Істотним недоліком цього підходу є відсутність єдиного захищеного середовища обробки інформації. Фрагментарні заходи інформаційної безпеки захищають конкретні об'єкти ІВ лише від конкретної загрози. Навіть невеликі модифікації загрози призводять до втрати ефективності захисту.

Комплексний підхід орієнтований на створення безпечного середовища обробки інформації в ІВ, яке поєднує в собі різноманітні заходи для боротьби із загрозами. Інтегрований підхід використовується для захисту ІВ великих організацій, а також для малих ІВ, які виконують відповідальні завдання або обробляють особливо важливу інформацію. Більшість державних та великих комерційних підприємств та установ дотримуються комплексного підходу. Комплексний підхід до безпеки базується на специфічній політиці безпеки щодо ІС. Політика безпеки реалізується за допомогою адміністративних та організаційних заходів, фізичних та програмно-апаратних засобів і визначає архітектуру систем безпеки.

Висновки.

Таким чином, при проектуванні ефективної системи захисту слід враховувати ряд принципів, що відображають основні положення з безпеки інформації. Серед них - економічна ефективність, мінімум привілеїв. Наступними є простота, можливість примусового відключення захисту, відкритість проектування та функціонування механізмів захисту, загальний контроль, незалежність системи від суб'єктів захисту, звітність та підконтрольність. Важливими принципами є відповідальність, ізоляція та розподіл, повнота та узгодженість. Надійна система захисту повинна бути повністю сертифікована і протестована. Найважливіші та критичні рішення повинні прийматися людиною. Існування механізмів захисту повинно бути, наскільки це можливо, приховане від користувачів, робота яких повинна контролюватися.

Все частіше фахівці з кібербезпеки під час аналізу систем безпеки інформації ІС більшість уваги, коштів і засобів спрямовують на запобігання атаці саме суб'єктивних (навмисних) програмних загроз. При цьому в більшості випадків апаратні джерела загроз майже не розглядаються. Експерт-розробники інтуїтивно покладаються на достатньо високий рівень надійності сучасних аналогових і цифрових пристроїв та, відповідно, малу ймовірність здійснення атаки об'єктивних апаратних загроз. Також враховується і висока надійність загальноприйнятих технічних обмежень безпосереднього доступу людини до ІС з метою засобів захисту інформації ІС, що майже повністю унеможлиблює реалізацію апаратних загроз. Таким чином, прогнозуємо подальше зменшення впливу апаратних і стрімкий зріст програмних загроз безпеки інформаційних систем, що вимагає проведення аналізу, вдосконалення нормативної бази, розробки нових принципів побудови і організації сучасних системи безпеки інформації. Тому, при аналізі проблематики, пов'язаної з інформаційною безпекою, необхідно враховувати специфіку той факт, що інформаційна безпека є складовою частиною інформаційних технологій, що розвиваються надзвичайно високими темпами. Тут важливі як окремі

рішення, серед яких закони, навчальні курси, програмно-технічні засоби, так і механізми генерації нових рішень, що дозволяють їх реалізовувати в темпі сучасного технічного прогресу.

Список бібліографічного опису

1. Антонюк А.О. Основи захисту інформації в автоматизованих системах: Навч. посібн. — К.: Видавн. дім. «КМ Академія», 2003. — 244 с.
2. Хорошко В.О., Череди́ченко В.С., Шелест М.Є. Основи інформаційної безпеки / За ред. проф. В.О. Хорошка. - К.: ДУІКТ, 2008.- 186 с.
3. Беловед Н.І., Петровська Н.А. Мережні атаки і захист від них // Збірник наукових статей “Управління розвитком”. – Вип. 7’2008. – Х.: ХНЕУ, 2008. – С. 21-22.
4. Белозеров С.В. Спосіб забезпечення цілісності та безпеки обробки даних користувача в інформаційних системах // Матеріали III Міжнародної науково-технічної конференції “Сучасні інформаційно-комунікаційні технології /COMINFO’2007”. – К.: ДУІКТ, 2007. – С. 261-264.
5. Доренський О.П. Дослідження потенційних загроз безпеці інформації інформаційної системи та аналіз їх класифікаційного поділу // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. – Вип. 19. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – С. 55-61.
6. Аналітика [Електронний ресурс] — Режим доступу https://www.anti-malware.ru/analytics/Threats_Analysis
7. Астахов А. Аналіз захищеності корпоративних автоматизованих систем // Jet Info [Електронний ресурс] — Режим доступу: www.jetinfo.ru/2002/7/1/article1.7.2002.html
8. Доля А. Внутренние угрозы ИТ-безопасности. // Byte-Россия [Електронний ресурс] — Режим доступу: www.bytemag.ru/?ID=603365
9. Доля А. Внутренние ИТ-угрозы в России 2006 // КомпьютерПресс N 5, 2007.
10. Грудзаев С. Полезные мелочи - Aladdin Security Solution // LAN [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://www.osp.ru/lan/2008/05/5068377/>
11. V.Satsyk R.Grudetsky, O.Kuzmych, N.Bahniuk, L.Hlynchuk Y.Melnichuk Reduction of Server Load by Means of CMS Drupal // IEEEExplore Digital Library, Published in: 2020 10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, Degendorf, 16-18 September 2020.

References

1. Antonyuk A.O. Fundamentals of information protection in automated systems: Textbook. manual - K .: V. House. "KM Academy", 2003. - 244 p.
2. Khoroshko V.O., Cherednichenko B.C., Shelest M.E. Fundamentals of Information Security / Ed. prof. V.O. Horoshko. - K .: ДУІКТ, 2008.- 186 с.
3. Beloved N.I., Petrovskaya N.A., Network attacks and protection against them // Collection of scientific articles "Development Management". - No. 7’2008. - Kh .: KhNEU, 2008. - P. 21-22.
4. Belozarov E.V. The method of ensuring the integrity and security of user data processing in information systems // Proceedings of the III International Scientific and Technical Conference "Modern Information and Communication Technologies / COMINFO’2007 /". - K .: ДУІКТ, 2007. - pp. 261-264.
5. Dorensky O.P. Research of potential threats to information system information security and analysis of their classification division // Collection of scientific works of Kirovograd National Technical University. - No. 19. - Kirovograd: KNTU, 2007. - P. 55-61.
6. Analytics [Electronic resource] - Access mode https://www.anti-malware.ru/analytics/Threats_Analysis
7. Astakhov A. Analysis of security of corporate automated systems // Jet Info [Electronic resource] - Access mode: www.jetinfo.ru/2002/7/1/article1.7.2002.html
8. Share A. Internal threats to IT security. // Byte-Russia [Electronic resource] - Access mode :: www.bytemag.ru/?ID=603365
9. Share A. Internal IT threats in Russia 2006 // ComputerPress N 5, 2007.
10. Grudzaev S. Useful little things - Aladdin Security Solution // LAN [Electronic resource] - Access mode :: <http://www.osp.ru/lan/2008/05/5068377/>
11. V.Satsyk R.Grudetsky, O.Kuzmych, N.Bahniuk, L.Hlynchuk Y.Melnichuk Reduction of Server Load by Means of CMS Drupal // IEEEExplore Digital Library, Published in: 2020 10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies , Degendorf, 16-18 September 2020.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-23>

УДК: 517.9, 519.85, 004.9

Димова Ганна Олегівна, к.т.н., доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-5294-1756>

Ларченко Оксана Валеріївна, к.с.-г.н., доцент,

<https://orcid.org/0000-0001-7857-0802>

Херсонський державний аграрний університет, м. Херсон, Україна

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ МЕРЕЖЕВОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Димова Г.О., Ларченко О.В. Розробка комп'ютерної програми розв'язання задач мережевої оптимізації. Статтю присвячено розробці комп'ютерної програми розв'язання мережових оптимізаційних задач для використання в навчальному процесі. Багато задач оптимізації можна сформулювати у формі тієї чи іншої задачі оптимізації на графах. У зв'язку з цим вивчення загальних властивостей задач оптимізації на графах набуває самостійного значення, а вивчення методів їх розв'язання традиційно відносять до необхідних елементів сучасної освіти, які формують алгоритмічний спосіб мислення.

Хоч загальна математична постановка задачі оптимізації на графах не дає будь-якої інформації відносно можливих методів її розв'язання, всі методи розв'язання таких задач можна умовно поділити на два класи:

- більшість відомих задач оптимізації на графах можуть бути сформульовані у формі математичної моделі цілочисельного або булевого програмування. В цьому випадку вибір способу їх розв'язання повністю визначається математичними властивостями відповідної постановки задачі;

- задачі оптимізації на графах можуть бути розв'язані із застосуванням спеціальних алгоритмів, які враховують специфічні особливості тих чи інших об'єктів графів і скінченну потужність множини можливих альтернатив (задачі комбінаторної оптимізації) [9].

У статті зроблено аналіз пакетів прикладних програм для розрахунку задач мережевої оптимізації та показана необхідність розробки комп'ютерної програми для розв'язання цих задач. Приведені алгоритми розв'язання мережових оптимізаційних задач (алгоритм Прима, алгоритм Флойда-Уоршелла та алгоритм Форда-Фалкерсона). Для реалізації програми обрано інтегроване середовище розробки програмного забезпечення Delphi 7.0. Розроблена та протестована комп'ютерна програма «Розрахунок характеристик комп'ютерних мереж».

Ключові слова: мережева оптимізація, мінімальне кістякове дерево, найкоротший шлях, максимальний потік, комп'ютерна програма.

Димова А.О., Ларченко О.В. Разработка компьютерной программы решения задач сетевой оптимизации. Статья посвящена разработке компьютерной программы решения сетевых оптимизационных задач для использования в учебном процессе. Многие задачи оптимизации можно сформулировать в форме той или иной задачи оптимизации на графах. В связи с этим изучение общих свойств задач оптимизации на графах приобретает самостоятельное значение, а изучение методов их решения традиционно относят к необходимым элементам современного образования, которые формируют алгоритмический способ мышления.

Хотя общая математическая постановка задачи оптимизации на графах не дает какой-либо информации относительно возможных методов ее решения, все методы решения таких задач можно условно разделить на два класса:

- большинство известных задач оптимизации на графах могут быть сформулированы в форме математической модели целочисленного или булевого программирования. В этом случае выбор способа их решения полностью определяется математическими свойствами соответствующей постановки задачи;

- задачи оптимизации на графах могут быть решены с применением специальных алгоритмов, учитывающих специфические особенности тех или иных объектов графов и конечную мощность множества возможных альтернатив (задачи комбинаторной оптимизации) [9].

В статье сделан анализ пакетов прикладных программ для расчета задач сетевой оптимизации и показана необходимость разработки компьютерной программы для решения этих задач. Приведены алгоритмы решения сетевых оптимизационных задач (алгоритм Прима, алгоритм Флойда-Уоршелла и алгоритм Форда-Фалкерсона). Для реализации программы выбрана интегрированная среда разработки программного обеспечения Delphi 7.0. Разработана и протестирована компьютерная программа «Расчет характеристик компьютерных сетей».

Ключевые слова: сетевая оптимизация, минимальное остоное дерево, кратчайший путь, максимальный поток, компьютерная программа.

Dymova H., Larchenko O. Development of a computer program for solving network optimization problems. The article is devoted to the development of a computer program for solving network optimization problems for use in the educational process. Many optimization problems can be formulated in the form of one or another optimization problem on graphs. In this regard, the study of the general properties of optimization problems on graphs acquires an independent significance, and the study of methods for their solution is traditionally attributed to the necessary elements of modern education that form an algorithmic way of thinking.

Although the general mathematical formulation of the optimization problem on graphs does not provide any information on possible methods for its solution, all methods for solving such problems can be conditionally divided into two classes:

- most of the known optimization problems on graphs can be formulated in the form of a mathematical model of integer or Boolean programming. In this case, the choice of the way to solve them is completely determined by the mathematical properties of the corresponding problem statement;

- optimization problems on graphs can be solved using special algorithms that take into account the specific features of certain graph objects and the finite cardinality of the set of possible alternatives (combinatorial optimization problems) [9].

The article analyzes the packages of applied programs for calculating network optimization problems and shows the need to develop a computer program to solve these problems. Algorithms for solving network optimization problems (Prim's algorithm, Floyd-Warshall's algorithm and Ford-Fulkerson's algorithm) are presented.

Delphi 7.0 integrated software development environment was chosen to implement the program. The computer program "Calculation of the characteristics of computer networks" has been developed and tested.

Keywords: network optimization, minimum spanning tree, shortest path, maximum flow, computer program.

Постановка проблеми. Задачею оптимізації в математиці називається задача про знаходження екстремуму (мінімуму або максимуму) речової функції в деякій області.

Методи, за допомогою яких розв'язуються задачі оптимізації, підрозділяються на види, які відповідають завданням, до яких вони застосовуються [1-3]:

- 1) локальні методи;
- 2) глобальні методи.

Існуючі в даний час методи пошуку можна розбити на три великі групи: детерміновані; випадкові; комбіновані.

Оскільки галузь телекомунікаційних технологій є найбільш розвинутою в теперішній час, одним з найважливіших питань є оптимізація в галузі комп'ютерних мереж і телекомунікацій. До класичних задач в галузі телекомунікацій входять [5, 7, 9, 11]:

- побудова мінімального кістякового дерева;
- пошук найкоротшого шляху в мережевому графі;
- визначення максимального потоку в мережі.

На даний час є кілька комп'ютерних програм, які забезпечують розв'язання задач мережевої оптимізації, але, з різних причин, не являються зручними у використанні. Тому стає задача розробки зручної комп'ютерної програми розрахунку характеристик комп'ютерної мережі для використання здобувачами вищої освіти в навчальному процесі.

Аналіз досліджень. Для розв'язання задач оптимізації використовується спеціальне програмне забезпечення, до якого відносяться, наприклад, засоби пошуку рішень і аналізу даних в програмі Microsoft Excel, а також спеціальний пакет прикладних програм QSB + (Quantitative Systems for Business Plus).

Пакет прикладних програм QSB + володіє дуже великими можливостями. Він включає в себе 16 програм – майже вичерпний набір запрограмованих математичних методів, необхідних для обґрунтування рішень. Ось деякі з можливих областей їх застосування:

- прогнозування;
- планування виробництва;
- управління запасами;
- планування та розміщення об'єктів;
- календарне планування та впорядкування робіт;
- планування робіт над проектами;
- задачі з ризиками;
- задачі призначення;
- задачі лінійного та нелінійного програмування;
- мережеве моделювання та ін.

Ця програма дозволяє розв'язувати задачі лінійного та динамічного програмування, а також задачі оптимізації на мережевих графах, такі, як пошук мінімального кістякового дерева, знаходження найкоротшого шляху, розрахунок максимального потоку. Проте програма має наступні недоліки: незручний інтерфейс, який був розроблений ще для операційної системи MS-DOS, відсутність графічної інтерпретації розв'язуваних задач та досить складне введення вхідних даних.

Зараз існують доволі багато програм, які реалізують розрахунок задач з теорії графів. Ще одною з таких програм є Grin-50.

Програма Grin-50, на відміну від QSB+, розв'язує лише задачі, пов'язані з оптимізацією в мережевих графах: пошук мінімального кістякового дерева, розрахунок найкоротшого шляху, максимального потоку в мережевому графі та задачу комівояжера.

В цій програмі присутні такі недоліки:

- розрахунок найкоротших шляхів проходить за алгоритмом Дейкстри, який, на жаль, не є універсальним (він розраховує найкоротший шлях тільки від заданої вершини);
- досить складно знайти вікно налаштувань з'єднання (встановлення пропускної здатності або тривалості доступу до мережевого вузла).

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів. Задачі оптимізації на графах у початковій постановці використовують поняття орієнтованого або неорієнтованого графа. В додаток до загальних властивостей графа стосовно типової задачі оптимізації розглядаються спеціальні об'єкти, такі як шляхи, дерева та потоки. При цьому кожному такому об'єкту ставиться у

відповідність деяке кількісне значення цільової функції, яке розраховується для конкретного графа. Таким чином, окрема задача оптимізації на графі формулюється як знаходження такого спеціального об'єкта, якому відповідає максимальне або мінімальне значення цільової функції [10].

Деревом називається зв'язна множина неорієнтованих ребер (дуг), в якому не містяться цикли. Таким чином, якщо задана множина m вузлів, з'єднаних неорієнтованими ребрами, то для побудови дерева необхідно виділити підмножину, яка складається з $(m - 1)$ дуг [2]. Інакше кажучи, кожний вузол з'єднаний з іншим вузлом одним-єдиним шляхом.

Розглянемо граф, що містить n вузлів, сукупність яких утворює множину S . Кістяковим деревом називається зв'язна множина, яка складається з $(n - 1)$ дуг (ребер) і n вузлів [2]. Із будь-якої власної підмножини множини S може бути утворене дерево, яке, однак, може не бути кістяковим деревом вихідної мережі (якщо воно включає не всі вузли початкового графа). Припускаємо, що кожній дузі, що з'єднує вузли i та j з множини S , приписано число C_{ij} , яке називається відстанню, або вагою, дуги. Найкоротшим кістяком називається такий кістяк графу, у якого сума ваг C_{ij} всіх його дуг мінімальна [1, 2].

Таким чином, задача про найкоротший кістяк складається у виборі таких дуг заданого графу, що їх сумарна вартість мінімальна і для будь-якої пари вузлів знайдеться шлях (або маршрут), що з'єднує їх. Цього можна досягнути, вибираючи дуги так, що утворене ними дерево з'єднає всі вузли заданого графу. Алгоритм починає роботу з вибору довільного вузла графу і найкоротшої дуги з множини дуг, що з'єднує цей вузол з іншими вузлами. З'єднаймо два вузла вибраною дугою. Виберемо найближчу до цих вузлів третій вузол. Додаємо цей вузол і відповідну дугу до мережі. Продовжуємо даний процес до тих пір, доки всі вузли не будуть з'єднані між собою [9].

Опишемо покроково цей алгоритм:

- 1) використовуючи вузли початкової мережі, визначимо наступні дві множини: S – множина з'єднаних вузлів; Ω – множина нез'єднаних вузлів. Спочатку всі вузли належать множині Ω ;
- 2) обираємо довільний вузол з множини Ω і з'єднуємо його з найближчим сусіднім вузлом; ці два вузла переносимо з множини Ω в множину S ;
- 3) серед всіх дуг, що з'єднують вузли з множини S з вузлами з множини Ω , вибираємо найкоротшу дугу. Кінцевий вузол цієї дуги, що лежить в множині Ω , переносимо в множину S ;
- 4) виконуємо крок 3 доти, доки всі вузли не будуть належати множині S .

Безліч задач оптимізації пов'язані саме з пошуком найкоротших шляхів. Як результат – пошук шляху в сучасному світі використовується практично скрізь: від систем глобального позиціонування «GPS» і «ГЛОНАСС» для знаходження найкоротшого маршруту серед міських вулиць і шляхів між містами, у військових і цивільних системах автопілотування, в транспортно-експедиційному обслуговуванні – і аж до маршрутизації пакетів мережі в Internet. Для пошуку шляхів в графі існує досить багато алгоритмів різного ступеня швидкодії, ресурсоемності, точності і складності – починаючи з примітивних алгоритмів пошуку в ширину і в глибину, закінчуючи продуктивними і потужними алгоритмами Дейкстри, Беллмана-Форда і Флойда-Уоршелла.

Алгоритм Флойда-Уоршелла є динамічним алгоритмом для знаходження найкоротших відстаней між усіма вершинами зваженого орієнтованого графа. Більш суворе формулювання цієї задачі наступне: є орієнтований граф $G = (V, E)$ кожній дузі $v \rightarrow w$ цього графа співставлена невід'ємна вартість $C[v, w]$. Загальна задача знаходження найкоротших шляхів полягає в знаходженні для кожної впорядкованої пари вершин v, w будь-якого шляху від вершини v до вершини w , довжина якого мінімальна серед усіх можливих шляхів від v до w [5, 6].

Для визначеності припустимо, що вершини графа послідовно пронумеровані від 1 до n . Алгоритм Флойда-Уоршелла використовує матрицю $\mathbf{D}$ розміру $n \times n$, в якій обчислюються довжини найкоротших шляхів. Спочатку $D[i, j] = C[i, j]$ для всіх $i \neq j$. Якщо дуга $i \rightarrow j$ відсутня, то $C[i, j] = \infty$. $D[i, i] = 0$.

Над матрицею $\mathbf{D}$ виконується n ітерацій. Після k -ї ітерації $D[i, j]$ містить значення найменшої довжини шляхів з вершини i до вершини j , які не проходять через вершини з номером, більшим k . Іншими словами, між кінцевими вершинами шляху i та j можуть знаходитися тільки вершини, номери яких менше або дорівнюють k . На k -й ітерації для обчислення матриці $\mathbf{D}$ застосовується наступна формула:

$$D_k[i, j] = \min(D_{k-1}[i, j], D_{k-1}[i, k] + D_{k-1}[k, j]) \quad (1)$$

Нижній індекс k позначає значення матриці $\mathbf{D}$ після k -ї ітерації, але це не означає, що існує n різних матриць, цей індекс використовується для скорочення запису. Для обчислення $D_k[i, j]$ проводиться порівняння величини $D_{k-1}[i, j]$ (тобто вартість шляху від вершини i до вершини j без участі вершини k чи іншої вершини з більш високим номером) з величиною $D_{k-1}[i, k] + D_{k-1}[k, j]$ (вартість

шляху від вершини i до вершини k плюс вартість шляху від вершини k до вершини j). Якщо шлях через вершину k коротше, ніж $D_{k-1}[i, j]$, то величина $D_k[i, j]$ змінюється.

Методи розв'язання задачі про максимальний потік у графі застосовуються на транспортних, комунікаційних, електричних мережах, при моделюванні різних процесів фізики і хімії, в деяких операціях над матрицями, для розв'язання родинних задач теорії графів, і навіть для пошуку Web-груп в WWW. Найбільш реалізованим в безлічі застосувань є алгоритм Форда-Фалкерсона, розрахунок за яким сучасні комп'ютери проводять за доли секунди.

Дано граф $G = \{A, B\}$, де A – множина вузлів, B – множина дуг [8, 9]. Граф G має одне джерело s і один стік t . Дуги b_{ij} мають обмежену пропускну здібність.

$$f_{ij} \leq U_{ij}, \quad (2)$$

де f_{ij} – можливий потік через гілку b_{ij} ;

U_{ij} – задане значення пропускну здібності для гілки b_{ij} .

Величина потоку з джерела не обмежена і в кожному проміжному вузлі виконується умова збереження потоку.

$$\sum_i f_{ij} - \sum_i f_{ji} = 0, \quad i \neq s, \quad i \neq t, \quad (3)$$

Задача складається у визначенні дугових потоків f_{ij} таких, щоб загальний потік з джерела s в стік t був максимальним:

$$\sum_{i \neq j} f_{ij} \rightarrow \max, \quad (4)$$

Задача розв'язується за допомогою ітераційної процедури розстановки поміток вузлів. Кожна помітка вказує величину потоку та його джерело, і може бути як позитивною, так і негативною.



Рис. 1 – Помітки вузлів: q_i , q_j – кількість одиниць потоку

Позитивна помітка збільшує потік по гілці b_{ij} , але так, щоб сумарний потік не перевищував U_{ij} ; негативна помітка зменшує потік по гілці b_{ij} , але так, щоб він не став від'ємним.

Вузли помічаються послідовно від 1 до n .

Якщо вузол a_i помічений, то a_j можна помітити з нього по прямій гілці на величину не більшу, за $q_i = \min [q_i; U_{ij} - f_{ij}]$, а по оберненій гілці на величину $q_j = \min [q_i; f_{ij}]$.

На кожній ітерації джерело помічається міткою $[\infty; -]$ і розставляються мітки інших вузлів по одному із шляхів з джерела до стоку. Коли доходить черга до стоку, йому приписується мітка $[+U_n; k]$. Тобто потік в мережі можна збільшити на U_n ; після чого всім дугам шляху, що розглядається, приписується $f_{ij} = U_n$.

Потім всі мітки стираються і переходять до наступної ітерації. Алгоритм закінчує роботу, якщо жоден вузол мережі вже не може бути поміченим.

Програмний додаток розв'язування задач мережевої оптимізації реалізований в середовищі візуального програмування Delphi 7.0 фірми Borland [4].

Для розглянутих задач мережевої оптимізації розроблена блок-схема алгоритму (рис. 2), на підставі якої реалізована комп'ютерна програма для розв'язання задач.

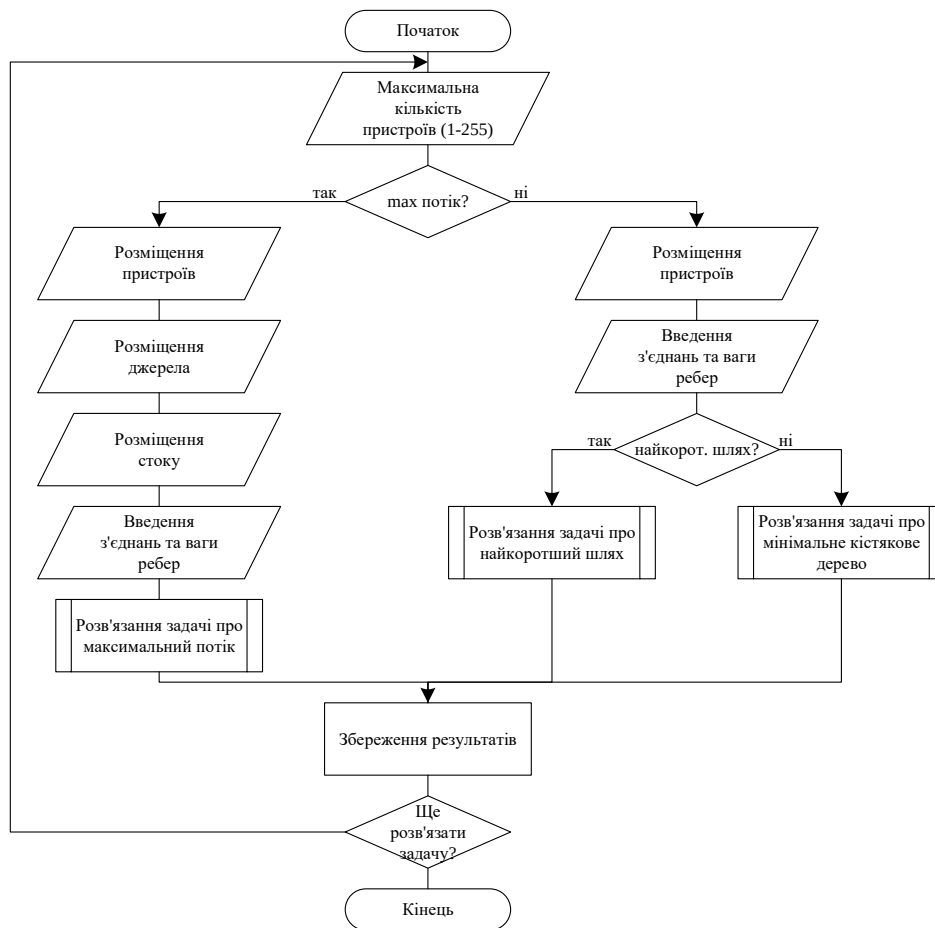


Рис. 2 – Блок-схема алгоритму комп'ютерної програми розв'язання задач мережевої оптимізації

При запуску програми на екран виводиться меню (рис. 3), в якому пропонується 2 варіанти для вибору задачі: побудова мінімального кістякового дерева і розрахунок найкоротших шляхів, розрахунок максимального потоку в мережі.

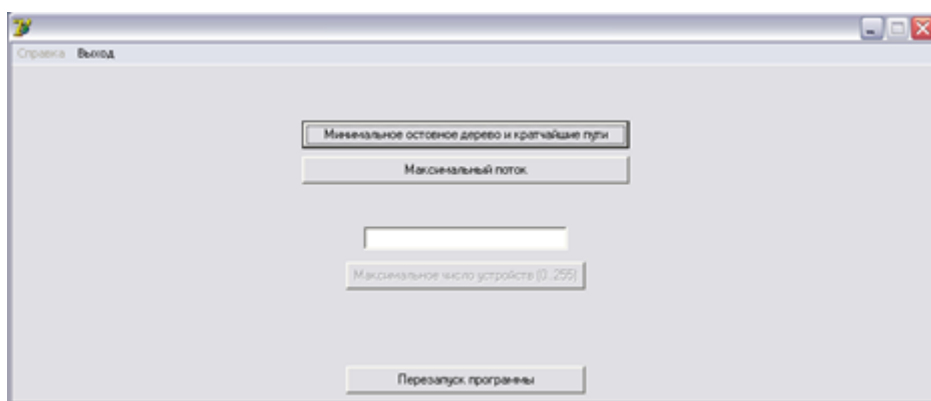


Рис. 3 – Головне меню програми

Необхідно обрати один з пунктів, далі слід ввести до поля вводу максимальне число пристроїв – вершин (для розрахунку максимального потоку – за виключенням джерела та стоку).

При виборі пункту «Минимальное остовное дерево и кратчайшие пути» (рис. 4), на екрані з'являється робоче поле та панель, на якій розташовані кнопки розміщення пристроїв та ребер. Для коректної побудови розв'язання задач необхідно, щоб побудований граф був зв'язним, тобто, щоб будь-які дві вершини були з'єднані послідовністю ребер.

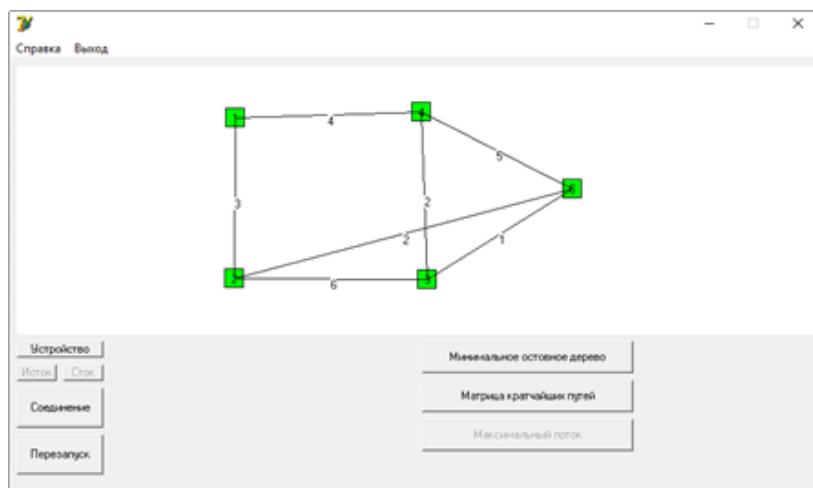


Рис. 4 – Интерфейс вікна побудови мінімального кістякового дерева та розрахунку найкоротших шляхів з вхідними даними

Отже, встановивши вершини та сполучення між ними, натискаємо на кнопку «Минимальное остовное дерево» та отримуємо результат, виділений червоним (рис. 5).

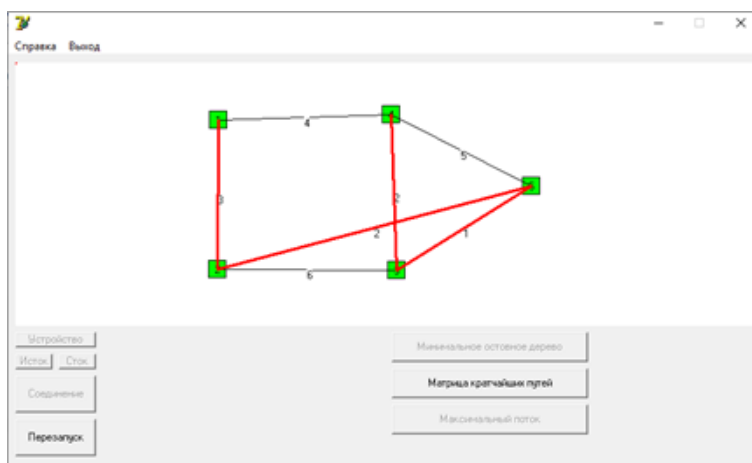


Рис. 5 – Результат побудови мінімального кістякового дерева

Також можна подивитись матрицю найкоротших шляхів за допомогою кнопки «Матрица кратчайших путей» (рис. 6).

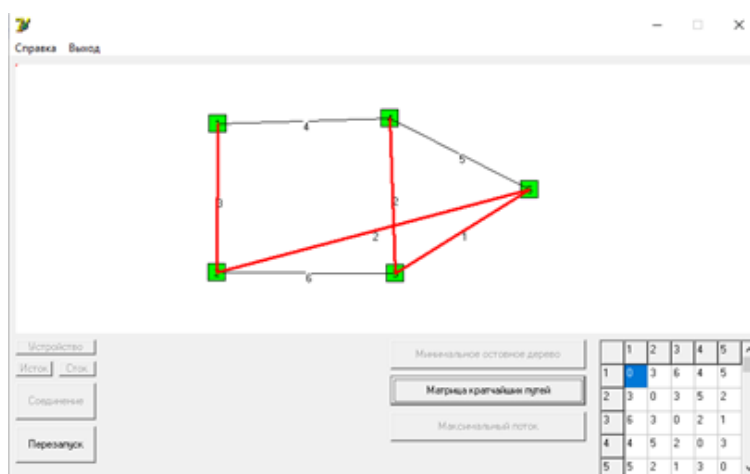


Рис. 4 – Результат розрахунку найкоротших відстаней

При виборі розрахунку максимального потоку, будується орієнтований граф (рис. 5). Обов'язково необхідно встановити джерело (може бути лише початком ребра) та стік (може бути лише кінцем ребра).

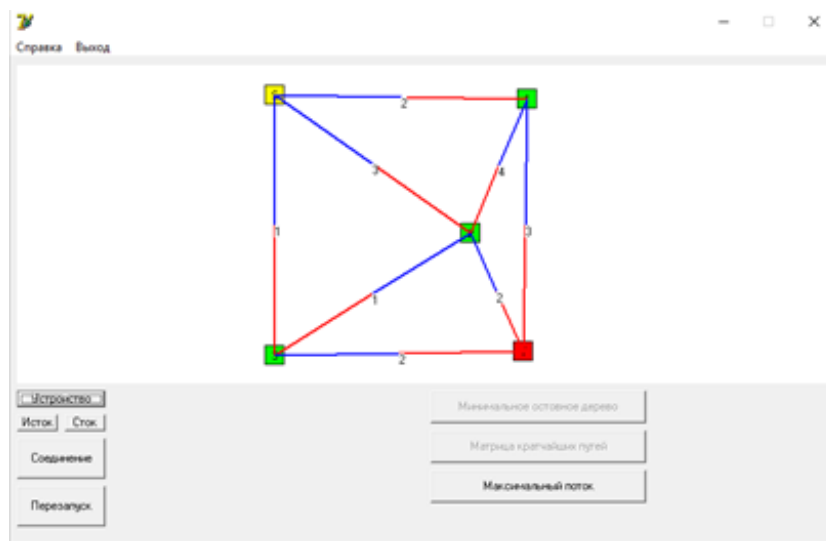


Рис. 5 – Интерфейс вікна розрахунку максимального потоку з вхідними даними

За допомогою кнопки «Максимальный поток» отримаємо значення максимального потоку від джерела до стоку. (рис. 6)

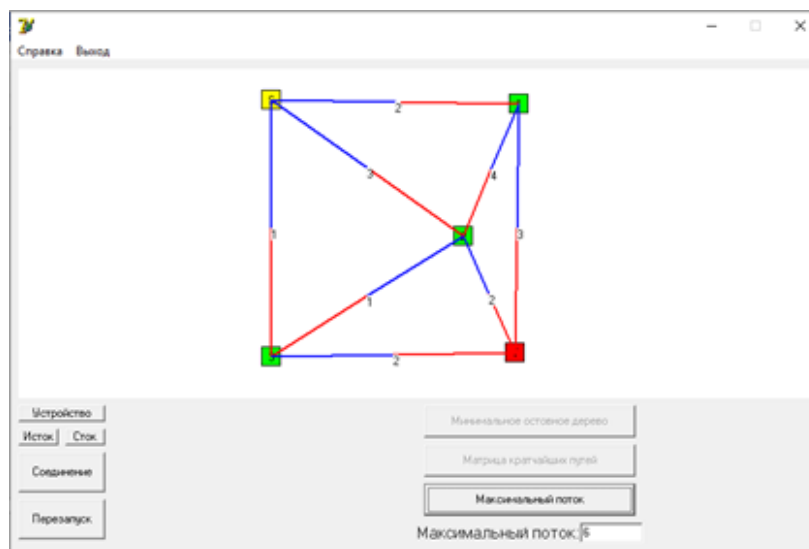


Рис. 6 – Результат розрахунку максимального потоку

Для користування програмним додатком для розв'язання задач мережевої оптимізації були розроблені інструкції (рис. 7, 8).

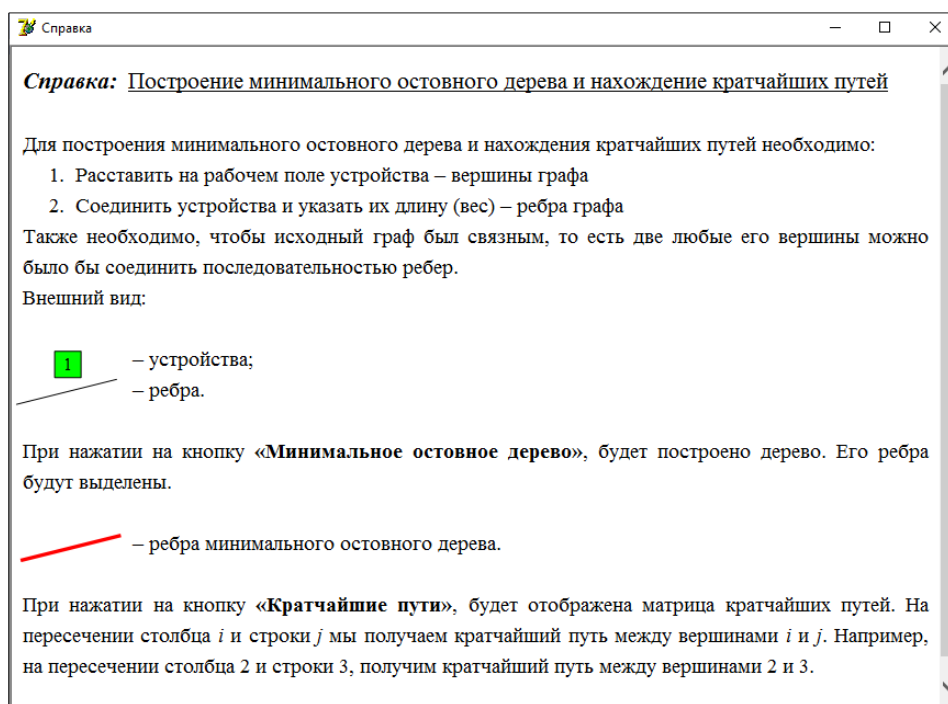


Рис. 7 – Интерфейс вікна довідки для побудови мінімального кістякового дерева та розрахунку найкоротших шляхів

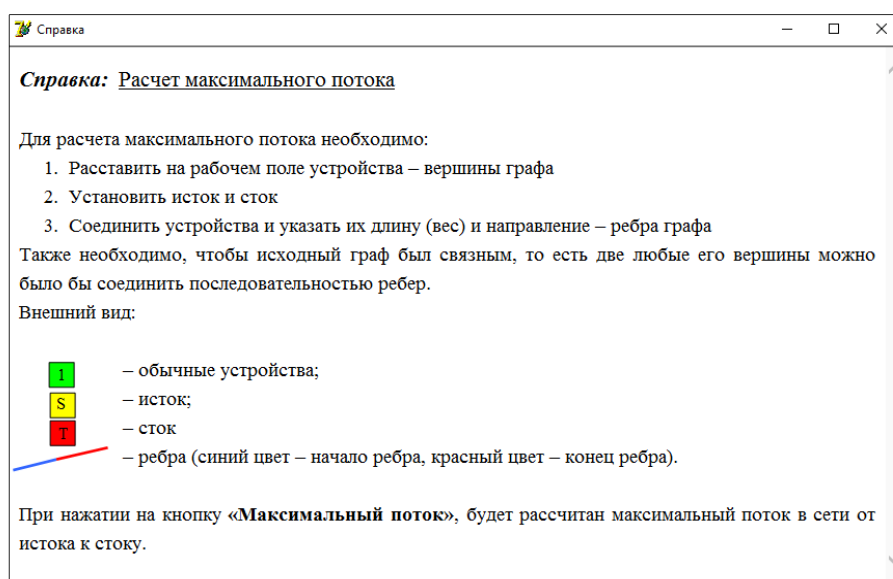


Рис. 8 – Интерфейс вікна довідки для розрахунку максимального потоку

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Стаття присвячена розробці комп'ютерної програми для розв'язування мережових оптимізаційних задач з метою необхідності перевірки результатів розв'язання задач мережової оптимізації для дисциплін «Оптимізаційні методи та моделі», «Комп'ютерні мережі» та «Мережеві технології». Проведений аналіз пакетів прикладних програм для розрахунку задач мережової оптимізації. Доказана необхідність розробки програмного додатку для перевірки розрахунків характеристик комп'ютерної мережі. Розглянуті алгоритми розв'язання оптимізаційних задач з теорії графів таких як, задача про мінімальне кістякове дерево за допомогою алгоритма Прима, задача про найкоротший шлях за допомогою алгоритма Флойда-Уоршелла, задача про максимальний потік за допомогою алгоритма Форда-Фалкерсона. Розроблений алгоритм роботи комп'ютерної програми для розв'язання цих задач. Реалізований програмний додаток та зроблене його тестування. Комп'ютерна програма є зручною, простою у використанні та побудована на універсальних алгоритмах розрахунку характеристик комп'ютерних мереж.

Список бібліографічного опису

1. Акимов О.Е. Дискретная математика. Логика, группы, графы. М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. 376с.
2. Андерсон Дж. Дискретная математика и комбинаторика. М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. 960 с.
3. Горбатов В.А. Фундаментальные основы дискретной математики. М.: Наука. Физматлит, 2000. 544с.
4. Осипов Д. Delphi. Профессиональное программирование М.:Символ-Плюс, 2006 1056 с.
5. Дискретная математика и математические вопросы кибернетики. Ред. С.В. Яблонского, А.А. Лупанова. М.: Наука, 1974. 278 с.
6. Капітонова Ю.В. и др. Основи дискретної математики. К.: Наукова думка, 2002. 579с.
7. Математичні основи теорій телекомунікаційних систем. В.В. Поповський, С.О. Сабурова, В.Ф. Олійник, Ю.І. Лосев, Д.В. Агеев та ін.: Ред. В.В. Поповського. Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. 564 с.
8. Мельников В.Н. Логические задачи. К.; Одесса: Выща шк., 1989. 344 с.
9. Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов. СПб.: Питер, 2002. 304 с.
10. Оре О. Теория графов. М. Мир, 1968. 426 с.
11. Стеклов В.К., Кільчицький Є.В. Основи управління мережами і послугами телекомунікацій: Підруч. для вищ. навч. закл. за напрямком «Телекомунікації». Ред. В.К. Стеклова. К.: Техніка, 2002. 438 с.

References

1. Akimov O.E. Discrete mathematics. Logic, groups, graphs. M. : Laboratory of basic knowledge, 2001.376 p.
2. Anderson J. Discrete mathematics and combinatorics. M. : Publishing house "Williams", 2003. 960 p.
3. Gorbатов V.A. Fundamental principles of discrete mathematics. M. : Science. Fizmatlit, 2000.544 p.
4. Osipov D. Delphi. Professional programming. M.: Symbol-Plus, 2006 1056 p.
5. Discrete mathematics and mathematical problems of cybernetics. Ed. S.V. Yablonsky, A.A. Lupanov. M.: Science, 1974. 278 p.
6. Kapitonova Yu.V. etc. Fundamentals of discrete mathematics. K. : Naukova dumka, 2002. 579p.
7. Mathematical bases of theories of telecommunication systems. V.V. Popovsky, S.O. Saburova, V.F. Oliynyk, Yu.I. Losev, DV Ageev et al. . Ed. V.V. Popovsky. Kharkiv: SMIT Company LLC, 2006. 564 p.
8. Melnikov V.N. Logical problems. K.; Odessa: Vyshcha school, 1989. 344 p.
9. Novikov F.A. Discrete mathematics for programmers. SPb.: Peter, 2002. 304 p.
10. Ore O. Graph Theory. M. : Mir, 1968.426 p.
11. Steklov V.K., Kilchytsky E.V. Fundamentals of management of telecommunications networks and services: Textbook. for higher textbook lock in the direction of "Telecommunications". Ed. V.K. Steklova. K. : Tehnika, 2002. 438 p.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-24>

УДК 004.522

Дмитренко Тарас Васильович, асистент

<https://orcid.org/0000-0002-2339-2903>

Національний авіаційний університет

МЕТОДИКА ОБРОБКИ АУДІО-СИГНАЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ АЛГОРИТМІВ НА БАЗІ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON

Дмитренко Т. В. Методика обробки аудіо-сигналів за допомогою алгоритмів на базі мови програмування Python. Проведено аналіз можливості застосування інтерпретовано об'єктно-орієнтованої мови програмування при обробці масивів аудіоданих як цифрового способу представлення звукових сигналів. Продемонстровано принцип використання з зазначеною метою мови програмування високого рівня зі строгою динамічною типізацією Python. Визначено особливості застосування у даній галузі таких модулів (python-бібліотек) як: NumPy, SciPy та Matplotlib. Наведено методи обробки та модифікації масивів аудіоданих з метою їх подальшого застосування у мультимедійних комп'ютерних мережах. Побудовано математичну модель обробки аудіо-даних, ефективність якої перевірено на базі відповідних програмних алгоритмів. Показано можливість вирішення актуальних задач та дослідження теоретичних аспектів проблеми області обробки аудіо-даних шляхом використання інтерпретовано об'єктно-орієнтованої мови програмування і спеціалізованих бібліотек з відкритим кодом.

Ключові слова: цифрова обробка аудіо-даних, високорівнева мова програмування Python, python-бібліотеки, NumPy, SciPy, Wave, Matplotlib.

Дмитренко Т. В. Методика обработки аудио сигналов с помощью алгоритмов на базе языка программирования Python. Проведен анализ возможности применения интерпретируемого объектно-ориентированного языка программирования при обработке массивов аудиоданных как цифрового способа представления звуковых сигналов. Продемонстрирован принцип использования с указанной целью языка программирования высокого уровня со строгой динамической типизацией Python. Определены особенности применения в данной области таких модулей (python библиотек) как: NumPy, SciPy и Matplotlib. Приведены методы обработки и модификации массивов аудиоданных с целью их дальнейшего применения в мультимедийных компьютерных сетях. Построена математическая модель обработки аудиоданных, эффективность которой проверена на базе соответствующих программных алгоритмов. Показана возможность решения актуальных задач и исследования теоретических аспектов проблем в области обработки аудиоданных путем использования интерпретируемого объектно-ориентированного языка программирования и специализированных библиотек с открытым кодом.

Ключевые слова: цифровая обработка аудиоданных, высокоуровневый язык программирования Python, python-библиотеки, NumPy, SciPy, Matplotlib.

Dmitrenko T. V. A technique for processing audio signals using algorithms based on the Python programming language. The analysis of the possibility of using an interpreted object-oriented programming language when processing arrays of audio data as a digital way of representing audio signals is carried out. The principle of using the high-level programming language Python with strong dynamic typing for the indicated purpose is demonstrated. The features of application in this area of epy modules (python libraries) NumPy, SciPy and Matplotlib have been determined. Methods for processing and modifying audio data arrays are presented for further use in multimedia computer networks. A mathematical model of audio data processing has been built, the efficiency of which has been tested on the basis of appropriate software algorithms. The possibility of solving urgent problems and studying the theoretical aspects of problems in the area of audio data processing by using an interpreted object-oriented programming language and specialized open source libraries is shown.

Key words: digital processing of audio data, high-level programming language Python, python libraries, NumPy, SciPy, Matplotlib.

1. Вступ

На сьогоднішній день в області інформаційних технологій (ІТ) найбільш актуальною проблемою є побудова ефективних алгоритмів обробки великих об'ємів даних. Для виділення зазначеної галузі як методології по роботі з окремим класом задач було запропоновано ввести таке поняття як «великі дані» (Big Data), яке відповідає опису структурованих та неструктурованих масивів даних настільки великих розмірів, що стандартні методи аналізу і обробки на автоматичному та напівавтоматичному рівні до них не можуть бути застосовані. Вирішення проблеми розробки алгоритмів ефективної роботи з великими даними також відповідає актуальному завданню впровадження концепції машино-машинної взаємодії (machine to machine, M2M), що, у свою чергу, базується на системах обробки великих обсягів мультимедійних даних у режимі реального часу і використовується у сучасних системах доступу, безпеки, моніторингу та ін.

Одним з найбільш важливих завдань, що можуть бути представлені у галузі роботи з великими даними, є обробка масивів аудіо-даних. Наявність відповідного програмного забезпечення як вузькоспеціалізованого інструментарію, що може бути використано за умови наявності підготовленого оператора, очевидно, не вирішує поставлене завдання. Зазначені модулі програмного забезпечення характеризуються налаштованістю під конкретні задачі, а також закритим кодом і, відповідно, вони не можуть бути модифіковані та включені до M2M-системи аналізу. Слід окремо зазначити, що вимоги по розробці сучасних систем машинного аналізу великих даних вказують на необхідність побудови гнучких алгоритмів і масштабованих апаратно-програмних комплексів, що модифікуються

відповідно проведеного аналізу та внесенню змін у формулювання базового завдання. Для цього необхідно також провести вдосконалення роботи з даними на рівні «людина-машина» (person to machine, P2M), зокрема, на рівні візуального представлення процесу обробки аудіо-сигналів, що надає можливість побудувати математичну модель та ефективно модифікувати її у процесі виконання практичних задач.

Таким чином, **постановка проблеми** даного дослідження включатиме у себе наступні складові:

- ② побудова узагальненої математичної моделі процесу обробки аудіо-сигналів, що може бути використана при роботі з широким класом задач;
- ② розробка методологічних рекомендацій по візуальному представленню процесу обробки аудіо-сигналів;
- ② вирішення задачі обробки великих об'ємів аудіо-даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій присвячених проблемі обробки великих обсягів аудіо-даних включав у себе як дослідження по розробці стандартних програмних алгоритмів [1-3], так і дослідження по побудові нейромережових методик обробки [4, 5]. Проведений аналіз вказав на те, що стандартні програмні засоби обробки характеризуються меншим навантаженням на обчислювальний ресурс апаратно-програмного комплексу, тому для ряду практичних задач зазначений підхід може бути розглянуто як пріоритетний. Було зазначено, що ефективні підходи по обробці масивів аудіо-даних було реалізовано на базі спеціалізованих бібліотек та додатків процедурно-імперативних мов програмування загального призначення [6, 7], а також таких програмних інструментів обробки матриць числових даних як MATLAB, Scilab і «WolframMathematica» [8-10]. Розглянуті підходи надають можливість побудувати математичний апарат та провести ефективну обробку аудіо-сигналів з візуалізацією окремих складових процесу, у тих межах, що були представлені розробником. **Виділення невирішеної частини проблеми**, таким чином, полягає у відсутності відкритого програмного коду, який можна модифікувати алгоритми, розширити функціонал відповідно до поставленої задачі та впровадити отриманий код у загальну систему машинного аналізу великих масивів аудіо-даних.

Відповідно до проведеного аналізу **мета дослідження** полягає у побудові математичної моделі процесу обробки аудіо-сигналів та розробці методології побудови алгоритмів машинної обробки великих об'ємів аудіо-даних, що включає у себе етапи візуалізації складових процесу.

2. Методологія дослідження

Розглянемо та формалізуємо процес цифрового запису та обробки аудіо-даних. Запропонована модель (рис. 1) включає у себе наступні складові: параметри вхідного потоку та зовнішнього середовища, у якому відбувається процес аудіо запису, параметри програмно-апаратного комплексу системи аудіо-запису та набір процедур, що виконується оператором, система обробки масиву аудіо-даних, результати обробки та візуалізація процесу обробки.

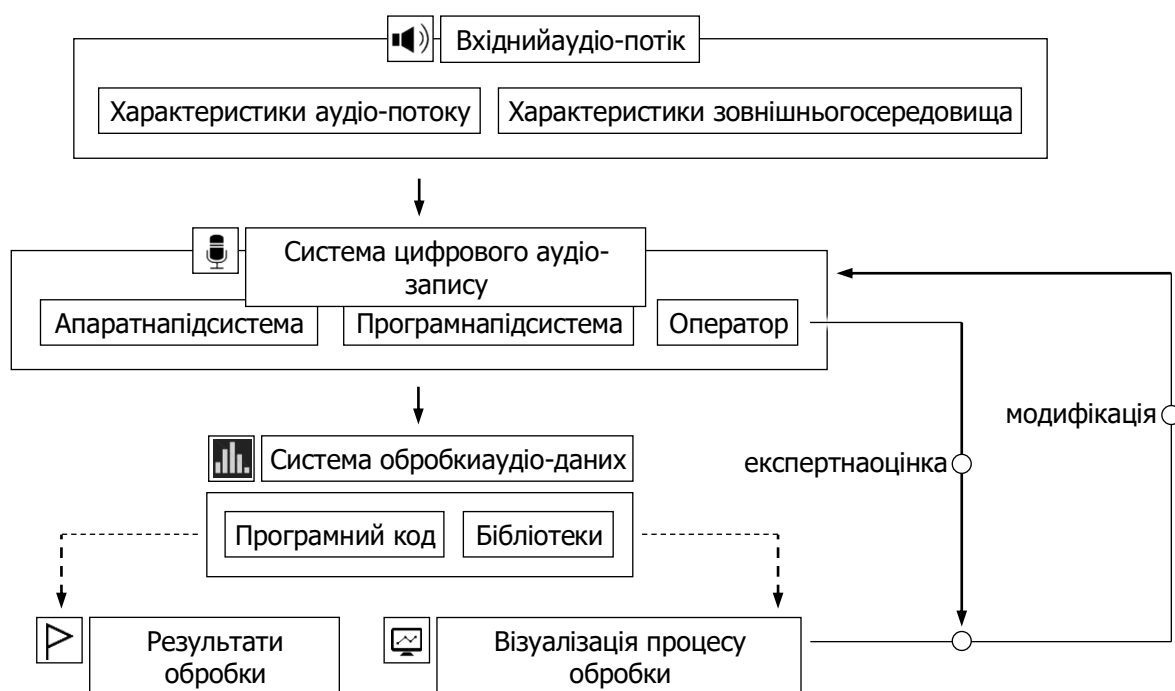


Рисунок 1. Базова схема системи цифрового аудіо-запису і обробки і аудіо-даних.

Характерно, що представлений узагальнений алгоритм обробки і аудіо-даних є нелінійним: як можна побачити на основі отриманих результатів та візуалізації процесу обробки проводиться експертна оцінка і оптимізуються система цифрового аудіо-запису та алгоритми роботи за вхідними даними. Таким чином, система реєстрації і обробки аудіо-даних може бути модифікована та вдосконалена відповідно до уточнення поставленого завдання, зміни зовнішніх умов або розширенню апаратно-програмного комплексу загальної системи.

У рамках даного дослідження головним завданням є пошук оптимального програмного інструментарію на основі якого можна реалізувати схему ефективної обробки великих обсягів великих масивів аудіо-даних у режимі реального часу. При виборі спеціалізованого програмного забезпечення необхідно враховувати наступні ключові характеристики:

- ❑ наявність відкритого програмного коду з можливістю його модифікації та включення у систему аналізу і обробки;
- ❑ рівень підтримки аналітичних операцій, обмеження розрядної сітки при розрахунках та кількість символічно-аналітичних операцій;
- ❑ інтерфейс роботи з програмним кодом, можливість оперативного внесення правок;
- ❑ стабільність роботи програмного забезпечення при високому рівні навантаження на обчислювальний ресурс системи та низькій оптимізації програмного коду;
- ❑ можливість інтеграції засобів обробки з сучасними технологіями та розподіленими масштабованими системами, такими як веб-фреймворки, хмарні сервіси і мобільні додатки.

Такими чином у рамках дослідження перевагу було надано інтерпретовано об'єктно-орієнтованій мові програмування високого рівня зі строгою динамічною типізацією Python та відповідним спеціалізованим бібліотеками з відкритим кодом NumPy, Matplotlib і SciPy, що дозволяють поєднати потужність і гнучкість системи обробки масивів даних. Python є мультиплатформним засобом програмування з широким набором засобів розробки, що оптимальним чином може бути інтегрована до коду написаними на іншій мові програмування, веб-фреймворку та програмного додатку [13]. Характерними особливостями є представлення коду програми у вигляді скриптів, підтримка всіх парадигм програмування (зокрема, об'єктно-орієнтовного програмування), наявність інтерпретатора, що конвертує мову високого рівня у машинний бінарний код, а також підсистема автоматичного керування ресурсами пам'яті.

NumPy і SciPy є бібліотеками Python, які використовуються для проведення математичного аналізу. Бібліотека NumPy містить інформацію про роботу з масивами та операції сортування і індексація. Бібліотека SciPy, у свою чергу, є числовим кодом, що розширює можливість роботи у області лінійної алгебри, перетворення Фур'є та ін. [12].

Matplotlib є пакетом Python, що використовується для візуалізації даних. Це кроссплатформна бібліотека для створення 2D графіків на основі масивів даних. Matplotlib базується на бібліотеці NumPy, як числовому розширенні для Python [11]. У рамках застосування зазначеного пакету розробнику пропонується об'єктно-орієнтований інтерфейс прикладного програмування (application programming interface, API) який додає графічні функції на базі інструментарію «Python GUI», PyQt і wxPython or Tkinter. Програмний пакет Matplotlib використовує процедурний інтерфейс PyLab, що є близьким до MATLAB з відкритим вихідним кодом [11].

Слід окремо зазначити, що зазначені бібліотеки Python працюють з цифровим аудіо-сигналом. Таким чином якість обробки аудіоданих значною мірою залежить від процедур дискретизації та квантування по рівням вхідного аудіо-сигналу, що має бути включено до аналізу при проведенні модифікації системи реєстрації і обробки даних.

3. Результати дослідження

Відповідно до запропонованої методології дослідження на базі мови програмування Python було побудовано базовий алгоритм роботи з масивами аудіоданих, що складався з наступних елементів:

- ❑ підключення бібліотек NumPy і SciPy для роботи з математичними функціями;
- ❑ підключення програмного пакету Matplotlib для графічного відображення процесу реєстрації і обробки аудіо-даних;
- ❑ вибір довжини вхідного аудіо-сигналу
- ❑ моделювання масиву даних вхідного аудіо-сигналу на базі функції `np.linspace`, що формує одномірний масив визначеної кількості елементів які рівномірно розподіляються вздовж інтервалу довжини сигналу;
- ❑ математичне представлення вхідного сигналу та його графічне відображення.

Лістинг програмного коду було суміщено з результатами моделювання (рис. 2).

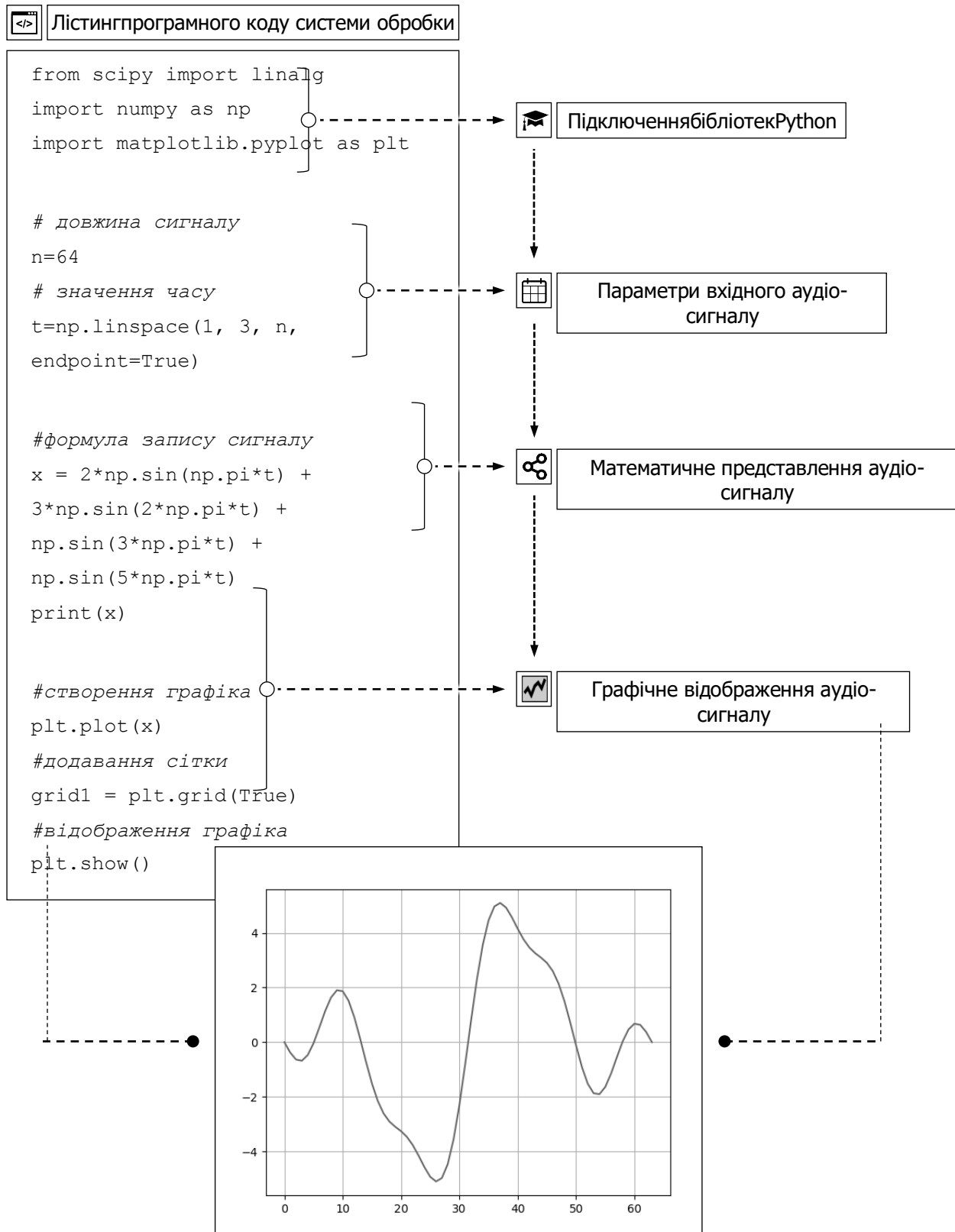


Рисунок 2. Моделювання аудіо-сигналу на баз функції `np.linspace`.

Також, аналогічним чином було побудовано синусоїдальний сигнал з заданими значеннями частоти, фази і амплітуди за стандартною формулою $y = A \sin(\omega t + \varphi) = A \sin(2\pi f t + \varphi)$, а також з заданим значенням частоти дискретизації (рис. 3). У наведеному прикладі значення амплітуди складало $A = 1$, а фази $-\varphi = 0$.

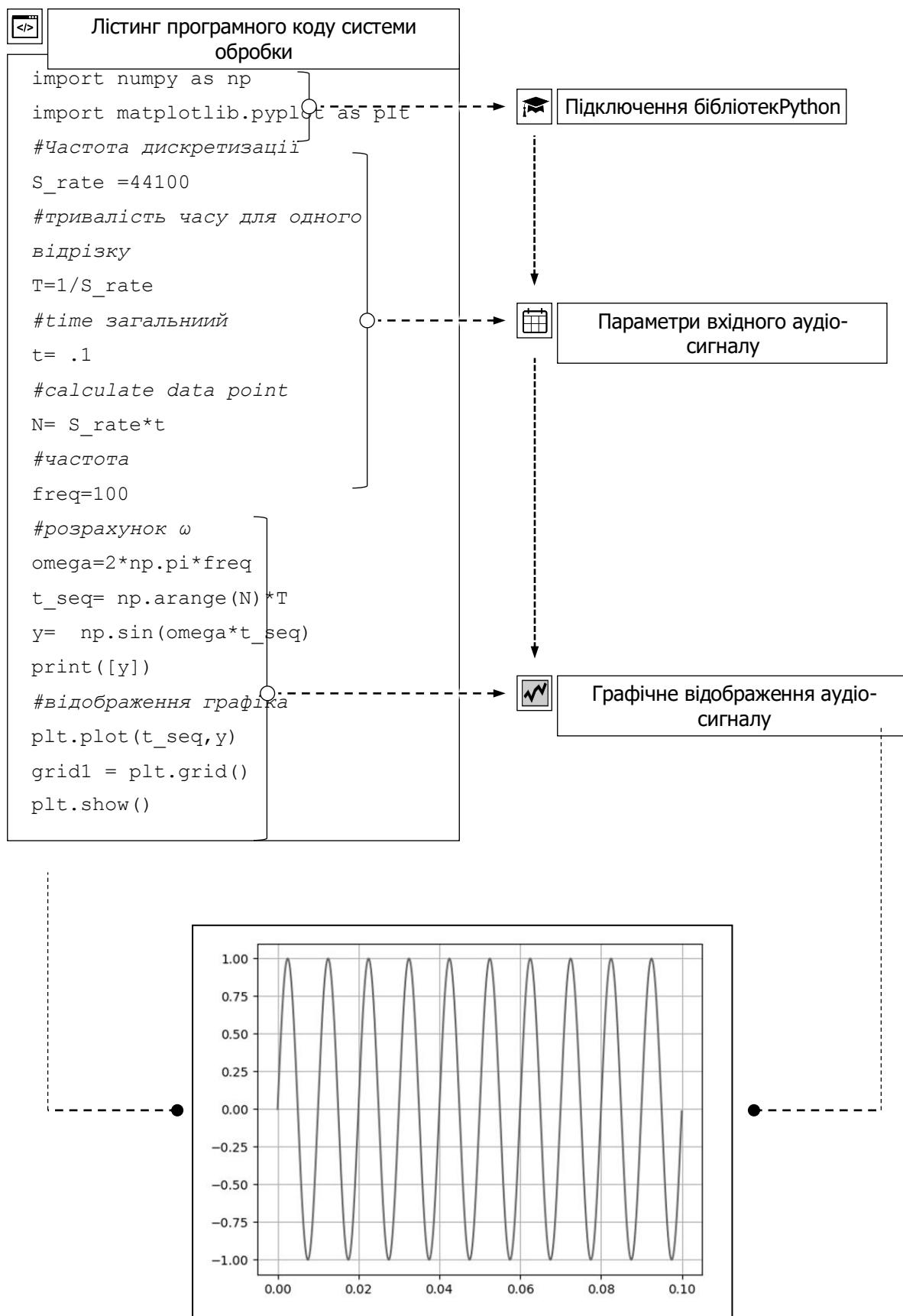


Рисунок 3. Моделювання синусоїдального сигналу з заданими значеннями частоти, фази і амплітуди.

Вказаний підхід дозволяє не тільки змоделювати аудіо-сигнал будь-якого рівня складності для оцінки ефективності системи обробки, але й працювати з наявним масивом аудіо-даних (рис. 4).

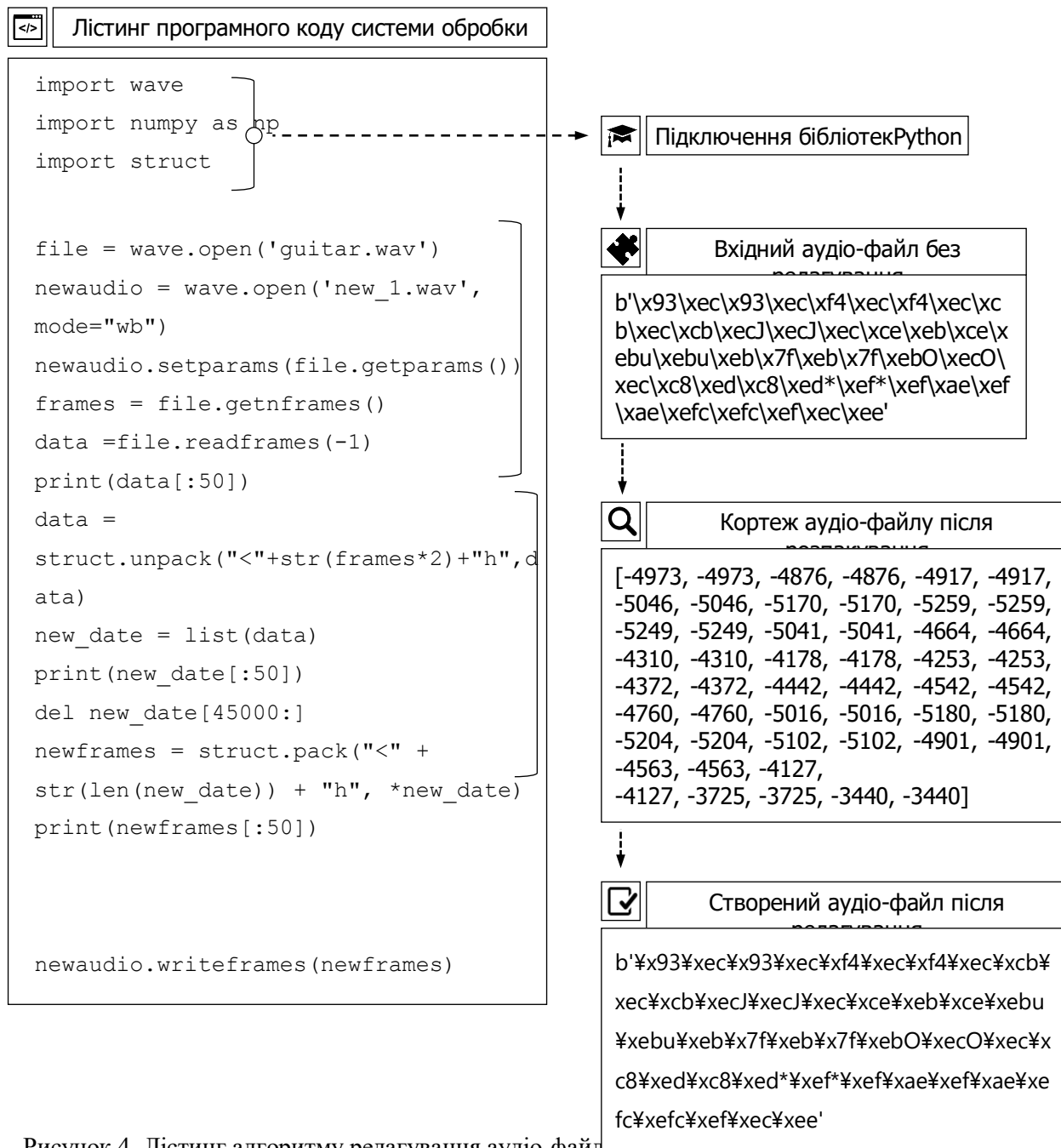


Рисунок 4. Лістинг алгоритму редагування аудіо-файлу з перетворенням метаданих

У рамках даного дослідження було завантажено фрагмент аудіо-файлу з відкритої бази даних. На першому етапі було необхідно отримати блок даних аудіо-файлу у вигляді бінарних чисел. Для цього використовувалася команда `file=wave.open("")`, що відкриває аудіо-файл і команда `newaudio=wave.open("", mode="wb")` і створює новий аудіо-файл у відповідній директорії. У свою чергу, команда `newaudio.setparams(file.getparams())` переносить налаштування і характеристики із базового аудіо-файлу у новий. Командою `data=file.readframes(-1)` було отримано значення частоти в шістнадцятковій системі числення та виведено на екран перші 50 значень функцією `print(data[:50])`. За допомогою команди `data=struct.unpack("<" + str(frames*2) + "h", data)` було виконано розпакування значень частоти, які далі переводились у список, над якими згідно наявного інструментарію, можна виконувати широкий набір процедур. Для перегляду отриманого результату зі списку було видалено всі елементи після зазначеного функцією `del new_date[45000:]`. Після виконання відповідних маніпуляцій зі списками останнім етапом було заповнено дані у послідовний кортеж `newframes=struct.pack("<" + str(len(new_date)) + "h", *new_date)` та записано відповідний аудіо-файл `new_1.wav` за допомогою функції `newaudio.writeframes(newframes)`.

4. Висновки та перспективи подальших досліджень

Проведено дослідження показало ефективність застосування інтерпретовано об'єктно орієнтованої мови програмування Python та бібліотек з відкритим кодом NumPy, SciPy і Matplotlib при генеруванні і обробці масивів аудіоданих, а також візуалізації процесу обробки і вдосконаленню системи аналізувхідних даних. Представлена модель та алгоритми на її основі можуть бути використані при роботі з широким класом задач, зокрема **перспективи подальших досліджень** у даній галузі полягають у впровадженні компатного апаратно-програмного комплексу обробки аудіо-сигналів на базі мікрокомп'ютерів. Також, слід зазначити, що представлена схема системи цифрового аудіо-запису і обробки і аудіо-даних вказує на можливість масштабування та оптимізації систем роботи з аудіо-файлами у режимі реального часу. Запропонований підхід надає можливість формалізувати параметри підсистем та поставленого завдання на рівні аргументів цільових функцій ефективності і часу обробки аудіо-даних, з подальшим зведенням задачі оптимізації до математичної задачі пошуку екстремумів цільових функцій.

References.

1. BjörnSchuller. Intelligent audio analysis/ BjörnSchuller. — Berlin: Springer, 2013. — 345 p. — ISBN: 978-3-642-36805-09.
2. W. Jackson, "The Algorithms of Digital Audio: Audio Processing", Digital Audio Editing Fundamentals, vol. 1, pp. 55-64, 2015, doi:10.1007/978-1-4842-1648-4_8.
3. W. Jackson, "The Data Footprint of Digital Audio: Compression", Digital Audio Editing Fundamentals, vol. 2, pp. 107-117, 2015, doi:10.1007/978-1-4842-1648-4_12.
4. X. Wu, F. Tian and J. Liu, "Efficient spectrum multiplexing using wavelet packet modulation and channel estimation based on ANNs", International Conference on Audio, Language and Image Processing, NY, 2008, doi:10.1109/icalip.2008.4590189.
5. D. Riordan, J. Walsh, and P. Doody, "Modelling of the Human Perception of Sound using ANNs" 25th IET Irish Signals & Systems Conference 2014 and 2014 China-Ireland International Conference on Information and Communities Technologies (ISSC 2014/CICT 2014), 2014, doi:10.1049/cp.2014.0668.
6. Y.D.Pra, & F. Fontana, "Programming Real-Time Sound in Python", Applied Sciences, vol.10, no 12, 4214-4221, 2020, doi:10.3390/app10124214.
7. G. Schuller, "The Python Perceptual Audio Coder", Filter Banks and Audio Coding, vol. 3, pp. 155-160, 2020, doi:10.1007/978-3-030-51249-1_6.
8. C. Howard and B. Cazzolato, "Sound Absorption in a Lined Duct", Acoustic Analyses Using Matlab and Ansys, vol 11, 360-407, 2014, doi:10.1201/b17825-12.
9. S.L. Campbell, J. Chancelier & R. Nikoukhah "Modeling and Simulation in Scilab", Modeling and Simulation in Scilab/Scicos with ScicosLab vol. 4, no 4, pp. 73-106, 2014, doi:10.1007/978-1-4419-5527-2_3.
10. I. Rouno, "Fourier Sound Synthesis", Wolfram Demonstrations Project, vol. 3, 2007. doi:10.3840/001114.
11. John Hunter Darren Dale Eric Firing Michael Droettboom and the matplotlib development team, September 16, 2020. Режим доступу: <https://matplotlib.org/3.3.2/Matplotlib.pdf>, <https://matplotlib.org/3.3.2/contents.html>.
12. SciPy community, Scipy 1.5.3 Reference Guide, October 17, 2020. Режим доступу: <https://docs.scipy.org/doc/scipy-1.5.3/scipy-ref-1.5.3.pdf>
13. R. Smallshire & A. Bingham. Python /R. Smallshire. — Culemborg: Van Duuren Media, 2019. — 352 p., ISBN-10 : 1788293185.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-25>

УДК: 004.056.55

Журавська Ірина Миколаївна, доктор тех. наук, професор

<https://orcid.org/0000-0002-8102-9854>

Обухова Катерина Олександрівна, викладач

<https://orcid.org/0000-0001-8793-7055>

Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ТА ОЦІНКА КРИПТОСТІЙКОСТІ ШИФРУ RABBIT

Журавська І. М., Обухова К. О. Особливості реалізації та оцінка криптостійкості шифру Rabbit. В роботі розглянуто алгоритм шифру Rabbit, властивості його безпеки та продуктивності. Представлено особливості реалізації шифру Rabbit, який використано для шифрування та дешифрування двійкових даних. Алгоритм Rabbit реалізований на мові C++. Показано, що основною перевагою використання алгоритму Rabbit як потокового шифру є поєднання швидкості та ефективності (рівня безпеки). Досліджено криптостійкість шифру Rabbit під атакою грубої сили з вирахуванням часу перебору ключа (часу секретності інформації) за умови, що алгоритм ідеальний. Доведено, що з урахуванням закону Мура час криптоаналізу скорочується більш ніж на порядок.

Ключові слова: шифрування, потокові шифри, шифр Rabbit, особливості реалізації шифру, оцінка криптостійкості, закон Мура.

Журавская И. Н., Обухова Е. А. Особенности реализации и оценка криптостойкости шифра Rabbit. В работе рассмотрен алгоритм шифра Rabbit, свойства его безопасности и производительности. Представлены особенности реализации шифра Rabbit, который используется для шифрования и дешифрования двоичных данных. Алгоритм Rabbit реализован на языке C++. Показано, что основным преимуществом использования алгоритма Rabbit как потокового шифра является сочетание скорости и эффективности (уровня безопасности). Исследована криптостойкость шифра Rabbit под атакой грубой силы за вычетом времени перебора ключа (времени секретности информации) при условии, что алгоритм идеален. Доказано, что на основе закона Мура время криптоанализа сокращается более чем на порядок.

Ключевые слова: шифрование, потоковые шифры, шифр Rabbit, особенности реализации шифра, оценка криптостойкости, закон Мура.

Zhuravska I. M., Obukhova K. O. Features of implementation and assessment of Rabbit cipher cryptographically strong. The paper considers the Rabbit cipher algorithm, its security and performance properties. The features of the Rabbit cipher implementation, which are used to encrypt and decrypt binary data, are presented. The Rabbit algorithm is realized in C++. It is shown that the main advantage of using the Rabbit algorithm as a stream cipher is the combination of speed and efficiency (security level). The cryptographic strength of the Rabbit cipher under a brute-force attack is investigated, the time to brute force the key (time of information secrecy) is calculated, provided that the algorithm is perfect. It has been proven that, taking into account Moore's law, the cryptanalysis time is reduced by more than an order of magnitude.

Keywords: encryption, stream cipher, Rabbit cipher, cipher implementation, cryptosecurity evaluation, Moore's law.

Постановка проблеми та аналіз досліджень.

Сьогодні, завдяки інтенсивному розвитку та вдосконаленню технологій, суспільство має більше можливостей для соціальної взаємодії, обробки та передачі інформації, яка може служити інтересам окремих людей, корпорацій чи держав. Тому, використання інформації в різних сферах діяльності та життя людини вимагає різноманітних засобів захисту, за умови надання політики конфіденційності послуг в інформаційних та телекомунікаційних системах. Для розв'язання проблем, пов'язаних з безпекою даних, криптографія використовується не тільки для зберігання, а також для передачі даних. Криптографічний алгоритм має дві основні характеристики: можливість захистити дані від різних атак та швидкість обробки. Алгоритм вважається захищеним, якщо не існує атак, здатних розкрити вихідний вміст без знання ключа.

Отже, сила будь-якого захищеного алгоритму шифрування, як правило, вимірюється на основі складності отримання ключа шифрування за допомогою кібератак, таких як груба сила. Передбачається, що чим більше розмір ключа, тим зловмиснику важче обчислити цей ключ. Тому, зі збільшенням розміру ключа зазвичай збільшується обчислювальна складність і час обробки алгоритмів.

В даний час у криптографії існує кілька груп криптографічних перетворень, а саме симетричне та асиметричне шифрування. Криптографічні примітиви симетричного шифрування використовують методи криптографічного перетворення для відкритого тексту та той самий секретний ключ для тексту шифру (наприклад, алгоритми блоку та потоку), тоді як криптографічні примітиви для асиметричного шифрування використовують пару ключів, які взаємопов'язані [1].

Особлива увага приділяється потоковим криптографічним перетворенням, призначеним для захисту інформаційних й телекомунікаційних систем та технологій у більшості криптографічних додатків, включаючи генерацію псевдовипадкових послідовностей, шифрування для інформаційних та

телекомунікаційних систем, а також забезпечення конфіденційності та цілісності інформації для криптографічних протоколів автентифікації, електронних підписів та інших послуг [2].

Реалізація міжнародних проєктів, таких як eSTREAM [3], NESSIE, CRYPTREC (в Японії) [4], це підтверджує. Вони спрямовані на розробку та дослідження алгоритмів шифрування, які забезпечували б високий рівень криптографічної стабільності, високу продуктивність та функціонування на різних обчислювальних платформах. Через ці проєкти були прийняті національні та міжнародні стандарти криптографічного перетворення [5].

Потоковий шифр Rabbit є одним із шифрів проєкту eSTREAM, він був вперше представлений на Fast Software Encryption (FSE) 2003 [6]. Шифр Rabbit характеризується високою продуктивністю в програмному забезпеченні із вимірюною швидкістю шифрування/дешифрування.

Метою роботи є дослідження особливостей реалізації та оцінка криптостійкості потокового шифру Rabbit.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження.

Симетрична криптографія (або симетричне шифрування) – це тип схеми шифрування, в якій один і той же ключ використовується як для шифрування, так і для дешифрування повідомлень. Такий метод кодування інформації в основному застосовувався в останні десятиліття для сприяння таємному спілкуванню між урядами та військовими. В наш час симетричні ключові алгоритми широко застосовуються в різних типах комп'ютерних систем для підвищення безпеки даних [7].

Дві найпоширеніші схеми симетричного шифрування, що використовуються сьогодні, базуються на блокових та потокових шифрах. Блокові шифри групують дані у блоки заздалегідь визначеного розміру, і кожен блок шифрується за допомогою відповідного ключа та алгоритму шифрування (наприклад, 128-бітний відкритий текст шифрується у 128-бітний шифротекст).

Потокові шифри використовують ключ для генерації стійкої псевдовипадкової послідовності довжини повідомлення, яка накладається на відкритий текст за допомогою операції $\oplus$ XOR. Розшифрування повідомлення проходить так само, як і шифрування.

Шифр Rabbit

Цей алгоритм наряду з алгоритмом Salsa20 є переможцем проєкту eStream. Метою проєкту був пошук стійких потокових алгоритмів шифрування. Алгоритм **Rabbit** використовує 128-бітний ключ та 64-бітний вектор ініціалізації [8].

У конструкції шифру помітна конструкція wide-pipe, стан шифру складається із 256 бітів внутрішнього стану та 256-бітів лічильника. Бент-функція алгоритму виглядає як квадрат суми оновленого i -го значення лічильника та j -го значення стану. Результат 5-ти або 9-ти (з установкою вектору ініціалізації) раундів криптографічного перетворення додається за модулем два (див. $\oplus$ XOR) до відкритого тексту [9].

Переваги та слабкості шифру Rabbit

Із переваг алгоритму слід зазначити, компактний дизайн, надійність та швидкість роботи. Шифр Rabbit був розроблений таким чином, щоб він був швидшим, ніж широко використовувані шифри, і виправдовував розмір ключа 128 біт для шифрування до 264 блоків відкритого тексту. Це означає, що для зломисника, який не знає ключа, не повинно бути можливості відрізнити до 264 блоків виводу шифру від виводу справді випадкового генератора, використовуючи менше кроків, ніж це потрібно для вичерпного пошуку ключів. З 2003 р. і дотепер немає відомостей про практичні атаки або вразливості шифру Rabbit.

Єдиною слабкістю алгоритму є за сьогоднішніми мірками невелика довжина ключа та ініціалізаційного вектору. На жаль, шифр не має можливості масштабування, і через це його все частіше відносять до алгоритмів легкої криптографії.

Алгоритм Rabbit

1. Схема установлення ключів

Першим кроком в алгоритмі є встановлення ключа. 128-бітовий ключ ділиться на вісім підключів, кожен з 16 біт (рис. 1). Потім змінні стану та змінні лічильника обчислюються на основі підключів. Далі система повторюється чотири рази, відповідно до функції наступного стану, щоб зменшити кореляцію між бітами ключа та змінними внутрішнього стану.

2. Схема установки вектору ініціалізації

Другий крок – це схема встановлення вектору ініціалізації. Схема налаштування вектору ініціалізації працює, модифікуючи стан лічильника як функцію вектору ініціалізації, що робиться шляхом XOR'у 64-бітного вектору ініціалізації на всіх 256-бітах змінних лічильника.

3. Функція наступного стану

Наступним кроком є функція наступного стану. Ця функція – ядро алгоритму Rabbit, що забезпечує правильне поєднання бітів вектору ініціалізації, використовуючи значення лічильників та державних реєстрів.

4. Система лічильників

Наступним кроком є система лічильників, де лічильники реєстрів оновлюються шляхом поєднання поточного стану всіх лічильників реєстрів з постійним значенням і значення біта переносу.

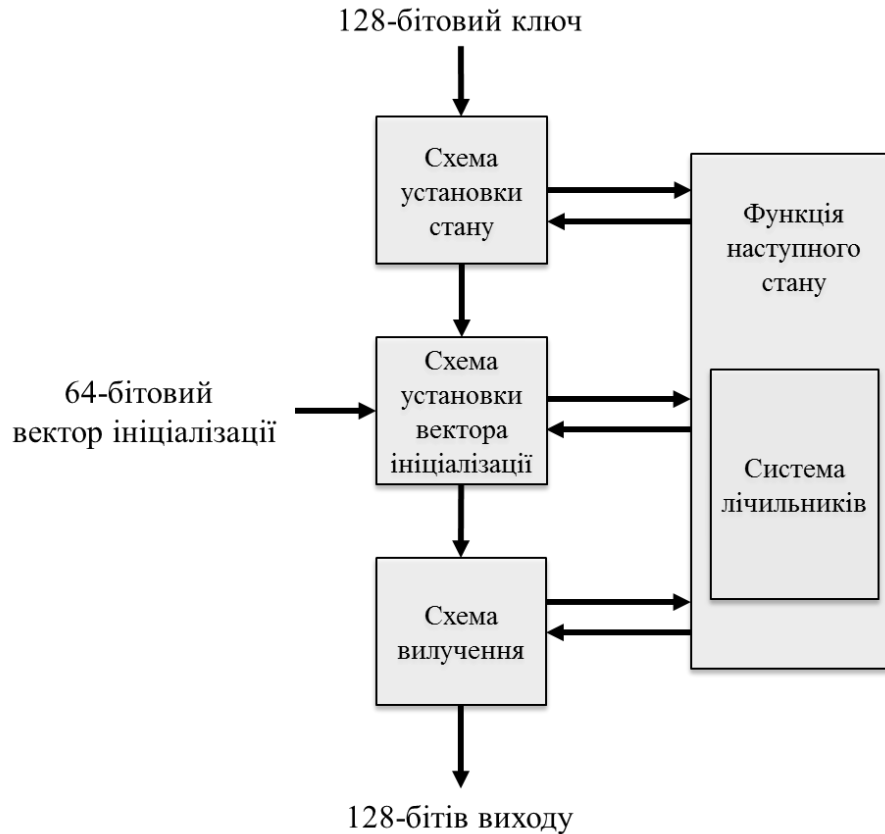


Рис. 1. Структурна схема алгоритму Rabbit

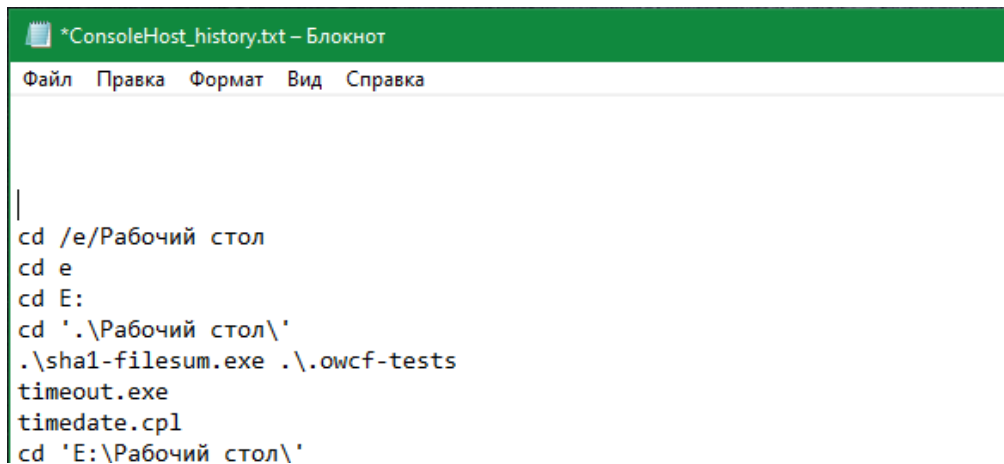
5. Схема вилучення

Останній крок – схема видобутку, у якій операція XOR застосовується до різних реєстрів стану для створення восьми 16-бітових реєстрів потоків ключів. Потім ці біти ключа використовуються для XOR із потоком бітів простого тексту.

Програмна реалізація шифру Rabbit

Було реалізовано сценарій на основі потокового шифру Rabbit (на C++ з виводом у консолі), що дозволяє шифрувати та розшифровувати двійкові файли.

Слід зазначити, що всі дані вводу у термінал система записує у текстові файли. Наприклад, в UNIX – це `.bash_history`, у наведеній реалізації – це файл `ConsoleHost_history.txt`. Тому поле для вводу пароля слід робити прихованим (рис. 2, рис. 3).



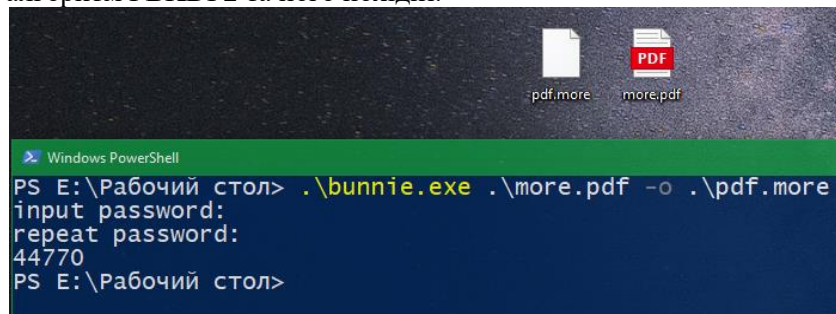
```

cd /e/Рабочий стол
cd e
cd E:
cd '.\Рабочий стол\'
.\sha1-filesum.exe .\owcf-tests
timeout.exe
timedate.cpl
cd 'E:\Рабочий стол\'

```

Рис. 2. Історія терміналу з всіма даними вводу (введення пароля приховано)

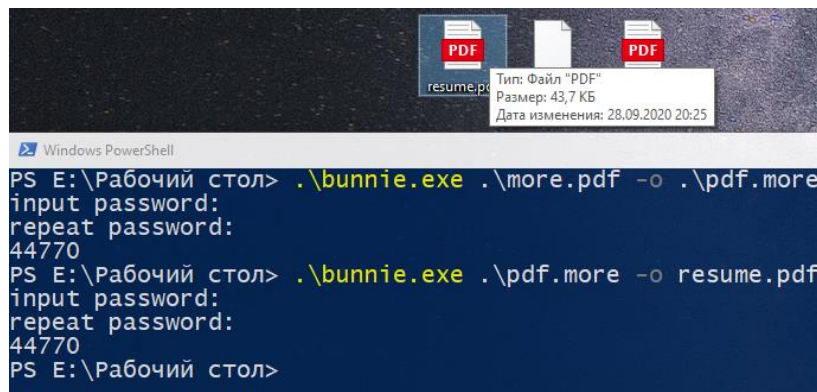
У даній реалізації, перетворення пароля у ключ шифрування відбувається за допомогою стискаючої функції на основі шифру Rabbit. Насправді для перетворення пароля у надійний ключ слід використовувати алгоритм PBKDF2 та його похідні.



```

PS E:\Рабочий стол> .\bunnie.exe .\more.pdf -o .\pdf.more
input password:
repeat password:
44770
PS E:\Рабочий стол>

```

Рис. 3. Результат успішного шифрування файлу *more.pdf* (введення пароля приховано)


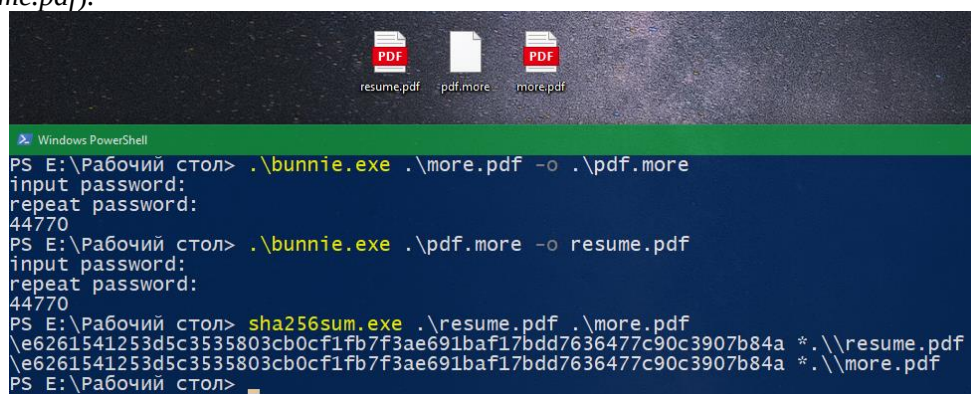
```

PS E:\Рабочий стол> .\bunnie.exe .\more.pdf -o .\pdf.more
input password:
repeat password:
44770
PS E:\Рабочий стол> .\bunnie.exe .\pdf.more -o resume.pdf
input password:
repeat password:
44770
PS E:\Рабочий стол>

```

Рис. 5. Результат розшифрування файлу *pdf.more*

Далі проводиться перевірка контрольних сум файлу оригінала (*more.pdf*) та розшифрованого файлу (*resume.pdf*).



```

PS E:\Рабочий стол> .\bunnie.exe .\more.pdf -o .\pdf.more
input password:
repeat password:
44770
PS E:\Рабочий стол> .\bunnie.exe .\pdf.more -o resume.pdf
input password:
repeat password:
44770
PS E:\Рабочий стол> sha256sum.exe .\resume.pdf .\more.pdf
e6261541253d5c3535803cb0cf1fb7f3ae691baf17bdd7636477c90c3907b84a *.\\resume.pdf
e6261541253d5c3535803cb0cf1fb7f3ae691baf17bdd7636477c90c3907b84a *.\\more.pdf
PS E:\Рабочий стол>

```

Рис. 6. Звірка контрольних сум оригіналу та розшифрованого файлу

Оскільки при перевірці контрольні суми обох файлів (more.pdf та resume.pdf) збігаються, то можна зробити висновок, що вміст вихідного файлу не був пошкоджений або змінений при перетвореннях.

Оцінка криптостійкості

Щодо криптостійкості шифру Rabbit, то вона вимірюється повним перебором ключа, тобто треба перебрати 2^{128} можливих ключів. Розглянемо повний перебір усіх можливих ключів. Формула для розрахунку буде мати наступний вигляд:

$$T = \frac{S^L}{V \cdot t}, \quad (1)$$

де L – довжина ключа (кількість двійкових розрядів символу алфавіту * кількість символів ключа);
 S – потужність алфавіту ключа. Алфавіт системи числення – це множина цифр, використовуваних в ній. Основа системи числення дорівнює потужності алфавіту. Тобто, $S=2$ (0 або 1).

V – швидкість перебору (операцій на секунду або флопс);

t – коефіцієнт переводу секунд у роки ($t=60*60*24*365=31536000$);

T – час повного перебору (в роках).

Наприклад, **Core i5-9300H** – процесор для ноутбуків Lenovo Legion y540 (Core i5-9300H 2400 MHz, 8 Cores) складається з восьми обчислювальних ядер.

$$V = F(\text{МГц}) * n(\text{ядер}) * 4 * 10^6 \quad (2)$$

Розрахуємо кількість виконуваних операцій в секунду для наведеної моделі процесору:

$$V = 2400 \text{ МГц} * 8 * 4 * 10^6 = 76,8 \text{ Гфлопс}$$

Отже, при довжині ключа 64 біти його повний перебір відбудеться за:

$$T = \frac{2^{64}}{76,8 * 10^9} = \frac{500 * 10^6}{36,8 * 10^9} \approx 7,6 \text{ років},$$

Якщо при відомій довжині ключа (у бітах) його повний перебір займає набагато більше ніж час, зазначений у табл.1, тоді істотно, що така інформації вже більше нікому буде не потрібна.

В таблиці 1 (за Шнайєром) наведені дані щодо необхідного часу дотримання режиму секретності інформації різних типів [10].

Таблиця 1. Вимоги до безпеки різної інформації

Типи трафіку	Час життя	Мінімальна довжина ключа (в бітах)
Тактична військова інформація	Хвилини/години	56-64
Оголошення о продуктах, злитті компаній, процентних ставках	Дні/тижні	64
Довготривалі бізнес-плани	Роки	64
Торгові секрети (наприклад, рецепт Coca-Cola)	Десятиліття	112
Секрети водневої бомби	>40 років	128
Особи шпигунів	>50 років	128
Особисті справи	>50 років	128
Дипломатичні конфлікти	>65 років	128

Якщо необхідно дізнатись якийсь секрет (військовий або комерційний), можливо забезпечити значно більшу швидкість. Швидкість перебору залежить й від кількості вкладених грошей.

Таблиця 2. Оцінка середнього часу для вскриття шифру методом грубої сили (повного перебору всіх ключів)

Час крипто аналізу, років	Довжина ключів у бітах					
	40	56	64	80	112	128
Без урахування закону Мура	$4,5 * 10^{-7}$	0,029	7,6	$4,9 * 10^5$	$2,1 * 10^{15}$	$1,4 * 10^{20}$
З урахуванням закону Мура	$2,0 * 10^{-7}$	$1,9 * 10^{-6}$	$2,8 * 10^{-6}$	$4,5 * 10^{-6}$	$8,1 * 10^{-6}$	$9,8 * 10^{-6}$

Відповідно до Закону Мура [11], кожні 5 років потужність обчислювальної техніки збільшується у 10 разів (2 рази на рік).

Тобто, треба перетворити формулу (1) з урахуванням закону Мура. Отримаємо:

$$\sum_i^T x(t) = \frac{S^L}{t}, \quad (3)$$

де

$$x(t) = V \cdot 10^{T/5}.$$

Далі, перетворюємо отриману геометричну прогресію ($q=10^{1/5}$), знайдемо суму та отримаємо T :

$$T = 5 \cdot \lg \left(\frac{S \cdot (10^{1/5} - 1)}{10^{1/5} \cdot V} + 1 \right), \quad (4)$$

Таким чином 50 % ключів знаходяться при переборі половини комбінацій, тоді:

$$T_C = 5 \cdot \lg \left(\frac{S \cdot (10^{1/5} - 1)}{2 \cdot 10^{1/5} \cdot V} + 1 \right), \quad (5)$$

Таким чином, час криптоаналізу скорочується більш ніж на порядок:

$$T_C = 5 \cdot \lg \left(\frac{2^{64} \cdot (10^{1/5} - 1)}{2 \cdot 10^{1/5} \cdot 76,8 \cdot 10^9} + 1 \right) \approx 88 \text{ с.}$$

Тим самим отримано формулу за якою можна вирахувати час перебору ключа (час секретності інформації), за умови що алгоритм ідеальний.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Було розглянуто алгоритм шифру Rabbit, властивості його безпеки та продуктивності. Представлено особливості реалізації шифру Rabbit, який використано для шифрування та дешифрування двійкових даних. Алгоритм Rabbit реалізований на мові C++. Основною перевагою використання алгоритму Rabbit як потокового шифру є поєднання швидкості та ефективності (рівня безпеки). Досліджено криптостійкість шифру Rabbit під атакою грубої сили з вирахуванням часу перебору ключа (часу секретності інформації) за умови, що алгоритм ідеальний. Показано, що з урахуванням закону Мура час криптоаналізу скорочується більш ніж на порядок.

Список бібліографічного опису

1. Ferguson N., Schneier B. Practical Cryptography, John Wiley & Sons, 2003, 432p.
2. Menezes A.J., van Oorschot P.C., Vanstone S.A. Handbook of Applied Cryptography, CRC Press, 1997, 794 p.
3. The eSTREAM Project, 2004, URL: <http://www.ecrypt.eu.org> (Last accessed: 25.11.2020).
4. Cryptography Research and Evaluation Committees, CRYPTREC, 2005. URL: <http://www.cryptrec.go.jp> (Last accessed: 25.11.2020).
5. Gorbenko I., Kuznetsov A., Gorbenko Y., Vdovenko S., Tymchenko V., Lutsenko M. Studies on statistical analysis and performance evaluation for some stream ciphers. In International Journal of Computing, 18(1) 2019, 82-88
6. The eSTREAM Project eSTREAM Phase 3. Rabbit (Portfolio Profile 1). URL: <http://www.ecrypt.eu.org> (Last accessed: 25.11.2020).
7. Murtaza A., Pirzada S. J. H., Jianwei L. A New Symmetric Key Encryption Algorithm With Higher Performance. In 2019 2nd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies. Sukkur, Pakistan, 30-31 January 2019.
8. Boesgaard M., Vesterager M., Pedersen T., Christiansen J., and Scavenius O. Rabbit: A New High-Performance Stream Cipher. URL: https://web.archive.org/web/20050629021516/http://www.cryptico.com/Files/filer/rabbit_fse.pdf (Last accessed: 25.11.2020).
9. De Canni'ere C., Lano J., Preneel B. Comments on the Rediscovery of Time Memory Data Tradeoffs. URL: <https://www.ecrypt.eu.org/stream/papersdir/040.pdf> (Last accessed: 25.11.2020).
10. Шнайер Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы и исходные коды на языке C. 2-е изд. Киев : Диалектика, 2016. 1040 с.
11. Половинко І., Криль Т. Фізика оптичних комп'ютерів. *Електроніка та інформаційні технології*. 2014. Вип. 4. С. 3–23.

References

1. Ferguson N., Schneier B. Practical Cryptography, John Wiley & Sons, 2003, 432p.
2. Menezes A.J., van Oorschot P.C., Vanstone S.A. Handbook of Applied Cryptography, CRC Press, 1997, 794 p.
3. The eSTREAM Project, 2004, URL: <http://www.ecrypt.eu.org> (Last accessed: 25.11.2020).
4. Cryptography Research and Evaluation Committees, CRYPTREC, 2005. URL: <http://www.cryptrec.go.jp> (Last accessed: 25.11.2020).
5. Gorbenko I., Kuznetsov A., Gorbenko Y., Vdovenko S., Tymchenko V., Lutsenko M. Studies on statistical analysis and performance evaluation for some stream ciphers. In International Journal of Computing, 18(1) 2019, 82-88
6. The eSTREAM Project eSTREAM Phase 3. Rabbit (Portfolio Profile 1). URL: <http://www.ecrypt.eu.org> (Last accessed: 25.11.2020).
7. Murtaza A., Pirzada S. J. H., Jianwei L. A New Symmetric Key Encryption Algorithm With Higher Performance. In 2019 2nd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies. Sukkur, Pakistan, 30-31 January 2019.
8. Boesgaard M., Vesterager M., Pedersen T., Christiansen J., and Scavenius O. Rabbit: A New High-Performance Stream Cipher. URL: https://web.archive.org/web/20050629021516/http://www.cryptico.com/Files/filer/rabbit_fse.pdf (Last accessed: 25.11.2020).
9. De Canni'ere C., Lano J., Preneel B. Comments on the Rediscovery of Time Memory Data Tradeoffs. URL: <https://www.ecrypt.eu.org/stream/papersdir/040.pdf> (Last accessed: 25.11.2020).
10. Schneier B. Applied Cryptography: Protocols, Algorithms, and Source Code in C. 2nd ed. Kyiv : Dialektika, 2016. 1040 p.
11. Polovynko I., Kril T. The Physics of Optical Computers. *Electronics and information technologies*. 2014. Is. 4. P. 3–23.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-26>

УДК: 004.056.5

¹Здолбіцька Ніна Василівна, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-1345-3581>

²Мельник Григорій Миколайович, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0003-0646-7448>

¹Мельник Василь Михайлович, к.ф.-м.н., доцент,

<http://orcid.org/0000-0001-8282-6639>

Колтунович Олексій Сергійович, студент

Мазуренко Владислав Вікторович, студент

¹Луцький національний технічний університет

²Західноукраїнський національний університет

АНАЛІЗ РОБОТИ ПОСЛІДОВНОГО ПРОТОКОЛУ UART ЗА ДОПОМОГОЮ ЦИФРОВОГО АНАЛІЗАТОРА

Здолбіцька Н.В., Мельник Г.М., Мельник В.М., Колтунович О.В., Мазуренко В.В. Аналіз роботи послідовного протоколу UART за допомогою цифрового аналізатора. Наведено короткий огляд використовуваних у даний час послідовних інтерфейсів передачі даних, вказані сфери застосування та способи апаратно-програмного декодування сигналів послідовних інтерфейсів. Розглянуто особливості паралельної роботи інтерфейсів USART на мікроконтролерній платформі. Проведено аналіз отриманих часових діаграм паралельної та послідовної роботи інтерфейсів.

Ключові слова: цифровий логічний аналізатор, сигнал, послідовний інтерфейс, протокол передачі даних, UART, LOGIC-U, Arduino UNO.

Здолбицкая Н.В., Мельник Г.М., Мельник В.М., Колтунович А.В., Мазуренко В.В. Анализ работы последовательного протокола UART с помощью цифрового анализатора. Приведен краткий обзор используемых в настоящее время последовательных интерфейсов передачи данных, указанные сферы применения и способы аппаратно-программного декодирования сигналов последовательных интерфейсов. Рассмотрены особенности параллельной работы интерфейсов USART на микроконтроллерной платформе. Проведен анализ полученных временных диаграмм параллельной и последовательной работы интерфейсов.

Ключевые слова: цифровой логический анализатор, сигнал, последовательный интерфейс, протокол передачи данных, UART, LOGIC-U, Arduino UNO.

Zdolbitska N.V., Melnyk G.M., Melnyk V.M., Koltunovich O.V., Mazurenko V.V. Analysis of the serial UART protocol using a digital analyzer. A brief overview of currently used serial data interfaces is given, the areas of application and methods of hardware-software decoding of serial interface signals are indicated. Features of parallel operation of USART interfaces on a microcontroller platform are considered. The analysis of the received time diagrams of parallel and sequential operation of interfaces is carried out.

Keywords: digital logic analyzer, signal, serial interface, data transfer protocol, UART, LOGIC-U, Arduino UNO.

Постановка задачі. Під час проектування та розробки пристроїв однією із основних проблем є вибір інтерфейсів передачі даних, що якнайкраще підходять для виконання пристроєм його функцій та задач. Існує багато технічних реалізацій передачі даних. Кожен із них відрізняється від інших по пропускну здатності, способу передачі та принципу обміну інформацією.

Поширеність цифрових комунікацій та протоколів зв'язку породжує проблему їх налаштування та діагностики. Програмне та апаратне забезпечення для контролю на низькому рівні протоколів передачі даних, зокрема найпоширеніших послідовних, є зазвичай пропріетарним та потребує значних фінансових затрат.

Використання імітаційних віртуальних моделей, віртуальних пристроїв та програмних (софтверних) реалізацій протоколів зв'язку не дозволяє зі стовідсотковою гарантією віднайти причину збою чи нестабільної роботи реального обладнання. Тому на перший план виходять апаратно-програмні аналізатори цифрових протоколів, які дозволяють діагностувати проблему в реальному часі.

Останні покоління цифрових аналізаторів та сніферів дають відмінний результат аналізу, але для багатьох практичних задач можна використати більш прості та дешеві рішення, які забезпечують достатній рівень точності та мають розвинений програмний API-інтерфейс для реалізації на їх основі своїх продуктів.

Аналіз досліджень. Для моделювання та аналізу цифрових схем використовуються різні методики для покращення вивчення перетворення аналогового сигналу в цифровий [3,6,12].

У роботах Перевознікова С.І. подано основні переваги при використанні логічних аналізаторів для діагностування цифрових схем пристроїв та тестування систем внутрішньосхемного пошуку несправностей цифрових пристроїв, і аналізу отриманих даних, який реалізовано введенням штучних каналів для передачі інформації між внутрішніми вузлами пристрою. Діагностування функціонально

представляє собою поєднання та взаємозв'язок програмного та апаратного забезпечення. У даному випадку апаратно більш спрямовано на пришвидшення процесу тестування даних і аналіз одержаних результатів. Програмне забезпечення при цьому має забезпечити підготовку пристрою діагностування у кращий спосіб шляхом реструктуризації схеми пристрою засобами тестування [7,10,13]. Сукупність засобів для обробки та відображення інформації, що найбільш пристосовані для зручності користувачів; втілено доступністю багатокористувацьких налаштувань у графічних системах інтерфейс користувача, зокрема гнучкими налаштуваннями і вікон, і окремих їх елементів. У працях Лісовець С.М. подано опис основних характеристик промислових інтерфейсів, зокрема RS-485, CAN, Ethernet, наведено рекомендації по їх застосуванню, враховуючи основні переваги та недоліки [4]. Отримання рекомендацій відносно застосування того або іншого інтерфейсу для обміну інформацією при проектуванні систем автоматизованого керування дозволить підвищити надійність роботи відповідних систем автоматизованого керування і зменшити витрати на проектування, створення і підтримку роботи відповідної промислової мережі [8]. Робота логічного аналізатора полягає в записі цифрового сигналу з подальшим його аналізом в необхідних програмах, щоб здійснити перевірку роботи цифрової системи з необхідною точністю [1,10,11].

Порівняльний аналіз та проблематика використання апаратних засобів для діагностики цифрових інтерфейсів.

Враховуючи різноманіття послідовних цифрових інтерфейсів та протоколів передачі даних, постає проблема аналізу сигналів та діагностики інтерфейсів. Для цього служать цифрові пристрої – логічні аналізатори цифрових сигналів.

Логічний аналізатор – це цифровий прилад, що дає змогу відображати на одному екрані декілька сигналів, що протікають одночасно в цифрових системах або електронних схемах. Даний пристрій може декодувати протоколи, перетворювати захоплені дані з пристроїв у часові діаграми, особливо якщо користувачеві необхідно побачити часові співвідношення між декількома сигналами в даній цифровій системі і т. д.

На різних етапах розробки, налаштування та тестування інтерфейсів цифрових пристроїв можуть використовуватися різні апаратні спеціалізовані засоби, серед яких логічні аналізатори, осцилографи, програматори, емулятори, симулятори та інші налагоджувальні системи [1,2,11].

Інтерфейс – це сукупність уніфікованих програмних, апаратних та конструктивних засобів, що реалізують необхідні алгоритми взаємодії між різними функціональними блоками мікроконтролерних систем та складових, що входять до автоматизованих систем управління. Найвідомішими послідовними інтерфейсами периферійних пристроїв є RS-232C, RS-422A та RS-485. На сьогоднішній день серед найпопулярніших мікроконтролерних інтерфейсів можна виділити послідовний синхронний інтерфейс SPI (Serial Peripheral Interface), випущений компанією Motorola, і двохпровідний інтерфейс I2C (Inter-Integrated Circuit) компанії Philips. Взаємодія з периферійними виконавчими пристроями за допомогою високошвидкісного послідовного інтерфейсу дало початок розвитку схемотехніки вбудованих мікропроцесорних систем на базі 8-розрядних мікроконтролерів.

Відбувається постійне вдосконалення промислових послідовних інтерфейсів, масове впровадження мікроконтролерів в автомобільну електроніку, що в свою чергу висуває підвищені вимоги до надійності передачі інформації між мікропроцесорними системами управління різними агрегатами автомобіля, наприклад між контролерами педалі управління та гальмівної системи. Це започаткувало розробку нового стандарту послідовного зв'язку – CAN-інтерфейсу (Controller Area Network). На даний час CAN-інтерфейс став де-факто «золотим» стандартом в автомобільній електроніці та промислових мережах зв'язку. Саме тому більшість фірм, що займаються серійним виробництвом комплектуючих автомобільної та промислової електроніки випускають мікроконтролери із вбудованим апаратним модулем CAN-мережі.

Логічний аналізатор – еквівалентна заміна осцилографа, що дає можливість працювати безпосередньо з цифровими сигналами та схемами, в якому усунено недоліки аналогових осцилографів. Осцилограф дозволяє спостерігати за цифровими або аналоговими сигналами в залежності від часу, на відміну від нього, логічний аналізатор дає розгорнуту характеристику логічних станів цифрового сигналу в межах вибірки по тактах чи часу.

Цифровий логічний аналізатор виводить на екран інформацію практично в такому ж вигляді, як і цифровий осцилограф, при цьому відкладаючи по горизонталі часові проміжки, а по вертикалі – рівень напруги. Так як форма сигналів, відображена на обох пристроях залежить від часу, то кажуть, що сигнал представлено у часовій області у вигляді часових діаграм.

Разом з тим протягом останніх років відбувається черговий етап модернізації сучасних цифрових осцилографів. Планується тенденція розробки моделей з найсучаснішими характеристиками. Започатковано новий підхід до розширення можливостей сучасного

осцилографа, використавши вбудований логічний аналізатор в осцилографах на апаратно-програмному рівні, що отримав назву осцилограф змішаних сигналів. Такі осцилографи крім аналогових входів мають цифрові входи. Це надає можливість відображати логічні діаграми рівнів на одній часовій сітці, вивівши їх одночасно з кількох цифрових каналів. Раніше для реалізації цього завдання використовували осцилограф і логічний аналізатор як окремі пристрої. Окремий лабораторний цифровий осцилограф змішаних сигналів потужніший, має опції аналізу, декодування, глибокої пам'яті та доповнений 16-канальним логічним аналізатором, але водночас має високу вартість [14].

Наведемо таблицю для порівняння характеристик логічного аналізатора і осцилографа [2,9].

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика логічного аналізатора і осцилографа

Логічний аналізатор	Осцилограф
Використовується для вимірювання цифрових сигналів	Використовується для вимірювання амплітуди конкретних аналогових сигналів для визначення форми сигналу та його природи
Має більше вимірювальних каналів, більше пам'яті, але, як правило, відповідно меншу частоту дискретизації на канал	Обмежена кількість каналів, відповідно більша частота дискретизації, в більшості двох-канальні (у більш дорогих моделях – цифрових каналів більше)
Використовується при необхідності одночасно відстежувати безліч цифрових сигналів, і встановити їх взаємозв'язки	Використовується при необхідності простежити та перевірити спотворення сигналу на певних елементах аналогових і цифрових приладів, дозволяє характеризувати цілісність сигналу
Використовується, якщо необхідно подати сигнали саме у такому вигляді, як бачить їх устаткування	Використовується, якщо необхідна висока точність при визначенні часових інтервалів
Використовується при необхідності синхронізувати деяку комбінацію сигналів на декількох лініях і вивести результат	Для перевірки стабільності сигналу, тремтіння фази і спектру тремтіння, визначення зсуву фази
Може декодувати інформацію на шинах мікропроцесорів і представляти її в прийнятному для сприйняття людиною вигляді	Використовується для визначення співвідношення між корисним сигналом і шумом, а також з'ясування характеру шуму
При налагодженні взаємодії програм і обладнання логічні аналізатори відстежують виконання вбудованих програм і аналізують ефективність виконання програми. Деякі логічні аналізатори дозволяють зіставити вихідний код з конкретними діями обладнання в досліджуваній системі.	Може вимірювати параметри фронту і напруги сигналу для оцінки часових характеристик, наприклад, час установки і фіксації
Може виявляти і аналізувати порушення синхронізації і перехідних процесів на шинах	Виявляти помилки перехідних процесів, наприклад, час наростання сигналу, затримка поширення сигналу; побачити невеликі скачки, імпульси на сигналі

В залежності від функціонального призначення та завдань сьогодення логічні аналізатори поділяють на такі основні види: аналізатори логічних станів та аналізатори часових діаграм [1,11].

Основні характеристики логічних аналізаторів: кількість та типи каналів, глибина пам'яті, форма подання та принципи обміну даних, частота дискретизації, способи синхронізації та передачі інформації, пропускна здатність. Логічні аналізатори працюють у двох режимах: реєстрація та відтворення сигналу.

Провівши аналіз доступних на даний час логічних аналізаторів для проведення лабораторних досліджень зупинилися на виборі аналізатора протоколів LOGIC-U (STD) [11]. Даний аналізатор представляє інформацію, що проходить по різних каналах (максимум 8 каналів) у зручному для сприйняття вигляді, дозволяє зчитувати і розшифровувати цифрові дані, розписуючи по пакетах передачу даних, виділяти стартові, стопові, адресні байти, обробляти усі канали відразу. Даний інструмент для забезпечення максимальної зручності випускається в декількох модифікаціях: LOGIC-U PRO, LOGIC-U PLUS, LOGIC-U (STD), LOGIC-U ISL (рис. 1).



Рис. 1. Модифікації логічного аналізатора LOGIC-U

Комплектація LOGIC-U PRO FULL включає: блок аналізатора, чохол, кабелі для аналогових та цифрових сигналів зі змінними наконечниками типу гачок та захват, зовнішній BNC дільник

сигналів, кабель USB: A-miniB, книжка-інструкція по експлуатації та програмне забезпечення на диску (рис. 1).

Дослідження роботи реалізацій послідовного протоколу UART на мікроконтролерній платформі та обґрунтування результатів дослідження.

Мета дослідження – за допомогою цифрового логічного аналізатора Logic-U дослідити роботу в реальному часі послідовних протоколів зв'язку між пристроями, зокрема протоколу UART, його апаратну реалізацію – інтерфейс USART та програмну – Software Serial на базі персонального PC та платформ Arduino Uno.

Об'єктом дослідження обрано фізично взаємозв'язані за допомогою послідовних інтерфейсів персональний комп'ютер – плата Arduino Uno – плата Arduino Uno (рис. 2).

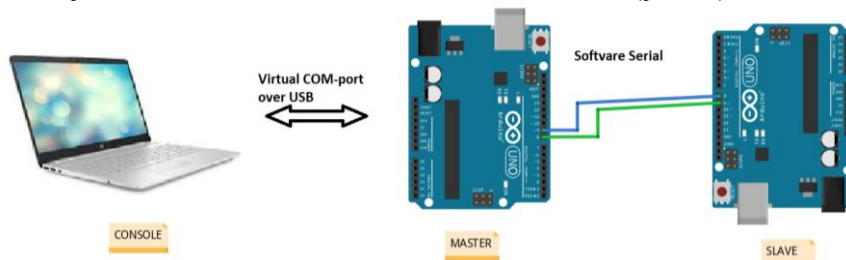


Рис. 2. Функціональна схема об'єкта дослідження

Предметом дослідження виступає послідовний протокол UART. Зокрема його апаратна та програмна реалізація на базі персонального комп'ютера (віртуальний COM-порт для з'єднання USB), апаратна (USART) та програмна (Software Serial) реалізації на базі платформи Arduino Uno.

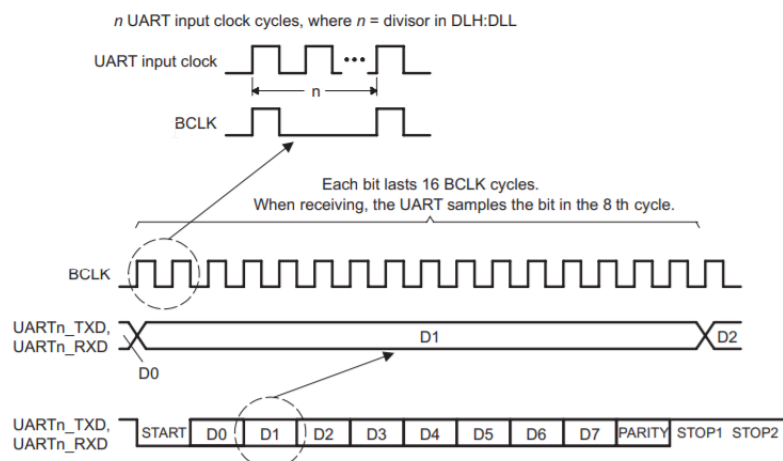


Рис. 3. Схема передачі даних по протоколу UART (). Сигнали на лініях Data Bit, BCLK, та UART Input Clock

Коли говоримо про асинхронний інтерфейс, то маємо на увазі, що дані передаються без підтримки зовнішнього тактового сигналу. Послідовний інтерфейс, який надалі розглядатимемо в даній статті, є найбільш поширеним асинхронним протоколом.

Універсальний асинхронний приймач (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) – це фізичний пристрій прийому і передачі даних по двох проводах. Він дозволяє двом пристроям обмінюватися даними на різних швидкостях. У специфікацію протоколу UART не входять аналогові рівні на яких ведеться спілкування між пристроями, UART – це протокол передачі одиниць і нулів, електричну специфікацію на себе беруть інші стандарти, такі як TTL (transistor-transistor logic – транзисторно-транзисторна логіка), RS-232, RS-422, RS-485 та інші (RS, англ. recommended standard, – рекомендований стандарт). На даний момент у мікроконтролерах використовується в основному TTL (або точніше CMOS) UART для з'єднання не більше двох пристроїв.

У кожного пристрою, що підтримує UART зазвичай позначені два виводи: RX і TX. TX – означає transmit (передаю), RX – receive (приймаю). Звідси стає зрозуміло, що RX одного пристрою потрібно підключати до TX іншого. Якщо підключити RX одного пристрою до RX іншого, то обидва пристрої будуть слухати один одного, відповідно на фізичному рівні нічого не відбудеться. Якщо з'єднати TX і TX – це вже більш небезпечно, оскільки це виходи низького опору пристроїв і якщо на одному буде логічна одиниця, а на другому нуль – по з'єднувальному дроту піде струм короткого замикання (це залежить від конкретної програмної або апаратної реалізації). Хоча в сучасних чіпах від цього є захист, про всяк випадок, не варто на нього

орієнтуватися. Так само необхідно об'єднати референсні рівні двох пристроїв (GND-GND), якщо не мається на увазі гальванічна розв'язка.

На платформі Arduino і Arduino-сумісних платах апаратний UART позначається символами RX і TX поруч з відповідними виводами. Зокрема, у нашому випадку, на Arduino UNO це цифрові виводи 0 і 1 (рис. 4).

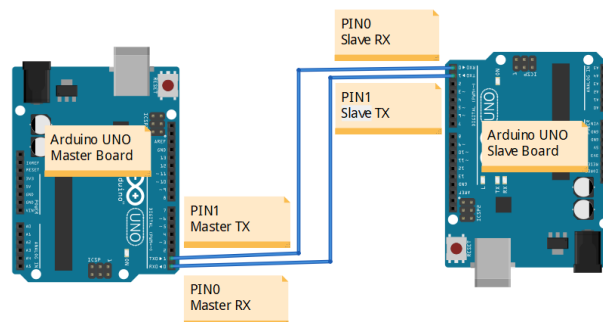


Рис. 4. Апаратна реалізація – зв'язок за допомогою USART між двома платами Arduino UNO

Крім апаратного UART практично в усіх програмованих цифрових системах існує можливість використовувати програмний UART. Це справедливо і по відношенню досліджуваної системи на базі персонального комп'ютера та плат Arduino. Програмний порт добре підходить для простих проектів, не критичних до часу роботи коду, або для налагодження проектів, що дозволяє не відключати модулі, які використовують UART під час завантаження скетчів у флеш пам'ять. Як стверджують розробники, при виконанні софтверного коду реалізації UART, ніякий інший код не може виконуватися поки програма займається зчитуванням даних з нього (буфера UART) і передача може здійснюватися тільки в напівдуплексному або симплексному режимах.

Цей факт і покладено в основу дослідження для відслідкування програмних ланцюжків коду. До того ж, на програмний RX можна призначати тільки ті виводи (піни), які підтримують переривання по зміні рівнів зовнішнього сигналу. На використаній в дослідженні платформі Arduino UNO, наприклад, це усі цифрові піни, крім 13-го.

Досліджувана система двох мікроконтролерів має схемотехнічну реалізацію програмного Software Serial протоколу згідно схеми рис. 5.

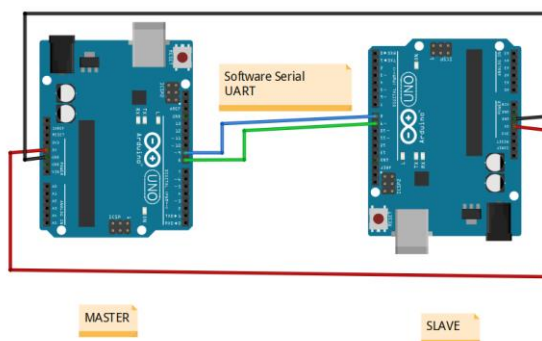


Рис. 5. Схема з'єднань для програмної реалізації UART між двома платами Arduino Uno

Для передачі даних та налаштування роботи по послідовному протоколу на стороні ПК використаємо стандартні налаштування послідовного інтерфейсу та консолі (рис. 6):

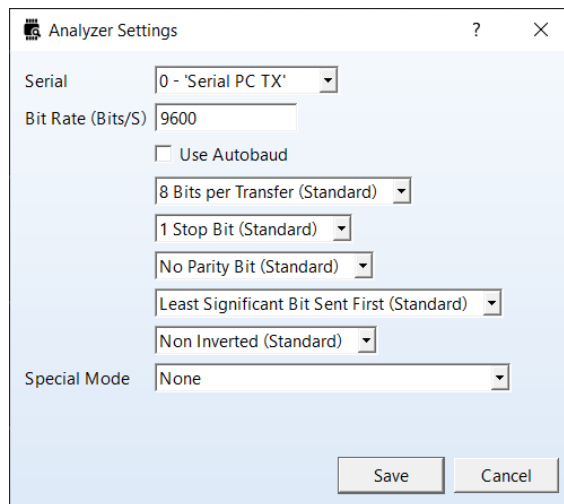


Рис. 6. Налаштування програмного забезпечення на стороні ПК

В ролі програмного забезпечення логічного аналізатора будемо використовувати програму Saleae Logic версії 1.1.15 (рис. 7). Вибірка та частота дискретизації відповідно 1M та 1 MHz.

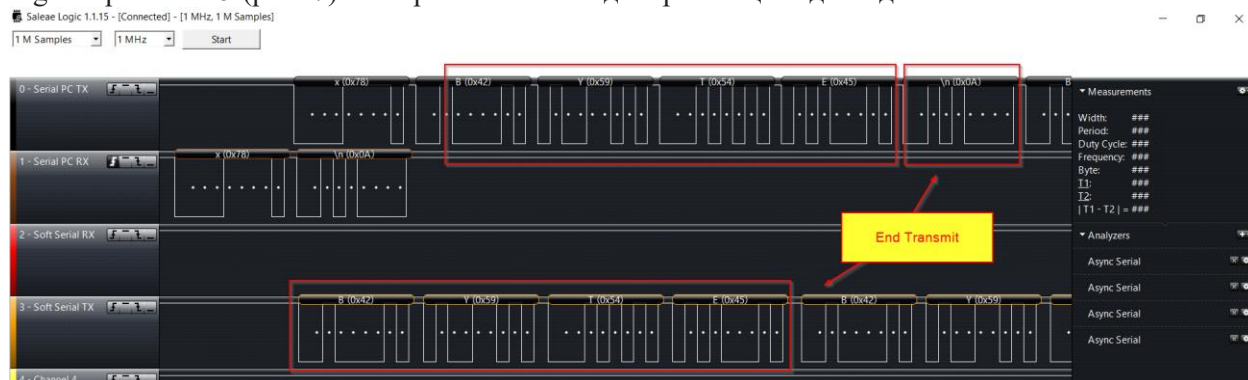


Рис. 7. Програмне забезпечення логічного аналізатора Saleae Logic версії 1.1.15

Для забезпечення синхронізації та стабільності роботи, налаштування UART на стороні мікроконтролерів – аналогічні, але реалізовані програмним чином, із підключенням стандартних бібліотек Serial/Software Serial.

Оскільки команди (фрагменти програмного коду) виконуються в обчислювальних системах послідовно, можливо із перериваннями на виконання деяких інших системних операцій, то можна стверджувати, що порядок виконання операторів може впливати на кінцевий результат обробки та передачі даних. Якщо для чистоти експерименту виокремити передачу та прийом даних по послідовному протоколу реалізовану одночасно декількома інтерфейсами, тоді можливо за допомогою логічного аналізатора протоколу простежити особливості та відповідності передачі даних, їх залежність від апаратної платформи чи програмного забезпечення.

Візьмемо для прикладу порівняння та аналізу наступні два фрагменти програмного коду (сторона Master, таблиця 2).

Таблиця 2 – Фрагменти програмного коду циклічної передачі даних

<pre>void loop(){ if (Serial.available()){ Serial.write(Serial.read()); // eho Serial.write("BYTE"); // BYTE-eho // BYTE-string transmit softSerial.write("BYTE"); } }</pre>		<pre>void loop(){ if (Serial.available()){ Serial.write(Serial.read()); // eho // BYTE-string transmit softSerial.write("BYTE"); Serial.write("BYTE"); // BYTE-eho } }</pre>
--	--	--

Фрагменти зліва та справа однаково посилають та опитують програмний та апаратний послідовні інтерфейси, відмінність полягає у послідовності опитування. На перший погляд результат має бути аналогічним, тобто пересилка даних має відбутися паралельно. На практиці маємо відмінну від очікуваної роботу скомпільованого програмного коду.

Результат роботи лівого фрагмента коду (таблиця 2) та розгорнутий аналіз часових діаграм можемо побачити відповідно на рисунках 7 та 8:

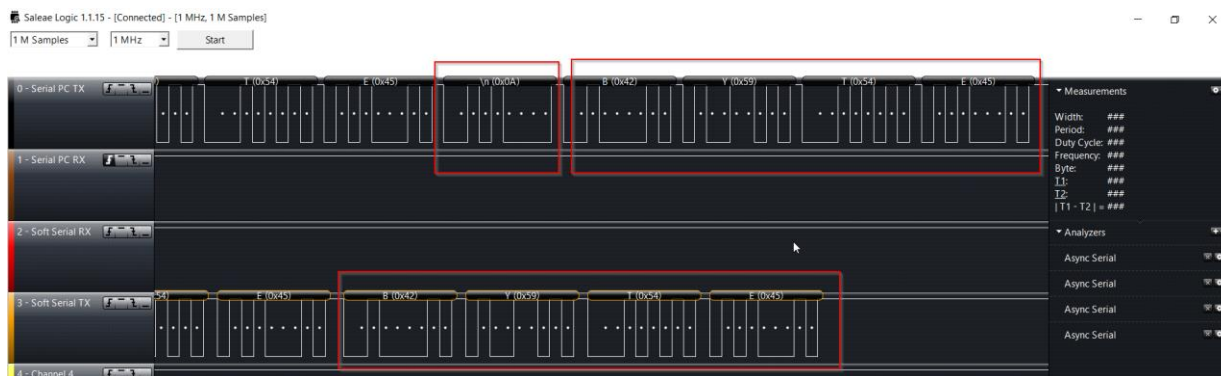


Рис. 8. Дубляж (повторення) послідовності байтів повідомлення «BYTE»

Результат роботи правого фрагмента коду (таблиця 2) наведено на рис. 9 та рис.10:

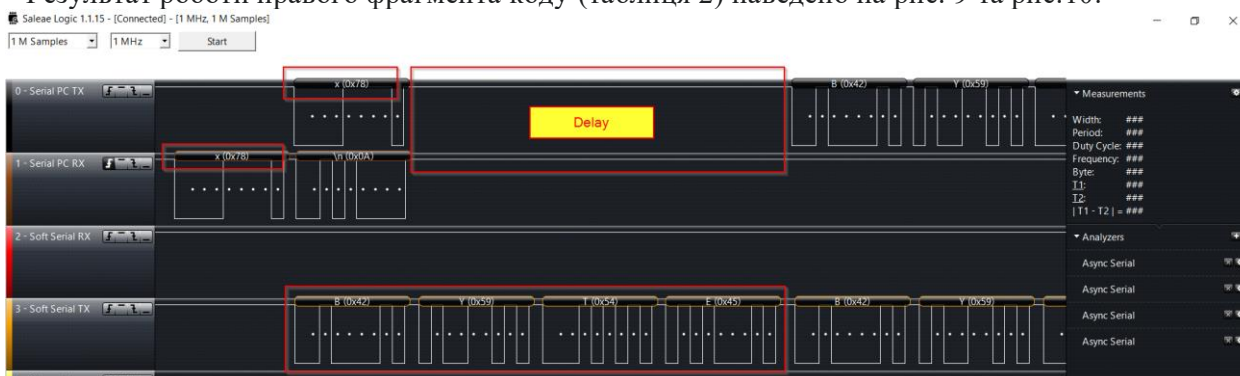


Рис. 9. Дубляж послідовності байтів та затримка виконання повідомлення «BYTE»

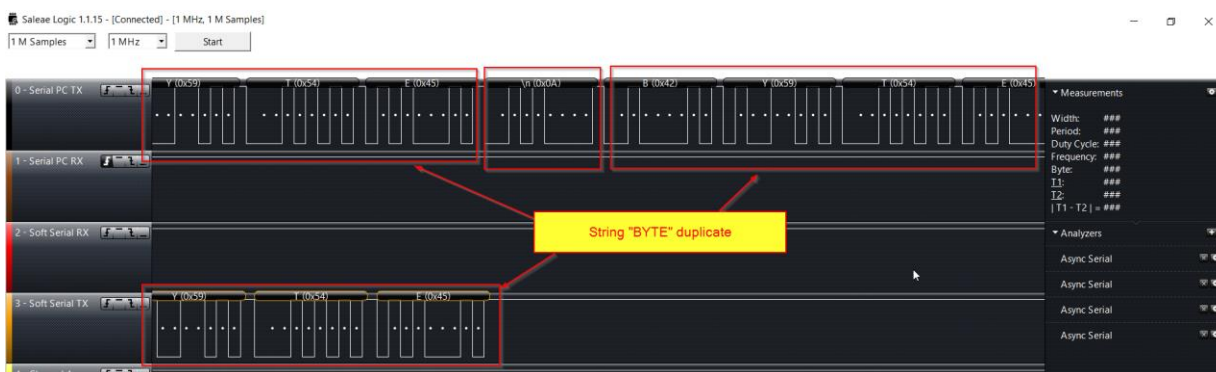


Рис. 10. Дубляж (повторення) послідовності байтів повідомлення «BYTE» після перестановки рядків фрагмента програмного коду

Результат роботи консолі ПК – однаковий в обох випадках реалізації програмного коду (рис. 11)

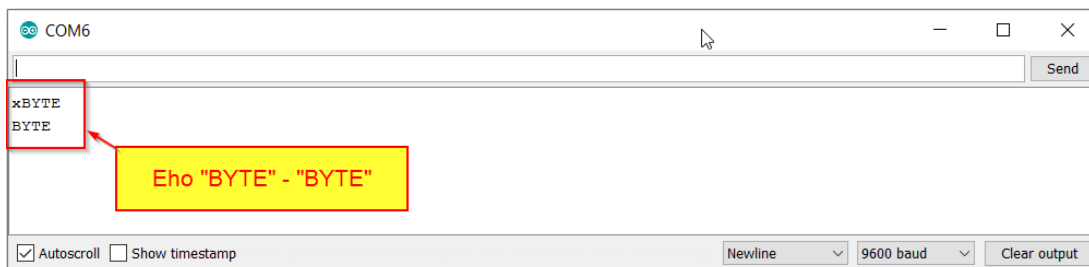


Рис. 11. Дубляж результатів роботи програми. Консоль ПК

Висновки.

Відповідно до отриманих результатів можна стверджувати, що аналіз роботи мікроконтролерного коду програми та її налагодження за допомогою консолі ПК не може бути виконано для окремих випадків паралельно-послідовної роботи інтерфейсів. У даному випадку

реальну картину можна отримати тільки за допомогою безпосереднього аналізу цифрових сигналів досліджуваного інтерфейсу за допомогою логічного аналізатора чи осцилографа.

Усі результати, представлені в роботі, отримані автором самостійно, зокрема здійснено розробку пристрою-установки для дослідження та моделювання послідовних протоколів. Скомпільовані прошивки для мікроконтролерних ядер можуть бути використані аналогічно для діагностики SPI, I2C, USART, та ін. На основі виявлених особливостей роботи програмного коду дано рекомендації по застосуванню стандартних бібліотек та додатків. Проведено аналіз технічних рішень для передачі даних із використанням послідовних протоколів зв'язку провідних та безпроводних систем. Розглянуто особливості паралельної роботи інтерфейсів на мікроконтролерній платформі. Наведений опис отриманих часових діаграм паралельної та послідовної роботи інтерфейсів.

Асинхронний послідовний протокол UART має ряд вбудованих правил – механізмів, які допомагають забезпечити надійну і безпомилкову передачу даних. Це ті механізми, які дозволяють передавати дані без використання зовнішнього тактового сигналу:

- біти даних;
- біти синхронізації;
- біти перевірки парності;
- швидкість передачі.

Завдяки поєднанню цих правил-параметрів, протокол дуже гнучкий. Для успішного зв'язку потрібно переконатися, що обидва пристрої на шині налаштовані на використання однакових правил.

Список бібліографічних посилань.

1. Блінов Ю.В., Зінченко Ю.С. Розробка і дослідження структури логічного аналізатора цифрових сигналів. Донецький національний технічний університет. Інформатика і комп'ютерні технології – Режим доступу <http://ea.donntu.edu.ua/handle/123456789/14217>
2. Бобало Ю.Я. (2014). Осцилографи та методи вимірювання радіотехнічних величин: навч. посібник. Ю.Я. Бобало, Л.А. Недоступ, М.Д. Кіселичник, О.В. Надобко. Львів: Видавництво Львівської політехніки. 88.
3. Горбенко Р.А., Корж Ю.М., Сомов С.В., Бендес Ю.П. (2011). Дослідження процесів аналого-цифрового перетворення за допомогою комп'ютерного моделювання. Обробка інформації в складних технічних системах Системи обробки інформації. Випуск 5 (95). 27-30.
4. Лісовець С.М., Дідович І.О. (2016) Швидкісні інтерфейси для зв'язку мікроконтролерів із периферійними пристроями технології та дизайн. № 2 (19). 1-7.
5. Логический анализатор цифровых сигналов – анализатор протоколов. Приставка к ПК Logos U PRO. Руководство по эксплуатации (2009). Харьков. 26.
6. Макаренко В.В., Маланчук Є.З., Рудик А.В., Співак В.М. (2017) Моделювання та аналіз цифрових схем. Рівне: НУВГП. 454.
7. Озеранський В.С., Перевозніков С.І. (2018) Особливості використання логічних аналізаторів для діагностування схем цифрових пристроїв. Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ. Вінниця. 14-23 березня 2018 р.
8. Олифер В. Г., Олифер Н. А. (2003) Основы сетей передачи данных. М.: ИНТУИТ.РУ. 248.
9. Основні відомості про логічні аналізатори. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.eliks.ru/upload/tektronix/12_qxd.pdf
10. Перевозніков С.І. (2012) Особливості формування компонентних структур тестування для систем внутрішньосхемного пошуку несправностей цифрових пристроїв. С.І. Перевозніков, В.С. Озеранський, Л.В. Крупельницький // Вісник Вінницького політехнічного інституту. № 12. 62–71.
11. Перцовский М., Воробьев Е., Трифонов А. (2000). Применение логических анализаторов в тестировании цифровой техники. № 2. 6-12. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.cta.ru/cms/f/?/366656.pdf>
12. Цирульник С.М., Ткачук В.М., Роптанов В.І. (2018). Методика застосування логічного аналізатора для дослідження інтерфейсів інформаційно-вимірювальних систем. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. Том 29 (68) Ч. 1 № 1. 58-63.
13. Koltunovych O.S., Zdobitska N.V. (2020). Decoding and analysis of serial bus signals using digital signals logic analyzer. Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології і автоматизація – 2020», (Одеса, 22 - 23 жовтня 2020 р.). Одеська нац. акад. харч. технологій. Одеса: ОНАХТ, 2020. 55-57.
14. <https://masteram.com.ua/uk/articles-and-video/rigol-digital-oscilloscopes-and-company-profile/>

References

1. Blinov Y.V., Zinchenko Y.E. Development and research of the structure of the logical analyzer of digital signals. Donetsk National Technical University. Informatics and computer technologies – Access mode <http://ea.donntu.edu.ua/handle/123456789/14217>
2. Bobalo Yu.Ya. (2014). Oscilloscopes and methods of measuring radio quantities: textbook manual. Yu. Ya. Bobalo, LA Nedostup, MD Kiselychnyk, OV Nadobko. - Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House. 88.

3. Gorbenko R.A., Korzh Yu.M., Somov S.V., Bendes Yu.P. (2011). Research of analog-to-digital conversion processes by means of computer modeling. Information processing in complex technical systems of Information processing systems. 5 (95). 27-30.
4. Lisovets S.M., Didovich I.O. (2016). High-speed interfaces for communication of microcontrollers with peripherals of technology and design № 2 (19). 1-7.
5. Logical analyzer of digital signals - protocol analyzer. PC console Logoc U PRO. Operation manual. (2009) Kharkiv. 26.
6. Makarenko V.V., Malanchuk E.Z., Rudyk A.V., Spivak V.M. (2017). Modeling and analysis of digital circuits. Rivne: NUVGP. 454.
7. Ozeransky V.S., Perevoznikov S.I. (2018). Features of the use of logic analyzers for diagnosing circuits of digital devices. Proceedings of the XLVII scientific and technical conference of VNTU, Vinnytsia, March 14-23.
8. Olifer V.G., Olifer N.A. (2003). Fundamentals of data transmission networks. M.: INTUIT.RU. 248.
9. Basic information about logic analyzers. [Electronic resource]. Access mode: http://www.eliks.ru/upload/tektronix/12_qxd.pdf
10. Perevoznikov S.I. (2012). Peculiarities of formation of component testing structures for systems of internal circuit fault finding of digital devices. S.I. Perevoznikov, B.C. Ozeransky, L.V. Krupelnytsky. Bulletin of Vinnytsia Polytechnic Institute. № 12. 62–71.
11. Pertsovsky M., Vorobiev E., Trifonov A. (2000). Application of logic analyzers in testing digital equipment. № 2. 6-12. [Electronic resource] – Access mode: <http://www.cta.ru/cms/f/?/366656.pdf>
12. Tsirulnik S.M., Tkachuk V.M., Roptanov V.I. (2018). Methods of using a logic analyzer to study the interfaces of information and measuring systems. Scientific notes of TNU named after VI Vernadsky. Series: technical sciences. Volume 29 (68). Part 1 № 1. 58-63.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-27>

УДК: 004.65

¹Кузьмич Олена Іванівна, к. ф.-м. н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-8717-4497>

¹Багнюк Наталія Володимирівна, к. т. н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-7120-5455>

²Мекуш Оксана Григорівна

<https://orcid.org/0000-0001-6052-9211>

¹Бортник Катерина Яківна, к.т.н., доцент

<http://orcid.org/0000-0001-5282-099X>

¹Марчук Богдан Ігорович, студент

¹Луцький національний технічний університет,

²Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна

МЕТОДИ СИНХРОНІЗАЦІЇ БАЗ ДАНИХ ПЛАТФОРМ ІНТЕРНЕТ-КОМЕРЦІЇ ЗАСОБАМИ ІС-БІТРИКС

Кузьмич О.І., Багнюк Н.В., Мекуш О.Г., Бортник К.Я., Марчук Б.І. **Методи синхронізації баз даних платформ інтернет-комерції засобами ІС-Бітрікс.** В даній статті проведено аналіз методів оптимізації обліку торгового підприємства шляхом синхронізації баз даних ІС та інтернет магазину. Проведено огляд, дослідження і застосування систем синхронізації даних.. Зроблено SWOT-аналіз процесу використання інтернет-магазину на платформі ІС- Бітрікс.

Ключові слова: інтернет магазин, синхронізація бази даних, ІС Підприємство.

Кузьмич Е.И., Багнюк Н.В., Мекуш О.Г., Бортник Е.Я., Марчук Б.И. **Методы синхронизации баз данных платформ интернет-коммерции средствами ІС-Битрикс.** В данной статье проведен анализ методов оптимизации учета торгового предприятия путем синхронизации баз данных ІС и интернет магазина. Проведен обзор, исследование и применение систем синхронизации данных .Сделано SWOT-анализ процесса использования интернет-магазина на платформе ІС-Битрикс..

Ключевые слова: интернет магазин, синхронизация базы данных, ІС Предприятие.

Kuzmich O.I., Bahniuk N.V., Mekush O.G., Bortnyk K., Marchuk B.I. **Methods of synchronization of databases of e-commerce platforms by means of ІС-Bitrix.** In the given article the analysis of methods of optimization of the account of the trading enterprise by synchronization of databases ІС and online store is carried out. A review and realization of data synchronization systems was performed. A SWOT analysis of the process of using the online store on the ІС-Bitrix platform was made.

Keywords: online store, database synchronization, ІС Enterprise.

Постановка наукової проблеми

Інтернет-торгівля як процес реалізації і збуту товарів та послуг за допомогою спеціалізованих електронних майданчиків, які реалізують дистанційне оформлення замовлення та доставку набуває сьогодні все більших масштабів. Торгівельні інтернет-майданчики в Україні, які в світі, розвиваються досить успішно, адже за підсумками досліджень ринку обсяг інтернет-продажів постійно збільшується так само як і збільшується кількість інтернет-магазинів. Якщо виникає необхідність в системі управління і оперування великими обсягами товарів, то виникає проблема впровадження ефективного автоматизованого механізму, який може бути реалізований, наприклад, засобами ІС як багатофункціональної системи, призначеної для вирішення багатьох завдань, включаючи фінансові розрахунки, менеджмент персоналу, формування списків товарів і послуг. Коли виникає завдання побудови інтернет-магазину, виникає проблема ефективних способів отримання, актуалізації, оновлення даних з ІС. В контексті цього, виникає необхідність у створенні модуля забезпечення синхронізації баз даних ІС Підприємства та інтернет магазину.

Типового модуля, який би дозволив завантажувати актуальні дані з будь-якого інтернет-магазину, в будь-яку програму ІС, на жаль, на сьогодні не існує. Це обумовлено варіативністю програм ІС: торгівля, управління торговим підприємством, управління виробничим підприємством, управління невеликою фірмою. Також існують різні системи, які використовуються на сайтах і для кожної необхідний свій підхід. Тому представлено в статті дослідження присвячене актуальній проблемі аналізу методів синхронізації даних інтернет-магазину з даними бухгалтерського та оперативного обліку підприємства. Найкращим варіантом системи обліку для більшості інтернет-магазинів є ІС - програма для автоматизації роботи підприємств, що дозволяє якісно вирішити проблему обліку товарів, замовлень і ефективно побудувати документообіг. Тому реалізація цього завдання виконана на прикладі синхронізації бази ІС Підприємство з інтернет-магазином одягу.

Аналіз досліджень

Аналіз заявленої проблематики показує, що до стратегічних цілей розробників продуктів ІС відносяться такі як налаштування конфігурацій, розробка готових рішень функціонування автоматизованої інформаційної системи підприємства, реалізація звітів і підсумків за рахунками, інші важливі завдання. В контексті завдання вибору платформи, програма ІС вибрана в якості засобу проектування бізнес-додатків, а також проаналізовано ІС-Бітрікс в якості системи управління веб-проектами. Під час детального аналізу методів синхронізації інфо-бази ІС встановлено, що важливим моментом є реалізація взаємодії між платформою ІС і зовнішньою інформаційною системою, яка реалізується двома механізмами: зовнішнім з'єднанням і через web-сервіс. При цьому реалізуються можливості використання HTTP-сервісів та підтримка REST-інтерфейсу в ІС із застосуванням формату XML. Серед найбільш поширених фреймворків можна виділити Symphony, Zend, Yii, Doctrine, Smarty, Drupal, Wordpress, а серед використовуваних серверних мов можна виділити Ruby, ASP, JSP, Python, Perl. В контексті реалізації заявленого функціоналу придатними системами управління БД є MySQL, PostgreSQL, ORACLE, використовується формат CommerceML в ІС.

За підсумками 2019 р. обсяг ринку інтернет-торгівлі перевищив 1537 млрд. дол. Також протягом останніх 5 років він зростає у середньому на 42,2% на рік. Експерти компанії J'son & Partners Consulting розглянули 172 компанії в 20 сегментах інтернет-торгівлі, і виявили що найбільшими областями світової інтернет-торгівлі є «електроніка, побутова техніка» (1125,5 млрд. дол.), «гіпермаркети» (185 млрд. дол.), «взуття і одяг» (174,2 млрд. дол.). Крім того, ринок інтернет-торгівлі в Україні за підсумками 2019 р. склав 26% від загального інтернет-ринку [6].

Під час аналізу і дослідження предметної області було проаналізована проблема синхронізації даних між ІС та стороннім web-додатком, проведено огляд існуючих на ринку актуальних систем синхронізації даних. При огляді аналогів, були виявлені їх переваги та недоліки, цей аналіз був здійснений на основі даних з джерел [1-3]. На базі даного аналізу, в даній статті ми досліджуємо матеріальні затрати на створення даних додатків та реалізовуємо SWOT-аналіз процесу використання інтернет-магазину на платформі ІС: Бітрікс. Необхідні дані і інформація для аналізу отримана з [4-5].

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів

Автоматизація системи бухгалтерського обліку дозволяє полегшити роботу бухгалтера, позбутися рутинної роботи, підвищує точність облікової інформації, дозволяє проведення економічного і фінансового аналізу роботи підприємства та пошуку шляхів підвищення ефективності цієї роботи. Інформаційні системи на базі «ІС: Підприємство» – це універсальні програми масового призначення, складовими їх є технологічна платформа та конфігурації. Особливістю їх є можливість розробки або зміни конфігурації користувачами системи або організаціями, що спеціалізуються на впровадженні та підтримці системи. Ця можливість дозволяє забезпечити максимальну відповідність системи особливостям обліку на конкретному підприємстві.

Важливим моментом при розгляді методів синхронізації є реалізація взаємодії між платформою ІС і зовнішньою інформаційною системою, яка може бути виконана двома основними механізмами: зовнішнім з'єднанням і web-сервісом.

Зовнішнє з'єднання є одним з механізмів інтеграції, що реалізується на COM-об'єктах. Для роботи через зовнішнє з'єднання необхідно створити менеджер COM-з'єднань, за допомогою якого встановлюється з'єднання. Зазвичай такий механізм використовується для взаємодії між різними конфігураціями ІС. Хоча вони доступні для роботи тільки на серверах з ОС Microsoft Windows Server, інші не підтримуються.

Інший механізм, що дозволяє налаштувати інтеграцію, - web-сервіс. Даний механізм є новіший, тому ще не має достатнього поширення, незважаючи на переваги. Web-сервіс є елементом конфігурації, що має свій модуль. У модулі вказуються методи роботи з web-сервісом, які можуть бути викликані при підключенні. Ці методи можуть повертати дані в будь-якому форматі.

Web-сервіси є засобом підтримки сервіс-орієнтованої архітектури (SOA), що є сучасним стандартом інтеграції інформаційних систем. Підключення реалізується по протоколу SOAP і є кроссплатформним. Механізм web-сервісу є сучасним і має переваги за всіма критеріями порівняння. Таким чином, даний механізм є оптимальним для інтеграції платформи ІС і зовнішніх систем. Впровадження змін може проводитися безпосереднім редагуванням типової конфігурації або використанням механізму розширень.

На підставі проведеного порівняльного аналізу було прийнято рішення, що для реалізації інтеграції платформи ІС із зовнішніми інформаційними системами оптимальним варіантом є внесення змін до типової конфігурації. Передача даних між базою ІС і базою даних зовнішньої системи може бути реалізована двома основними механізмами: за допомогою зовнішнього з'єднання з використанням COM-об'єктів або з використанням елемента конфігурації web-сервіс, що здійснює

обмін даними через протокол SOAP. За даними порівняльного аналізу з урахуванням необхідності розробки уніфікованого кроссплатформенного рішення можна зробити висновок про те, що оптимальним рішенням є використання web-сервісу.

Таким чином, для вирішення завдання інтеграції слід вносити зміни в типову конфігурацію, а обмін даними здійснювати за допомогою web-сервісу.

Сучасні динамічні сайти використовують базу даних для зберігання свого контенту і для реалізації функцій. Найбільш поширеними СУБД є MySQL, PostgreSQL, ORACLE, які є полегшеними, тобто володіють обмеженим функціоналом, достатнім для веб-розробки. В контексті цього найбільш поширеною є MySQL, оскільки вона є простою у використанні і володіє високою швидкістю обробки запитів. Це є важливо при значній кількості звернення користувачів до сервера сайту. Зв'язка PHP + MySQL є найбільш поширеною у back-end розробці, так як PHP має достатньо засобів для організації масштабної роботи з базою даних. В процесі синхронізації 1С вивантажує файли формату .txt, .xml або .csv, які передаються на веб-сайт по протоколах http або ftp. В подальшому веб-ресурс обробляє отримані файли. Такий реалізований вручну обмін даних дозволяє досить гнучко описати всі правила і алгоритми обміну. Відмітимо, що він добре функціонує при обміні невеликими обсягами даних, в той час як при великих обсягах виникають проблеми з продуктивністю.

У Таблиці 1 наведено порівняння наведених функціональних механізмів за такими параметрами як безпека даних, продуктивність, відмовостійкість.

Таблиця 1

Порівняння механізмів обміну даними

Тип обміну	Переваги	Недоліки
CommerceML	- Є в стандартних рішеннях 1С. - Немає доступу в базу 1С з інтернет, - Прийнятний рівень безпеки,	При роботі по схемі Постачальник-Покупець потрібно вручну ініціювати обмін. Надмірність даних протоколу призводить до зниження продуктивності. Дані не зашифровані. Великі обсяги даних можуть призвести до відмови в роботі. Немає стандартизованих засобів автоматичного моніторингу процесу обміну.
Web - розширення	- Прямий доступ в базу 1с дозволяє спростити процес налагодження. - Включено в деякі стандартні поставки.	Під кожного користувача потрібно купувати ліцензію 1С. Продуктивність залежить від швидкості доступу до бази 1С. Прямий доступ в базу, загроза доступу до даних 1С з інтернет. Відмова роботи сервера 1С викличе відмову роботи сайту.
Підключення DLL	- Продуктивність залежить тільки від обсягу даних - Прийнятний рівень безпеки, доступу в базу 1С з інтернет немає. - Трафік шифрується при обміні через протокол sftp. - Висока відмовостійкість при передачі великих об'ємів даних.	Трудомістке написання і реалізація бібліотеки. Підійде тільки для реалізації транспорту даних.
COM-інтерфейс	Прийнятний рівень безпеки, доступу в базу 1С з інтернет немає.	Продуктивність залежить від швидкості доступу до бази 1С. Можливі збої роботи при частих таймаутах. Трудомістке написання COM інтерфейсу.
Web-сервіси 1С	Прямий доступ в базу 1с дозволяє спростити процес налагодження.	Продуктивність сильно залежить від швидкості доступу до бази 1С. Відкриті порти доступу в базу 1С, є потенційні загрози. Можливі відмови в роботі при збоях в базі 1С.

1С 8.3	Високий ступінь безпеки, підтримка протоколів шифрування.	Необхідна міграція з поточної платформи 1С.
Універсальний обмін XML	Прийнятний рівень безпеки, доступу до бази 1С з інтернет немає.	Ініціація обміну за замовчуванням здійснюється оператором. Обробка великих файлів правил сильно знижує продуктивність. Дані передаються у відкритому вигляді. При великих обсягах даних можливі збої.
Веб-сервер на стороні 1С	- Немає промислових впроваджень. - Рішення на рівні прототипу.	Продуктивність нижче, ніж у звичайних веб-серверів Низький рівень безпеки, відкритий порт доступу до бази даних 1С. Сайт не працює при збоях з базою 1С.

Проведемо аналіз технології «Веб-сервер на стороні 1С». Механізм web-сервісів, який вбудований в платформу 1С: Підприємство дозволяє створити конфігурацію з повнофункціональною CMS-системою, що генерує по запиту html-код. Таким чином, в цілому вирішується задача обміну даними з сайтом, він по суті інтегрований, так як сайт працює на базі 1С. Розглянутий механізм потенційно володіє низькою продуктивністю.

Кожен з описаних варіантів має певні як переваги, так і недоліки (див. Таблицю 1). Таким чином, вибір конкретного механізму в кінцевому рахунку залежить від багатьох факторів і вирішується індивідуально. Практичний досвід показує, що найбільш оптимальним є рішення, яке використовує одночасно кілька варіантів обміну для різних ситуацій. В процесі вибору варіанту обміну, що використовується в масштабному проєкті для створення функціонуючої b2b системи, що реалізовує універсальну інтеграцію в більшість відомих конфігурацій 1С, то зазвичай обирається формат CommerceML з допрацьованим функціоналом. Вибір базується на поєднанні гнучкості налаштування універсального обміну XML, якісної автоматизації і підвищеної продуктивності.

В результаті цього аналізу у представленій роботі ми використали оптимізований CommerceML, як формат для обміну даними сайту з базами 1С Підприємство. При цьому доступна можливість гнучкого налаштування об'єктів обміну даними без програмування, через додавання необхідних об'єктів в пакет XDTO.

Особливості розробки інтернет-магазину на платформі 1С-Бітрікс

Реалізований в межах дослідження інтернет-магазин розглянемо як прикладну демонстраційну систему синхронізації, який в контексті задачі також виконує функцію представлення товарів, обробку замовлень, продаж, доставку товарів. Проведення інтеграції інтернет-магазину з платформою 1С реалізовує завантаження товарів в автоматичному режимі з 1С на сайт з описами, зазначенням всіх наявних характеристик. Синхронізація сайту з платформою 1С дає можливість актуально відображати всі необхідні відомості про залишки товару, а отже, і всі дані у каталогах інтернет-магазину будуть своєчасно оновлюватися. Всі замовлення і персональні дані замовників на платформу 1С будуть переноситися в автоматичному режимі. Замовники завжди в курсі того, на якій стадії обробки знаходиться їх замовлення. Для інтернет-магазинів процес синхронізації також має такі переваги як істотна економія часу співробітників, кількість помилок буде зведено до мінімуму, оскільки інформації, що вводиться вручну буде дуже мало, замовлення будуть оброблятися набагато швидше. Відвідувачі завжди будуть бачити актуальну інформацію по наявності товарів і їх складським залишкам, а значить, відсутніх товарів замовляти не будуть.

Архітектурне проектування програмного модуля

Розглянемо основні етапи обміну даними. Процес обміну даними між програмними системами складається з 3 основних частин: ініціація обміну; вивантаження даних на сайт; вивантаження даних з сайту. Ініціація - це важливий етап, основна частина роботи в рамках якого, проводиться до першого вивантаження даних на сайт. Необхідно налаштувати бази даних під певні стандарти, перевірити інформацію щоб не вивантажувати помилкові або надмірні дані. Далі на наступних етапах обмін буде здійснюватися автоматично і регулярно. Але перше вивантаження даних повинно бути відповідним чином підготовлене, і тільки потім обмін ініціюється - проводиться перше вивантаження і після перевірок включається постійний обмін. Розроблювана система синхронізації даних має складатися з таких модулів як модуль зміни конфігурації; модуль зміни даних; розмежування прав доступу користувачів; модуль додавання користувачів; модуль присвоєння прав доступу; синхронізація, модуль парсингу файлів, модуль збору статистики.

Загальний алгоритм звернення та функціонування web-сайту складається з наступних дій:

- Користувач робить GET-запит на сервер. Для реалізації запиту, браузер використовує HTTP;

- Сервер обробляє GET-запит: при цьому якщо запитувана сторінка існує - сервер повертає HTML розмітку, якщо вона не існує - сервер повертає код помилки;
- Браузер обробляє відповідь і відображає номер помилки.

Розглянемо блок-схему загального алгоритму роботи системи синхронізації даних з 1С, яка зображена на рисунку 1.

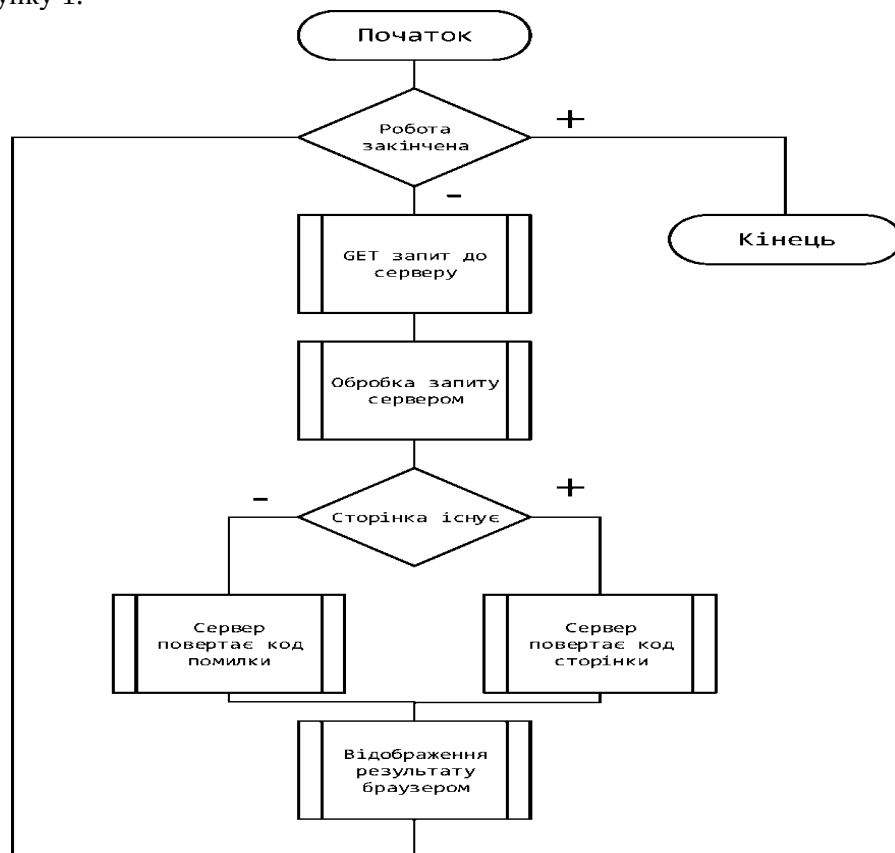


Рис. 1. Загальний алгоритм роботи web-додатку

Алгоритм зміни конфігурацій працює наступним чином:

- Користувач авторизується у системі, проходить аутентифікацію;
- Користувач відправляє GET - запит до сервера, отримує список доступних конфігурацій;
- Користувач змінює конфігурацію та зберігає її, на сервер відправляється POST – запит;
- Сервер змінює конфігурацію і зберігає її.

Оцінка ефективності та SWOT-аналіз.

Для тестування працездатності були обрані найбільш популярні браузери, а саме «Chrome», «Mozilla», «Internet Explorer». На першому етапі проводилося функціональне тестування ключових елементів. Для тестування даного блоку використовувався «Яндекс Браузер». Для тестування були в кошик були додані 2 товари. В результаті тестування відображення сайту в браузерах робимо висновок про коректність виведення інформації в них. Проведемо SWOT-аналіз процесу використання інтернет-магазину на платформі 1С: Бітрікс, який є одним з найпоширеніших методів аналізу і стратегічного планування і дає чітке уявлення про фактори середовища, вказує в яких напрямках потрібно діяти щоб максимізувати можливості і звести до мінімуму загрози. За допомогою цього методу можна визначити перспективу розвитку проекту автоматизації. Результатом аналізу є розробка маркетингової стратегії або гіпотези для подальшої перевірки, вони представлені в Таблиці 2. Таким чином, в результаті SWOT-аналізу були розглянуті сильні і слабкі сторони розробки інформаційної системи, виявлені можливі перспективи її створення і розглянуті варіанти мінімізації впливу загроз, які можуть цьому перешкодити. Для підвищення ефективності роботи програми необхідно мінімізувати помилки, контролювати процес створення і перевіряти роботу системи відповідно до поставлених вимог.

Таблиця 2
Результати SWOT-аналізу

1	2	3
	Можливість: 1. Інтеграція з 1С 2. Автоматизація обліку	Загроза: 1) збої в роботі системи. 2) проблеми синхронізації з 1С 3) Зміна законодавства.
Сильні сторони: 1) зручність представлення даних. 2) автоматичний збір статистики. 3) спрощення процедури покупки. 4) Надійність системи	Як скористатися можливостями 1. Провести роботу по створенню правил обміну для зв'язку з 1С. 2. Налаштувати Раннє створені правила обм	За рахунок чого можна знизити загрози 1. Оренда надійного сервера або покупка власного. 2. Розміщення 1С на надійному сервері з постійною підтримкою. 3. Розробка сприйнятливої до змін системи.
Слабкі сторони: 1. Залежність від сервера. 2. Залежність від мережі Інтернет.	Що може перешкодити можливостям 1. Проблеми з серверним обладнанням можуть вплинути на працездатність сайту.	Найбільші небезпеки для фірми 1. Розроблений інтернет-магазин не буде відповідати вимогам. 2. Час, витрачений на його створення, буде втрачено даремно.

Висновки та перспективи подальшого дослідження.

В даній статті проаналізовано проблему синхронізації даних між 1С та веб-сайтом. При цьому проведено аналіз доступних систем синхронізації даних, виявлено їх переваги та недоліки. В практичній частині дослідження описано особливості розробки типового інтернет-магазину та платформі 1С-Бітрікс, в контексті цього - деталізовано основні етапи процесу, розглянуто механізми реалізації, досліджено структуру інтернет-магазину, проведено проектування бази даних та механізму синхронізації. Також проведено розробку демонстраційного програмного модуля для синхронізації інтернет-магазину з базою 1С, визначено переваги такої синхронізації. Окремо досліджено матеріальні затрати на створення такого механізму та зроблено SWOT-аналіз процесу синхронізації інтернет-магазину на платформі 1С: Бітрікс. Ефективна синхронізація має значні переваги - це автоматичне завантаження товарів з 1С на сайт разом з усіма необхідними даними і параметрами. Синхронізований з 1С сайт завжди підтримує актуальність даних про залишки товару, відповідно, вирішується питання своєчасності і актуальності оновлення каталогів інтернет-магазину. Замовлення і дані клієнтів також переносяться в 1С автоматично. В результаті, інтеграція інтернет-магазину з 1С дозволяє значно заощадити час роботи, з її допомогою стає можливим мінімізувати кількість помилок ручного введення. Додатковою перевагою стає збільшення швидкості обробки замовлень, адже менеджер не витрачає час на перенесення даних клієнта з сайту в 1С, а відразу може побачити замовлення в даній системі обліку.

Список бібліографічного опису.

1. Акила К., Еремеевский А. Интернет-магазин с нуля. Полное пошаговое руководство; Питер - Москва, 2013. 176 с.
2. Ашманов І. С., Іванов А. А. Просування сайту в пошукових системах. М.: Вільямс, 2007. 304 с.
3. Байков В. Интернет. Поиск информации и продвижение сайтов; БХВ-Петербург-М., 2013. 288 с.
4. Богачова Т. Г. 1С: Підприємство 8. Управління торговими операціями в питаннях і відповідях. Вид-во: 1С-Паблішинг, 2014. 210 с.
5. Вендров А. М. CASE-технології. Сучасні методи і засоби проектування інформаційних систем. М.: Фінанси та статистика, 2018. 176 с.
6. Шквір В. Д. Інформаційні системи і технології в обліку: навч. посібник / В.Д. Шквір, А.Г. Загородній, О.С. Височан. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2007. 439 с.

References

1. Akila K., Eremeevsky A. Online store from zero. Complete step-by-step guide; Peter - Moscow, 2013. 176 p.
2. Ashmanov I.S., Ivanov A.A. Web-site promotion in search engines. M.: Williams, 2007. 304 p.
3. Baikov V. Internet. Search for information and promotion of sites; BHV-Petersburg-M., 2013. 288 p.
4. Bogachova T.G. 1C: Enterprise 8. Management of trade operations in questions and answers. Publisher: 1C-Publishing, 2014. 210 p.
5. Vendrov A.M. CASE-technology. Modern methods and tools for designing information systems. M.: Finance and Statistics, 2018. 176 p.
6. Shkvir V.D. Information systems and technologies in accounting: textbook. manual / VD Shkvir, A.G. Zagorodniy, OS High. Lviv: Lviv Polytechnic National University Publishing House, 2007. 439 p.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-28>

УДК: 004.62:37.07

Лавренчук Світлана Василівна, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-5453-3924>

Товстенюк Богдан Сергійович, студент

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна.

ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЧАТ-БОТ ДЛЯ СЕРВІСУ ОБМІНУ ПОВІДОМЛЕННЯМИ TELEGRAM В НАВЧАЛЬНІЙ СФЕРІ

Лавренчук С.В., Товстенюк Б.С. Інформаційний чат-бот для сервісу обміну повідомленнями Telegram в навчальній сфері. Розглянуто чат-бот як засіб сучасної комунікації, окреслено можливості Telegram-ботів. Створено чат-бот для зручного інформування студентів, сформовано графіки активності боту, досліджено актуальність запропонованих функцій.

Ключові слова: Чат-бот, Telegram, Pandas, Matplotlib, сервіс обміну повідомленнями.

Лавренчук С.В., Товстенюк Б.С. Информационный чат-бот для сервиса обмена сообщениями Telegram в учебной сфере. Рассмотрен чат-бот как средство современной коммуникации, определены возможности Telegram-ботов. Создан чат-бот для удобного информирования студентов, сформировано графики активности бота, исследованы актуальность предложенных функций.

Ключевые слова: Чат-бот, Telegram, Pandas, Matplotlib, сервис обмена сообщениями

Lavrenchuk S.V. Tovsteniuk B.S. Information chatbot for Telegram messaging service in the field of education. The chatbot as a means of modern communication is considered, the possibilities of Telegram bots are outlined. A chatbot for convenient informing of students was created, graphs of bot activity were formed, the relevance of the proposed functions was investigated.

Keywords: Chat-bot, Telegram, Pandas, Matplotlib, messaging service.

Постановка проблеми. Чат-бот – це інформаційний помічник, який реалізує віртуальну комунікацію з користувачами за допомогою повідомлень і має велику кількість специфічних функцій. Інформаційного чат-бота можна використовувати як для розсилки інформації, так і для її збору. На сьогоднішній день такого типу месенджери користуються великою популярністю. Це пов'язано з значною динамікою поширення мобільного інтернету, що супроводжується великими швидкостями, низькою ціною і широким розповсюдженням смартфонів.

Крім того, користувачі можуть передавати один одному файли та виконувати спільні дії – спільно створювати або редагувати текстовий документ, графічне зображення, грати в комп'ютерну гру тощо. Іноді повідомлення, що передаються службами миттєвого обміну повідомленнями, називають миттєвими повідомленнями, а самі служби – службами обміну миттєвими повідомленнями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На теперішній час існує велика кількість різних типів чат-ботів в клієнті по обміну повідомленнями, наприклад, в категоріях: розваги, фото і відео, новини, наука, ігри, соціальні комунікації, онлайн інструменти. В даних категоріях можна знайти потрібного чат-бота, та отримати різного роду інформацію. Крім того, у користувача є можливість додавати велику кількість цікавих йому опцій і отримувати інформацію від них. При цьому йому не буде потреби встановлювати різного типу додатки для отримання інформації, тому, що це все можна переглянути в одному додатку – в месенджері.

Створення чат-боту в месенджері Telegram може дати можливість:

- отримувати індивідуальні сповіщення та новини: бот може діяти як «розумна газета», надсилаючи користувачеві відповідний контент, як тільки він опублікується;

- інтегруватися з іншими послугами: бот може збагатити чати контентом від зовнішніх служб, а саме Gmail bot, Image bot, GIF bot, bot IMDB, Wiki bot, Music bot, Youtube bot, GitHub bot;

- приймати платежі від користувачів Telegram: бот може запропонувати платні послуги або працювати як віртуальний магазин;

- створювати спеціальні інструменти: бот може надати сповіщення, прогнози погоди, переклади, форматування або інші послуги;

- розробляти одно та багатокористувацькі ігри: бот може запропонувати багатий досвід HTML5, від простих аркад і головоломок до 3D-ігор і стратегій в реальному часі [6].

Тема чат-ботів є досить актуальною, про що свідчать численні публікації останніх років. Створення Telegram-бота засобами мови Python розглядається в статті Антонюка О.В [1], питаннями розробки Telegram-бота для інформаційної підтримки саме навчального процесу займався Коляструк Б.І. [2], Цукрук В.І. розглянув особливості розробки ігрового бота на основі месенджеру Telegram [4].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Виходячи з описаного раніше, актуальним завданням є створення власного чат-бота в сервісі по обміну миттєвими повідомленнями Telegram для студентів навчального закладу, який буде надавати інформацію студентів про актуальні новини закладу, розклад дзвінків та розклад занять.

Формулювання мети дослідження. Метою дослідження є створення інформаційного чат-бота для отримання актуальної інформації, важливої для студентів та викладачів, а саме – останніх новин навчального закладу, розкладу занять і розкладу дзвінків та аналітичний розгляд використання чат-боту користувачами Telegram.

Акцент зроблений саме на сервісі Telegram, тому, що даним сервісом користуються досить багато користувачів з України, а також існує підтримка чат-ботів, і, вони мають детальну документацію і є багато статей в цій сфері розробки. Крім того, мета роботи включає вирішення наступних задач:

створення системи по обробці запитів клієнтів з сервісу обміну миттєвими повідомленнями Telegram;

- відправлення запитів на отримання HTML сторінок;
- парсування HTML файлів;
- відправлення та отримання запитів від Google Drive API;
- побудова розширюваної архітектури веб-додатка для майбутнього його розвитку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Завдяки розвитку технологій, соціальні мережі перестали бути єдиним місцем для спілкування. Сьогодні існує безліч мобільних додатків – месенджерів, які задовольняють потребу у більш комфортному спілкуванні, тому їх популярність зростає щодня.

За останні роки соціальна комунікація кардинально змінилась під впливом технологічних чинників, в тому числі за рахунок розвитку різних форм інтернет-комунікацій. Головним гаджетом сучасності став смартфон. Кількість власників смартфонів у світі протягом останніх років зросла до 3,5 млрд [8]. Це фантастична інтеграція електронних пристроїв в життя людини. Наприкінці другої половини 2020 року кількість підключень до сайтів зі смартфонів і планшетів по всьому світу досягла 51,53% і перевищила використання інтернету зі стаціонарних комп'ютерів і ноутбуків [10]. Найважливішою тенденцією, під впливом якої змінюється сучасна комунікація, ми можемо впевнено назвати активне використання месенджерів. Спочатку сервіси обміну миттєвими повідомленнями, такі як Facebook Messenger, Skype, Telegram, Viber, WhatsApp і ін. використовувалися в основному для обміну персональними повідомленнями. Останнім часом месенджери все частіше стали виступати як майданчик для дистрибуції контенту. Зокрема, мова йде про канали та чат-боти в Telegram. Проникнення в цю сферу стало наслідком адаптації до нових умов і проходженням туди, де знаходиться аудиторія.

Зрозумівши потенціал цих мобільних додатків, більшість компаній почали використовувати месенджери в якості допоміжного інструменту для комунікації зі споживачами. Адже смартфони цілодобово знаходяться з нами на відстані витягнутої руки, а це означає, що повідомлення, які надходять, будуть помічені майже зі 100% ймовірністю.

До переваг месенджерів можна віднести: охоплення більшого відсотку користувачів, можливість ділитися різним типом контенту (від великих текстових файлів, зображень, відео файлів до геолокації) та максимальну швидкість реакції на повідомлення від користувачів (завдяки push-повідомленням).

Також головними перевагами месенджерів є можливість завжди залишатися на зв'язку, забезпечуючи цілодобову підтримку та забезпечення найвищого рівня приватності у вирішенні проблем користувача.

Telegram – сервіс для обміну повідомленнями, що надає можливість інтерактивної взаємодії користувачів. Розробники сервісу надають можливість на його базі створювати групи, канали і боти для взаємодії користувачів з акаунтами компаній і великих організацій, що дозволяє мінімізувати витрати часу фахівців на однотипні питання користувачів.

У 2017 році Telegram почав набирати популярність в Україні. Дослідження Kantar Україна проаналізувало, що охоплення Telegram у червні 2020 року досягло 5,6 млн користувачів [5]. Інше агентство маркетингових досліджень, яке провело digdata у 2018 році, повідомило, що додатком Telegram користуються 19% серед всіх інших месенджерів на ринку, найбільшу популярність він має серед респондентів у віці 16-29 років [3]. Вік користувачів свідчить, що є доцільним створення чат-боту на базі сервісу по обміну повідомлень Telegram, адже сервіс охоплює потенційних студентів та користувачів месенджера.

Вирізняє Telegram серед інших месенджерів можливість створення ботів і каналів. Бот – програма, яка дозволяє відповідати на питання користувача, шукати інформацію, консультувати клієнтів і навіть підтримувати ігри в інтерфейсі месенджера.

Це впровадження націлене в першу чергу на мобільну аудиторію, яка активно використовує свої смартфони для роботи і розваг, користувачеві не потрібно заходити на сайт, достатньо відправити повідомлення боту.

Близькість, швидкість і функціонал – ось те, на чому розвиваються месенджери. Вони вже перетворилися в новий соціальний шар, в платформи, які набагато зручніші та цікавіші від всіх попередніх.

Таким чином, рішення розробити чат-бот було продиктовано бажанням оптимізувати діяльність студентів, що навчаються в університеті, вимушених витратити більше часу на трансляцію інформації, що міститься у відкритих джерелах.

Для користування чат-ботом потрібно мати обліковий запис в програмі по обміну повідомленнями Telegram.

Нижче наведені результати розробки чат-бота @LNTU_Student_bot для месенджера Telegram і його функції (рис.1).



Рис. 1. Функціонал роботи чат-боту

Дослідження та аналіз використання чат-боту користувачами месенджера Telegram здійснюється шляхом експорту інформації з чату, який інформував адміністратора про надходження повідомлень до чат-бота. Завдяки мові програмування Python та бібліотек pandas і matplotlib є можливість проаналізувати структуровану інформацію, яку експортовано з Telegram у форматі JSON (рис.2).

```
{
  "id": 438672,
  "type": "message",
  "date": "2020-09-25T17:48:46",
  "from": "Луцький НТУ",
  "from_id": 5143647623,
  "text": [
    "id - ",
    {
      "type": "phone",
      "text": "225283503"
    }
  ],
  "\nfirst_name - Bogdan\nusername - remember_this\nlast_name - T\n\ntext - Новини"
},
]
```

Рис. 2. Приклад експорт запиту користувача від чат-бота

Pandas – це програмна бібліотека, написана для мови програмування Python для обробки та аналізу даних. Зокрема, вона містить структури даних та операції для маніпулювання числовими таблицями та часовими рядами [9]. Використовуючи вбудовані у бібліотеці функції, було переформатовано текстовий формат дати у формат типу `datetime` для зручного аналізу часової інформації повідомлень від користувачів Telegram та для можливості фільтрування запитів по місяцях, відібрано унікальні запити користувачів по `id` та сформовано часову таблицю активності користування чат-ботом у Telegram щомісячно (рис 3).

Matplotlib – це основна бібліотека, яка використовується для статистичної обробки даних, візуалізації та побудови графіків для мови програмування Python [7]. Використовуючи отримані та очищені дані з бібліотеки `pandas` було сформовано графік активності (рис. 3.) та графік використання доступних функцій чат-бота (рис. 4.).

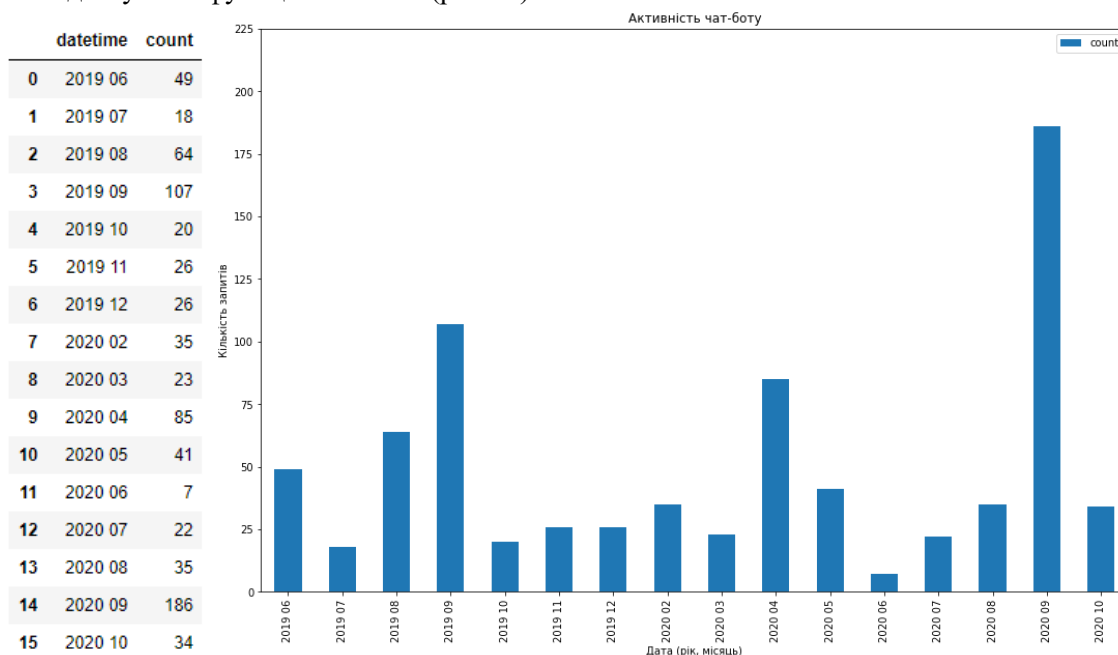


Рис. 3. Помісячна статистика використання чат-боту

По графіках (рис. 3., рис. 4.) видно, що пік активності припадає на перший місяць навчання, адже саме у вересні, студенти хочуть дізнатись найголовніше – «Розклад занять», що помітно, тому, що дана функція охоплює найбільшу частину кругової діаграми функціональності чат-боту, а саме 74,84%, на другому місці «Новини» 15,10% та на третьому «Навчальний тиждень», який інформує користувача про актуальний навчальний тиждень, «чисельник» або «знаменник».

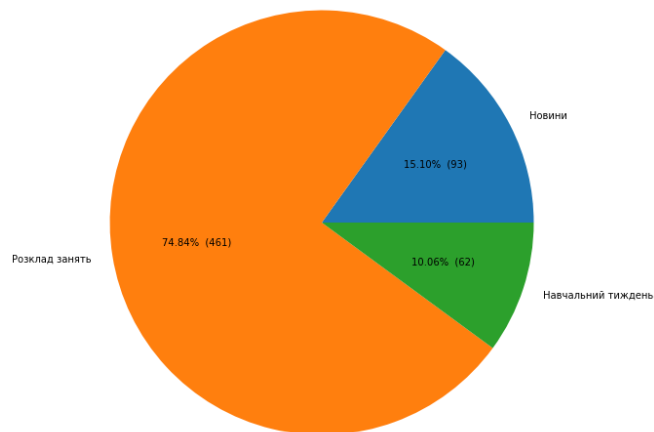


Рис. 4. Кругова діаграма використання доступних функцій чат-боту

Висновки. В дослідженні було розглянуто сервіс обміну повідомленнями, як допоміжну складову інформування користувачів, що використовують месенджер, як спосіб отримання актуальної інформації. Чат-бот один з найактуальніших інструментів, які доступні в сервісах по обміну повідомленнями, вони можуть надавати актуальну інформацію в будь-який час, що допомагає покращенню інформаційного потоку між навчальним закладом та його студентами.

Було досліджено, що Telegram, а саме чат-бот, який є частиною месенджера – це інструмент, що є зручним та безкоштовним засобом комунікації студента з інформаційною базою навчального закладу. Розроблено чат-бот, який інформує про розклад занять у навчальному закладі, повідомляє актуальні новини та надає інформацію по навчальному тижню.

Завдяки мові програмування Python, та бібліотекам matplotlib та pandas були сформовані графіки активності чат-боту, проаналізовано які функції, доступні в чат-боті, найчастіше використовувалися.

Таким чином, одним з найголовніших завдань на сьогодні є інформування студентів, надання актуальної та бажаної інформації у різних доступних сферах обміну інформацією, а саме у сфері, яка актуальна на цей час, це сервіси обміну повідомлень.

Список бібліографічного опису

1. Антонюк О. В. РОЗРОБКА TELEGRAM-БОТА ЗА ДОПОМОГОЮ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON І СЕРЕДОВИЩА РОЗРОБКИ PYCHARM [Електронний ресурс] / О. В. Антонюк. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <http://dspace2.regi.rovno.ua:8088/jspui/bitstream/123456789/1808/1/Zbimyk-12-2019-3-157-162.pdf>.
2. Коляструк Б. І. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ TELEGRAM БОТА ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ [Електронний ресурс] / Богдан Іванович Коляструк. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/mcnd/article/download/4812/4766>
3. Месенджери та реклама: статистика використання в Україні [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://digdata.com.ua/index.php/uk/mesendzhery-ta-reklama-vykorystannya-v-ukrayini-2018-infohrafyka/>.
4. Цукрук В. І. РОЗРОБКА ІГРОВОГО TELEGRAM-БОТУ [Електронний ресурс] / В. І. Цукрук – Режим доступу до ресурсу: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/29391/9344.pdf?sequence=3>.
5. Як змінилося користування мобільними застосунками за 5 років: соцмережі та месенджери [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://tns-ua.com/news/yak-zminilosya-koristuvannya-mobilnimi-zastosunkami-za-5-rokiv-sotsmerezhi-ta-mesendzhery>.
6. Bots: An introduction for developers [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://core.telegram.org/bots>.
7. matplotlib documentation [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://matplotlib.org/3.3.2/contents.html>.
8. Number of smartphone users from 2016 to 2021 [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/>.
9. pandas documentation [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://pandas.pydata.org/docs/>.
10. Share of global mobile website traffic 2015-2020 Published by J. Clement, Jul 21, 2020 Mobile accounts for approximately half of web traffic worldwide. In the second quarter of 2020, mobile devices (excluding tablets) generated 51.53 percent of global we [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.statista.com/statistics/277125/share-of-website-traffic-coming-from-mobile-devices>.

References

1. Antonyuk OV DEVELOPMENT OF TELEGRAM-BOT WITH THE HELP OF PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE AND PYCHARM DEVELOPMENT ENVIRONMENT [Electronic resource] / OV Antonyuk. - 2019. - Mode of access to the resource: <http://dspace2.regi.rovno.ua:8088/jspui/bitstream/123456789/1808/1/Zbirnyk-12-2019-3-157-162.pdf>.
2. Kolyastruk BI FEATURES OF TELEGRAM BOT DEVELOPMENT FOR INFORMATION SUPPORT OF THE EDUCATIONAL PROCESS [Electronic resource] / Bohdan Ivanovych Kolyastruk. - 2020. - Resource access mode: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/mcnd/article/download/4812/4766>
3. Messengers and advertising: statistics of use in Ukraine [Electronic resource]. - 2018. - Resource access mode: <https://digdata.com.ua/index.php/uk/mesendzhery-ta-reklama-vykorystannya-v-ukrayini-2018-infohrafyka/>.
4. Tsukruk VI DEVELOPMENT OF GAME TELEGRAM-BOT [Electronic resource] / VI Tsukruk - Mode of access to the resource: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/29391/9344.pdf?Sequence=3>.
5. How has the use of mobile applications changed in 5 years: social networks and messengers [Electronic resource]. - 2020. - Mode of access to the resource: <https://tns-ua.com/news/yak-zminilosya-koristuvannya-mobilnimi-zastosunkami-za-5-rokiv-sotsmerezhi-ta-mesendzheri>.
6. : An introduction for developers [Electronic resource] - Resource access mode: <https://core.telegram.org/bots>.
7. matplotlib documentation [Electronic resource]. - 2020. - Resource access mode: <https://matplotlib.org/3.3.2/contents.html>.
8. Number of smartphone users from 2016 to 2021 [Electronic resource]. - 2020. - Resource access mode: <https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/>.
9. pandas documentation [Electronic resource]. - 2020. - Resource access mode: <https://pandas.pydata.org/docs/>.
10. Share of global mobile website traffic 2015-2020 Published by J. Clement, Jul 21, 2020 Mobile accounts for approximately half of web traffic worldwide. In the second quarter of 2020, mobile devices (excluding tablets) generated 51.53 percent of global we [Electronic resource]. - 2020. - Resource access mode: <https://www.statista.com/statistics/277125/share-of-website-traffic-coming-from-mobile-devices>.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-29>

УДК: 004.415.3

Пех Петро Антонович, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-6327-3319>

Корець Роман Сергійович, студент

Луцький національний технічний університет

П'ЯТЬ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ САЙТУ

Пех П. А., Корець Р.С. П'ять методів оптимізації сайту. В статті була запропонована методика підвищення швидкості завантаження сторінок сайту. З'ясовано вплив кожного виду оптимізації на кількість балів за методикою Google Pagespeed.

Ключові слова: веб-сайт, оптимізація, HTML, Google PageSpeed, стискання, код сторінки

Пех П.А., Корець Р.С. Пять методов оптимизации сайта. В статье была предложена методика повышения скорости загрузки страниц сайта. Выяснено влияние каждого вида оптимизации на количество баллов по методике Google Pagespeed.

Ключевые слова: веб-сайт, оптимизация, HTML, Google PageSpeed, сжатия, код страницы.

Pekh P., Korets R. Five methods of site optimization. The article proposed a method of increasing the speed of loading the pages of the site. The effect of each type of optimization on the number of points according to the Google Pagespeed method is found out.

Keywords: website, optimization, HTML, Google PageSpeed, compression, page code.

Постановка задачі. Сучасні технології відіграють одну з провідних ролей у повсякденному житті, а в інтернеті, безсумнівно, займають лідируючі позиції. Отже, сайти є одним із незамінних атрибутів більшості фірм і організацій, оскільки виконують роль професійного і кваліфікованого представництва в інтернеті, доступного цілодобово для користувачів з будь-якої точки світу. Швидкість завантаження сторінок - один з головних напрямків розроблення якісних інтернет-сайтів, який гарантовано збільшує коефіцієнт конверсії та залученість користувачів і в такий спосіб підвищує ефективність роботи сайту [1,2,3]. Показник швидкості завантаження сторінок набуває особливо великого значення, коли мова йде про мобільний трафік [4,5].

Мініміфікація коду веб-сайту. Мініміфікація (мінімізація, скорочення) коду означає його оптимізацію в користь зменшення обсягу пам'яті, при цьому в жертву приноситься читабельність.

Мініфікований код є повністю робочим, але позбавленим всіх символів і ділянок, які не впливають на його працездатність, до яких відносяться пробіли, табуляція, коментарі.

Ці символи і коментарі в коді застосовуються для найкращого його сприйняття розробниками при написанні і редагуванні, але «роздувають» його обсяг, збільшуючи загальну вагу веб-сторінки. Тому доцільно їх видаляти перед застосуванням на сайті, залишаючи копію оригіналу для можливого редагування.

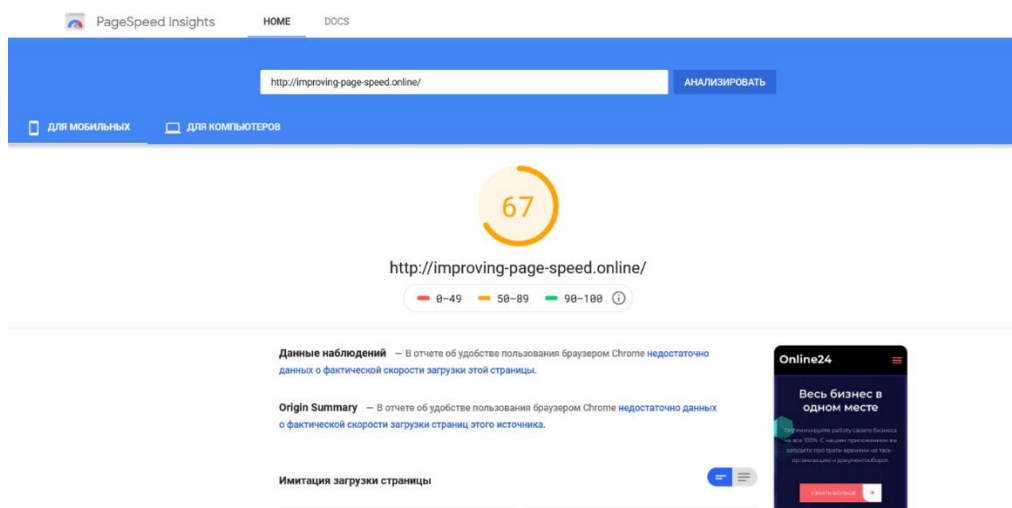


Рисунок 1 – Швидкість завантаження веб-сайту improving-page-speed.online до мініміфікації коду сторінки

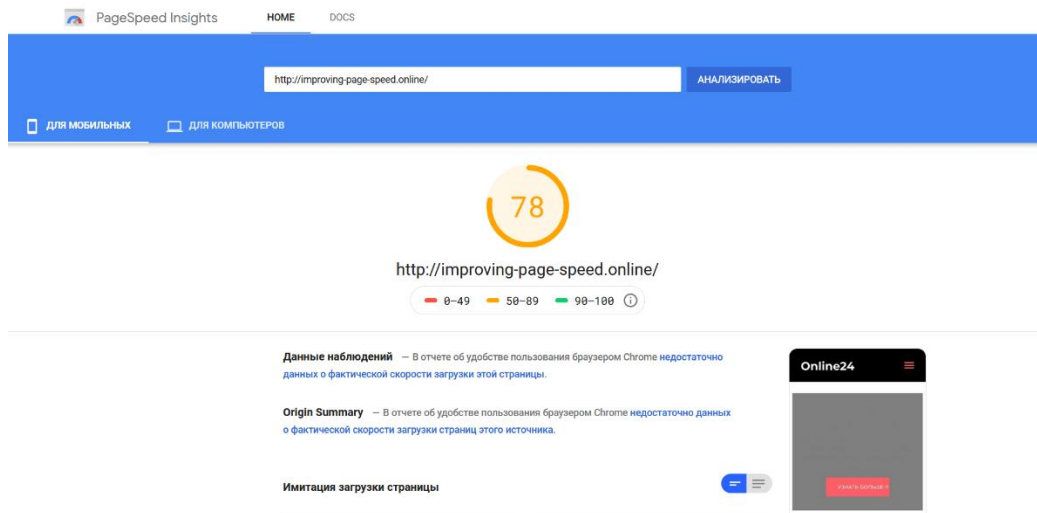


Рисунок 2 – Швидкість завантаження веб-сайту improving-page-speed.online після мінімізації коду сторінки

Підключення CDN. CDN витягує статичні файли з сервера сайту і кешує їх на своїх серверах. Коли браузер звертається до сайту, статичний контент завантажується через CDN, а не з сайту. Сам CDN працює за принципом проксі, визначаючи найближчий до користувача сервер, що забезпечує більш швидку і зручну доставку контенту.

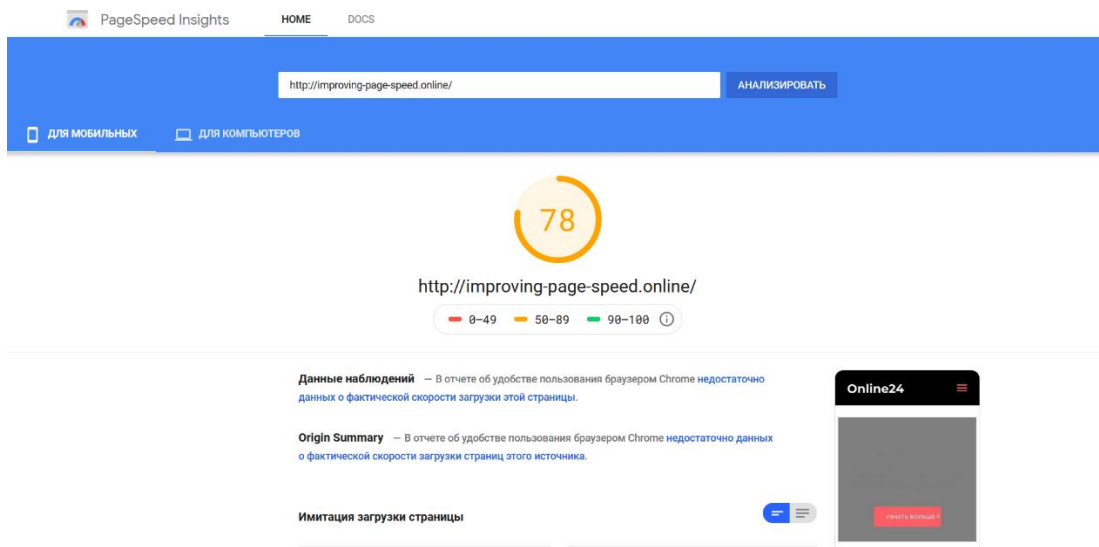


Рисунок 3 – Швидкість завантаження веб-сайту improving-page-speed.online до підключення CDN

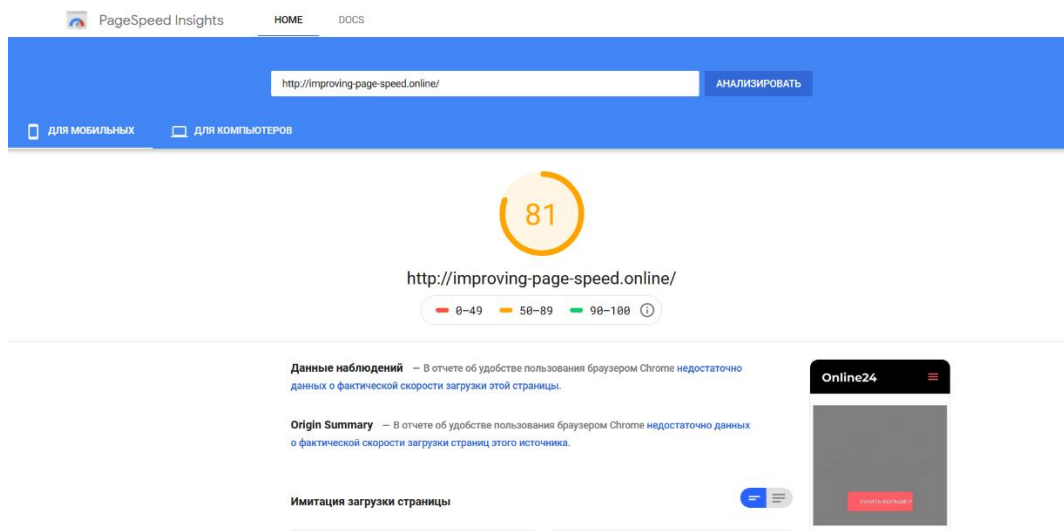


Рисунок 4 – Швидкість завантаження веб-сайту improving-page-speed.online після підключення CDN

Ввімкнення стиснення в налаштуваннях сервера. Активація стиснення веб-сторінок є простим і дієвим способом збільшити швидкість завантаження сайту. При активації GZIP-компресора потік передається від сервера браузеру, інформація перекодовується на льоту. В результаті браузер клієнта отримує трафік в стислому вигляді (мінімального обсягу), який розпаковується їм при отриманні. Це особливо актуально в мобільних мережах: не всі використовують безлімітний інтернет на мобільних пристроях.

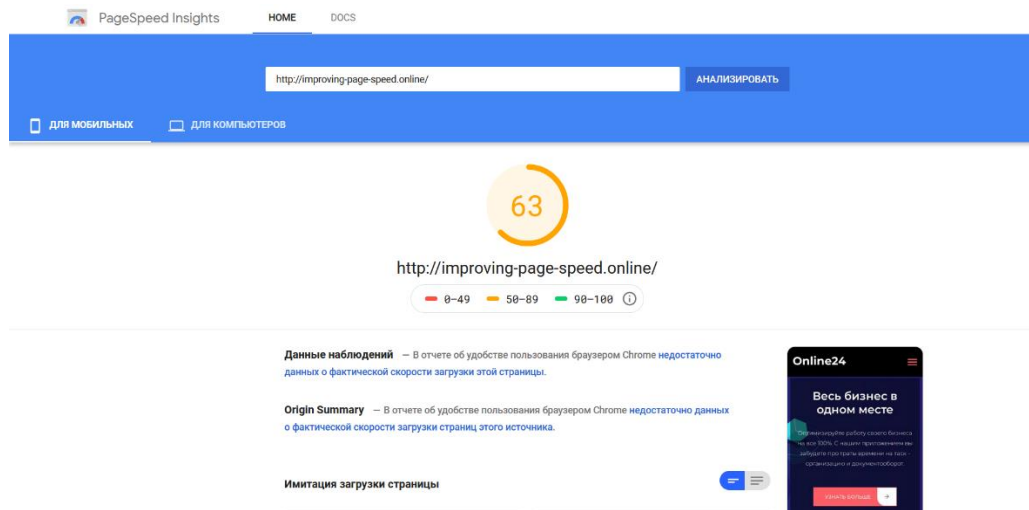


Рисунок 4 – Швидкість завантаження веб-сайту до ввімкнення стиснення

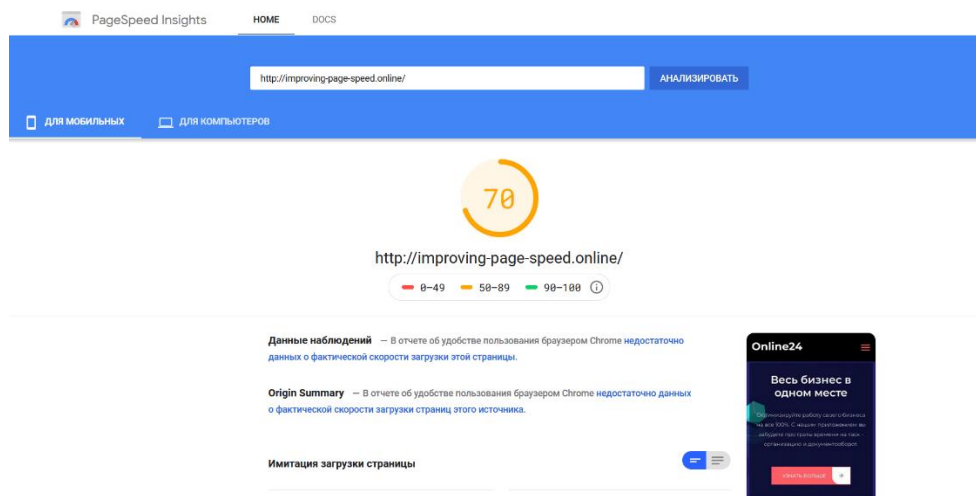


Рисунок 5 – Швидкість завантаження веб-сайту після ввімкнення стиснення

Налаштування серверного кешування сторінок. На сервері в корневій папці створюємо файл .htaccess і додаємо туди наступний код:

```
## EXPIRES CACHING ##
<IfModule mod_expires.c>
ExpiresActive On
ExpiresByType image/jpg «access plus 1 year»
ExpiresByType image/jpeg «access plus 1 year»
ExpiresByType image/gif «access plus 1 year»
ExpiresByType image/png «access plus 1 year»
ExpiresByType text/css «access plus 1 month»
ExpiresByType application/pdf «access plus 1 month»
ExpiresByType text/x-javascript «access plus 1 month»
ExpiresByType application/x-shockwave-flash «access plus 1 month»
ExpiresByType image/x-icon «access plus 1 year»
ExpiresDefault «access plus 7 days»
</IfModule>
```

EXPIRES CACHING

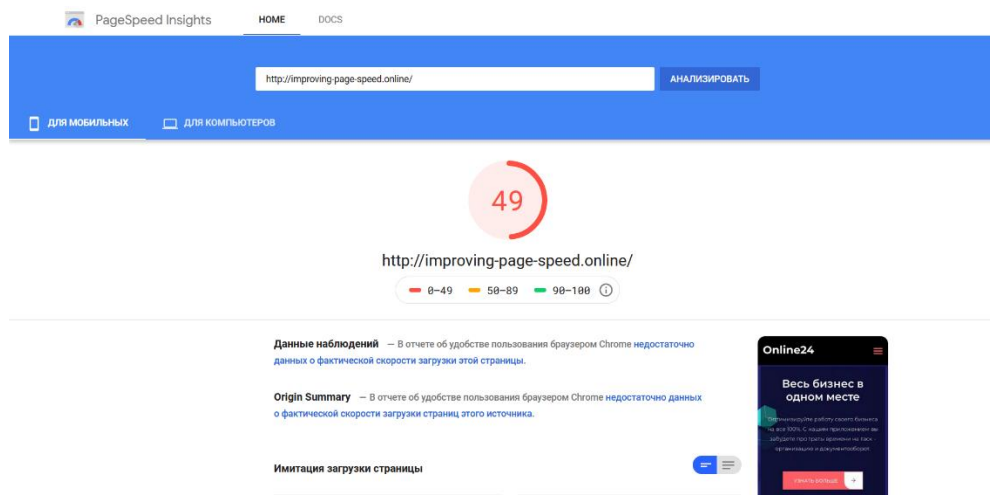


Рисунок 6 – Швидкість завантаження веб-сайту до застосування кешування на сервері

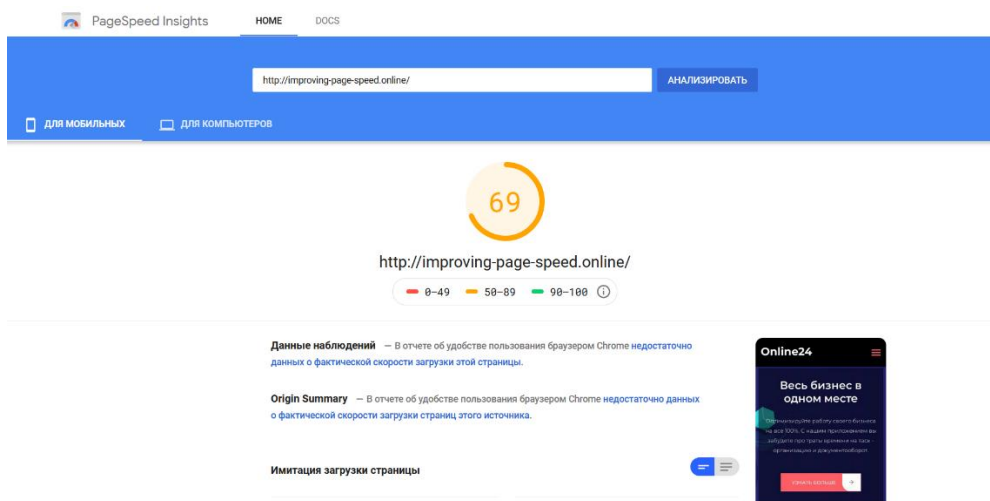


Рисунок 7 – Швидкість завантаження веб-сайту після застосування кешування на сервері

Зменшення запитів HTTP за допомогою об'єднання JS і CSS файлів в один. Завантаження сторінки відбувається швидше, якщо JS та CSS відправляти одним файлом.

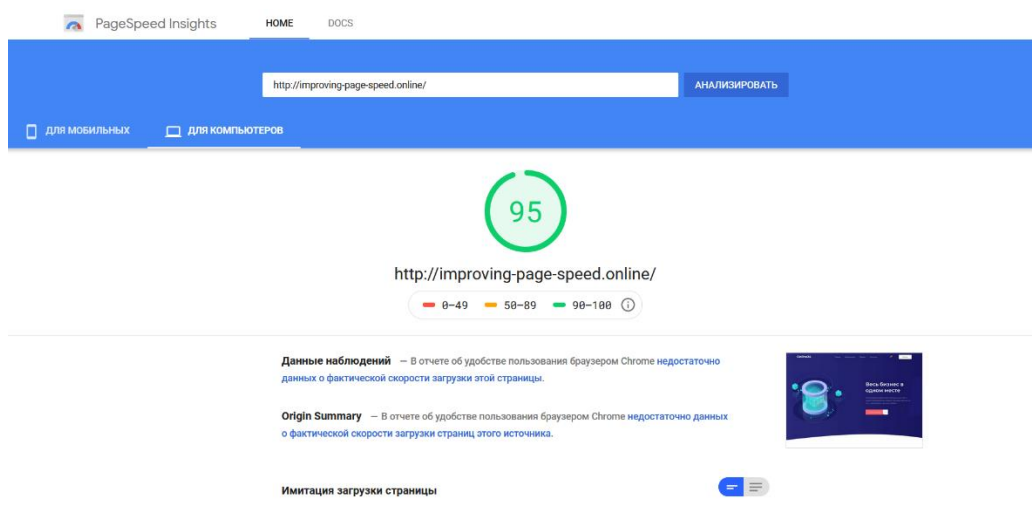


Рисунок 8 – Швидкість завантаження веб-сайту до об'єднання JS та CSS файлів

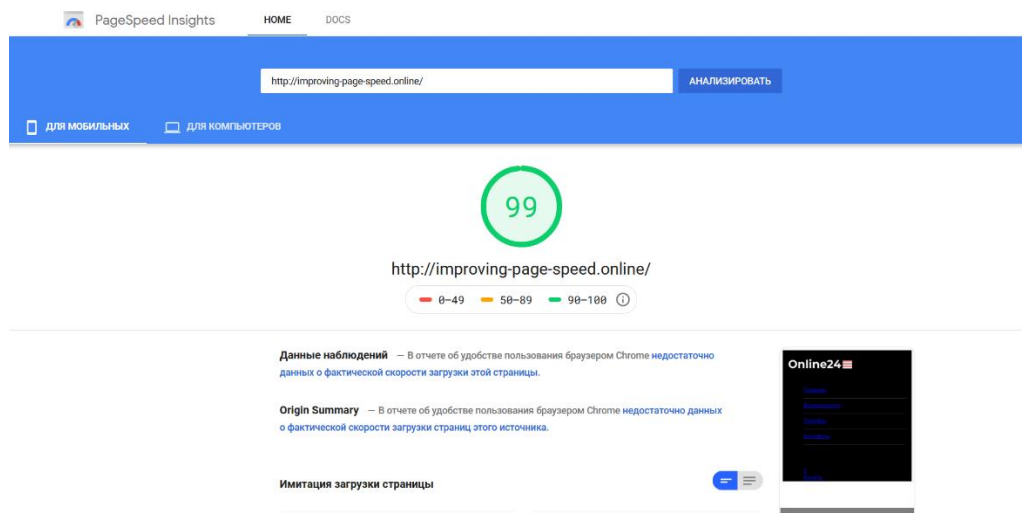


Рисунок 9 – Швидкість завантаження веб-сайту після об'єднання JS та CSS файлів

Висновки.

В роботі запропоновані п'ять ефективних методів оптимізації сайту:

- мініфікація коду сторінки;
- підключення CDN;
- ввімкнення стиснення;
- налаштування серверного кешування;
- об'єднання JS та CSS файлів;

Список бібліографічного опису

1. Макконнелл, С. Досконалий код. 2-е видання / С. Маккорннелл. - М.: Російська редакція, 2010.
2. Даккет, Д. HTML і CSS. Розробка та дизайн веб сайтів / Д. Даккет. - М.: Ексмо, 2013.
3. Зандстра, М. PHP. Об'єкти, шаблони і методики програмування / М.:Зандстра. - Київ: Вільямс, 2015
4. Комолова, Н.В. Самовчитель HTML / Н.В. Комолова. - М: Питер, 2008.
5. Енж, Е. SEO-мистецтво розкрутки сайтів. 3-е видання / Е. Енж. - СПб.: БХВ-Петербург, 2017.

References.

1. McConnell, C. Perfect Code. 2nd edition / S. McCornell. - Moscow: Russian edition, 2010.
2. Duckett, D. HTML and CSS. Website development and design / D. Duckett. - M.: Exmo, 2013.
3. Zandstra, M. PHP. Objects, templates and methods of programming / M.: Zandstra. - Kyiv: Williams, 2015
4. Komolova, NV Self-taught HTML / N.V. Komolova. - Saint Petersburg, 2008.
5. Eng, E. SEO-art of site promotion. 3rd edition / E. Eng. - Saint Petersburg, 2017.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-30>

УДК 004.89

Проніна Ольга Ігорівна, к.т.н.

<https://orcid.org/0000-0001-7085-8027>

Якін Костянтин Юрійович, магістр

<https://orcid.org/0000-0003-3455-3204>

Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ЗЕМЛЕТРУСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Проніна О. І., Якін К. Ю. Моделювання кластеризації землетрусів за допомогою методів машинного навчання. Сейсмічний аналіз полягає у вивченні поширення пружних хвиль в товщі порід. Ґрунтуючись на принципах цього аналізу, доцільна побудова моделі, яка б описувала основні метрики поведінки земних ґрунтів під час землетрусів і яка могла б використовуватися для задач прогнозування сейсмічної активності в подальших дослідженнях. Робота присвячена моделюванню кластеризації землетрусів та візуалізації розподілу мейншокових процесів з використанням сучасних методів машинного навчання, таких як стохастичний t-розподіл та кластеризація. Розглянуто основні етапи побудови моделі для більш точного результату. Проведено моделювання на вибірці даних за останні сто років для перевірки адекватності розробленої моделі.

Ключові слова: машинне навчання, сейсмічний аналіз, мейншокові процеси, кластеризація, стохастичний t-розподіл.

Пронина О. И., Якин К. Ю. Моделирование кластеризации землетрясений с помощью методов машинного обучения. Сейсмический анализ заключается в изучении распространения упругих волн в толще породы. Основываясь на принципах этого анализа, целесообразно построение модели, которая описывала основные метрики поведения земных почв во время землетрясений, и которая могла бы использоваться для задач прогнозирования сейсмической активности в дальнейших исследованиях. Работа посвящена моделированию кластеризации землетрясений и визуализации распределения мейншоковых процессов с использованием современных методов машинного обучения, таких как стохастический t-распределение и кластеризация. Рассмотрены основные этапы построения модели для более точного результата. Проведено моделирование на выборке данных за последние сто лет для проверки адекватности разработанной модели.

Ключевые слова: машинное обучение, сейсмический анализ, мейншоковые процессы, кластеризация, стохастическое t-распределение.

Pronina O. I., Yakin K. Yu. Modeling earthquake clustering using machine learning methods. Seismic analysis is to study the propagation of elastic waves in the bedrock. Based on the principles of this analysis, it is advisable to build a model that would describe the basic metrics of the behavior of terrestrial soils during earthquakes and that could be used for tasks of predicting seismic activity in further research. The work is devoted to modeling clustering of earthquakes and visualization of the distribution of main shock processes using modern machine learning methods, such as stochastic t-distribution and clustering. The main stages of model construction for a more accurate result are considered. Modeling on data samples for the last hundred years is carried out to check the adequacy of the developed model.

Keywords: machine learning, seismic analysis, mainshock processes, clustering, stochastic t-distribution.

Постановка наукової проблеми. Землетруси є однією з найбільш руйнівних сил природи, що приносять людству величезні матеріальні збитки і велике число жертв. Значна частина поверхні Землі, включаючи населені пункти з розвинутою інфраструктурою, знаходиться в сейсмоактивних зонах. Мейншоковий процес – процес, який описує характер протікання головного товчка земної поверхні під час сейсмічної активності недр Землі. Для забезпечення безпеки життєдіяльності доцільно проводити сейсмічний аналіз, який полягає у вивченні поширення пружних хвиль в товщі порід. Подібний науковий підхід має низку незаперечних переваг і знаходить своє відображення і застосування для вирішення багатьох реальних задач. Однак, при вивченні природи і механізму більшості динамічних явищ необхідно вирішувати обернені задачі – за кінцевим результатом ефекту відновлювати вихідну модель.

Метою даної роботи є побудова моделі сейсмічних процесів на основі аналізу взаємозв'язків, залежностей і закономірностей різних сейсмічних показників. При цьому також потрібно забезпечити високу точність побудови моделі, для досягнення якої використовувалися новітні програмно-апаратні засоби, реалізовані за допомогою мови програмування загального призначення Python.

Моделювання здійснювалося на основі даних, що містять кількісні показники основних ознак протікання сейсмічних процесів за останні 100 років на території Європи, отримані шляхом експериментальних розрахунків і вимірювань.

Аналіз досліджень. Прогноз сейсмокатастроф включає систему заходів щодо визначення ймовірності виникнення великих землетрусів, їх масштабів і можливих наслідків у зоні їх впливів для конкретного регіону. З вищезазначеного випливає, що прогноз землетрусу базується на вирішенні трьох основних завдань:

- передбачення ймовірного місця або району, де очікується землетрус;
- прогноз імовірною магнітуди (або сили) очікуваної події;
- визначення ймовірного часу очікуваної сейсмокатастрофи.

У даній статті [1] автори детально вивчають процес глибинного ковзання літосферних плит, що викликається земними тріщинами, на основі методів 3D-моделювання, а точніше методу Applied Element Method (AEM). Цей метод використовується для вивчення просторового зміни руху ґрунту і основною його перевагою є можливість ініціювання тріщини, яка виникла на основі ушкоджень корінних порід, і поширення тріщини до колапсу. Однак, для отримання більш точних результатів розподілу сейсмічних процесів такого підходу буде замало, тому в роботі [2] представлена модель, заснована на інтеграції чотирьох різних обчислювальних концепцій: нейронна мережа з динамічною затримкою, вейвлет, нечітка логіка і концепція простору реконструйованих станів з теорії хаосу. Модель балансує глобальний і локальний вплив даних навчання і ефективно враховує неточність, існуючу в даних датчика. Експериментальні результати п'ятиповерхового сталевих каркаса використовуються для перевірки обчислювальної моделі і демонстрації її точності і ефективності.

Крім того, стаття [3] пропонує модель прогнозування землетрусів за астрономічними даними на основі системи штучного інтелекту. Моделювання подій здійснювалося за параметром подібності, який є аналогом коефіцієнта кореляції в статистиці. Виявлена залежність параметра подібності від магнітуди, глибини вогнища (гіпофокуса) і числа землетрусів, що відбуваються щодня на нашій планеті, як в місячному, так і в 2-3 денному прогнозі. Обговорюється гіпотеза, що цей ефект обумовлений гравітацією небесних тіл. Для перевірки гіпотези було досліджено вплив дванадцяти гравітаційних комплексів на всю сукупність подій і виділені найбільш інформативні астрономічні ознаки землетрусів. Але в даному випадку мається проблема збору таких ознак, тому що досить велика кількість сильних землетрусів у світі протікає з тривалістю в кілька хвилин або навіть секунд, що значно ускладнює спостереження і фіксацію необхідних вимірювань. Тому для таких ситуацій автори статті [4] проводять моніторинг статистичних властивостей мережі, який може бути корисним для короткострокової оцінки небезпеки виникнення головних ударів при наявності форшоків. Мережа вимірює як глобальний (середній коефіцієнт кластеризації, індекс малого світу), так і локальний (міжцентровий) мейншоки, які можуть бути використані для прогнозування як у часі, так і в просторі. Результати показують статистично значуще збільшення топологічних заходів навколо місця розташування епіцентру приблизно за 2 місяці до головного удару.

В роботі [5] автори на основі каталогу землетрусів Курило-Камчатського регіону за 1737-2007 рр. для Південних Курильських островів створена тривимірна модель зон можливих вогнищ землетрусів для оцінки сейсмічної небезпеки. Сейсмічними методами уточнені границі структурних елементів зон можливих вогнищ землетрусів.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Магнітуда землетрусу – величина, що характеризує енергію, що виділилася при землетрусі в вигляді сейсмічних хвиль [6]. Первісна шкала магнітуди була запропонована американським сейсмологом Чарльзом Ріхтером в 1935 році. Ріхтер запропонував для оцінки сили землетрусу (в його епіцентрі) десятковий логарифм переміщення A (в мікрометрах) голки стандартного сейсмографа Вуда - Андерсона, розташованого на відстані не більше 600 км від епіцентру:

$$M_L = \log A + f \quad (1)$$

де M_L – магнітуда Ріхтера;

f – коригувальна функція, яка обчислюється по таблиці в залежності від відстані до епіцентру [7];

A – амплітуда коливань землі (в мікрометрах).

Однак, запропонований спосіб вимірювання враховував тільки поверхневі хвилі, в той час як при глибинних землетрусах істотна частина енергії виділяється у формі об'ємних хвиль. Протягом наступних кількох десятків років шкала Ріхтера уточнювалася і наводилася у відповідність з новими спостереженнями. Зараз існує кілька похідних шкал, найважливішими з яких є магнітуда об'ємних хвиль (m_b) і магнітуда поверхневих хвиль (M_s):

$$m_b = \log \left(\frac{A}{T} \right) + Q(D, h), \quad (2)$$

$$M_s = \log \left(\frac{A}{T} \right) + 1,66 \log D + 3,3, \quad (3)$$

де m_b – магнітуда об'ємних хвиль;

M_s – магнітуда поверхневих хвиль;

A – амплітуда коливань землі (в мікрометрах);

T – період хвилі (в секундах);

Q – поправна функція;

D – відстань до епіцентру землетрусу;

h – глибина вогнища землетрусу [8].

Виявилося, що ці шкали дають некоректні результати для найбільших землетрусів – при $M \sim 8$ настає насичення. Це пов'язано з тим, що тривалість багатьох дуже сильних землетрусів становить понад 20 с – періоду поверхневих хвиль, використовуваних в M_s . Тому в 1979 році сейсмолог Хіроо Канаморі визнав цей недолік і зробив простий, але важливий крок визначення величини, заснованої на оцінках випромінюваної енергії M_w , де «w» означає роботу (енергію). Дана величина в розрахунках ґрунтується на емпіричній залежності Гутенберга-Ріхтера [9-10]:

$$M_w = \frac{2}{3} \log E_s - 3,2, \quad (4)$$

$$\log E_s \approx 1,5 M_s + 4,8, \quad (5)$$

де M_w – енергія землетрусу;

M_s – магнітуда поверхневих хвиль;

E_s – енергія поверхневих хвиль.

Крім усього іншого, в 1991 р. Володимир Тобіас і Рейнхард Миттаг запропонували пов'язати величину поверхневої хвилі з масштабом локальної величини M_L [7], використовуючи:

$$M_s = 1,45 M_L - 3,2. \quad (6)$$

де M_s – магнітуда поверхневих хвиль;

M_L – магнітуда Ріхтера.

Таким чином, шляхом приведення перерахованих формул отримуємо наступну залежність:

$$M_w = \frac{2}{3} \log E_s - 3,2 = \frac{2}{3} (1,5(1,45 M_L - 3,2) + 4,8) - 3,2 = 1,45 M_L - 3,2. \quad (7)$$

де M_w – енергія землетрусу;

M_L – магнітуда Ріхтера;

E_s – енергія поверхневих хвиль.

Отже, можна зробити висновок про те, що залежність енергії, випромінюваної землетрусом, від локальної магнітуди відповідає залежності між магнітудою поверхневих хвиль і цієї ж локальної магнітудою. Однак, незважаючи на ідентичність формул і скалярну рівність, обидві величини описують все ж різну природу явищ.

Моделювання. Процес побудови моделі складається з декількох основних етапів. На етапі підготовки робочої вибірки потрібно провести первинну оцінку наявних даних з подальшим відбором якісно значущих об'єктів. Однак, для оцінки залежності цільової функції від вихідних факторів необхідно не тільки спиратися на математичну модель, але і враховувати інші закономірності числових параметрів. Для цього слід побудувати матрицю чутливості, яка відображає ступінь кореляції між усіма ознаками.

Як можна помітити, на енергію землетрусу, крім показника за шкалою Ріхтера, також в значній мірі впливає і тривалість головного шокowego процесу, хоч це і не було передбачено в матмоделі. Цей факт однозначно має своє відображення і в наукових колах: в історії було зафіксовано кілька випадків слабких по інтенсивності землетрусів, тривалість яких досягала декількох тижнів, внаслідок чого енергія, що випромінює такими ковзаннями літосферних плит, досягала рівня 6 балів. Карта чутливості представлена на рис.1, основні критерії вимірювання md – тривалість землетрусу; mw – енергія землетрусу; $richter$ – магнітуда Ріхтера.



Рис.1 – Карта чутливості взаємодії показників землетрусів

На матриці відображається сильна взаємодія параметрів оцінки сили землетрусу за шкалою Ріхтера та тривалістю сейсмічних процесів. На карті чутливості більш сильна залежність відображається більш світлим кольором.

Для наочності було побудовано графік розподілу ключових величин, після чого вибірка була розбита на 3 групи в залежності від інтенсивності землетрусу: незначні, слабкі та помірні. Даний розподіл показує, що енергія землетрусу прямо пропорційна виділеним ознакам: чим більше тривалість та інтенсивність - тим більше енергія, що випромінюється. Графік розподілу зображений на рис.2.

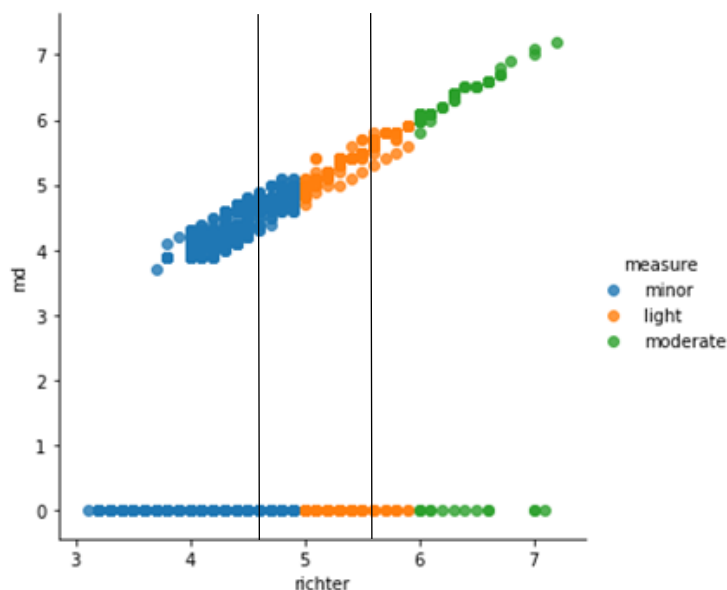


Рис.2 – Розподіл землетрусів за групами потужності

Таким чином, графік дає чітко зрозуміти, що тенденція між зазначеними параметрами дійсно існує в загальному випадку, а також показує, що за силою впливу землетрусу можна розділити на 3 умовних кластера (розподіл здійснюється вертикальними лініями). Перша група – землетруси незначної сили до балів 1-5 за шкалою Ріхтера, друга група – це землетруси легкої сили до балів 5-6 за шкалою Ріхтера, та остання група – це землетруси помірної сили до балів 6-8 за шкалою Ріхтера. Тому, для більш глибокого аналізу розподілу в середині груп слід скористатися алгоритмом кластеризації. Але перед цим необхідно провести процес нормалізації даних, який дозволить усунути різницю в розмірності вхідного вектора параметрів, тим самим усуваючи числову залежність. При такому підході відкривається можливість відстежити інші приховані закономірності даної вибірки, які не могли бути розкриті через математичну модель. Розподіл вибірки за кластерами представлено на рис.3.

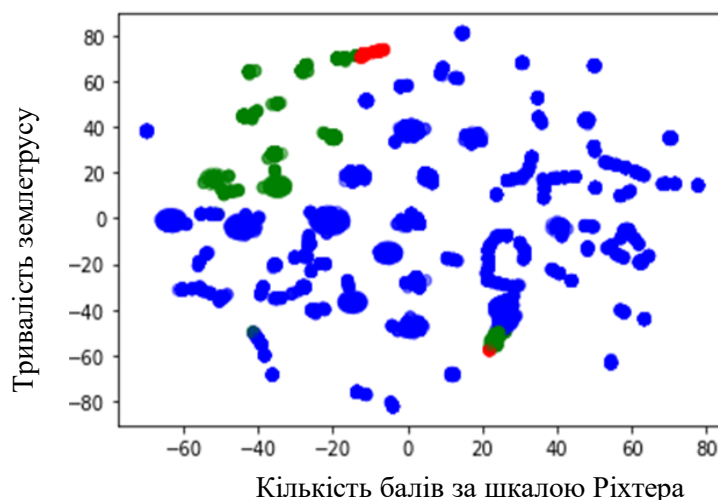


Рис.3 – Кластеризація землетрусів за рівнем сили

Як і очікувалося, процес кластеризації дав дещо інші результати, тому як розподіл вже не є настільки точним, наскільки це описано теоретично. Хоча в цілому загальна тенденція все так же помітна, розташування деяких кластерів на графіку не відповідає очікуваному результату. Причиною

цього може послужити наявність у вибірці математично не обґрунтованих наборів даних, які так само не закріплені у відповідних наукових базах знань. Отже, для підтвердження даної гіпотези слід провести додатковий процес очищення даних і повторну реалізацію алгоритму кластеризації. Результати повторного аналізу можна побачити на рис.4.

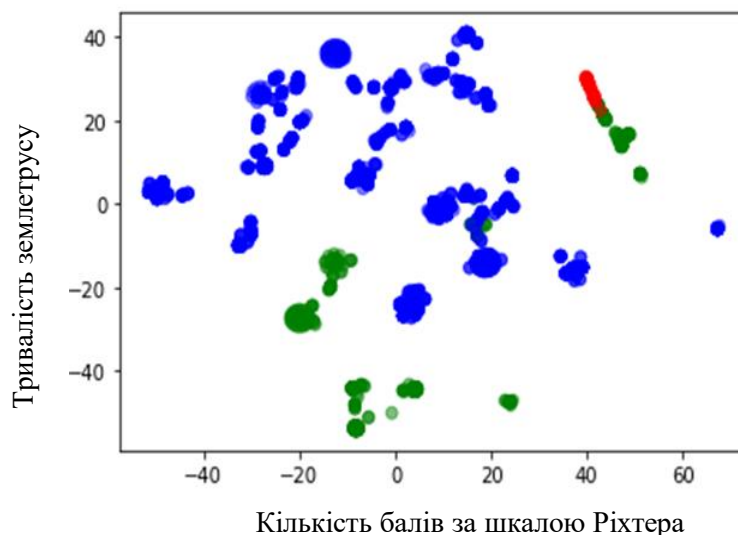


Рис.4 – Кластеризація землетрусів за рівнем сили після очищення вибірки

Таким чином, відсіяні раніше дані можна називати викидами, так як при їх відсутності результати кластеризації зазнали незначних змін. Тому аналіз цієї ситуації вимагає більш глибокої оцінки експертів в області геології і геофізики, що виходить за рамки даної роботи, але може послужити основою для подальших наукових досліджень.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. В рамках даної роботи розроблена модель для аналізу сейсмічної активності землетрусів, що дозволила оцінити залежність їх виникнення на основі властивостей, які були виведені шляхом аналізу математичної моделі землетрусів. Результати, отримані в ході роботи, в цілому не суперечать теоретичним відомостям і мають практичну цінність не тільки для прикладних задач, але також і для подальших наукових досліджень. Розроблена модель пояснює основні аспекти та принципи протікання великої безлічі видів землетрусів в залежності від сили і характеру впливу сейсмічних хвиль. За рахунок моделі досягається високий рівень оптимізації процесу аналізу і класифікації виникаючих мейншокових процесів. Таким чином, модель може ефективно використовуватися, в тому числі, і в завданнях прогнозування сейсмічної активності, яке дозволяє підвищити забезпечення безпеки життєдіяльності населення і має економічну вигоду. Крім того, унаслідок неповноти вихідних даних була виділена група об'єктів, значення цільової функції яких принципово відрізняється навіть з урахуванням подібності набору властивостей даних об'єктів з об'єктами сусідніх кластерів. Подібний результат може вимагати більш глибокого і детального вивчення в рамках відповідних проектів.

Список бібліографічного опису

1. Hussain, Mohammad & Ramancharla, Pradeep. (2016). Modelling of Reverse Dip-Slip Faults Using 3D Applied Element Method. *Frontiers in Geotechnical Engineering*. 4. 1. 10.14355/fge.2016.04.001. Gronroos C. Service management and marketing / C. Gronroos. – West Sussex, 2000. – p. 496.
2. Adeli, Hojjat & Asce, F & Jiang, Xiaomo. (2006). Dynamic Fuzzy Wavelet Neural Network Model for Structural System Identification. *Journal of Structural Engineering-asce - J STRUCT ENG-ASCE*. 132. 10.1061/(ASCE)0733-9445(2006)132:1(102).
3. Трунев А. П., Луценко Е. В. Прогнозирование землетрясений по астрономическим данным с использованием системы искусственного интеллекта // Научный журнал КубГАУ - Scientific Journal of KubSAU. 2009. №52. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-zemletryaseniy-po-astronomicheskim-dannym-s-ispolzovaniem-sistemy-iskusstvennogo-intellekta> (дата обращения: 12.06.2020).
4. Daskalaki, Eleni & Spiliotis, Konstantinos & Siettos, Constantinos & Minadakis, George & Papadopoulos, Gerassimos. (2016). Foreshocks and Short-Term Hazard Assessment to Large Earthquakes using Complex Networks: the Case of the 2009 L'Aquila

Earthquake. Nonlinear Processes in Geophysics Discussions. 1-20. 10.5194/npg-2015-80.

5. Андреева М.Ю., Патрикеев В.Н. Моделирование зон очагов потенциальных землетрясений для территорий близ Бениоффа зоны // Геодинамика и тектонофизика. 2012. Т. 3. № 1. С. 69–76. DOI: 10.5800 / GT-2012-3-1-0063.

6. Schäfer, Andreas & Wenzel, Friedemann. (2019). Global Megathrust Earthquake Hazard—Maximum Magnitude Assessment Using Multi-Variate Machine LearningTable_1.csv. *Frontiers in Earth Science*. 7. 10.3389/feart.2019.00136.

7. Rouet-Leduc, Bertrand & Hulbert, Claudia & Lubbers, Nicholas & Barros, Kipton & Humphreys, Colin & Johnson, Paul. (2017). Machine Learning Predicts Laboratory Earthquakes. *Geophysical Research Letters*. 44. 10.1002/2017gl074677.

8. Mikumo, Takeshi & Miyatake, Takashi. (2009). Numerical modelling of space and time variations of seismic activity before major earthquakes. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*. 74. 559 - 583.

9. Matcharashvili, Teimuraz & Hatano, Takahiro & Chelidze, T. & Zhukova, Natalia. (2018). Simple statistics for complex Earthquake time distributions. *Nonlinear Processes in Geophysics*. 25. 497-510. 10.5194/npg-25-497-2018.

10. Abdelkrim A, Ghorbel C, Benrejeb M, et al. Lmi-based tracking control for takagi-sugeno fuzzy model [J]. *International Journal of Control & Automation*, 2010, № 3(2). – P. 21 – 36.

References

1. Hussain, Mohammad & Ramancharla, Pradeep. (2016). Modeling of Reverse Dip-Slip Faults Using 3D Applied Element Method. *Frontiers in Geotechnical Engineering*. 4.1.10.14355 / fge.2016.04.001. Gronroos C. Service management and marketing / C. Gronroos. - West Sussex, 2000. p. 496.

2. Adeli, Hojjat & Asce, F & Jiang, Xiaomo. (2006). Dynamic Fuzzy Wavelet Neural Network Model for Structural System Identification. *Journal of Structural Engineering-asce*. J STRUCT ENG-ASCE. 132.10.1061. (ASCE) 0733-9445 (2006) 132:1(102).

3. Trunov AP, Lutsenko EV Prediction of earthquakes based on astronomical data using an artificial intelligence system. *Scientific Journal of KubSAU*. 2009. No. 52. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-zemletryaseniy-po-astronomicheskim-dannym-s-ispolzovaniem-sistemy-iskusstvennogo-intellekta> (date accessed: 1.10.2020).

4. Daskalaki, Eleni & Spiliotis, Konstantinos & Siettos, Constantinos & Minadakis, George & Papadopoulos, Gerassimos. (2016). Foreshocks and Short-Term Hazard Assessment to Large Earthquakes using Complex Networks: the Case of the 2009 L'Aquila Earthquake. *Nonlinear Processes in Geophysics Discussions*. 1-20. 10.5194 / npg-2015-80.

5. Andreeva M.Yu., Patrikeev V.N. Modeling zones of sources of potential earthquakes for territories near the Benioff zone. *Geodynamics and tectonophysics*. 2012. Т. 3. No. 1. P. 69–76. DOI: 10.5800 / GT-2012-3-1-0063.

6. Schäfer, Andreas & Wenzel, Friedemann. (2019). Global Megathrust Earthquake Hazard – Maximum Magnitude Assessment Using Multi-Variate Machine LearningTable_1.csv. *Frontiers in Earth Science*. 7.10.3389 / feart.2019.00136.

7. Rouet-Leduc, Bertrand & Hulbert, Claudia & Lubbers, Nicholas & Barros, Kipton & Humphreys, Colin & Johnson, Paul. (2017). Machine Learning Predicts Laboratory Earthquakes. *Geophysical Research Letters*. 44.10.1002 / 2017gl074677.

8. Mikumo, Takeshi & Miyatake, Takashi. (2009). Numerical modeling of space and time variations of seismic activity before major earthquakes. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*. 74.559 - 583.

9. Matcharashvili, Teimuraz & Hatano, Takahiro & Chelidze, T. & Zhukova, Natalia. (2018). Simple statistics for complex Earthquake time distributions. *Nonlinear Processes in Geophysics*. 25.497-510. 10.5194 / npg-25-497-2018.

10. Abdelkrim A, Ghorbel C, Benrejeb M, et al. Lmi-based tracking control for takagi-sugeno fuzzy model [J]. *International Journal of Control & Automation*, 2010, No. 3 (2). P. 21 - 36.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-31>

УДК: 004.056:681.5.042

Самойленко Максим Юрійович, аспірант

<https://orcid.org/0000-0002-2237-7138>

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ У ПРАКТИЦІ РЕАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ

Самойленко М.Ю. Проблеми безпеки у практиці реалізації технології інтернет речей. Розкрито проблеми безпеки у практиці реалізації технології Інтернету речей. Здійснено аналіз проблем Інтернету речей, головною з яких обрано проблему забезпечення інформаційної безпеки. Зазначається, що численні програми Інтернету речей можна об'єднати в три групи – індустріальну або промислову, навколишнього середовища, громадську. Описано всі технології, що входять до безперервних обчислювальних процесів Інтернету речей, такі як: радіочастотна ідентифікація; обробка великих масивів інформації, Big Data; між машинна взаємодія (Machineto Machine, M2M); кібер-фізичні системи (біологічних, фізичних і ін., операції яких інтегруються, контролюються і управляються комп'ютерним ядром); визначення місця розташування за допомогою ГЛОНАСС і GPS; надання широкопasmового зв'язку, в тому числі глобального стандарту цифрового мобільного стільникового зв'язку з розділенням каналів за часом (TDMA) і частотою (FDMA); бездротових сенсорних мереж та інших сучасних технологій. Підкреслено, що враховуючи всі характеристики Інтернету речей, він має три рівні: рівень сприйняття, мережевий рівень і прикладний рівень, кожен з яких здійснює завдання та виконує покладені на нього функції. Запропоновано окремо до кожного зазначеного рівня низку проблем інформаційної безпеки. Описано причини програмної вразливості Інтернету речей та визначено складність програмного забезпечення в Інтернеті речей із зазначенням заходів здатних знизити рівень вразливості. Наголошено, що для проектування програмного забезпечення необхідно емулювати поведінку приладів Інтернету речей, тобто створити імітатор зовнішнього середовища для серверів. Унаслідок обмежень в приладах (енергозабезпечення, продуктивність процесора, пам'ять) в Інтернеті речей стоїть складне завдання уникнути сильної розбіжності між емулятором і приладом. Наведено поняття бекдор та описано принципи застосування бекдору.

Ключові слова: Інтернет речей, інформаційна безпека, програмне забезпечення, зв'язок, інформаційна технологія, ідентифікація.

Самойленко М. Ю. Проблемы безопасности в практике реализации технологии интернет вещей. Раскрыты проблемы безопасности в практике реализации технологии Интернета вещей. Осуществлен анализ проблем Интернета вещей, главной из которых выбрана проблема обеспечения информационной безопасности. Отмечается, что многие программы Интернета вещей можно объединить в три группы - индустриальную или промышленную, окружающей среды, общественную. Описаны все технологии, входящие в непрерывных вычислительных процессов Интернета вещей, такие как: радиочастотная идентификация; обработка больших массивов информации, Big Data; между машинная взаимодействие (Мачинето Machine, M2M) кибер-физические системы (биологических, физических и др., операции которых интегрируются, контролируются и управляются компьютерным ядром) определение местоположения с помощью ГЛОНАСС и GPS; предоставление широкополосного доступа в том числе глобального стандарта цифрового мобильной сотовой связи с разделением каналов по времени (TDMA) и частотой (FDMA) беспроводных сенсорных сетей и других современных технологий. Подчеркнуто, что учитывая все характеристики Интернета вещей, он имеет три уровня: уровень восприятия, сетевой уровень и прикладной уровень, каждый из которых осуществляет задачи и выполняет возложенные на него функции. Предложено отдельно к каждому указанного уровня ряд проблем информационной безопасности. Описаны причины программной уязвимости Интернета вещей и определено сложность программного обеспечения в Интернете вещей с указанием мер способных снизить уровень уязвимости. Отмечено, что для проектирования программного обеспечения необходимо эмулировать поведение приборов Интернета вещей, то есть создать имитатор внешней среды для серверов. Вследствие ограничений в приборах (энергообеспечение, производительность процессора, память) в Интернете вещей стоит сложная задача избежать сильной разногласия между эмулятором и прибором. Приведены понятия бэкдор и описаны принципы применения бэкдора.

Ключевые слова: Интернет вещей, информационная безопасность, программное обеспечение, связь, информационные технологии, идентификация.

Samoilenko Maksym. Security problems in the practice of implementation of the internet of things technology. The article reveals security issues in the practice of the Internet of Things technology. The author provides an analysis of the problems of the Internet of Things, where the problem of information security is chosen as the major one. It is noted that numerous Internet of Things programs can be combined into three groups — industrial, environmental, public. All technologies included in the continuous computational processes of the Internet of Things are described, such as: radio frequency identification; processing of large arrays of information, Big Data; machine-to-machine interaction (MachinetoMachine, M2M); cyber-physical systems (biological, physical, etc. operations of which are integrated and controlled by a computer core); location identification through GLONASS and GPS; providing broadband communication, including the global standard for digital mobile cellular communication with time division multiple access (TDMA) and frequency division multiple access (FDMA); wireless sensor networks, and other modern technologies. It is emphasized that taking into account all the characteristics of the Internet of Things, it has three levels: the level of perception, network level and applied level, each fulfilling the tasks and performing its functions. The author proposed a number of information security issues for each level. The causes of software vulnerabilities of the Internet of Things are described, and the complexity of software on the Internet of Things is determined, indicating measures that can reduce the level of vulnerability. It is emphasized that for software design it is necessary to emulate the behaviour of IoT devices, i.e. to create a simulator of the environment for servers. Due to limitations in devices (power supply, processor performance, memory), the Internet of Things faces a difficult task to avoid a

strong discrepancy between the emulator and the device. The concept of backdoor is provided, and the principles of backdoor application are described.

Keywords: Internet of Things, information security, software, communication, information technology, identification.

Вступ та постановка проблеми дослідження. У широкому сенсі Інтернет речей (Internet of Things, IoT) розглядається як можливість об'єктів і людей дистанційно взаємодіяти через Інтернет в будь-якому місці і в будь-який час завдяки конвергенції різних технологій; в той же час розвиток IoT як концепції еволюції людства може мати технологічні та соціальні наслідки [1]. Розгортання протоколу IPv6 стало одним з вирішальних умов втілення IoT в життя.

В даний час існує можливість ідентифікувати обладнання, предмети побуту та віртуальні об'єкти (такі, як цифрові фотографії) таким же чином, як і окремих користувачів в Інтернеті людей. Таким чином, речі можуть бути інтегровані в широку мережу взаємозв'язків, в якій вони в будь-який час виявляються здатними взаємодіяти один з одним або з людьми. По суті, речі в світі Інтернету речей знаходяться тепер на одному рівні з людьми [2].

Багато технологій, що розвиваються в останні роки, мають на увазі найтісніший зв'язок з технологіями безпеки. Завдяки використанню сучасних можливостей ідентифікації, збору, обробки і передачі даних, в IoT забезпечується найбільш ефективно використання речей для надання послуг для всіх типів додатків при одночасному виконанні вимог безпеки. В тому числі, в IoT мається на увазі і недоторканність приватного життя [1]. Розглянемо Інтернет речей з точки зору інформаційної безпеки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На сьогодні питання інформаційної безпеки у сфері Інтернету речей досліджувало чимало як зарубіжних так і вітчизняних вчених. Так І. М. Сотник та К. Ю. Завражний [3] розкрили підходи до забезпечення інформаційної безпеки промислового Інтернету речей на підприємстві. Авторами обґрунтовані перспективи розвитку Інтернету речей та промислового Інтернету речей, акцентована увага на економічних ефектах впровадження масштабних інформаційних систем управління виробництвом сучасних підприємств шляхом використання системних рішень класу ERP. У статті, доведено, що погіршення інформаційної безпеки діяльності підприємств та організацій є однією з важливих проблем, що супроводжують розбудову промислового Інтернету речей. Проаналізовано підходи до забезпечення інформаційної безпеки промислового Інтернету речей у суб'єктів господарювання з урахуванням сучасних досягнень у сфері інформаційних технологій.

М. В. Грайворонський [4] дослідив безпеку пристроїв Інтернету речей. Науковець описав зв'язок та взаємодію пристроїв Інтернету речей, який відбувається за допомогою стандартних протоколів передачі даних бездротовими та дротовими мережами на різних рівнях, а саме: NNTP/HTTPS, TCP, UDP, IP, XMPP, Ethernet, ICMP, Telnet та інші. Автором виділено ряд проблем безпеки Інтернету речей.

Питання криптології в Інтернеті речей розглянув А. І. Петренко [5]. У роботі зазначено, що простого універсального рішення не існує, і для забезпечення безпеки недостатньо замкнути двері, залишивши вікна відкритими. Безпека повинна бути комплексною, інакше хакери просто скористаються найслабшою ланкою.

Зарубіжні фахівці приділяють велику увагу науковим і експериментальним дослідженням в забезпеченні інформаційної безпеки IoT. Наприклад, в роботі [6] показано, що найбільший ризик безпеки можливий на нижньому рівні архітектури – на рівні сприйняття. При цьому відзначається, що деяким загрозам безпеки на інших рівнях архітектури IoT так само характерний високий рівень ризику. В роботі [7] наводяться результати досліджень забезпечення безпеки приватних даних на прикладі «Розумного будинку» в IoT.

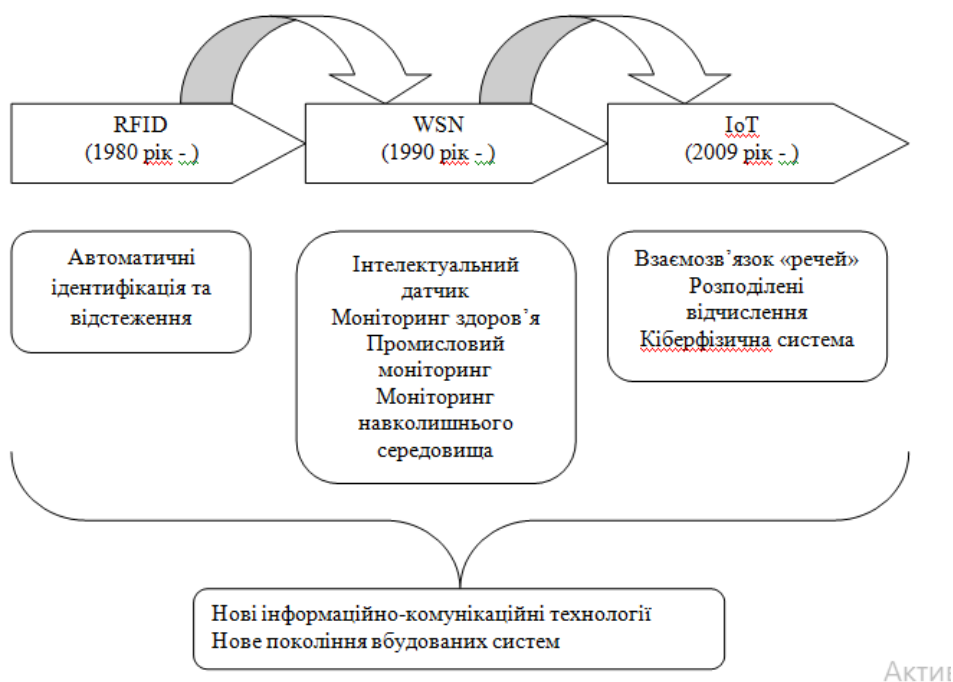
Однак, незважаючи на масштабність наукових досліджень, питання забезпечення інформаційної безпеки у практиці реалізації технології Інтернет речей залишаються відкритими та потребують детального опрацювання.

Формулювання мети статті, постановка завдання. У рамках даної статті метою є дослідження проблем безпеки у практиці реалізації технології Інтернет речей. Для досягнення поставленої мети необхідно виконання наступних завдань:

- ☐ розкрити технології Інтернету речей;
- ☐ дослідити рівні Інтернету речей та визначити проблеми інформаційної безпеки кожного окремого рівня;
- ☐ описати сутність та уразливості програмного забезпечення Інтернету речей.

Виклад основного матеріалу дослідження. XXI століття відзначилося стрімким проривом у сфері інформаційних технологій. На ринок вийшли новітні роботизовані системи, розвивалося поняття «Інтернету речей», життя сучасної людини з кожним наступним роком стає все більш автоматизованим. На першу ланку виходять системи бездротового зв'язку, які все частіше використовуються в якості рушійної сили для розвитку технології інтелектуального контролю та управління додатками [8].

Сьогодні Інтернет речей також набирає популярність в логістиці, різних галузях промисловості, роздрібній торгівлі та фармацевтиці. У зв'язку з розвитком бездротового зв'язку, смартфонів і датчиків мережових технологій все більше і більше мережових «речей», або «розумних» об'єктів, беруть участь в IoT. В результаті всі ці IoT-технології роблять значний вплив на нові інформаційні та комунікаційні технології (ІКТ) і технології корпоративних систем (рис. 1).



Акти

Рис. 1. Пов'язані з Інтернетом речей технології та їх вплив на нові інформаційно-комунікаційні технології і на корпоративні системи

Концепція IoT включає в себе безліч різних технологій, послуг, стандартів і сприймається як наріжний камінь на ринку інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) принаймні на найближчі десять років. Однією з головних проблем IoT є забезпечення інформаційної безпеки (ІБ). Всі численні програми IoT можна об'єднати в три групи – індустріальний або промисловий (industry), навколишнього середовища (environment), громадський (society).

Інтернет речей включає в себе безперервні обчислювальні процеси з використанням технологій:

- ☐ радіочастотної ідентифікації (Radio Frequency Identification, RFID);
- ☐ обробки великих масивів інформації, Big Data;
- ☐ між машинної взаємодії (Machinetomachine, M2M);
- ☐ кібер-фізичних систем (біологічних, фізичних і ін., операції яких інтегруються, контролюються і управляються комп'ютерним ядром);
- ☐ визначення місця розташування за допомогою ГЛОНАСС і GPS;
- ☐ надання широкосмугового зв'язку, в тому числі стандарту GSM;
- ☐ бездротових сенсорних мереж та інших сучасних технологій.

Для Інтернету речей визначені три основні характеристики – комплексні знання, надійна передача, інтелектуальна обробка. Враховуючи три описані характеристики структура IoT може бути розділена на певні рівні – рівень сприйняття (perception), мережовий рівень і прикладний рівень [9]. Кожен з трьох рівнів здійснює завдання та виконує покладені на нього функції.

Рівень сприйняття – отримує постійне зчитування з датчиків, RFID-міток. Мережевий рівень – виконує завдання по передачі інформації, її обробці та забезпеченню доступу до інформації. Прикладний рівень – аналізує і обробляє прийняту інформацію для прийняття правильного рішення і контролю за управлінням, додатками і послугами. У рамках рівня прикладного фундаментальною основою є виконання функцій зі збору та зберігання даних, з метою забезпечення ефективності енергозабезпечення, логістики та ін.

Як ключова технологія інтеграції гетерогенних систем або пристроїв, сервіс-орієнтована архітектура (SOA) може бути застосована для підтримки «Інтернету речей». SOA успішно використовується в таких науково-дослідних областях, як хмарні обчислення, бездротові сенсорні мережі (WSN) і транспортні мережі [2]. Чимало ідей було запропоновано для створення багаторівневих архітектур SOA для «Інтернету речей» відповідно до обраної технології, потребами бізнесу і технічними вимогами.

Варто зазначити, що в деяких роботах розглядається більш, ніж трирівнева архітектура IoT. В роботі [10] прийнята п'ятирівнева архітектура IoT, яка включає, наприклад, проміжний рівень (Middleware) між мережним і прикладним рівнем. Цей рівень виконує функцію обробки повідомлень інформації взаємодіючих однотипних сенсорних датчиків. Рекомендована Міжнародним телекомунікаційним союзом архітектура IoT також складається з п'яти різних рівнів (або шарів): виявлення, доступ, підключення до мережі, проміжне програмне забезпечення, шар додатків. Функціональні можливості чотиришарової SOA для IoT наведені в таблиці 1. Таблиця 2 ілюструє проектування архітектури додатків промислового «Інтернету речей».

Таблиця 1

Чотирирівнева архітектура для «Інтернету речей»

Рівень	Опис
Рівень зондування	Рівень інтегрований з існуючими апаратними засобами (RFID, датчиками, виконавчими механізмами і т.д.), для того щоб розпізнавати / контролювати фізичний світ і збирати відповідні дані
Мережевий рівень	Рівень забезпечує базову мережеву підтримку і передачу даних по бездротовій або провідній мережі
Сервісний рівень	На цьому рівні створюються сервіси і здійснюється управління ними
Інтерфейсний рівень	Рівень забезпечує взаємодію між користувачами і зі сторонніми додатками

Таблиця 2

Проектування додатків «Інтернету речей»

Мета розробки	Опис
Енергія	Як довго можуть IoT-пристрої працювати з обмеженим електроживленням?
Час очікування	Скільки часу потрібно для передачі та обробки повідомлення?
Продуктивність	Який максимум даних, які можна передати через мережу?
Масштабованість	Скільки пристроїв підтримується?
Топологія	Хто і з ким повинен взаємодіяти?
Надійність і безпека	Наскільки надійний і безпечний додаток?

Архітектура «Інтернету речей» охоплює мережі і комунікації, «розумні» об'єкти, веб-сервіси і додатки, бізнес-моделі і відповідні процеси, спільну обробку даних, безпеку і т. д. З точки зору технології при розробці архітектури «Інтернету речей» потрібно продумати її розширюваність, масштабованість, модульність і можливість взаємодії гетерогенних пристроїв. Оскільки «речі» можуть пересуватися або потребувати у взаємодії з навколишнім середовищем в режимі реального часу, необхідна адаптивна архітектура. Також децентралізована і гетерогенна природа «Інтернету речей» вимагає, щоб його архітектура надавала різні ефективні події можливості. Таким чином, сервіс-орієнтована архітектура є хорошим методом для досягнення взаємодії різнорідних пристроїв безліччю різних шляхів [3].

У даній роботі обмежимося аналізом проблем інформаційної IoT на кожному з трьох рівнів – рівні сприйняття, мережевому і прикладному рівнях. На рис. 2 показана IoT на три рівні.

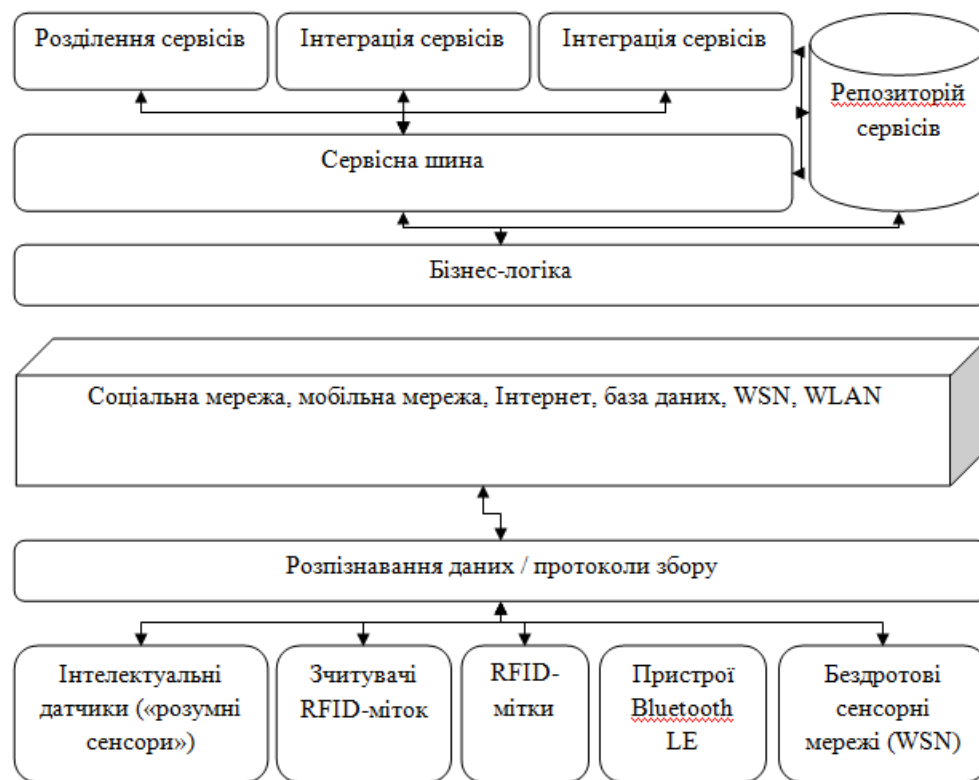


Рис. 2. Архітектура Інтернету речей на три рівня

Проблеми інформаційної безпеки на рівні сприйняття. Головною проблемою інформаційної безпеки на рівні сприйняття є проблема забезпечення повної фізичної безпеки приладів сприйняття та збору інформації. Більшість вузлів сприйняття, для яких характерне розгортання в не обслуговуваному людьми середовищі при відсутності стандартів, різноманітність, простота, обмеження енергозабезпечення та слабка здатність до захисту безпеки. Тому IoT не може забезпечити уніфіковану систему захисту безпеки і є вразливою до загроз, що надходять від зловмисника. Так як бездротова сенсорна мережа на рівні сприйняття є джерелом інформації, то ІБ на цьому рівні важлива.

Проблеми безпеки на цьому рівні включають:

- ☐ фізичне захоплення сенсорних вузлів;
- ☐ захоплення вузла шлюзу;
- ☐ витік інформації з сенсора;
- ☐ загрози цілісності даних;
- ☐ низький рівень енергозабезпечення;
- ☐ загроза перевантаження;
- ☐ атаки типу DoS (відмова в обслуговуванні);
- ☐ загроза маршрутизації встановленням в мережу нелегітимних сенсорів;
- ☐ загроза копіювання вузла.

Проблеми інформаційної безпеки на мережевому рівні. Загрози ІБ існуючих мереж зв'язку поширюються і на IoT, який побудований на них. До таких загроз варто віднести:

- ☐ несанкціонований доступ;
- ☐ перехоплення даних;
- ☐ конфіденційність;
- ☐ цілісність;
- ☐ атаки типу «людина посередині»;
- ☐ Dos-атаки (відмова в обслуговуванні);
- ☐ віруси, експлойти, мережеві черв'яки, руткити і ін.

Крім того, існують міжмережеві проблеми аутентифікації, які можуть бути причиною атак DoS.

У IoT стоять більш складні проблеми забезпечення безпеки в порівнянні з тими, з якими стикалися раніше [8]. Це викликано двома причинами – гетерогенний характер структури (різноманіття речей, різні технології мереж в з'єднанні) і великим числом об'єктів.

IoT приймає інформацію від великої кількості пристроїв, збирає великий масив даних різних форматів від безлічі джерел з неоднорідними характеристиками. В результаті цього на мережевому рівні мають місце більш складні проблеми безпеки. До них відносяться можливі проблеми масштабованості мережі, викликані малопередбачуваним обсягом передачі даних від великого числа вузлів, і що призводять до можливості здійснення атак DoS, DDoS.

Окрема увага приділяється уразливості програмного забезпечення (software vulnerabilities), що призводить до порушення інформаційної безпеки після впровадження. Причинами програмної вразливості, перш за все, є:

□ неминучі помилки розробників складного багатоплатформного програмного забезпечення (ПЗ);

- помилки основи програми (недосконалість коду);
- часткова обробка винятків;
- застосування незахищеного коду;
- використання необроблених масивів;
- помилки в обробці Big Data;
- помилки у базі даних;
- відсутність належної індексації або закріплення запитів бази даних;
- web-уразливість;
- неповна продуктивність або масштабованість програмного забезпечення;
- помилки розподіленої роботи додатків, а також віртуальних платформ і хмар.

Слід зазначити складність програмного забезпечення в Інтернеті речей, викликану масштабною різноманітністю використовуваних апаратних платформ і операційних систем. Для проектування ПЗ необхідно емулювати поведінку приладів Інтернету речей.

Також для відвантаження налагодженого робочого релізу IoT додатку, необхідно провести повноцінне тестування, включаючи навантажувальне випробування, випробування продуктивності, комплексне дослідження взаємодії модулів. Бекдори також виступають проблемним місцем. Бекдори – це ділянки програмного коду, які вставлено програмістом-розробником, з метою подальшого використання для перегляду даних, або віддаленого управління комп'ютером.

Проблеми інформаційної безпеки на прикладному рівні. Повсюдне застосування IoT є наслідком масштабної програмної інтелектуалізації всіх областей дії сучасної людини, це промисловість, освіта, комп'ютеризація, зв'язок та інше. Крім порушення інформаційної безпеки традиційних мереж зв'язку додатки Інтернету речей стикаються з вторинними проблемами безпеки на прикладному рівні – при використанні хмарних обчислень, обробці інформації, забезпеченні прав на інтелектуальну власність, захисті приватності та ін.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Інтернет речей пропонує великий потенціал для організацій і товариств. Якщо вдасться успішно розвинути Інтернет речей, це відкриє багато цінностей, і переваги Інтернету речей будуть величезні для організацій і товариств. Тим не менш, є ще деякі серйозні проблеми.

Величезна кількість речей, процесів, великих даних і складних процесів вимагає комплексної стратегії тестування, яка буде контролювати «велику картину». Важливим кроком для успішної інтеграції в цифровому світі є скорочення часу циклу тестування за рахунок прийняття швидких методів і платформи для динамічного тестування. Це означає легке, швидке рішення для забезпечення якості та тестування, інтегроване з гнучкою розробкою.

Виявлення кращих практик тестування гарантує, що продукти і додатки будуть готові до встановлених термінів і будуть відповідати очікуванням клієнтів, а також забезпечать компанії поставками бездефектних продуктів і послуг для кількісного повернення інвестицій.

Список бібліографічного опису

1. Міхненко Я. О., Курдеча, В. В. (2019). Порівняння видів хмарних сервісів в IoT. *Перспективи телекомунікацій* : матеріали XIII міжнар. наук.-техн. конф. (м. Київ, 15-19 квіт. 2019 р.). Київ, 2019. URL: <https://cutt.ly/gpqg4id> (дата звернення: 12.10.2020 р.)

2. Пороло Є. О., Курдеча В. В. (2020). Удосконалена архітектура мережі для хмарного Інтернету речей / Пороло Є. О., // Перспективи телекомунікацій : зб. матеріалів XIV міжнар. наук.-техн. конф. (м. Київ, 13-17 квіт. 2020 р.) / Ін-т телекомунікац. систем та НДІ телекомунікацій КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ. URL: <https://cutt.ly/wpqjh4U> (дата звернення: 12.10.2020 р.)
3. Сотник, І.М., Завражний, К.Ю. (2017). Підходи до забезпечення інформаційної безпеки промислового інтернету речей на підприємстві. *Маркетинг і менеджмент інновацій*, 3, 177-186. doi: 10.21272/mmi.2017.3-17.
4. Грайворонський, М.В. (2017). Безпека пристроїв Інтернету речей. *Інтернет речей: проблеми правового регулювання та впровадження*: матеріали науково-практичної конференції (м. Київ, 24 жовтня 2017 р.). / упоряд. : В. М. Фурашев, С. Ю. Петряев. Київ : Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Вид-во «Політехніка», 29-35.
5. Петренко, А. І. (2019). Криптологія в Інтернеті речей. *Моделювання та інформ. системи в економіці*, 97, 155-163. URL: <https://cutt.ly/IorknVi> (дата звернення: 12.10.2020 р.)
6. Zhang, B., Zou, Z., & Liu, M. (2011, May). Evaluation on security system of internet of things based on fuzzy-AHP method. In *2011 International Conference on E-Business and E-Government (ICEE)* (pp. 1-5). IEEE. doi:10.1109/ICEBEG.2011.5881939
7. Schurgot, M. R., Shinberg, D. A., & Greenwald, L. G. (2015, June). Experiments with security and privacy in IoT networks. In *2015 IEEE 16th International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM)* (pp. 1-6). IEEE.
8. Сорокін, Д. В., Бондарчук, А. П., & Сторчак, К. П. (2019). Інфраструктура промислових мереж IoT та кіберзагрози в доступі при використанні IoT рішень. *Телекомунікаційні та інформ. технології*, 4, 120-127.
9. Алексіна Л. Т., Шевченко О. О. Дослідження технологій інтернету речей. *Зв'язок*, 4, 24-26.
10. Базилевич В., Мальцева М., Петренко Т., Черниш Л. (2020). Захищена система розумного будинку з використанням Internet of Things. *Технічні науки та технології*, № 2 (20), 218-228.

References

1. Mikhnenko Ya.O., Kurdecha, V.V. (2019). Comparison of Types of Cloud Services in IoT. *Modern Challenges in Telecommunications*: Materials of the XIII International Scientific Conference (Kyiv, April 15-19, 2019). Kyiv, 2019. URL: <https://cutt.ly/gpqg4id> (retrieved: 12.10.2020)
2. Porolo, Ye.A., Kurdecha, V.V. (2020). Improved Network Architecture for the Cloud Internet of Things. *Modern Challenges in Telecommunications*: Materials of the XIV International Scientific Conference (Kyiv, April 13-17, 2020) / Inst. of Telecommunication Systems and Research Institute of Telecommunications of NTU Igor Sikorsky KPI. Kyiv. URL: <https://cutt.ly/wpqjh4U> (retrieved: 12.10.2020)
3. Sotnik, I.M., Zavrazhnyi, K.Yu. (2017). Approaches to Information Security of the Industrial Internet of Things at the Enterprise. *Marketing and Management of Innovations*, 3, 177-186. doi: 10.21272/mmi.2017.3-17.
4. Hraivoronskyi, M.V. (2017). Internet of Things Security. *Internet of Things: Problems of Legal Regulation and Implementation*: Materials of the Research and Training Conference (Kyiv, October 24, 2017). / Ed. by: V.M. Furashev, S.Yu. Petriaev. Kyiv: National Technical University of Ukraine, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Polytechnika Publishing House, 29-35.
5. Petrenko, A.I. (2019). Cryptology in the Internet of Things. *Modelling and Information Systems in Economics*, 97, 155-163. URL: <https://cutt.ly/IorknVi>
6. Zhang, B., Zou, Z., & Liu, M. (2011, May). Evaluation on security system of internet of things based on fuzzy-AHP method. In *2011 International Conference on E-Business and E-Government (ICEE)* (pp. 1-5). IEEE. doi:10.1109/ICEBEG.2011.5881939
7. Schurgot, M. R., Shinberg, D. A., & Greenwald, L. G. (2015, June). Experiments with security and privacy in IoT networks. In *2015 IEEE 16th International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM)* (pp. 1-6). IEEE.
8. Sorokin, D.V., Bondarchuk, A.P., Storachak, K.P. (2019). Infrastructure of Industrial IoT Networks and Cyber Threats in Access when Using IoT Solutions. *Telecommunication and Information Technology*. No. 4. Pp. 120-127. URL: <https://cutt.ly/6orjhfo>
9. Aleksina, L.T. Shevchenko, O.O. (2019). Research of the Internet of Things Technologies. *Connectivity*, 4, 24-26.
10. Bazylevych, V., Maltseva, M., Petrenko, T., Chernysh, L. (2020). Secure Smart Home System Using the Internet of Things. *Technical Sciences and Technologies*, 2(20), 218-228.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-32>

УДК: 004.052

Яцюк Світлана Миколаївна, к.пед.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-8369-6060>

Сачук Юрій Володимирович, к.ф.-м.н., ст. викл.

<https://orcid.org/0000-0002-1317-1103>

Глинчук Людмила Ярославівна, к.ф.-м.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-8943-9604>

Прус Руслана Богданівна, к.т.н., ст. викл.

<https://orcid.org/0000-0001-7726-1602>

Гришанович Тетяна Олександрівна, к.ф.-м.н., ст. викл.

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

<https://orcid.org/0000-0002-3595-6964>

Волинський національний університет імені Лесі Українки, м.Луцьк, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ МЕРЕЖ

Яцюк С. М., Сачук Ю. В., Глинчук Л. Я., Прус Р. Б., Гришанович Т. О. Дослідження роботи програмного забезпечення для захисту мереж. Досліджено основні сканери для виявлення уразливості мереж та виявлення впливу на них. Оцінено експозиції для захисту мереж задля застереження проникнення в неї, перевірки журналів та відстеження схеми руху трафіку, а також охорони портів та використання ресурсів.

Ключові слова: мережа, сканер, програмне забезпечення, уразливість, мережеве адміністрування.

Яцюк С. Н., Сачук Ю. В., Глинчук Л. Я., Прус Р. Б., Гришанович Т. А. Исследование работы программного обеспечения для защиты сетей. Исследованы основные сканеры для определения степени глубины и обнаружения воздействия на них. Оценены исследования для защиты сетей для предостережения проникновения в нее, проверки журналов и отслеживания схем движения трафика, также охраны портов и использования ресурсов.

Ключевые слова: сеть, сканер, программное обеспечение, уязвимость, сетевое администрирование.

Yatsyuk S., Sachuk U., Glinchuk L., Prus R., Grishanovich T. Research of software for network protection. The main scanners for detecting network vulnerabilities and detecting their impact have been studied. Exposures have been assessed to protect networks to prevent intrusion, to check logs and track traffic patterns, and to protect ports and use resources.

Keywords: network, scanner, software, vulnerability, network administration.

Постановка наукової проблеми. Будь-яка мережа, що знаходиться за межами найменшого офісу, має надто велику і складну поверхню. Кожна мережа повинна захищатись від несанкціонованого доступу та мережних атак спеціальним програмним забезпеченням. Навіть якщо необхідно захистити лише декілька хостів і пристроїв, необхідна автоматизована допомога, щоб ефективно та ретельно відстежувати зростаючий список відомих уразливостей і гарантувати, що мережа не піддається впливу.

Аналіз досліджень. Дослідженнями в сфері захисту мереж займалися Єсін В. І., Кузнецов А. А., Сорока Л. С.. Механізми і політику розмежування прав доступу та методи, пристрої забезпечення захисту і безпеки вивчав Бабак В.П., Горбенко І. Д. Гриненко Т. О., Богуш В. М. Кузнецов О.О. теоретично обґрунтував систему захисту інформації в інформаційних системах та методи традиційної криптографії. На нашу думку, авторами недостатньо розкрито питання дослідження сучасних сканерів для виявлення уразливості мереж.

Метою дослідження є аналіз і можливість практичного застосування сучасних сканерів для виявлення уразливості мереж та виявлення впливу на них.

Виклад основного матеріалу. Більшість операційних систем надають автоматизовані оновлення програмного забезпечення. Для невеликої організації це може бути достатньо. Але цього встановленого програмного забезпечення не вистачить для великих компаній і їх мереж. Будь-який хост або пристрій, що піддається впливу Інтернету, повинен проходити перевірку проникнення, навіть "внутрішні" хости та пристрої повинні регулярно перевірятися.

Саме сканери забезпечать автоматичну допомогу щодо уразливості мереж [1, 2]. Як і багато інструментів мережевого адміністрування, сканер уразливості має як законне, так і нелегітимне використання. Це може бути корисним системному адміністратору, розробнику, досліднику безпеки, тестеру проникнення або хакеру з чорною шапочкою. Він може бути використаний для оцінки захисту мережі або протидії проникнення в неї. Нами досліджено найсучасніші сканери на вразливість мережі. А саме:

1. **Менеджер конфігурації мережі SolarWinds (БЕЗКОШТОВНА ПРОБЛЕМА)** – Безкоштовно протягом 30 днів без жодних зобов'язань переходити на платну версію, це дуже всебічний менеджер конфігурації, який сканує налаштування пристрою, що створює вразливості.

2. **ManageEngine VUNnerability Manager Plus (БЕЗКОШТОВНА ПРОБЛЕМА)** – Безкоштовна та платна версії для середовищ Windows та Windows Server, включає сканування вразливості та автоматизоване зменшення наслідків.

3. **Моніторинг вразливості мережі Paessler за допомогою PRTG (БЕЗКОШТОВНА ПРОБЛЕМА)** – Частина системи моніторингу ресурсів PRTG, цей інструмент перевіряє журнали та відстежує схеми руху трафіку, а також охороняє порти та використання ресурсів. Це безкоштовно для використання до 100 датчиків.

4. **OpenVAS** – Відкрита система оцінки вразливості – це безкоштовний менеджер уразливості для Linux, до якого можна отримати доступ у Windows через VM.

5. **Аналізатор базової безпеки Microsoft (MBSA)** – Безкоштовний і простий у використанні інструмент, який перевіряє продукти Microsoft на вразливості.

6. **Retina Network Scanner Community Edition** – Безкоштовно сканувати до 256 IP-адрес, ця система спирається на центральну базу даних відомих слабких місць.

7. **Nexpose Community Edition** – Безкоштовно сканує до 32 IP-адрес, цей інструмент виявляє та реєструє ваші пристрої, підключені до мережі, виділяючи всі відомі вразливості в кожному.

8. **Оновлення програмного забезпечення Kaspersky** – безкоштовна утиліта для Windows, яка встановить доступні оновлення для будь-якого вашого програмного забезпечення, а не лише продуктів Kaspersky.

Сканер уразливості покладається на базу даних відомих уразливостей та автоматизовані тести на них. Обмежений сканер адресуватиме лише один хост або набір хостів, що працюють на одній платформі операційної системи. Комплексний сканер сканує широкий спектр пристроїв і хостів у одній або декількох мережах, ідентифікуючи тип пристрою та операційну систему та перевіряючи відповідні вразливості з меншою або більшою нав'язливістю.

Сканування може бути виключно мережевим і проводитись із широкого Інтернету (*зовнішнє сканування*) або з внутрішньої локальної мережі (*сканування внутрішнє*). Це може бути *глибокий огляд*, коли сканеру надано облікові дані для аутентифікації себе як законного користувача хоста або пристрою.

Сканування вразливості – це лише одна частина процесу управління вразливістю. Після того, як сканер виявить вразливість, про нього потрібно повідомити, перевірити (чи це не помилка?), Далі слід встановити пріоритети та класифікувати за ризиком та впливом, відремонтувати та відстежити, щоб запобігти регресії.

Якщо організації потрібен формальний процес для вирішення вразливих місць, процес управління включає планові сканування, наведення пріоритетів, управління змінами для версій програмного забезпечення та забезпечення процесу. Більшість сканерів на вразливість можуть бути частиною повного рішення щодо управління вразливістю, тому великим організаціям потрібно підбирати цей контекст під час вибору сканера..

Багато вразливих місць можна усунути шляхом виправлення, але не всі. Аналіз витрат / вигод повинен бути частиною процесу, оскільки не всі вразливості є ризиками в кожному середовищі, і можуть бути бізнес-причини, через які не можна встановити заданий патч. Таким чином, це корисно, коли вказівки щодо виправлення інструменту включатимуть альтернативні засоби (наприклад, відключення послуги або блокування порту через брандмауер).

Існує багато можливостей для оцінки роботи сканера. Вибираючи інструменти, нашими головними міркуваннями були надійність та галузева репутація постачальника програмного забезпечення, їх здатність постійно підтримувати та оновлювати свій продукт, унікальні функції, простота налаштування та використання та можливості масштабування.

Менеджер конфігурації мережі SolarWinds (НKM) є безкоштовним лише протягом періоду оцінки та охоплює певний (але важливий) підмножину вразливих місць [3]. NCM обробляє як сканування вразливості, так і управління доменом уразливостей, що виникають внаслідок неправильної конфігурації маршрутизатора та комутатора. Основна увага приділяється виправленню, моніторингу несподіваних змін та аудиту відповідності. NCM є безкоштовним лише під час повністю функціонального випробування 30 днів. NCM сканує вразливості в конфігураціях пристроїв на базі Cisco Adaptive Security Appliance (ASA) та Internetwork Operating System (IOS®).

SolarWinds NCM. Для вразливості через помилки конфігурації він забезпечує можливість автоматичного запуску скриптів виправлення після виявлення порушення та автоматично розгортати стандартизовані оновлення конфігурації на сотні пристроїв.

Для усунення несанкціонованих змін, включаючи регресії, він забезпечує моніторинг змін конфігурації та оповіщення. Він може постійно перевіряти маршрутизатори та комутатори на предмет відповідності. Він виконує Національний інститут стандартів і технологій (NIST®), Федеральний закон про управління інформаційною безпекою (FISMA) та Агентство оборонних інформаційних систем (DISA®). Для випробування легка установка може встановлювати та використовувати SQL Server Express, але база даних обмежена 10 гігабайтами (рис.1).

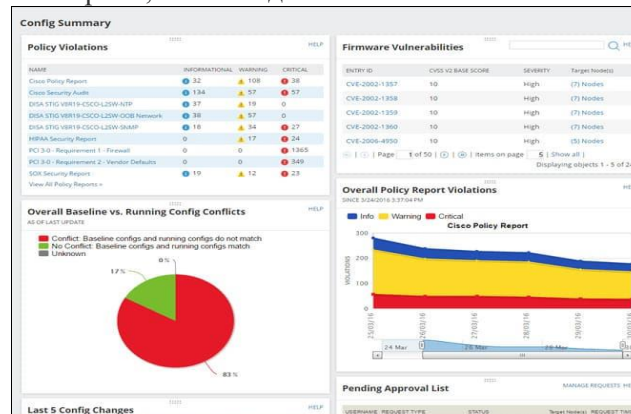


Рис.1. Вікно сканера SolarWinds NCM

ManageEngine VUNnerability Manager Plus. ManageEngine виробляє широкий спектр інструментів управління IT-інфраструктурою [4,5]. Менеджер уразливості Plus є конкурентом компанії на ринку системного захисту. Повний перелік функцій цього інструменту доступний лише для платної версії утиліти, розробленої для великих локальних мереж та багатопротіфільних мереж. Безкоштовна версія підходить для малих та середніх підприємств та захищатиме до 25 пристроїв.

Безкоштовна версія надає як сканування на вимогу, так і планове вразливість, що дозволить виявити проблеми у вашій власній мережі. Передова технологія, розгорнута в сканері, здатна виявити аномальну поведінку. Ця стратегія є більш ефективною для виявлення вразливих місць з нульовим днем, ніж звичайні системи виявлення загроз, засновані на правилах. Ви також отримуєте заходи щодо зменшення загрози, вбудовані у безкоштовне видання Vulnerability Manager Plus.

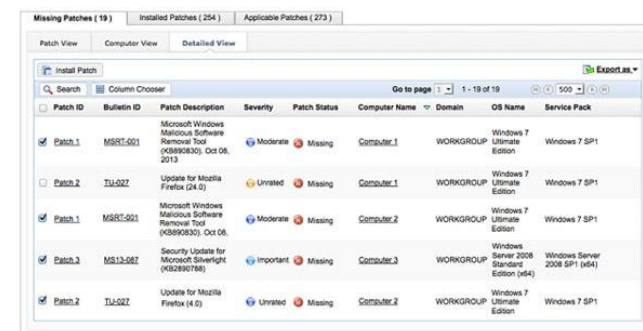


Рис. 2. Вікно сканера ManageEngine

Системні загрози можуть полягати в слабкій безпеці конфігурації або застарілому програмному забезпеченні. Менеджер уразливості Plus **включає управління конфігурацією і Управління патчем** функції, які закривають ці слабкі місця. Сканування вразливості допоможе виділити неправильно налаштовані пристрої та дасть змогу виконувати стандартні політики конфігурації. Сканування також перевіряє версії програмного забезпечення та дозволяє автоматизувати встановлення патчів. Ви отримуєте можливість виправляти патчі, що дозволяє пропускати версії у

випадках, коли істотні налаштування можуть бути втрачені за допомогою автоматизованих оновлень програмного забезпечення. Ці можливості конфігураційного та програмного моніторингу поширюються на веб-сервери та брандмауери. Сканер визначить ризикове програмне забезпечення і автоматично видалить несанкціоновані встановлення [6]. Безкоштовне видання пакета включає майже всі можливості двох платних версій, які називаються Professional та Enterprise виданнями. Ви можете отримати 30-денну безкоштовну пробну версію будь-якої з двох платних версій, якщо інвентар вашого пристрою занадто великий, щоб отримати право користуватися безкоштовною версією.

Моніторинг вразливості мережі Paessler за допомогою PRTG (БЕЗКОШТОВНИЙ ПЕРІОД ВИПРОБОВУВАННЯ) [7]. Продукт моніторингу системи Paessler називається PRTG. Це єдиний інструмент моніторингу інфраструктури, який охоплює мережі, сервери та додатки. PRTG – це набір інструментів, і кожна з цих утиліт називається “сенсором”. У пакеті є ряд датчиків, які захищають ваш бізнес від мережевих атак.

Будь-яка оцінка безпеки повинна починатися з перевірки всієї вашої існуючої інфраструктури. PRTG виявляє та відслідковує всі ваші мережеві пристрої щодо зміни статусу та умов попередження. Моніторинг мережевого трафіку, наданий PRTG, також може виділити незвичайні дії, які можуть свідчити про вторгнення.

Датчик обнюхування пакетів може використовуватися для глибокої перевірки пакетів, надаючи дані про активність протоколу у вашому трафіку. Це можна визначити за номером порту або джерелом трафіку або пунктом призначення, серед інших ідентифікаторів (рис.3).

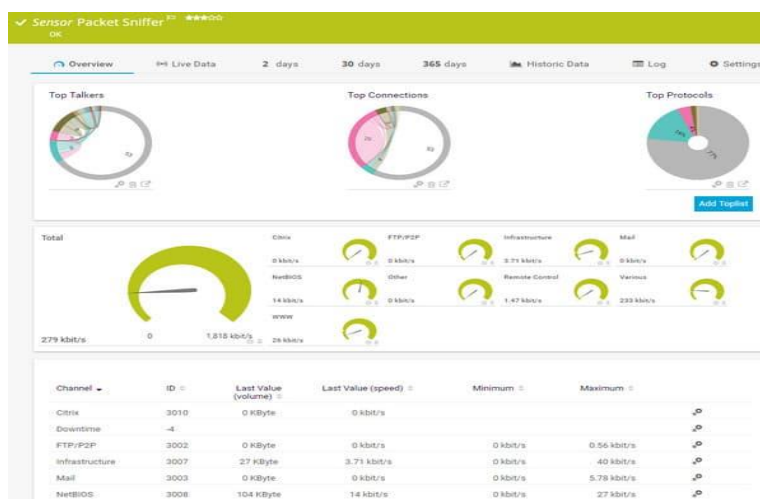


Рис. 3. Екран виходу датчика сніфера пакетів PRTG

Модуль Syslog Receiver в Paessler PRTG виявить більше функцій сканування безпеки для вашої стратегії захисту системи. Мережева атака залишає паперовий слід і збирає повідомлення журналу подій Syslog та Windows – це перший крок у вашій стратегії сканування вразливості.

PRTG – це чиста система моніторингу, тому вона не включає жодних активних функцій управління та роздільної здатності, таких як управління патчем або управління конфігурацією. Однак він включає деякі додаткові функції оцінки безпеки, такі як утиліта сканування портів та моніторингу.

Будь-який фактор, який контролюється PRTG, може використовуватися як подача в систему оповіщення інструменту. Такі фактори, як гучність повідомлень журналу, суворість повідомлення журналу, дані SNMP Trap та активність порту, можуть бути включені до спеціальних сповіщень.

Повідомлення, що відображаються на екрані зондування здоров'я PRTG Paessler встановлює смуги зарядки для PRTG, які базуються на кількості активованих датчиків. Кожен клієнт отримує доставку повної системи PRTG, але при цьому всі її датчики неактивні. Ви налаштовуєте власну реалізацію, активуючи потрібні датчики. Ви можете використовувати PRTG безкоштовно постійно, якщо активувати до 100 датчиків.

OpenVAS – це всеосяжна система сканування вразливих середовищ з відкритим кодом та управлінням вразливістю. Це безкоштовно, а його компоненти – це безкоштовне програмне забезпечення, більшість з яких ліцензується згідно з GNU GPL. Коли компанія Nessus стала фірмовим продуктом, її

відключили від відомого (і дорогого) сканера на вразливість Nessus. OpenVAS також є частиною рішення для управління вразливістю мережі Greenbone Network.

OpenVAS використовує автоматично оновлений канал спільноти Тести вразливості мережі (NVT), понад 50 000 і зростаючі. Товарний продукт Greenbone пропонує альтернативний комерційний канал тестів на вразливість, який регулярно оновлюється та має гарантії обслуговування, а також підтримку.

OpenVAS доступний у вигляді пакунків у декількох дистрибутивах Linux, у формі вихідного коду та у вигляді віртуального пристрою, який можна завантажувати у віртуальний комп'ютер у Windows. Він також є частиною Kali Linux.

OpenVAS має веб-інтерфейс, асистент безпеки Greenbone, графічний інтерфейс на основі Qt, робочий стіл Greenbone і CLI.



Рис.4. Інформаційна панель веб-інтерфейсу OpenVAS

Встановлення та використання OpenVAS має значну криву навчання. Незважаючи на те, що OpenVAS – це не просто сканер уразливості, а повноцінна безкоштовна платформа управління відкритим кодом. Крута крива навчання – одна з головних причин **багато адміністраторів мережі шукають альтернативи OpenVAS**, особливо тих, хто віддає перевагу менш практичному підходу, але все ж вимагає надійності грамотного інструменту. Ось чому OpenVAS займає третє місце у нашому списку після пропозицій SolarWinds та Paessler.

Аналізатор безпеки базової лінії Microsoft (MBSA) – це старий штапельний елемент, сканер на вразливість хоста, обмежений домену вразливостей продуктів Microsoft. Він корисний для малого бізнесу, головним чином під керуванням Windows. MBSA – це простий інструмент, який сканує лише машини Windows на конкретні проблеми, що стосуються Microsoft, та основні вразливості та неправильні конфігурації. MBSA може сканувати локальний хост, домен або діапазон IP-адрес (рис. 5)



Рис. 5. Аналізатор безпеки базової лінії Microsoft

MBSA може сканувати один або кілька комп'ютерів Windows. MBSA сканує відсутні пакети послуг або оновлення безпеки. Він також сканує адміністративні проблеми в Windows, брандмауері Windows, IIS, SQL Server та Office.

MBSA перевіряє відсутність оновлень та прості адміністративні проблеми.

MBSA створює звіт для кожного відсканованого хоста, з питаннями, позначеними пріоритетом. Звіт про вразливість в продуктах та послугах Microsoft, таких як SQL Server.

MBSA ще не оновлено для Windows 10, але версія 2.3 значною мірою працює. Для очищення помилкових позитивних даних та виправлення перевірок, які неможливо виконати, потрібно виконати певні налаштування. Наприклад, він подасть хибнопозитивну скаргу на те, що оновлення Windows не ввімкнено.

MBSA не займається вразливими місцями, що не є Microsoft, або складними вразливими місцями, але він простий у використанні і все ще зручний для невеликих магазинів, орієнтованих на Microsoft.

Retina Network Scanner Community Community Edition (RNSS) є всеосяжним сканером уразливості, і його можна поєднати з ціною системи управління вразливістю протягом усього життя. RNSS безкоштовний для сканування до 256 IP-адрес [6,7]. Він був розроблений eEye, який зараз є частиною BeyondTrust. База даних про вразливість сканера Retina автоматично оновлюється та визначає вразливості мережі, проблеми з конфігурацією та відсутні патчі, що охоплюють цілий спектр операційних систем, пристроїв, віртуальних середовищ та додатків. Установка проста, а інтерфейс користувача інтуїтивно зрозумілий [6].

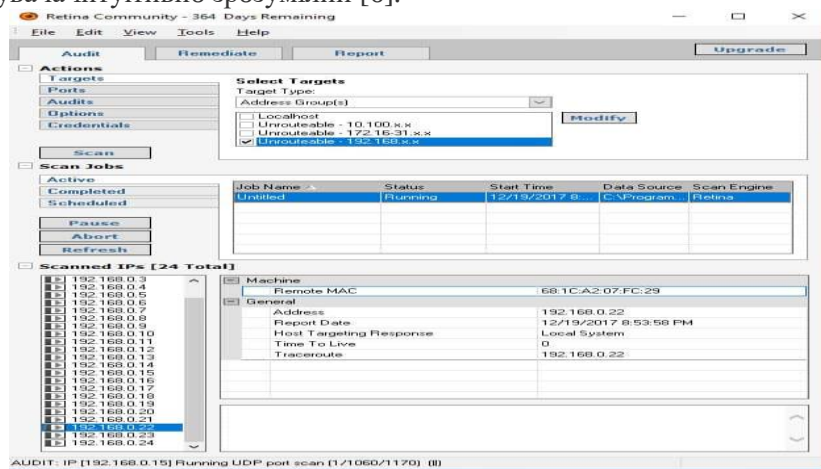


Рис. 6. Інтерфейс користувача Retina

Після запуску сканування через **Аудит** можна перевірити вразливості на **Лікування** вкладки.

На вкладці «Засоби сітківки» перераховані знайдені вразливості. Уразливості можна сортувати та фільтрувати, а також можна розширити до окремих вразливих місць.

Можна створювати різні типи звітів, щоб отримати доступ до результатів сканування поза інструментом.

Nexpose Community Edition – це всебічний сканер на вразливість від Rapid7, власників рамок експлуатації Metasploit. Безкоштовна версія Nexpose обмежена 32 IP-адресами одночасно, і ви повинні повторно подати заявку через рік. Nexpose працює в пристроях Windows, Linux та VM. Він сканує мережі, ОС, веб-додатки, бази даних та віртуальне середовище. Nexpose можна з'єднати з системою управління вразливістю InsightVM Rapid7 для комплексного рішення життєвого циклу управління вразливістю.

Оновлення програмного забезпечення Kaspersky. Один великий недолік безпеки у мережі – це фактично стан підключених до неї комп'ютерів. Розробники програмного забезпечення постійно шукають недоліки в безпеці своїх продуктів і виробляють оновлення для встановлення існуючих клієнтів, щоб закрити будь-які лазівки безпеки. Ці слабкі місця не є наслідком недбалості, коли програмне забезпечення було написано спочатку. Вони виникають через те, що хакери постійно шукають нові способи використання функцій програмного забезпечення для порушення безпеки.

Відстеження існування нових оновлень може зайняти багато часу, тому програма, яка сканує ваш комп'ютер і зберігає список доступних оновлень, заощадить вам багато часу. “Лабораторії Касперського” є провідним виробником антивірусів, і він зробив безкоштовним оновленням програмного забезпечення доступним для користувачів Windows. Інструмент не просто відстежує продукти Kaspersky, але посилається на велику бібліотеку сповіщень про оновлення, які зберігає Касперський. Після завантаження безкоштовного інструменту з сайту Касперського утиліта встановить себе. Перед скануванням комп'ютера інструмент перевіряється на сервері Kaspersky, щоб отримати останній список доступних оновлень. Після закінчення сканування, якщо все в порядку, ви отримаєте повідомлення про відсутність оновлень. Якщо ви знайдете застаріле програмне

забезпечення, програма оновлення програмного забезпечення перелічить їх на екран результатів, подібний до наведеного нижче. Доступний список оновлень.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Сканування вразливості, а насправді управління вразливістю – один із аспектів захисту мережі. Сканери можуть виявляти лише вразливості, у яких уже впроваджені тести. Необхідно виробити відчуття нормальної поведінки мережі за допомогою інструментів контролю та пропускної здатності, зокрема інструментів, які дозволяють задавати автоматизовані сповіщення. Мережеві аналізатори та сніфери пакетів є ключовими інструментами для виявлення аномалій. І для адміністратора мережі існує безліч інших засобів захисту, що буде наступною тематикою наших досліджень.

Список бібліографічного опису.

1. Азаров О. Д. Комп'ютерні мережі : навчальний посібник (2013), 371с. АСМ.
2. Буров Є. В. Комп'ютерні мережі: підручник (2010), 262 с. АСМ.
3. Лосев Ю. І. Комп'ютерні мережі: навчальний посібник (2013), 248 с. АСМ.
4. Микитишин А. Г. Комп'ютерні мережі: [навчальний посібник] (2013), 256 с. АСМ.
5. Сайт <http://netconfig.ru/> [Електронний ресурс]. Режим доступу до матеріалу сайту: <http://netconfig.ru/server/ids-ips/>.
6. Сайт www.ic3.gov [Електронний ресурс]. Режим доступу до матеріалу сайту: <http://www.ic3.gov/media/IC3-Poster.pdf>.
7. Сайт <http://ru.wikipedia.org/> [Електронний ресурс]. Режим доступу до матеріалу сайту: http://ru.wikipedia.org/wiki/Система_обнаружения_вторжений.

References.

1. Azarov O. Computer networks: a textbook (2013), 371p. ACM.
2. Burov E. Computer networks: a textbook (2010), 262 p. ACM.
3. Losev YI Computer networks: a textbook (2013), 248 p. ACM.
4. Mykytyshyn AG Computer networks: [textbook] (2013), 256 p. ACM.
5. Website <http://netconfig.ru/> [Electronic resource]. Mode of access to the site material: <http://netconfig.ru/server/ids-ips/>.
6. Website www.ic3.gov [Electronic resource]. Mode of access to the site material: <http://www.ic3.gov/media/IC3-Poster.pdf>.
7. Website <http://ru.wikipedia.org/> [Electronic resource]. Mode of access to the site material: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Intrusion Detection System](http://ru.wikipedia.org/wiki/Intrusion_Detection_System).

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-33>

УДК: 006.063

Павленко Вячеслав Якович, науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0003-0925-4173>

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України

СЕРТИФІКАЦІЙНІ ВИПРОБУВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ В УКРАЇНІ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Павленко В. Я. Сертифікаційні випробування радіоелектронних приладів в Україні: сучасний стан та перспективи розвитку. У статті визначено роль та місце сертифікаційних випробувань в системі сертифікації радіоелектронних приладів в Україні. Встановлено основні особливості проведення сертифікаційних випробувань радіоелектронних приладів в Україні. Розглянуто питання проведення сертифікаційних випробувань радіоелектронних приладів у акредитованих випробувальних лабораторіях України. Сформульовано перспективи розвитку сертифікаційних випробувань радіоелектронних приладів в Україні.

Ключові слова: сертифікація, сертифікаційні випробування, радіоелектронні прилади, національні стандарти, Європейський союз, гармонізація нормативної бази.

Павленко В. Я. Сертификационные испытания радиоэлектронных приборов в Украине: современное состояние и перспективы развития. В статье определены роль и место сертификационных испытаний в системе сертификации радиоэлектронных приборов в Украине. Установлены основные особенности проведения сертификационных испытаний радиоэлектронных приборов в Украине. Рассмотрены вопросы проведения сертификационных испытаний радиоэлектронных приборов в аккредитованных испытательных лабораториях Украины. Сформулированы перспективы развития сертификационных испытаний радиоэлектронных приборов в Украине.

Ключевые слова: сертификация, сертификационные испытания, радиоэлектронные приборы, национальные стандарты, Европейский союз, гармонизация нормативной базы.

Pavlenko V. Certification tests of electronic devices in Ukraine: current status and development prospects. The article defines the role and place of certification tests in the certification system of electronic devices in Ukraine. The main features of certification test of electronic devices in Ukraine are established. The issue of conducting certification tests of radio electronic devices in accredited testing laboratories of Ukraine is considered. Prospects for the development of certification tests of electronic devices in Ukraine are formulated.

Key words: certification, certification tests, electronic devices, national standards, European Union, harmonization of regulatory framework.

Постановка проблеми. Останні роки в Україні досить активно реформується система технічного регулювання (СТР) у сфері радіоелектронних приладів (РЕП) [1] з метою гармонізації національних законодавчих та нормативних баз з Європейською базою. Реформування СТР РЕП дозволить: усунути технічні бар'єри під час взаємної торгівлі між ЄС та Україною; виробникам РЕП самостійно вибирати процедуру оцінювання відповідності; підвищувати рівень безпечності РЕП до загальноєвропейських вимог; підвищувати відповідальність заводів-виробників та постачальників за безпечність РЕП; зменшувати витрати на підтвердження нешкідливості РЕП (органами з оцінки відповідності). Прийнята угода між Україною та ЄС [2] підтверджує взаємну зацікавленість сторін щодо гармонізаційних процесів відповідних законодавчих й нормативних баз. Важливим питанням в сфері технічного регулювання РЕП є проведення їх сертифікаційних випробувань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням реформування СТР продукції (і, зокрема, РЕП) присвячені багато наукових та навчально-методичних праць [1, 3-5]. В яких розглянуто певні аспекти наукових, організаційно-технічних та нормативних засад кваліметрії, стандартизації, сертифікації, акредитації та законодавчої метрології. В [3, 6-8] досить детально розкриті питання міжнародного співробітництва України з метою гармонізації українських стандартів з Європейськими. Але питання щодо сертифікаційних випробувань РЕП практично не висвітлені у вітчизняних наукових працях.

Метою дослідження є визначення сучасного стану та перспектив розвитку сертифікаційних випробувань радіоелектронних приладів в Україні.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сертифікаційні випробування РЕП за своєю сутністю є контрольними випробуваннями РЕП, в результаті яких встановлюється відповідність характеристик їх властивостей міжнародній і національній нормативній документації. Контрольними випробуваннями РЕП є такі, що застосовуються з метою контролювання якості РЕП [1-3].

В статті в якості РЕП розглядаються: телекомунікаційна, навігаційна та медична техніка; високотехнологічні промислові установки; побутове електронне й електротехнічне обладнання тощо.

Визначення ролі та місця сертифікаційних випробувань в системі сертифікації РЕП в Україні.
 Сертифікаційні випробування РЕП, як правило, проводяться під час їх сертифікації. Сертифікація РЕП передбачає [9]: перевірку їх характеристик, параметрів та показників; застосування методів сертифікаційних випробувань з метою проведення ідентифікації (враховуючи перевірку належності до відповідних класифікаційних груп, відповідності технічної документації, місця походження, ступені приналежності до конкретної партії РЕП тощо); підтвердження відповідності РЕП встановленим вимогам.

Сертифікація РЕП в Україні здійснюється за схемами, кожна з яких містить повний набір процедур (серед яких є і сертифікаційні випробування) та умов їх виконання. Схеми можуть включати одну або декілька процедур, результати яких необхідні для оцінювання відповідності РЕП заявленим до неї вимогам. Схему сертифікації РЕП пропонує заявник за погодженням з органом сертифікації. Рекомендовані схеми сертифікації продукції (і, зокрема, РЕП) наведені в [9]. Відповідно до [9] на практиці сертифікаційні випробування РЕП проводяться в рамках наступних шести основних схем сертифікації, що наведені в таблиці 1.

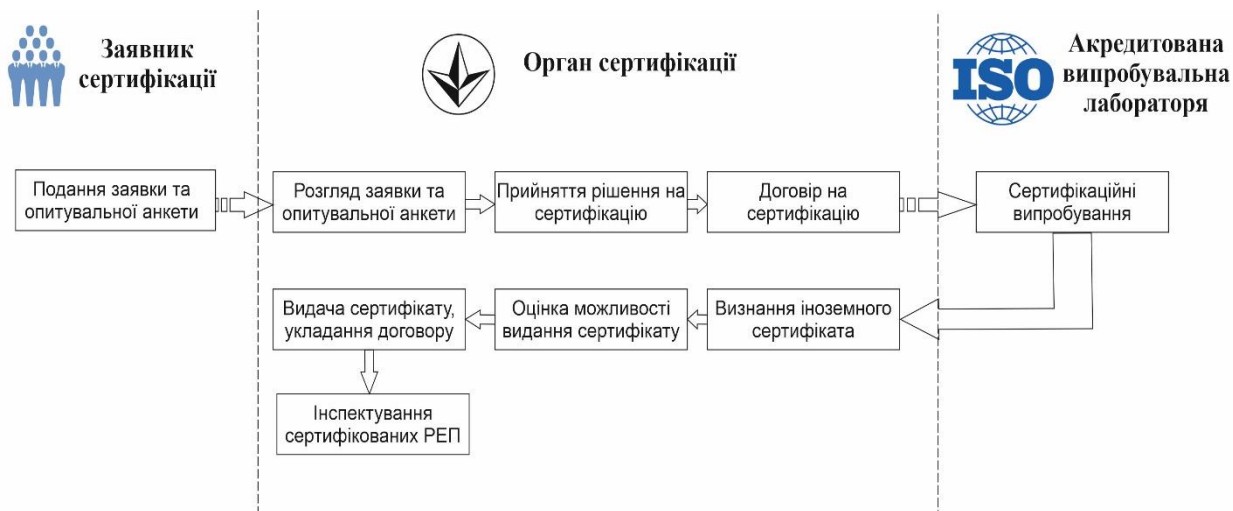
Таблиця 1. Основні схеми за якими проводиться сертифікація в Україні

Позначення схеми сертифікації	Назва схеми сертифікації	Сутність схеми сертифікації	Ступінь необхідності проведення сертифікаційних випробувань	Місце проведення сертифікаційних випробувань
Схема 1	Сертифікація одиничного виробу	Визначаються характеристики одного або декількох зразків РЕП	Обов'язкове проведення	Акредитована випробувальна лабораторія
Схема 2	Сертифікація партії РЕП	Визначаються характеристики всієї партії РЕП	Обов'язкове проведення	Акредитована випробувальна лабораторія
Схема 3	Сертифікація серійних РЕП (з аудитом виробництва)	Визначаються характеристики одного або декількох зразків серійних РЕП шляхом проведення аналізу документації стосовно процесу виробництва	Обов'язкове проведення	Акредитована випробувальна лабораторія
Схема 4	Сертифікація серійних РЕП (з аудитом та атестацією виробництва)	Визначаються характеристики одного або декількох зразків серійних РЕП шляхом проведення аудиту та атестації виробництва, а також випробувань	Обов'язкове проведення	Акредитована випробувальна лабораторія
Схема 5	Сертифікація серійних РЕП шляхом оцінювання системи управління якістю	Визначаються характеристики одного або декількох зразків серійних РЕП шляхом оцінювання системи управління якістю та проведення сертифікаційних випробувань	Обов'язкове проведення	Акредитована випробувальна лабораторія
Схема 6	Сертифікація послуг, пов'язаних з РЕП	Аналізується надана заявником документація, відповідно до процесу надання послуг та системи управління якістю (за її наявності). Обстежується процес надання послуг, пов'язаних з РЕП	За необхідністю	Акредитована випробувальна лабораторія

Із таблиці 1 можна бачити, що сертифікаційні випробування є важливою та практично невід'ємною складовою процесу сертифікації РЕП.

Перевірка РЕП на відповідність встановленим вимогам залежно від обраних схем сертифікації може реалізовуватися на основі: оцінювання характеристик РЕП, процесу їх виробництва та системи управління якістю; проведення сертифікаційних випробувань РЕП та визнання результатів робіт, що були проведені органами сертифікації за кордоном (якщо РЕП іноземного виробництва).

Сертифікація РЕП з урахуванням однієї з наведених в таблиці 1 схем, як правило, передбачає виконання таких основних етапів (рис. 1) як: подання та розгляд заявки на сертифікацію та



опитувальної анкети; аналіз комплексу документів, необхідних для проведення сертифікації РЕП; прийняття рішення за заявкою із зазначенням схеми сертифікації; укладання договору на проведення науково-технічних робіт з сертифікації; оцінювання на відповідність заявленим вимогам згідно з обраною схемою сертифікації (в тому числі аудит виробництва, оцінювання системи управління якістю РЕП, відбір, ідентифікація зразків РЕП та їх сертифікаційні випробування; визнання сертифіката, виданого іноземним органом сертифікації); аналіз одержаних результатів та прийняття рішення щодо можливості видачі сертифікату відповідності; підготовка та видача сертифікату відповідності, укладання сертифікаційного договору на право застосування сертифіката відповідності та маркування знаком відповідності та внесення інформації до Реєстру Системи УкрСЕПРО; проведення інспектування сертифікованих РЕП продукції та процесу їх виробництва та (або) системи управління якістю.

Рис. 1. Основні етапи сертифікації РЕП з урахуванням схем її проведення

Особливості проведення сертифікаційних випробувань РЕП в Україні. Процедура сертифікації РЕП в Україні реалізується за показниками електромагнітної сумісності та показниками безпеки. Функціонування РЕП пов'язане з електромагнітним випромінюванням, яке створює перешкоди іншому технічному обладнанню. Наявність цих електромагнітних перешкод характеризує стан навколишнього середовища. Отже питання одночасного функціонування великої номенклатури РЕП в обмеженому просторі без електромагнітних перешкод все більше набувають актуальності. Ці питання пов'язані з безпекою РЕП, охороною праці та захистом навколишнього середовища. З урахуванням цього, в ЄС якщо зразок РЕП не відповідає встановленим вимогам щодо електромагнітної сумісності, то він не зможе бути реалізований на ринках ЄС.

На сьогодні в Україні вимоги електромагнітної сумісності регламентовано цілою низкою державних стандартів та нормативних документів, що практично не гармонізовані зі стандартами ЄС. Таке становище в цій сфері призводить до проблем з визнання результатів сертифікаційних випробувань, і не може бути швидко змінено. Воно потребує вдосконалення українських нормативних документів шляхом гармонізації із нормативними Комітету СІ8РЯ, певного розподілення частотного діапазону в Україні та переоснащення акредитованих випробувальних лабораторій відповідним обладнанням, як випробувальних лабораторій промислових підприємств, так і сертифікаційних центрів. Розглянуті питання обумовлюють особливості проведення сертифікаційних випробувань РЕП в Україні.

У зв'язку з цим кожен рік органи сертифікації не оформлюють сертифікати на 20 % імпортованих РЕП, що не відповідають встановленим вимогам щодо електромагнітної сумісності та безпеки. Крім того, більш ніж 20 % заявникам сертифікаційні органи не проводять сертифікацію з

причин порушень порядку оформлення товаросупровідних документів, відсутності необхідних документів та маркування.

Акредитовані випробувальні лабораторії в Україні для проведення сертифікаційних випробувань РЕП. В Україні функціонує трирівнева система сертифікації РЕП: перший рівень – це Міністерство економічного розвитку і торгівлі України; другий рівень – Державна інспекція України з захисту прав споживачів (ДП «УкрНДНЦ» і технічні комітети); третій рівень – органи з сертифікації РЕП та системи їх якості, акредитовані випробувальні лабораторії (в яких саме і проводяться сертифікаційні випробування). Отже, для сертифікаційних випробувань РЕП в Україні існують акредитовані випробувальні лабораторії, основні вимоги до яких наведено в [10-12]. Відповідно даних в [13] загальна кількість акредитованих в Україні випробувальних лабораторій складає понад 420, серед яких сертифікаційні випробування РЕП можна проводити у 187 лабораторіях. На рисунку 2 наведено діаграму розподілу у відсотках акредитованих випробувальних лабораторій для сертифікаційних випробувань РЕП в регіонах України.

Така кількість випробувальних лабораторій в Україні (рис. 2) зумовлюється: вимогами Системи УкрСЕПРО щодо проведення сертифікаційних випробувань тільки в цих лабораторіях; великою номенклатурою РЕП; жорсткими вимогами щодо оперативності проведення сертифікаційних випробувань у випробувальних лабораторіях за регіональним принципом (в межах одного із регіонів України). Обладнання таких випробувальних лабораторій, як правило, це універсальне стандартне та стандартизоване випробувальне обладнання і засоби вимірювальної техніки, що необхідні для сертифікаційних випробувань РЕП.

Серед випробувальних лабораторій особливе місце займають, такі, що сформовані на базі провідних науково-випробувальних (науково-виробничих або науково-дослідних) установ (з часів СРСР) [13].

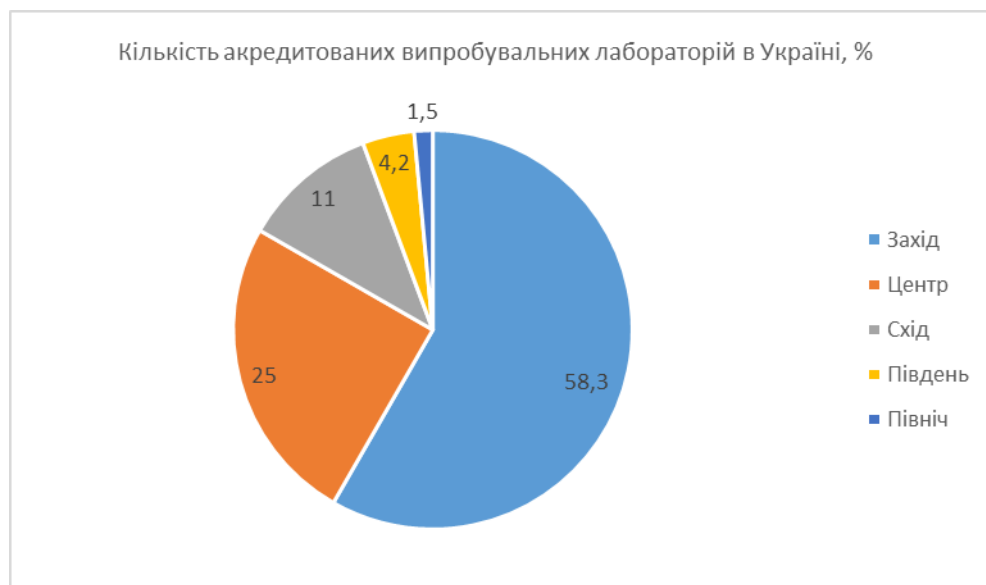


Рис. 2. Розподілення акредитованих лабораторій для сертифікаційних випробувань за регіонами України

В таких випробувальних лабораторіях працюють фахівці, як правило, вищої кваліфікації з величезним досвідом. Крім стандартизованого випробувального обладнання і засобів вимірювальної техніки, вони мають спеціалізоване, спеціальне або унікальне випробувальне обладнання (споруди, камери та стенди для випробувань), що дозволяє провести необхідні заходи щодо оцінювання й сертифікаційних випробувань значної частки номенклатури РЕП. Також вони забезпечують проведення випробувань і досліджень під час розроблення нових зразків РЕП. Такий підхід, щодо проведення сертифікаційних випробувань РЕП в одній випробувальній лабораторії суттєво зменшує терміни проведення та втрати замовників цих робіт, а також такий комплексний підхід в проведенні сертифікаційних випробувань скорочує терміни розроблення РЕП, їх постановки на виробництво і виходу на ринок.

Слід відзначити, що в існуючих випробувальних лабораторіях для сертифікаційних випробувань РЕП певна частка випробувального обладнання і засобів вимірювальної техніки є застарілими та не забезпечують необхідних точності й достовірності випробувань. Також, додаткові вимоги технічних регламентів [4] та стандартів до безпеки, призводять до необхідності в

переоснащенні(або в дооснащенні) випробувальним обладнанням і засобами виміральної техніки більшості випробувальних лабораторій в Україні.

Перспективи розвитку сертифікаційних випробувань РЕП в Україні. На сьогоднішній день в Україні активно реалізується практична фаза реформування СТРЕП[1, 2, 4, 6]. Основні перспективи розвитку сертифікаційних випробувань РЕП в Україні пов'язані з впровадженням технічних регламентів в сфері застосування РЕП. Організаційно-правові засади створення, прийняття і використання технічних регламентів та здійснення добровільного оцінювання відповідності продукції визначає Закон України "Про технічні регламенти та оцінку відповідності" [4].

За останні роки в державі введено понад 20 технічних регламентів щодо безпеки та енергоефективності продукції (в тому числі і РЕП). В процесі введення та впровадження в практику технічних регламентів буде відмінено процедури обов'язкової сертифікації РЕП в частині Системи сертифікації УкрСЕПРО, на яку поширюється дія технічних регламентів.

Крім того, для України найактуальнішим є підписання "Угоди про взаємне визнання Україною та ЄС сертифікатів відповідності на промислову продукцію" [14]. Підписання зазначеної угоди для України має привести до: визнання результатів роботи з оцінювання відповідності українськими органами сертифікації без додаткової процедури оцінювання відповідності в ЄС, США, Швейцарії, Японії тощо (в цих країнах товари один одного визнаються без додаткових заходів з сертифікації); використання європейського знаку відповідності СЕ на українській продукції; тотожності вимог технічних регламентів української продукції відповідним вимогам ЄС; взаємного визнання промислової продукції, що відповідає вимогам, згідно яких вона законно перебуває на ринку однієї зі сторін. Тільки подальші поступові кроки щодо реформування та гармонізації СТР, забезпечать українським виробникам вихід на Європейський ринок та можливість реалізовувати там свою продукцію.

Узагальнюючи вище викладене, сформулюємо основні напрямки розвитку галузі сертифікаційних випробувань РЕП в Україні:

- створення та впровадження в Україні національних стандартів – ідентичних відповідним міжнародним та європейським стандартам щодо технічних регламентів РЕП;
- заміну (чи дооснащення) випробувального обладнання та засобів виміральної техніки в акредитованих випробувальних лабораторіях сучасними зразками, що суттєво підвищить рівень якості їх оцінок та рівень захисту споживачів в Україні, і відповідне визнання цих результатів за кордоном;
- забезпечення високого рівня експертності працівників контролюючих органів в сфері сертифікації.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отже, для досягнення поставленої у статті мети, вирішено наступні часткові завдання: визначено роль та місце сертифікаційних випробувань в системі сертифікації РЕП в Україні; встановлено основні особливості проведення сертифікаційних випробувань РЕП в Україні; розглянуто питання проведення сертифікаційних випробувань РЕП у акредитованих випробувальних лабораторіях України; сформульовано перспективи розвитку сертифікаційних випробувань РЕП в Україні. *Подальшим актуальним напрямком досліджень є розроблення методу оптимізації сертифікаційних випробувань РЕП закордонного виробництва.*

References.

1. Kozlovsky, J. (2014). Problems of transition from certification of mechanical engineering products to assessment of its compliance with technical regulations. Standardization. Quality, (3), 59-65.
2. Agreement № ENPI / 2008 / 019-594 on the financing of the project "Facilitation of mutual trade by removing technical barriers to trade between Ukraine and the European Union" (2008). URL: http://www.ier.com.ua/files/projects/2008/eu_ukraine/report_version_for_public_debates_2008-04-02.pdf. (Last accessed: 17.03.2020).
3. Melnichuk, SD, Borovikov, O. Ya., & Bal-Prilipko, LV (2012). Fundamentals of the system of state technical regulation: Textbook. Kyiv: NUBIP. 283 s.
4. On technical regulations and conformity assessment: Law of Ukraine of January 15, 2015 № 124-VIII. (2015). Information of the Verkhovna Rada, 14, 96.
5. Shishkin, VM, & Chikin, SV (2017). Quality management and confirmation of conformity. Normative terminology and definitions: terminological dictionary. 308 s.
6. Golinka, I. (2009). Development of standardization at the international, regional and national levels. Standardization, certification, quality, (1), 11-17.
7. Bal-Prilipko LV, Slobodyanyuk NM, Polishchuk GE, Paska MZ, Burak VE (2017). Standardization, metrology, certification and quality management: a textbook. Kyiv: Comprint, 2017. 571 p.
8. Zhaldak, M. (2014). European vector of metrology development. Metrology and Instruments, 5, 3–4.

9. DSTU EN ISO / IEC 17067: 2014 (EN ISO / IEC 17067: 2013, IDT). (2014). Conformity assessment. Basic product certification provisions and guidelines for product certification schemes. Valid from 2016-01-01. Kind. ofits. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine. 35 s.
10. DSTU 3412-96. (2003). State certification system UkrSEPRO. Requirements for testing laboratories and the procedure for their accreditation. Valid from 2003-03-01. Kind. ofits. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 65 p.
11. DSTU ISO / IES 17025: 2006. (2006). General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. (ISO / IEC 17025: 2005, IDT). Valid from 2007-01-07. Kind. ofits. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 72 p.
12. DSTU EN ISO / IEC 17043: 2014. (2014). Conformity assessment. General requirements for laboratory qualification testing. (EN ISO / IEC 17043: 2010, IDT). Valid from 2016-01-01. Kind. ofits. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 89 p.
13. Choice of testing laboratory. (2020). URL: https://ukrcert.com/script/index_lab.php (Last accessed: 17.03.2020).
14. Association Agreement between Ukraine and the EU: implications for business, the population and public administration. Report of the Institute for Economic Research and Policy Consulting. (2020). URL: http://www.ier.com.ua/files/projects/2013/eu_ukraine/report_version_for_public_debates_2013-07-01.pdf. (Last accessed: 17.03.2020).

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-41-34>

УДК: 621.397.13

Терлецький Тарас Володимирович, к.т.н., доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-4114-0734>

Ткачук Анатолій Анатолійович, к.т.н., ст. викладач

<https://orcid.org/0000-0001-9085-7777>

Кайдик Олег Леонтійович, к.т.н., доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-3620-270X>

Цебрук Віталій Романович

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна.

КРИТЕРІЇ ВИРІШЕННЯ ОПЕРАТИВНИХ ЗАДАЧ СВІТОВИХ СТАНДАРТІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ CCTV

Терлецький Т.В., Ткачук А.А., Кайдик О.Л., Цебрук В.Р. Критерії вирішення оперативних задач світових стандартів інформаційних систем CCTV. Проведено аналіз критеріїв вирішення оперативних задач інформаційними телевізійними системами спеціального призначення CCTV, що регламентують відповідні стандарти різних держав. Встановлено розбіжність їх величин в стандартах і, у відповідності до теорії зміни просторової щільності пікселів та тенденцій постійного збільшення роздільної здатності матриць, висунуто припущення про граничне значення роздільної здатності відеокамер, досягнення якої обумовить подальшу доцільність використання цих критеріїв, та визначено шляхи реалізації цього завдання.

Ключові слова: критерії, оперативна задача, щільність пікселів, матриця, якість зображення, сцена, просторова роздільна здатність.

Терлецький Т.В., Ткачук А.А., Кайдик О.Л., Цебрук В.Р. Критерии решения оперативных задач мировых стандартов информационных систем CCTV. Проведен анализ критериев решения оперативных задач информационными телевизионными системами специального назначения CCTV, которые регламентируют соответствующие стандарты разных стран. Установлено расхождение их величин в стандартах и, в соответствии с теорией изменения пространственной плотности пикселей и тенденций постоянного увеличения разрешения матриц, выдвинуто предположение о предельном значении разрешения видеокамер, достижение которой обусловит дальнейшую целесообразность использования этих критериев, и определены пути реализации этой задачи.

Ключевые слова: критерии, оперативная задача, плотность пикселей, матрица, качество изображения, сцена, пространственное разрешение.

Terletsnyi T.V., Tkachuk A.A., Kaidik O.L., Cebruk V.P. Criteria for solving operational problems of world standards of CCTV information systems. The analysis of the criteria for solving operational problems by special-purpose information television systems CCTV, which regulates the relevant standards of different countries. The discrepancy between their values in the standards was established and, in accordance with the theory of changes in the spatial density of pixels and the tendencies of a constant increase in the matrix resolution, an assumption was made about the limiting value of the resolution of video cameras, the achievement of which would determine the further expediency of using these criteria, and the ways of implementing this task were determined.

Key words: criteria, operational task, pixel density, matrix, image quality, scene, spatial resolution.

Відеоспостереження відноситься до інформаційних телевізійних систем спеціального призначення, які називають замкнутим або закритим прикладним телебаченням Closed Circuit Television (CCTV) та для обмеженого числа глядачів, на відміну системам мовного телебачення. З'явилося CCTV на початку другої половини 20 століття та являло собою аналогову систему отримання зображення, його якість не регламентувалась жодним нормативним документом.

Виробляючи рекомендації з вибору камер і обговорюючи, яка з них представлена на ринку краще, виробники зводили все до технічних описів та специфікацій. У результаті розробники CCTV не брали до уваги одну з ключових вимог будь-якої системи відеоспостереження – експлуатаційні вимоги, або фактичну мету відеоспостереження.

Одним з основних параметрів, який враховується при виборі камери відеоспостереження є ступінь деталізації зображення. Залежить він від чіткості відображення об'єкта спостереження на відповідному засобі та визначається завданнями, що стоять перед системою. З появою терміну «оперативна задача» та ідеї «операційних стандартів», яка була сформульована у Великобританії наприкінці 80-х років минулого століття, виник один з перших світових стандартів охоронних систем BS 8418:1987. Цей стандарт, отримав неформальну назву – «Британський стандарт CCTV».

Згідно BS 8418:1987, в аналоговому відеоспостереженні вибір камери під конкретні експлуатаційні вимоги зводився до вибору потрібного об'єктиву. Більшість таких CCTV

призначалося для стеження за поведінкою людей, тому в якості еталонного об'єкта в них використали постать людини (рис. 1).

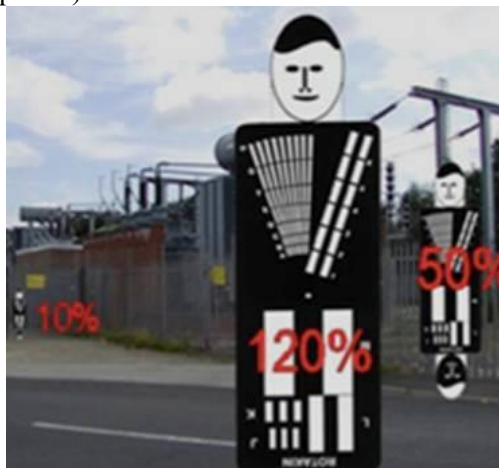


Рис. 1. Відображення тестового манекену на 10%, 50% і 120% від висоти зображення

У «Британському стандарті» 1987 року було сформульовано відповідні категорії, які відрізнялися тим, яку частину кадру займає людина в повний зріст, і затверджено перші критерії, яким має відповідати система відеоспостереження для вирішення оперативних задач (табл. 1).

Таблиця 1. Критерії вирішення оперативного завдання CCTV стандарту BS 8418:1987

Оперативне завдання	Експлуатаційні вимоги	Людський зріст, %
Ідентифікація	Деталізація повинна дозволяти ідентифікувати людину з впевненістю, що виключає розумний сумнів	100-150
Розпізнавання	Можливість з високою впевненістю визначити ідентичність людини на зображенні тій, яку раніше бачили	50
Виявлення	Можливість з високою впевненістю визначити наявність людини в кадрі	10

З розвитком аналогового відеоспостереження і покращенням роздільної здатності зображення було переглянуто категорії оперативних задач. З огляду на це, стандарт BS 8418:1987 трансформували у BS 8418:2009, де виділили наступні оперативні завдання: моніторинг, детектування, огляд, розпізнавання, ідентифікація та інспектування. Ці завдання різняться від попередніх. Завдання моніторингу, згідно BS 8418:2009, полягає в оцінці загальної ситуації в контрольованій зоні. Це передбачає загальний огляд та оцінку ситуації в цілому, без дрібних деталей. Наприклад, спостереження за територією, що прилягає до входу в будівлю, або за ситуацією у вестибюлі метро (виникнення скупчення людей може призвести до тисняви). Можливість оцінити деталі не тільки дрібні (номер автомашини, обличчя людини тощо), але і більші (марку автомашини, наявність предметів в руках людей) зазвичай відсутня.

Завдання детектування передбачає гарантоване виявлення суб'єктів чи об'єктів спостереження в контрольованій зоні. Спостереження полягає у визначенні грубих характерних особливостей об'єкта чи суб'єкта спостереження з подальшим спостереженням за їх переміщенням з метою виявлення несанкціонованих або потенційно небезпечних дій.

Мета завдання розпізнавання – визначення приналежності суб'єкта або об'єкта спостереження чи їх елементів до певної групи об'єктів спостереження.

Вирішення завдання ідентифікації потребує можливість розрізняти досить дрібні, характерні деталі, наприклад особи людини, що входить на об'єкт, або номерний знак автотранспорту. Таким чином, ідентифікація – це процес впізнання суб'єкта або об'єкта по властивому йому або наданим йому ідентифікаційним ознакам. Оскільки, в аналогових системах відеоспостереження роздільна здатність визначається кількістю телевізійних ліній (ТВЛ) – то і вимоги до розв'язання поставленого завдання в «Британському стандарті» 2009 і 2015 років охоронних систем [4] залишилися виходячи з того, яку частину кадру за вертикаллю повинен займати об'єкт спостереження (табл. 2).

Таблиця 2. Критерії вирішення оперативних завдань CCTV стандарту BS 8418:2015

№	Вид активності	Задачі і можливості	Висота відображення в кадрі від загальної його висоти в камерах PAL, %	Висота відображення в кадрі від загальної його висоти в камерах NTSC, %
1	Моніторинг	моніторинг і контроль натовпу	5	5
2	Детектування	гарантоване виявлення людини в кадрі	10	10
3	Спостереження	визначення характерних особливостей людини, наприклад одягу	25	30
4	Розпізнавання	розпізнавання знайомих оператору людей	50	60
5	Ідентифікація	якість, достатня для ідентифікації людини	100	120
6	Інспектування	можливість 100% ідентифікації, яка виключає сумнів	400	400

Ірландський I.S. 199:1987 [6], Австралійський і Новозеландський AS 4806.2-2006 [7] та інші стандарти з CCTV тих часів також використовували подібні критерії для вирішення того чи іншого оперативного завдання.

У 2013 році Європейський комітет з стандартизації в електротехніці, з метою уніфікації в проектуванні CCTV в ЄС і беручи до уваги дані «Британського стандарту CCTV», видав стандарт у даній сфері EN 50132-7 під назвою «Системи відеоспостереження охоронного телебачення» [8]. В європейському стандарті сформовано критерії вибору камер і об'єктів до них, критерії для визначення кількості та розташування камер, методики оцінки сцени і освітлення, а критерії вирішення оперативного завдання CCTV відповідали «Британському стандарту» 2009 року. Характерною відмінністю європейського стандарту від BS 8418:2009 [10] була поява альтернативного параметра – «щільність пікселів» на одиницю ширини об'єкта спостереження (табл. 3), що пояснюється появою на ринку камер, які функціонували за іншим принципом ніж аналогові. Подальша доцільність використання показників даних критеріїв була обумовлена появою мегапіксельних цифрових систем CCTV і часом, протягом якого старі аналогові системи існували поруч з ними – поки останні не витіснили з ринку перших.

Таблиця 3. Критерії вирішення оперативних завдань CCTV стандарту EN 50132-7

№	Вид активності	Задачі і можливості	Старий параметр, % висоти кадру	Альтернативний параметр, мм/1пкс	Кількість пікселів на 1 м за горизонтом
1	Моніторинг	моніторинг і контроль натовпу	5	80	12
2	Детектування	гарантоване виявлення людини в кадрі	10	40	25
3	Спостереження	визначення характерних особливостей людини, наприклад одягу	25	16	62
4	Розпізнавання	розпізнавання знайомих оператору людей	50	8	125
5	Ідентифікація	якість, достатня для ідентифікації людини	100	4	250
6	Інспектування	можливість 100% ідентифікації, яка виключає сумнів	400	1	1000

З домінуванням на ринку IP та HD камер застосовують тільки новий спосіб встановлення відповідності експлуатаційним вимогам. Процентні співвідношення відійшли у минуле і стосовно

цифрових камер не використовують, а вимоги до роздільної здатності вказують тільки в пікселях (замість ТВЛ) – кількість пікселів зображення на 1 м на відстані спостереження за об'єктом. Таким чином, використання критеріїв світових стандартів відповідності завданню аналогових систем було продиктовано подальшою доцільністю у їх вдосконаленні та тотальним переходом в CCTV на нові, у яких «піксель» прийшов на заміну «ТВ лінії». Тут і постало питання: «А чим може бути продиктована гранична доцільність використання критеріїв вирішення оперативних завдань сучасних світових стандартів з CCTV?»

Реалізацію поставлених оперативних завдань перед сучасними інформаційними системи відеоспостереження регламентують відповідні діючі світові стандарти з CCTV: в Англії - BS 7958:2015, ЄС - EN 50 132, Австралії – AS 4806.2-2015 тощо. Існує також і міжнародний стандарт – EN IEC 62676-4:2018.

Одні країни мають розроблені та впроваджені свої стандарти, інші – не розробляють їх, а інтегрують (приймають) стандарти суміжних держав чи регіонів, так як це зробила Україна – прийняла міжнародний стандарт EN IEC 62676:2018, який трансформувалася у національний стандарт ДСТУ EN IEC 62676:2019 під назвою «Системи відеоспостереження охоронного призначення» [8]. В усіх діючих стандартах CCTV в якості критерія вирішення оперативних задач використовується «щільність пікселів». Але величини цього критерія стосовно різних оперативних задач різняться. У табл. 4 наведено приклад відмінності величин «щільності пікселів», що подано в Європейському, Австралійському і Міжнародному стандартах з CCTV.

Таблиця 4. Критерії вирішення оперативних завдань CCTV світових стандартів

№	Вид активності	Мінімально необхідна щільність пікселів (Пікс/м) відповідно AS 4806	Мінімально необхідна щільність пікселів (Пікс/м) відповідно EN IEC 62676	Мінімально необхідна щільність пікселів (Пікс/м) відповідно EN 50132
1	Моніторинг	17	15	12
2	Детектування	35	30	25
3	Спостереження	70	60	62
4	Розпізнавання	175	125	125
5	Ідентифікація	350	250	250
6	Інспектування	1000	1000	1000

Найбільша розбіжність, яка прослідковується в світових стандартах з CCTV, стосується завдань ідентифікації та розпізнавання, а найменша – моніторингу та детектування. Щільність пікселів у відеоспостереженні і щільність пікселів моніторів різні речі. Роздільна здатність моніторів визначається в пікселях на дюйм, а в параметрі «щільність пікселів» камери враховано розмір її матриці, кількість пікселів матриці, фокусна відстань об'єктива та відстань до об'єкта спостереження.

У відповідності до вимог діючих стандартів, проектувальники разом із замовниками повинні визначитися із задачею, яку має вирішувати кожна камера (моніторинг, детектування, огляд, розпізнавання тощо), і при виборі зони її огляду розрахувати параметри камери і об'єктива, які в зоні огляду будуть відповідати достатній «щільності пікселів» для обраного завдання. Таким чином, під час проектування таких інформаційних систем потрібно, щоб розрахункове значення «щільності пікселів» відповідало зазначеному стандартному для досягнення визначеного цим стандартом якості зображення. Якщо ж опиратися тільки на фокусну відстань об'єктива – гарантувати виконання вимог стандарту не можливо, якщо не враховувати характеристики матриць.

Вплив параметрів відеокамер на якість зображення об'єкта при вирішенні різних задач розглядали такі практики-дослідники як А.С. Гонта [11], Vlado Damjanovski [12, 13], Ю.М. Гедзберг [14], А. Попов [15], John Bigelow [16, 17] та інші.

Вирішення завдання виявлення (детектування) повинно забезпечити можливість оператору поста охорони за зображенням на моніторі виявити об'єкт, який тільки що з'явився серед інших елементів зображення. Виходячи з визначення поняття «виявлення», це завдання повинно вирішуватися з урахуванням реальної освітленості і оцінюватися ступенем виділення об'єкта контролю із загального фону сцени.

На рис. 2 наведено зображення групи людей, змодельоване А. Гонтою [11] в програмі «Проектировщик CCTV» під час дослідження оперативної задачі «виявлення», отримане відеокамерами з різною роздільною здатністю.



Рис. 2. Кадри сцени, отримані відеокамерами з однакової відстані з різною роздільною здатністю

Він звернув увагу на те, що для будь-якого розміру об'єктів на екрані монітора існують обмеження щодо вибору роздільної здатності відеокамери. У наведеному прикладі роздільної здатності відеокамери 704×576 недостатньо для вирішення завдання виявлення, оскільки присутня сильна пікселізація зображення. Використання 4 Мп камери з роздільною здатністю 2560×1600 не дає переваг у «виявленні» в порівнянні з 2 Мп камерою з роздільною здатністю 1920×1080. Вирішуючи завдання «виявлення», потрібно, щоб роздільна здатність екрана монітора була не гірша за роздільну здатність відеокамери. Протягом значного періоду часу, поки основною роздільною здатністю в системах відеоспостереження був формат 704×576, вважалося, що для «розпізнавання» людини досить, щоб він займав 100 % висоти екрану монітора. Сучасні аналогові камери (HD відеокамери) мають домінуючу роздільну здатність 1920×1080 і використовувати критерії у вигляді відсотка від висоти екрана некоректно.

На рис. 3 наведено приклад моделювання впливу роздільної здатності камери на «розпізнавання» об'єкта, отримані А. Гонтою [11] на 20" моніторі.

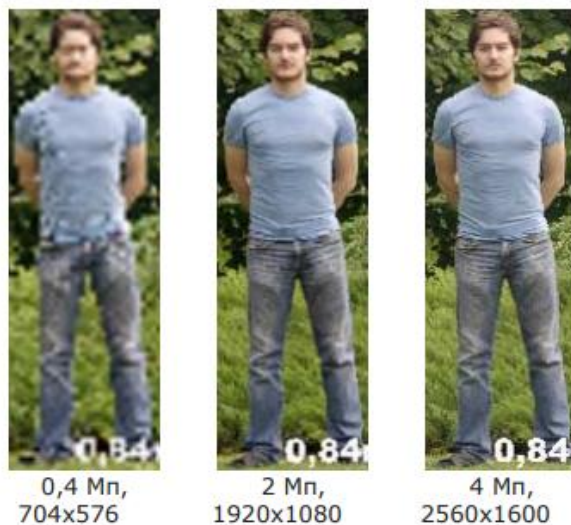


Рис. 3. Вплив роздільної здатності камери на розпізнавання об'єкта спостереження

Висота зображення людини щодо вертикального розміру екрана монітора становила 15%.

З наведених зображень видно, що фокусні відстані у відеокамер були однакові, внаслідок чого розмір людини на екрані сталий, а роздільна здатність зображень відмінна і як наслідок – ступінь «розпізнавання» людини різниться від одного зображення до іншого. У 2 Мп камери якість зображення достатня для детального «розпізнавання», а кадр з 4 Мп камери дозволить вирішити завдання «ідентифікації» людини.

При вирішенні завдань «розпізнавання» спочатку потрібно зрозуміти в яких умовах перебувають об'єкти спостереження. Якщо положення об'єктів статичне, вони є нерухомими, це один підхід і для вирішення такого завдання з розпізнавання потрібно визначити фокусну відстань об'єктива і роздільну здатність камери. Якщо ж об'єкти знаходяться в русі, то кількість необхідних

параметрів збільшується, і для вирішення таких завдань потрібно ще визначити значення витримки електронного затвора. Витримку електронного затвора необхідно встановлювати для того, щоб отримати чітке не змазане зображення об'єкта, що рухається в кожному кадрі.

Питання трансформації ТВЛ в пікселі досліджували А.С. Гонта [11], Vlado Damjanovski [13], John Bigelow [16, 17] та інші. Вони також розглядали теорію зміни щільності просторової роздільної здатності, яку тепер застосовують проектувальники CCTV для розрахунку можливості «виявлення» або «ідентифікації» будь-якого об'єкта, до якого у користувача може виникнути інтерес: особа, номерний знак, гральна карта, номінал купюри тощо.

Теорія зміни просторової щільності пікселів передбачає знаходження такої відстані від камери до об'єкта, на якій кількість пікселів на 1 метр ширини сектора спостереження (лінійного поля зору) становить наперед задане значення. Дану теорію пояснює схема (рис. 4) сектора спостереження, на якій продемонстровано чому камери з високою роздільною здатністю будуть на екрані монітора створювати зображення об'єкта спостереження набагато менших розмірів ніж камери з низькою роздільною здатністю.

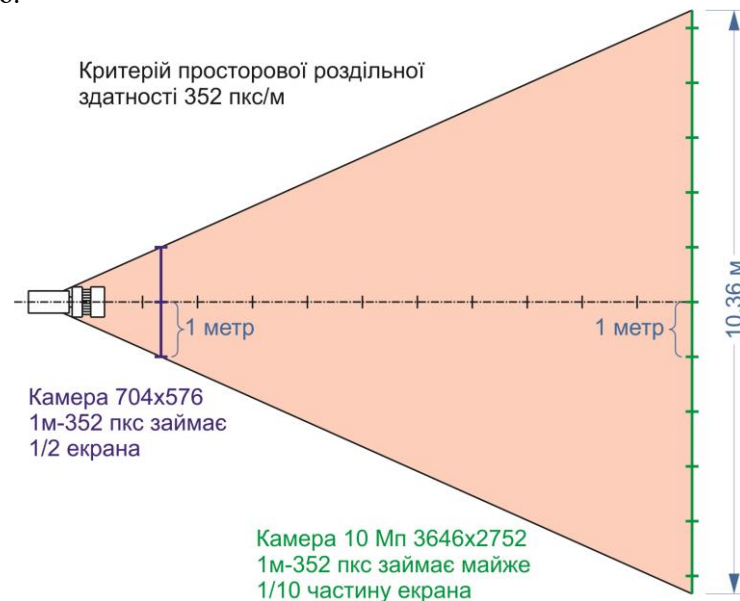


Рис. 4. Зміна просторової щільності камер з різною роздільною здатністю та однаковою фокусною відстанню

Фокусні відстані об'єтивів в даному випадку однакові. Зі схеми видно, що один метр лінійного поля зору для 10 Мп камери займає на екрані в десять разів менше місця ніж зображення, але виведене на екран відеокамерою з роздільною здатністю 704×576 пікселів. Зміна значень просторової роздільної здатності для камер з HD якістю зображення на моніторі проілюстрована на рис. 5.

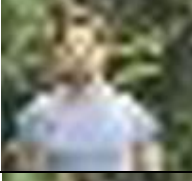
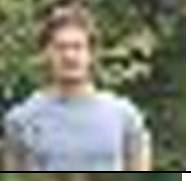
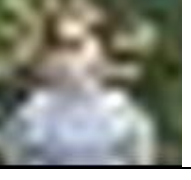
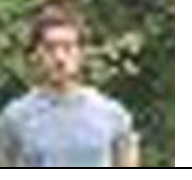


стандартах різняться. Параметр «щільність пікселів» камери враховує розмір її матриці, кількість пікселів матриці, фокусну відстань об'єктива та відстань до об'єкта спостереження.

Встановлено, що збільшення роздільної здатності відеокамер призводить до збільшення концентрації пікселів на 1 метр лінійного поля зору і покращення якості відображення об'єкта спостереження на більшій відстані від камери. Відповідно до цього зроблено припущення, що з появою нових технологій кількість пікселів матриці може досягнути такого значення, яке «розміє» сучасне розуміння розподілу оперативних задач CCTV і відповідно постане питання про подальшу доцільність використання існуючих критеріїв.

Проведений аналіз наявних робіт практиків-дослідників CCTV з впливу технічних параметрів відеокамер на якість зображення об'єкта при вирішенні різних типів оперативних задач CCTV дозволив встановити, що питання визначення граничної доцільності використання цих критеріїв не розглядалося і є актуальним. З огляду на вище сказане і постав інтерес до визначення значення роздільної здатності відеокамери, за досягнення якого, можливо, буде переглянута чи припинена дія критеріїв сучасних стандартів з CCTV. Але потрібно пам'ятати і про можливості людського зору, які є теж обмеженими.

Таблиця 6. Відображення об'єкта на моніторі при використанні камери 1/3" з роздільною здатністю 1920×1080 пкс

Відстань до об'єкта, м	Фокусна відстань об'єктива, мм			
	2,8	4	8	16
4				
8				
16				
32				
67				

Для вирішення цього завдання вирішено взяти за основу теорію зміни просторової роздільної здатності, яку можна реалізувати двома шляхами: аналітичним та комп'ютерним моделюванням з використанням прикладних програм, які призначені для проектування CCTV. Використання аналітичного методу з класичною його реалізацією, яка передбачає величезну кількість розрахунків, потребує багато часу. Якщо ж автоматизувати цей процес і використати, наприклад, Excel або Matlab – розрахунки прискоряться, та буде отримано необхідні графічні залежності для подальшого їх аналізу. Також можна використати і вже існуючі спеціалізовані онлайн-калькулятори, в яких задаючи

прогнозовані параметри відеокамери буде встановлено мінімальний розмір об'єкта виявлення, що віддалений від неї на певну відстань, з урахуванням можливостей людського ока.

Застосування комп'ютерного моделювання CCTV, з використанням таких спеціалізованих програм як IP Video System Design Tool, VideoCAD чи інших, в основу роботи яких покладена теорія зміни «просторової щільності», дозволить отримати 3D модель сектору спостереження і аналізувати його. На перший погляд цей варіант є найкращим. Але реалізація цього шляху обмежується наявною технічною базою (можливостями відеокарти ПК, роздільною здатністю монітора) та наявних бібліотек (баз) існуючих відеокамер і потребує використання методу підбору, який передбачає почергову зміну параметрів камери. Так, наприклад, в IP Video System Design Tool станом на жовтень 2020 року максимальна роздільна здатність відеокамери, що присутня в базі даних, становить 6576x4384 пікселя, що відповідає 29 Мріх. А що, якщо цього значення не буде достатньо для вирішення поставленого завдання?

Попередній аналіз можливих шляхів встановлення граничної доцільності використання згаданих критеріїв дозволив встановити обов'язковість застосування аналітичного методу з подальшим, за можливістю, моделюванням сцени відеоспостереження.

У відповідності до сказаного постало завдання у вирішенні наступних питань:

1. Проаналізувати можливості людського ока з точки зору розпізнавання об'єктів та встановити мінімальне значення розміру елемента об'єкта, яке може розрізнити людське око;

3. Описати аналітично взаємозв'язок основних технічних параметрів відеокамер із зміною «просторової щільності» та мінімальним допустимим значенням розміру елемента об'єкта спостереження;

4. Отримати графічні залежності зміни просторової щільності від основних технічних параметрів відеокамер.

Реалізація цих завдань дозволить у подальшому встановити значення роздільної здатності матриці, за якої подальше використання існуючих критеріїв вирішення оперативних задач буде не доцільне.

Список бібліографічного опису

1. BS EN 62676-4:2015 Video surveillance systems for use in security applications. Application guidelines. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.thenbs.com/PublicationIndex/documents/details?Pub=BSI&DocID=311425>.
2. BS 7958:2009 CCTV management and operation code of practice. [Електронний ресурс]. URL: https://infostore.saiglobal.com/en-us/Standards/BS-7958-2009-2009-263522_SAIG_BSI_BSI_609599/.
3. BS 7958:2015 Closed circuit television (CCTV) – management and operation – code of practice. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.thenbs.com/PublicationIndex/documents/details?Pub=BSI&DocID=312704>.
4. BS 8418:2015 CCTV Systems for Installers. [Електронний ресурс]. URL: https://www.riscauthority.co.uk/index.cfm?originalUrl=free-document-library/RISCAuthority-Library_detail.bs-8418-2015-installation-and-remote-monitoring-of-detector-activated-cctv-systems-code-of-practice.html&_tkn=FD45BCF0%2D18D2%2D4EC8%2DB8DDA7701FEA1C54.
5. NTCIP 1205. Object Definitions for Closed Circuit Television (CCTV) Camera Control. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.standards.its.dot.gov/Factsheets/Factsheet/83>.
6. I.S. 199:1987, Alarm systems – CCTV surveillance for use in security applications. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.nsai.ie/certification/product-certification/security-systems/>.
7. AS 4806.2 – 2006 Closed Circuit Television (CCTV): Application Guidelines. [Електронний ресурс]. URL: https://www.techstreet.com/standards/as-4806-2-2006?product_id=2068183.
8. EN 50132-7:2012. Alarm systems - CCTV surveillance systems for use in security applications - Part 7: Application guidelines. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.slideshare.net/malvvv/en-501327>.
9. ДСТУ EN IEC 62676-5:2019 Системи відеоспостереження охоронного призначення. [Електронний ресурс]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=83148.
10. Идентификация, распознавание и детектирование людей по европейскому стандарту EN 50 132-7. / М. Шумейко // Системы безопасности" №3, 2015. [Електронний ресурс]. URL: http://library.tsu.tula.ru/files/elect_periodical/system_security3.pdf.
11. Гонта А.С. Практическое пособие по видеонаблюдению – Москва: 2017 г. – 188 с.
12. Вlado Дамьяновски CCTV. Библия видеонаблюдения. Цифровые и сетевые технологии / Пер, с англ. - М.: ООО «Ай-Эс-Эс Пресс», 2006, — 480 с.
13. Vlado Damjanovski. Case study: Evaluating Face Identification of an IP cameras with the ViDi Labs test chart v.5.2. [Електронний ресурс]. URL: <https://vidilabs.com/download/vidilabs-test-chart-case-study.pdf>.
14. Гедзберг Ю.М. «Охранное телевидение». - Москва: Горячая линия-Телеком, 2005. - 312 с.
15. А. Попов. Моя азбука видеонаблюдения. – Санкт-Петербург: ООО «Издательство «Карелико», 2013, – 248 с.
16. About Pixel Densities And What They Mean / John Bigelow // Security solutions, 2017. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.securitysolutionsmedia.com/2017/08/01/about-pixel-densities-and-what-they-mean/>.
17. The ViDiLabs Calc application. Security solutions / John Bigelow // Security solutions, 2016. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.securitysolutionsmedia.com/2016/10/28/the-vidilabs-calc-application/>.

References

1. BS EN 62676-4:2015 Video surveillance systems for use in security applications. Application guidelines. [Electronic resource]. URL: <https://www.thenbs.com/PublicationIndex/documents/details?Pub=BSI&DocID=311425>.
2. BS 7958:2009 CCTV management and operation code of practice. [Electronic resource]. URL: https://infostore.saiglobal.com/en-us/Standards/BS-7958-2009-2009-263522_SAIG_BSI_BSI_609599/.
3. BS 7958:2015 Closed circuit television (CCTV) – management and operation – code of practice. [Electronic resource]. URL: <https://www.thenbs.com/PublicationIndex/documents/details?Pub=BSI&DocID=312704>.
4. BS 8418:2015 CCTV Systems for Installers. [Electronic resource]. URL: https://www.riscauthority.co.uk/index.cfm?originalUrl=free-document-library/RISCAuthority-Library_detail.bs-8418-2015-installation-and-remote-monitoring-of-detector-activated-cctv-systems-code-of-practice.html&tkn=FD45BCF0%2D18D2%2D4EC8%2DB8DDA7701FEA1C54.
5. NTCIP 1205. Object Definitions for Closed Circuit Television (CCTV) Camera Control. [Electronic resource]. URL: <https://www.standards.its.dot.gov/Factsheets/Factsheet/83>.
6. I.S. 199:1987, Alarm systems – CCTV surveillance for use in security applications. [Electronic resource]. URL: <https://www.nsai.ie/certification/product-certification/security-systems/>.
7. AS 4806.2 – 2006 Closed Circuit Television (CCTV): Application Guidelines. [Electronic resource]. URL: https://www.techstreet.com/standards/as-4806-2-2006?product_id=2068183.
8. EN 50132-7:2012. Alarm systems - CCTV surveillance systems for use in security applications - Part 7: Application guidelines. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.slideshare.net/malvvv/en-501327>.
9. ДСТУ EN IEC 62676-5:2019 Системи відеоспостереження охоронного призначення. [Electronic resource]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=83148.
10. Identification, recognition and detection of people according to the European standard EN 50 132-7. / M. Shumeiko // Security Systems "No. 3, 2015. [Electronic resource]. URL: http://library.tsu.tula.ru/files/elect_periodical/system_securiti3.pdf.
11. Gonta A.S. A practical guide to video surveillance - Moscow: 2017 - 188 p.
12. Vlado Damjanovski. CCTV. The CCTV Bible. Digital and network technologies / Per, from English. - Moscow: ООО "A-Es-Es-Press", 2006, - 480 p.
13. Vlado Damjanovski. Case study: Evaluating Face Identification of an IP cameras with the ViDi Labs test chart v.5.2. [Electronic resource]. URL: <https://vidilabs.com/download/vidilabs-test-chart-case-study.pdf>
14. Gedzberg Y.M. Security television. - Moscow: Hotline-Telecom, 2005. - 312 p.
15. A. Popov. My ABC of video surveillance. - St. Petersburg: "Publishing house" Kareliko ", 2013, - 248 p.
16. About Pixel Densities And What They Mean / John Bigelow // Security solutions, 2017. [Electronic resource]. URL: <https://www.securitysolutionsmedia.com/2017/08/01/about-pixel-densities-and-what-they-mean/>
17. The ViDiLabs Calc application. Security solutions / John Bigelow // Security solutions, 2016. [Electronic resource]. URL: <https://www.securitysolutionsmedia.com/2016/10/28/the-vidilabs-calc-application/>

CONTENTS

<i>AUTOMATION AND MANAGEMENT</i>	
L. V. Bulatetskaya, V. V. Bulatetsky, Yu. S. Pavlenko, O. M. Sobchuk, S. I. Hayday. Methodological features of studying the conceptual design of databases in the training of future professionals.	5
Voloshaniuk O. Y. Mathematical aspect of the performance of the action of the reduction-cooling plants.	10
Glinchuk L.Ya., Yatsyuk S.M., Kuzmych O.I., Bahniuk N.V., Chernyashchuk N.L. Requirements analysis and methodology of selection of topics for studying the basics of cryptographic protection of information.	16
Holovan M.M., Zdolbitska N.V., Lishchyna V.O. The analysis of the productivity of the solar panels automatic positioning system.	23
Hubal H.M. Construction and study of the system of differential equations that describes the mutual synchronization of coupled self-oscillating chemical systems.	30
Zhurilo A. G. Building the perspective of a circle that belongs to the subject plane.	35
O.I. Kuzmych, S.M. Yakovliuk, N.V. Bahniuk, O.G. Mekush. Research of the effectiveness of a mobile simulator application for learning English.	40
Lavrenchuk S.V., Chaban A.S. Investigate weather changes using the Telegram Bot API..	46
Lazebnyi V., Dosenko S., Bilevska O. Principles of 3D modeling of mechanical parts for use of the 3d printer	51
Levitskaya T.A., Zhelezov D.A. Modeling neural networks for assessing the market value of a residential property.	59
Nataliia Lishchyna, Valeriy Lishchyna, Matviiv Yurii, Yashchuk Andrii. Analysis of methods for identifying risks and managing them in software development.	65
A. Martynenko, B. Moroz, I. Hulina. Building tools of an intelligent decision support system to identify cultural values.	71
Martsenyuk V.P., Sverstiuk A.S., Andrushchak I.Ye., Kosheliuk V.A., Poteichuk M.I. Features of technology of protection against unauthorizedly installed monitoring software products.	76
B. Moroz., A. Shcherbakov. Mathematical model of an automated video surveillance system for performing special functions.	82
Piatykov O., Puchkov Y. Optimization of a mobile application for tracking children using location sensors.	89
Sai O. V. Mechanisms for increasing the strength of butt joints of rubber cord ropes and belts.	96
Tesliuk Hennadii. The main approaches to ensuring the quality of the machine-tractor fleet of enterprises of the agro-industrial complex of Ukraine.	102
Kharchenko V.P., Onishchenko O.A. Factors of influence on flight of unmanned aircraft in the stratosphere	108
Khomyak M.Ya. Features of application of polynomial regression model with measurement errors in forecasting of socio-economic processes.	115

Chernyashchuk N.L., Bortnik K.Ya., Plevako N.M. Analysis of the study of the functioning of the information system of electronic document management.	120
<i>INFORMATICS AND COMPUTER SCIENCE</i>	
Bogomazyuk V.S. Research of ways to optimize a website based on the content management system Drupal 8.	131
Bortnyk K.Ya., Deliavskiy M.V., Kuzmych O.I., Bahniuk N.V., Chernyashchuk N.L. The main threats to the security of information systems.	137
Dymova H., Larchenko O. Development of a computer program for solving network optimization problems.	143
Dmitrenko T. V. A technique for processing audio signals using algorithms based on the Python programming language.	152
Zhuravska I. M., Obukhova K. O. Features of implementation and assessment of Rabbit cipher cryptographically strong.	159
Zdolbitska N.V., Melnyk G.M., Melnyk V.M., Koltunovich O.V., Mazurenko V.V. Analysis of the serial UART protocol using a digital analyzer	165
Kuzmych O.I., Bahniuk N.V., Mekush O.G., Bortnyk K., Marchuk B.I. Methods of synchronization of databases of e-commerce platforms by means of 1C-Bitrix.	174
Lavrenchuk S.V. Tovsteniuk B.S. Information chatbot for Telegram messaging service in the field of education	180
Pekh P., Korets R. Five methods of site optimization	186
Pronina O. I., Yakin K. Yu. Modeling earthquake clustering using machine learning methods.	191
Samoilenko Maksym. Security problems in the practice of implementation of the internet of things technology	198
Yatsyuk S., Sachuk U., Glinchuk L., Prus R., Grishanovich T. Research of software for network protection.	205
<i>TELECOMMUNICATIONS AND RADIO ENGINEERING</i>	
Pavlenko V. Certification tests of electronic devices in Ukraine: current status and development prospects	212
Terletsyky T.V., Tkachuk A.A., Kaidik O.L., Cebruk V.P. Criteria for solving operational problems of world standards of CCTV information systems.	218