

*МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ*

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

НАУКОВИЙ
ЖУРНАЛ



Відповідальний редактор – професор д.ф-м.н., Пастернак Я.М.

№40 2020

*м. Луцьк
Видавництво Луцького національного технічного університету*

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

№40 2020р.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:		
професор д.ф.-м.н., Пастернак Я.М.		(м. Луцьк)
Заступники головного редактора:		
проф., д.т.н. Андрущак 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)
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**

Журнал засновано у грудні 2010 р.
Свідоцтво про реєстрацію KB № 16705–5277 Р.
Засновник: Луцький національний технічний університет

**Рекомендовано до друку Вченою радою
Луцького національного технічного університету
(протокол №2 засідання від 24.09.2020)**

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	
Булатецький В. В., Булатецька Л. В., Павленко Ю. С. Організація робочого місця викладача засобами операційної системи та хмарних сервісів.	5
Гнатченко Д. А. Системи автоматизованого проектування як один із інноваційних напрямків у створенні радіоелектронної апаратури.	10
Головіна Н.А., Головін М.Б., Федонюк А.А. Аплікації з комп'ютерної фізики мовою Visual Python на прикладі моделювання силової взаємодії.	16
Єршов В. В., Ізвалов О. В., Неділько С. М. Неділько В. М. Концепція систематизованого управління польотом безпілотних літальних апаратів.	23
Загородній О. В. Принципи медичної діагностики злоякісного раку шкіри людини за допомогою штучних нейронних мереж.	31
Здолбіцька Н.В., Костючко С.М., Ковальчук П.Є., Пашук В.Ю. Система керування роботом-маніпулятором.	37
Коляда К.В., Романкевич В.О., Орлова М.М., Марковський О.П. Метод відновлення даних при їх розподіленому зберіганні на віддалених сховищах.	44
Мартиненко А.А., Мороз Б.І., Гуліна І.Г., Сироткіна О.І. Концептуальна модель інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень ідентифікації культурних цінностей. [A. Martynenko, B. Moroz, I. Hulina, O. Syrotkina Conceptual model of an intelligent decision support system to identify cultural values.]	51
Миронюк Л. П., Ройко Л. Л. Wolfram Alpha як засіб оптимізації процесу навчання курсу «Вища математика».	58
Павленко В.Я., Підпригора Ю.А., Кузьменко Т.М. Електронний мікроскоп як один із сучасних засобів 3d вимірювань.	65
Пахальчук Е. В. Система адаптивного пошуку оптимального маршрута кладовщика для видачі товарів по накладній.	70
Пех П. А., Грабинський Б. П. Перевірка гіпотези про характер та параметри розподілу випадкових величин.	76
Радзіховська Л.М., Гусак Л.П. Застосування табличного процесора MS EXCEL при викладанні системного аналізу.	84
Топчій Н.В., Шорнікова С.В., Альховик О.В. Інноваційні механізми неруйнівного контролю в умовах виробництва.	90
Чайковський С. Ю. Перспективні напрямки застосування засобів вимірювальної техніки для проведення випробувань продукції в акредитованих лабораторіях України.	97
ІНФОРМАТИКА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА	
Глинчук Л.Я., Гришанович Т.О., Кузьмич О.І., Багнюк Н.В. Ефективне використання новітніх методів програмування графіки на C++ в навчальних цілях.	104
Головін М. Б., Головіна Н. А., Яцюк С. М., Сачук Ю.В. Захист інформації стегаграфічним способом мовою Python засобами графічної бібліотеки Pillow.	110
Гринюк С.В., Бортник К.Я., Поліщук М.М. Мобільний додаток для роботи куратора групи засобами Android Studio.	116
Марценюк В.П., Сверстюк А.С., Андрущак І.Є., Сіваковська О.М., Потейчук М.І. Особливості багатофункціональної технології Backdoor в особистому просторі користувачів. [Martsenyuk V.P., Sverstiuk A.S., Andrushchak I.Ye., Sivakovska O.M., Poteichuk M.I. Features of multifunctional Backdoor technology in the personal space of users.]	123
Мельник В.М., Каганюк О.К., Козленко М.І., Черняшук Н.Л., Щерблюк А.М. Залежність інтенсивності обробки даних в кластері від продуктивності сокетів без врахування гетерогенності.	128
Мироненко С. С., Онищенко Є. А. Порівняльний аналіз методів для вирішення задачі сентимент аналізу тексту.	140

Терейковська Л.О. Метод нейромережевого розпізнавання емоцій по зображенню обличчя.	146
Христинець Н.А., Міскевич О. І., Мазуренко В.В. Технології Blockchain для оптимізації процесів документообігу.	153
Христинець Н.А., Черняцук Н.Л., Міскевич О. І., Повстяна Ю.С., Довгонюк М.В. Технології апаратної віртуалізації мікропроцесорів Intel.	158
Яременко В.С., Материнська С.В. Використання штучних нейронних мереж для визначення наявності серцево-судинних хвороб та захворювань печінки при малих наборах даних.	164

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-01

УДК: 004.5

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

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

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

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

Павленко Юлія Степанівна, старший викладач

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

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

ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ ВИКЛАДАЧА ЗАСОБАМИ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ТА ХМАРНИХ СЕРВІСІВ

В. В. Булатецький, Л. В. Булатецька, Ю. С. Павленко. Організація робочого місця викладача засобами операційної системи та хмарних сервісів. В роботі запропоновано спосіб організації персонального робочого місця викладача. При цьому враховувались можливості типового користувача без особливих навиків роботи з персональним комп'ютером. Перевага поданих рекомендацій саме у можливості організації робочого місця за допомогою типових поширених програмних засобів однією особою без залучення додаткових спеціалізованих корпоративних сервісів та спеціалізованих програмних рішень.

Ключові слова: автоматизоване місце викладача, операційна система, хмарне сховище, електронний журнал, сайт викладача.

В. В. Булатецкий, Л. В. Булатецкая, Ю. С. Павленко. Организация рабочего места преподавателя средствами операционной системы и облачных сервисов. В работе предложен способ организации персонального рабочего места преподавателя. При этом учитывались возможности типичного пользователя без особых навыков работы с персональным компьютером. Преимущество представленных рекомендаций именно в возможности организации рабочего места с помощью типовых распространенных программных средств одним лицом без привлечения дополнительных специализированных корпоративных сервисов и специализированных программных решений.

Ключевые слова: автоматизированное место преподавателя, операционная система, облачное хранилище, электронный журнал, сайт преподавателя.

V. V. Bulatetskyi, L. V. Bulatetska, Yu. S. Pavlenko. Organization of the teacher's workplace by means of the operating system and cloud services. The method of organization of the teacher's personal workplace is offered in the work. It was taken into account the capabilities of the typical user without special PC skills. The advantage of the given recommendations is in the possibility of organizing the workplace with the help of standard distributed software by one person without the involvement of additional specialized corporate services and specialized software solutions.

Keywords: automated teacher location, operating system, cloud storage, electronic journal, teacher's site.

Постановка проблеми та аналіз досліджень. В сучасних умовах організації навчального процесу у закладах вищої освіти і не тільки, кожен викладач рано чи пізно стикається з необхідністю організації навчальних матеріалів курсів, які він викладає, обліку користувачів (студентів), ведення оцінювання (у вигляді електронних журналів) та іншої документації тощо [1–4]. Існує велика кількість розробок, які сприяють полегшенню вирішення такої проблеми, проте ідеальної системи не існує. Не всі вони є зручними для використання, не всі здатні вирішити поставлені завдання, не всі є легким у вивченні для подальшого ефективного використання, або ж доступними для переважної більшості користувачів, навиків роботи яких з сучасною комп'ютерною технікою досить посередні. Проте переважна більшість користувачів мають доступ до типових апаратних та програмних засобів повсякденного використання, вдало об'єднавши які, можна з успіхом полегшити свою професійну діяльність, автоматизувавши свою роботу із широким спектром задач.

Зокрема, більшість (практично усі) викладачі мають:

- доступ до глобальної мережі Internet;
- персональну обчислювальну систему у вигляді ноутбуків (в гіршому випадку ПК) з ОС Windows не нижче Windows 7, а найчастіше – це Windows 10;
- MS Office не нижче версії 2010, а найчастіше 2013, 2016;
- найпростіші навиків роботи з офісними додатками;
- практично усі викладачі мають обліковий запис Google;
- практично усі викладачі без проблем можуть створити обліковий запис Microsoft (onedrive.live.com) і отримати доступ до усіх пов'язаних з ними можливостей, як то власна проста сторінка, хмарне сховище, онлайн офісні додатки, тощо.

Набір таких засобів дозволить суттєво прискорити та оптимізувати власну професійну діяльність, особливо в сучасних умовах, пов'язаних з введенням дистанційного навчання. Деякі заклади вищої освіти розробляють цілі автоматизовані системи управління навчальним закладом [5, 6]. Перевага

таких розробок полягає в тому, що вони адаптовані до навчального процесу окремого конкретного навчального закладу, де врахована його специфіка, але знову ж не врахована специфіка викладання та оцінювання для окремої дисципліни. Звісно, для викладання курсів варто було б використати якесь готове рішення, наприклад систему Moodle або Google Classroom, проте складність може виникнути як на етапі розгортання та доступу, так і з опановуванням навичок роботи із ним, що досить важко для пересічного користувача (викладача), особливо, старшого покоління.

Метою роботи є дослідження можливості використання типового програмного забезпечення загального призначення та формулювання базових рекомендацій для організації персонального робочого місця викладача, враховуючи обмежені можливості, знання та навички однієї, не підготовленої спеціально особи.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження.

Перерахуємо перелік типових задач, які постають перед викладачем закладів вищої освіти:

- розміщення матеріалів курсів (тексти лекцій, завдання до практичних, лабораторних робіт, допоміжне програмне забезпечення для курсу тощо);
- надання онлайн доступу до матеріалів курсів та розмежування прав для викладача та студента;
- ведення обліку та оцінювання роботи студентів у формі, близькій до журналу академічних груп, з онлайн доступом для студентів;
- оперативне редагування викладачем матеріалів курсів та електронних журналів академічних груп;
- оперативна взаємодія зі студентами з метою контролю їх діяльності, інформування та консультування.

Тобто нам потрібне буде єдине середовище роботи для викладача (власне це сама ОС Windows), сайт викладача, який зможуть використовувати студенти для доступу до ресурсів курсів (обираємо sites.google.com, як найпростіший), та хмарні сховища для електронних академічних журналів, документації (OneDrive від 5GB за замовчуванням безкоштовно), сховище для матеріалів курсів (GoogleDisk – 15GB безкоштовно) та додаткове сховище для дублювання та резервного копіювання матеріалів курсів (Mega.nz до 50GB безкоштовно).

Звичайно, розпочати потрібно з операційної системи (вважатимемо найтипівішою Windows 10). Зокрема, необхідно організувати вхід через обліковий запис Microsoft (який можна створити в процесі переходу з локального облікового запису), що суттєво оптимізує подальшу роботу з офісними додатками та хмарним сховищем від Microsoft. При першому вході варто налаштувати штатний додаток OneDrive: обрати папки для синхронізації з локальними папками, де розміщуватимуться електронні журнали та інша супровідна документація. Це полегшить оперативне редагування таких файлів через їх відкриття через звичайний провідник і далі у локальних офісних застосунках, таких як MsWord, MsExcel та ін. (можливе використання також Microsoft 365, проте робота через браузер менш комфортна, ніж з локальним застосунком). Звичайно, можна скористатись вільними офісними рішеннями (Libre Office, Open Office тощо), проте деякі функції електронних журналів та документів важче, або взагалі неможливо, буде реалізувати, а взаємодія з операційною системою ускладниться і суттєво гальмуватиметься.

Зупинимось на електронних журналах академічних груп детальніше. Крім висвітлення оцінок в електронній формі є потреба забезпечення можливості автоматичного розрахунку підсумкових семестрових показників успішності, формування заліково-екзаменаційних відомостей та ін. Недоліками існуючих електронних журналів є те, що більшість їх є платними, а також не врахована специфіка оцінювання для конкретного закладу вищої освіти та для конкретної дисципліни [3, 4]. Зрозуміло, що найпростіше використати електронні таблиці Ms Excel, відформатувавши їх у вигляді реального паперового журналу. Надалі у сховищі OneDrive можна надати доступ (отримавши посилання) до таких файлів для перегляду студентами, розмістивши посилання на сайті викладача (sites.google.com) [7]. Використання таких електронних журналів надає швидкий доступ до результатів успішності студенту та викладачу, дозволяє контролювати оцінки студентів та швидко виявляти студентів з академічною заборгованістю. Крім того, при такій організації, ніхто крім викладача не має права змінити поточну успішність студента, що забезпечує абсолютну прозорість навчального процесу. Сформувати електронну таблицю кожен викладач може в міру своїх знань та навичок роботи у табличному процесорі. Проте окрім звичайного списку студентів, оцінок, дат та тем занять можна реалізувати наступне:

- автоматичний підрахунок балів поточного контролю та контрольного оцінювання;
- продовження рядків списків, включивши індексацію балів (щоб не мати справу з дробовими оцінками в 100 бальній, або будь-якій іншій системі);

- реалізувати різноманітні умовні комірки – як то зарахування-незарахування на залік, оцінювання іспиту по запитанням та їх автоматичне сумування;
- конвертацію балів в систему ECTS, переспрямування на перездачу, комісію;
- автоматичне приховування рядків із студентами, які вже отримали залік (іспит) для спрощення роботи із студентами, які залишилися;
- генерування екзаменаційної, чи залікової відомості з автоматичним перенесенням оцінок з електронного журналу;
- кольорове маркування та індивідуальне форматування комірок для наочності шляхом умовного форматування (рис.1, [7]).

Не все це можна реалізувати засобами Libre або OpenOffice, а іноді відкриття журналів у цих пакетах може нівелювати деякі із цих функцій і частково зіпсувати сам журнал.

У сховищі OneDrive варто розміщувати невеликі за об'ємом файли, такі як електронні журнали, списки, перелік запитань до іспитів, розклади тощо, оскільки це сховище постійно синхронізуватиметься, і при розміщенні масивних файлів (такі, які зустрічатимуться у матеріалах курсів), постійно гальмуватиме систему та канал зв'язку. До усіх цих файлів можна отримати посилання з розмежуванням доступу і розмістити їх пізніше на сайті викладача для використання студентами.

Інші сховища (GoogleDisk, Mega.nz), які мають суттєво більший об'єм, можна використати для розміщення матеріалів курсів, також отримати посилання та розмістити їх на сайті викладача для використання студентами. Проте такі сховища не варто синхронізувати, адже вони змінюватимуться рідко, засоби їх синхронізації є сторонніми для операційної системи та синхронізація масивних файлів може бути досить тривалою. Простіше періодично, не під час проведення занять, оновлювати матеріали курсів у ручному режимі через сервіси типу FTP, WebDAV або браузер.

33 група	6	7	8	9	Поточний контроль	Бонус	Колоквіум	КР	Підсумковий модульний контроль	Загальна кількість балів	ECTS	Бажання здавати екзамен (1)	Билет №	екзамен 10.01.2020 (9:00) консультація 09.01.2020 (10:00)	Заг. к-сть балів	ECTS	Билет №	заборг. 25.01.2020 16.00	Заг. к-сть балів	ECTS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1 Солоха М.	5	5	5		34,00	5,00	17,00	10,00	32,00	66,00	Е	на екзамен		9	10	10	6	34,00	26,00	60,00	Е	задов.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

Рис.1. Фрагмент електронного журналу семестрової успішності студентів, розроблений засобами Ms Excel

Конструктор сайту викладача (sites.google.com) повинен мати інтуїтивний інтерфейс, де можна обрати відповідне оформлення, структуру розділів, розмістити корисну інформацію та посилання, не маючи особливих навичок веб-програмування [7]. Створивши з його допомогою сайт, можна створити систему викладач-студент (рис. 2).

Фактично викладачеві у процесі роботи достатньо використовувати лише:

- операційну систему Windows (7, 8, 8.1, в ідеальному випадку – 10);
- OneDrive;
- Браузер (бажано Edge, IE);
- Ms Office 2007–2019.

Студент в той же час може використовувати будь-яку операційну систему (Linux, Windows, Android) з Internet-браузером.

Більш детально взаємодія складових системи зображена на рис. 3. Зокрема, сама операційна система здатна звертатись до OneDrive, як безпосередньо через додаток, так і через браузер чи

застосунки Ms Office (залежно від того з якими файлами працює викладач: журнали, файли завдань, документація чи списки). Із сховищами Mega та GoogleDisk робота ведеться викладачем через браузер, хоча можливий варіант і з використанням сторонніх засобів. Викладач редагує свій сайт, теж через браузер. Сам сайт підвантажує матеріали з хмар, а студент отримує посилання на хмарні ресурси через сайт і, в залежності від потреб, може отримувати доступ на читання, або і на запис у хмарне сховище напряду, оминаючи сайт. Безпосередньо з операційною системою викладача студент не працює.

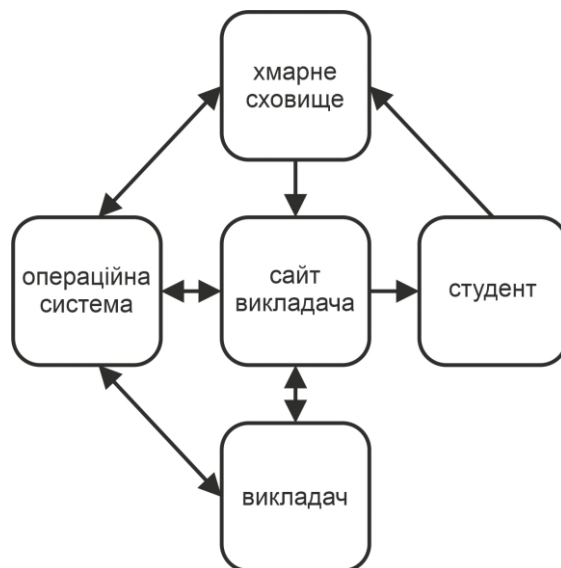


Рис. 2. Загальна схема взаємодії викладача та студента.

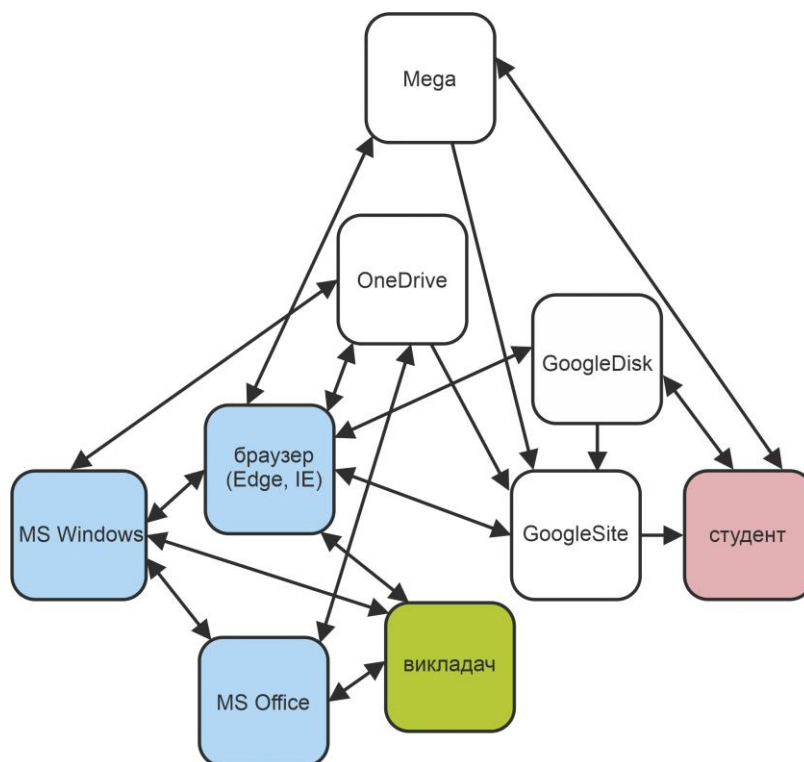


Рис. 3. Детальна взаємодія компонентів системи.

В процесі викладання курсів часто виникає необхідність проведення контрольних заходів у вигляді повернення викладачеві файлових завдань, що легко організувати на базі хмарних сховищ, створивши папку з доступом для запису як для усіх студентів, так і для кожного студента окремо, організувавши додаткову розсилку посилань через сторонні месенджери, пошту тощо, проте це

окрема задача, форма вирішення якої залежить від кожного конкретного викладача та предмету, який він викладає. Контрольні заходи можуть включати в себе тести, які теж можна організувати різними способами, наприклад, за допомогою Google Forms.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Перевага вище описаного методу організації робочого місця викладача у тому, що його розгортання під силу одній особі, яка володіє обмеженими навичками роботи з персональним комп'ютером і при цьому використовує типові програмні засоби, які присутні на комп'ютерах практично у кожного користувача. Тобто, у результаті отримаємо саме персональне робоче місце викладача, незалежне від інших користувачів, додаткових корпоративних сервісів тощо.

Існують більш ефективні засоби організації робочих місць викладачів, інтегровані у інформаційну систему конкретних закладів вищої освіти, наприклад система Moodle, елементи якої без проблем можна використати при організації робочого місця викладача, проте їх розгортання однією особою (викладачем) здійснити суттєво складніше, та і кваліфікація його повинна бути вищою. При цьому, можливо, необхідно буде скористатись додатковим спеціалізованим програмним забезпеченням, отримати доступ до корпоративних ресурсів, або їх створити з організацією розмежування прав доступу тощо.

Список бібліографічного опису

1. Кузьміна Н. М. Автоматизоване робоче місце майбутнього вчителя економіки / Н. М. Кузьміна, О. В. Струтинська. Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 2 : Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. – 2011. – № 10. – С. 45-58.
2. Ганашок А. І. Створення автоматизованого робочого місця вчителя інформатики засобами офісних програм [Електронний ресурс] / А. І. Ганашок. Інформаційні технології і засоби навчання - 2012. – Т. 32, № 8. – С. 46-51. Режим доступу до журналу : <http://www.journal.iitta.gov.ua>.
3. Діденко О. В. Електронний журнал обліку успішності слухачів (курсантів, студентів) як засіб раціоналізації навчально-виховного процесу [Електронний ресурс] / О. В. Діденко, Д. А. Купрієнко. Інформаційні технології і засоби навчання. – 2015. – Т. 47, № 3. – С. 110-123. Режим доступу до журналу : <http://www.journal.iitta.gov.ua>.
4. Купрієнко Д. А. Електронний журнал обліку успішності слухачів (курсантів, студентів) Національної академії Державної прикордонної служби України – інструмент раціоналізації навчально-виховного процесу [Електронний ресурс] / Д. А. Купрієнко. Вісник Національної академії Державної прикордонної служби України : електрон. наук. фах. вид. / гол. ред. Грязнов І. О. – 2012. – № 3. – Режим доступу : http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Vnads/2012_3/12kdanvp.pdf.
5. Триус Ю.В. Інформаційно-аналітична система управління навчальним процесом ВНЗ [Електронний ресурс] / Ю.В.Триус, І.В.Стетенко, І.В.Герасименко [та ін.]. Інформаційні технології в освіті. – 2011. – № 9. – С. 40–49. Режим доступу : <http://ite.kspu.edu/issue-9/p-40-49>
6. Гломозда Д. К. Про один підхід до організації взаємодії між автоматизованою системою управління навчальним закладом та системою керування навчанням / [Електронний ресурс] / Д. К. Гломозда. Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. – 2010. – Т. 112. – С. 30-33. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/NaUKMAkn_2010_112_9
7. VV&LV(dev) – Google Sites [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://sites.google.com/site/bulatetsky>.

References

1. Kuzmina N. M., Strutynska O. V. Automated workplace of the future teacher of economics / N. M. Kuzmina, O. V. Strutynska. Scientific journal of NPU named after MP Drahomanov : collection. Science. – Kyiv. Series 2, Computer-based learning systems. – 2011. – Issue 10. – P. 45-58.
2. Ganashok A. I. Creation of automated work places of informatics teacher by means of office applications [online] / A. I. Ganashok. Information Technologies and Learning Tools – 2012. – Vol. 32, Issue 8. – P. 46–51. – Available from : <http://www.journal.iitta.gov.ua>
3. Didenko O. V. Electronic journal to record students' progress (cadets, students) as a means of rationalization of the educational process [online] / O. V. Didenko, D. A. Kupriyenko. Information Technologies and Learning Tools – 2015. – Vol. 47, Issue 3. – P. 110-123. Available from: <http://www.journal.iitta.gov.ua>.
4. Kupriyenko D. A. Electronic Journal of the success of students (cadets, students) of the National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine – a tool rationalization of the educational process [online] / D. A. Kupriyenko. Bulletin of the National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine : electron. Science. profession. ed. / Head. ed. Gryaznov IA 2012. Vol. 3. – Available from : http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Vnads/2012_3/12kdanvp.pdf (in Ukrainian).
5. Tryus Y. Information-analytical system of educational management [online] / Tryus, I. Stetsenko, I. Gerasimenko, V. Gritsenko. Information Technologies in Education. – 2011. – Issue 9. – P. 40–49. Available from: <http://ite.kspu.edu/en/issue-9/p-40-49>
6. Glomozda D. K. About one approach to the organization of interaction between the automated system of management of educational institution and system of management of training [online] / D. K. Glomozda. Scientific notes of NaUKMA. Computer science. – 2010. – Vol. 112. – P. 30-33. – Available from : http://nbuv.gov.ua/UJRN/NaUKMAkn_2010_112_9
7. VV&LV(dev) – Google Sites [online]. – Available from : <https://sites.google.com/site/bulatetsky>

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-02

УДК: 621.317.3

Гнатченко Дмитро Анатолійович, провідний науковий співробітник випробувальної лабораторії
<https://orcid.org/0000-0002-5602-9318>

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

СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЯК ОДИН ІЗ ІННОВАЦІЙНИХ НАПРЯМКІВ У СТВОРЕННІ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ

Гнатченко Д. А. Системи автоматизованого проектування як один із інноваційних напрямків у створенні радіоелектронної апаратури. У статті розглянуто сучасний стан, наведено основні види та визначено тенденції розвитку систем автоматизованого проектування радіоелектронної апаратури в провідних країнах світу. Встановлено, що використання сучасних систем автоматизованого проектування дозволяє об'єднати проектування і виробництво в один процес та скоротити час й вартість створення радіоелектронної апаратури. Також проаналізовано сучасний стан розроблення, використання і перспективи розвитку систем автоматизованого проектування радіоелектронної апаратури в Україні.

Ключові слова: радіоелектронна апаратура, системи автоматизованого проектування, тенденції, шляхи та перспективи розвитку, ІТ-технології, інновації.

Гнатченко Д. А. Системы автоматизированного проектирования как одно из инновационных направлений в создании радиоэлектронной аппаратуры. В статье рассмотрено современное состояние, приведены основные виды и определены тенденции развития систем автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры в ведущих странах мира. Установлено, что использование современных систем автоматизированного проектирования позволяет объединить проектирование и производство в один процесс и сократить время и стоимость создания радиоэлектронной аппаратуры. Также проанализировано современное состояние разработки, использования и перспективы развития систем автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры в Украине.

Ключевые слова: радиоэлектронная аппаратура, системы автоматизированного проектирования, тенденции, пути и перспективы развития, ИТ-технологии, инновации.

Hnatchenko D. A. Automated design systems as one of the innovative directions in the creation of electronic equipment.

The article considers the current state, presents the main types and identifies trends in the development of computer-aided design of electronic equipment in leading countries. It is established that the use of modern computer-aided design systems allows to combine design and production into one process and reduce the time and cost of creating electronic equipment. The current state of development, use and prospects of development of computer-aided design systems for electronic equipment in Ukraine are also analyzed.

Keywords: electronic equipment, computer-aided design systems, trends, ways and prospects of development, IT technologies, innovations.

Постановка проблеми. Останні роки з метою задоволення постійно зростаючих потреб суспільства радіоелектронна апаратура (РЕА) ускладнюється та набуває багатофункціональності, що призводить до її постійного удосконалення. Сучасна РЕА – це взаємопов'язана множина пристроїв, вузлів та модулів, що функціонують за різними фізичними принципами. Модернізація сучасної РЕА передбачає застосування знань та вмінь, навичок з різних сфер науки і техніки, що істотно ускладнює та збільшує терміни на її створення. Тому актуальним є завдання пошуку шляхів спрощення цього процесу на основі використання систем автоматизованого проектування (САПР) РЕА [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням, що пов'язані з САПР присвячено велику кількість робіт, наприклад [2-14]. Однак вони не враховують специфіки проектування та експлуатації РЕА в Україні.

Метою дослідження є обґрунтування процесу використання САПР як одного із інноваційних напрямків у створенні РЕА. Реалізація поставленої мети передбачає виконання наступних завдань дослідження: аналіз сучасного стану, розгляд основних видів та визначення тенденцій розвитку САПР РЕА в провідних країнах світу; аналіз сучасного стану розроблення, використання і перспективи розвитку САПР РЕА в Україні.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розвиток вітчизняних підприємств РЕА потребує пошуку нових способів досягнення світових норм конкурентоспроможності РЕА. Найбільш актуальним в світі підходом є запровадження сучасних ІТ-технологій в рамках інноваційної діяльності підприємства. Якщо сучасні підприємства (як державні, так і приватні) не будуть випускати РЕА найвищої якості за умови нижчої ціни і в коротші терміни, то, відповідно, не зможуть існувати в сучасних ринкових умовах економіки. Використання сучасних ІТ-технологій дозволяє об'єднати проектування і виробництво в один процес та скоротити час й вартість створення РЕА. Для цього і використовують САПР.

САПР – це комплекс засобів автоматизації процесу проектування (який пов'язаний з підрозділами проектної організації та колективом фахівців-проектувальників) та відповідне програмне забезпечення, що призначені для автоматизованого проектування продукції [12].

Далі в статті розглянемо сучасний стан, основні види, тенденції розвитку САПР РЕА в провідних країнах світу та сучасний стан розроблення, використання і перспективи розвитку САПР РЕА в Україні.

Сучасний стан САПР РЕА в провідних країнах світу. Основними світовими виробниками САПР є такі компанії як: Autodesk Inc., Dassault Systemes, Trimble Inc., Gstarsoft Co. Ltd., 3D Systems Corporation, Aveva Group PLC, Hexagon AB, IronCAD LLC і Siemens AG. Кругова діаграма розподілу виробників САПР, що можуть бути використанні під час створення РЕА наведена на рис. 1.

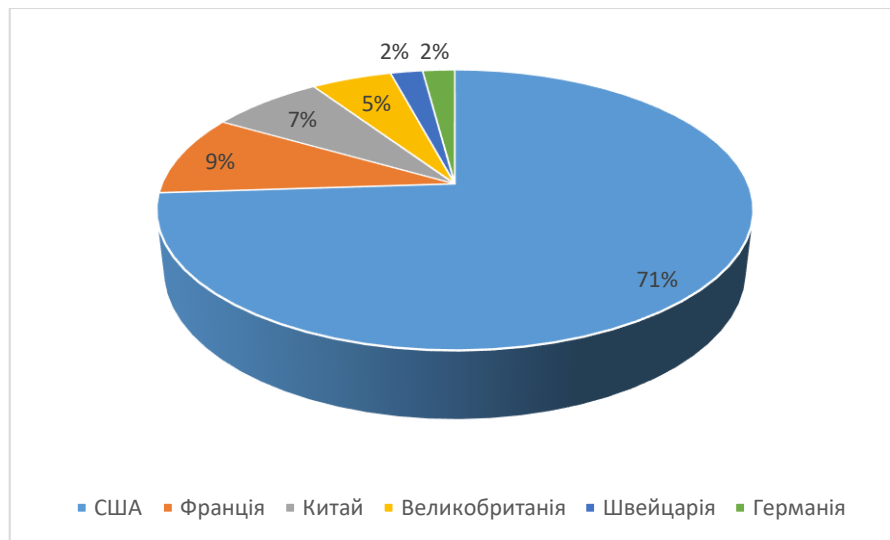


Рис. 1. Розподіл виробників САПР, що можуть бути використанні під час створення РЕА

Широке застосування ІТ-технологій призвело до істотних змін в сфері автоматизації проектування РЕА. У світі було створено нові сучасні програмні комплекси (це САПР), що зменшують терміни та витрати на розроблення нових проектів, забезпечують високу якість проектних рішень і підвищення ефективності роботи фахівців [7]. На рисунку 2 наведено прогноз динаміки світового ринку САПР РЕА.

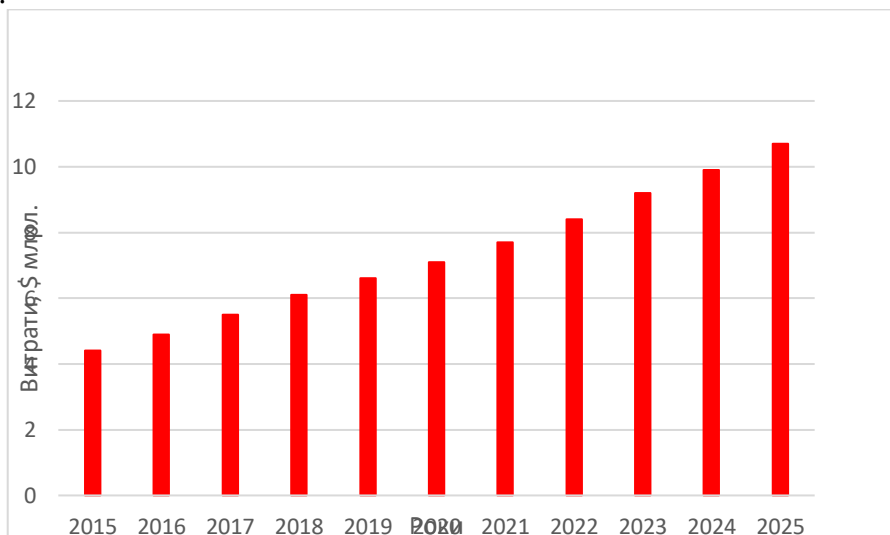


Рис. 2. Прогнозування динаміки світового ринку САПР РЕА, \$ млрд.

На сьогодні, найбільш відомими САПР є:

- AutoCAD LT, AutoCAD Mechanical, T-FLEX CAD 2D, nanoCAD Механика, КОМПАС-ГРАФИК. Ці САПР використовуються для двовимірних креслень (CAD);
- SolidWorks, SolidEdge, T-FLEX CAD 3D, Inventor, КОМПАС-3D. Ці САПР використовуються для твердотільного моделювання (CAD);
- ADEM, T-FLEX ЧПУ, Mastercam, SolidCAM, EdgeCAM. Сферою застосування цих САПР є CAM;

- Ansys, Nastran, APM WinMachine. Сферою застосування цих САПР є CAE;

- CATIA, NX, Pro/ENGINEER. Ці САПР є інтегрованими, вони забезпечують весь цикл створення продукції від концептуальної ідеї до реалізації, а також, створюють проектно-технологічне середовище для одночасної роботи всіх учасників створення продукції.

Застосування цих САПР передбачається, як для масового, так і на штучного виробництва.

До найбільш відомих САПР, що використовуються для створення РЕА належать:

- SolidWorks – САПР, що забезпечує автоматичне проектування, інженерний аналіз і підготовку виробництва виробів різної складності та призначення (розробник – компанія “SolidWorks Corporation” (США));

MathCAD – інтегрована система для розв’язання математичних, інженерно-технічних і наукових задач;

Rhinoceros 3D – комерційне програмне забезпечення для тривимірного NURBS моделювання (розробник – Robert McNeel & Associates). Переважно використовується в промисловому дизайні, архітектурі, корабельному проектуванні, ювелірному та автомобільному дизайні, в CAD/CAM проектуванні.

САПР CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) – це одна з САПР високого рівня, з такими складовими як системи автоматизованого проектування (CAD), технологічної підготовки виробництва (CAM) та інженерного аналізу (CAE). Вона включає в себе передовий інструментарій 3D-моделювання, підсистеми програмної імітації складних технологічних процесів, розвинені засоби аналізу і єдину базу даних текстової та графічної інформації. САПР CATIA дозволяє ефективно вирішувати всі завдання технічної підготовки виробництва – від концептуального проектування до розроблення креслень і специфікацій.

ANSYS – універсальна програмна система кінцево-елементного (МСЕ) аналізу. Існує і розвивається протягом останніх 30 років, є досить популярною у фахівців в області комп'ютерного інжинірингу та KE розв’язання лінійних і нелінійних, стаціонарних та нестаціонарних просторових задач механіки деформованого твердого тіла й механіки конструкцій. Моделювання та аналіз в деяких областях промисловості з її допомогою дозволяє уникнути дорогих і тривалих циклів розробки типу проектування - виготовлення - випробування.

Коротко зупинимося на основних складових (або підсистемах) САПР [10]:

- CAD (Computer Aided Design) – конструкторська підсистема призначена для автоматизації двовимірного і тривимірного проектування, створення необхідної конструкторської та виробничо-технологічної документації;

- CAE (Computer Aided Engineering) – функціональна підсистема призначена для вирішення різного роду інженерних задач (наприклад, розрахунків, аналізу і моделювання фізичних явищ і процесів). Вона дозволяє проводити оцінювання поведінки імітаційної моделі технологічного процесу або об'єкту в реальних умовах експлуатації та доводить працездатність даної моделі без залучення суттєвих матеріальних та часових витрат;

- CAM (Computer Aided Modeling) – технологічна підсистема призначена для комп'ютеризованої підготовки виробництва;

- PDM (Product Data Management) – підсистема забезпечення єдиного інформаційного простору, як між структурними підрозділами проектувальної компанії, так і окремими проектувальниками;

- ERP (Enterprise Resource Planning) – підсистема для управління бізнес-процесами на підприємстві

- PLM (Product Lifecycle Management) – підсистема забезпечення єдиного інформаційного простору на основі функціональних можливостей підсистем PDM і ERP.

Тенденції розвитку САПР РЕА в провідних країнах світу. Основними тенденціями розвитку САПР РЕА, на наш погляд є: постійне удосконалення апаратної складової САПР РЕА шляхом застосування архітектури RISC (та їй подібних), використання для проектування РЕА мобільних пристроїв (наприклад, таких як планшети), використання альтернативних операційних систем, стрімкі темпи застосування хмарних технологій. Розглянемо кожен з них більш детально.

Постійне удосконалення апаратної складової САПР РЕА шляхом застосування архітектур подібних RISC. В результаті конкуренції в умовах сучасного ринку виникають різні архітектури, крім класичної Intel, наприклад архітектури ARM (Advanced RISC Machines). Практично всі сучасні пристрої малих габаритів з акумулятором оснащені центральними процесорами на базі ARM, але незабаром, вона буде використана і в стаціонарних персональних комп'ютерах.

Друга тенденція пов'язана із зростанням ринку мобільних пристроїв (зокрема, планшетів, подібних iPad). Наочно, що ці пристрої мають не тільки споживачьке застосування, а можуть бути

використані і для корпоративного сектору і в тому числі для САПР РЕА. У сфері САПР (і, зокрема, САПР РЕА), особливо в умовах карантину, більша частка фахівців є мобільними – працюють дистанційно. Такі умови потребують зручних мобільних пристроїв. У провідних проектних компаніях за кордоном, інженерні служби вже оснащені такими пристроями з відповідним програмним забезпеченням (наприклад, САПР-додатки на мобільних платформах AndroidGoogle і IOS Apple).

Використання альтернативних операційних систем стає більш нагальним у зв'язку появою таких операційних систем, як GoogleChrome OS. Особливо це стає актуальним коли GoogleChrome OS поєднується з хмарним трендом – ОС Google.

Важливою тенденцією розвитку САПР РЕА є "хмарне" проектування: дистанційне проектування та робота з даними, що розміщені на серверах в різних куточках світу. Цей процес здійснюється з різних пристроїв (стаціонарних або мобільних), що мають вихід в мережу інтернет. Сучасні хмарні технології дуже швидко набули розвитку в сегменті легких додатків і сервісів (наприклад, кіберспорт, споживчий сектор тощо).

На сьогодні можливо два варіанти інтеграції процесів пов'язаних з проектуванням РЕА на основі хмарних технологій. Перший варіант передбачає трансфер (перенесення) в хмарні сервіси всієї інфраструктури інженерних служб (в цьому випадку зникає необхідність в інженерному програмному забезпеченні на робочому місці). Для другого варіанту у проектувальника залишається інстальована САПР РЕА на його робочому місці і він з неї отримує доступ до різноманітних хмарних сервісів. Другий варіант дозволяє вирішувати завдання, що потребують потужного витрачання ресурсів, як апаратних, так і програмних. Для обох розглянутих варіантів хмарна взаємодія в рамках САПР РЕА можлива двома наступними способами. По-перше, відкрито, коли доступ до серверу, що розташований у провайдера послуг, відкритий через інтернет, і, по-друге – в приватному порядку, коли сервер знаходиться на підприємстві та звернення до нього реалізуються по закритій локальній мережі.

В Україні та у колишніх членах СНД розвиток хмарних технологій у сфері САПР (і, зокрема, САПР РЕА) стримується необхідністю дотримуватися в дуже багатьох проектах зайвої таємності. Тому швидше за все саме приватні хмарні сервіси стануть найближчим часом найбільш популярними. Зараз хмарні технології – це не лише сучасні передові інформаційні технології, але і можливість створення та експериментування з новими інформаційними моделями.

Стан розроблення, використання та перспективи розвитку САПР РЕА в Україні. На сьогодні машино- та приладобудування є невід'ємними від електроніки. Як відмічалось вище, що проектування РЕА вже неможливо без САПР. Якщо у державі немає власної САПР РЕА, то і відповідно у цій державі, як правило, немає і власного повноцінного процесу створення таких систем. В Україні практично не має сучасних напівпровідникових виробництв. Процес створення РЕА, що базується на сучасних САПР, залежить від закордонних виробників [13] (див. рис. 1).

В Україні використовують в основному креслярські 2D-системи (AutoCAD, КОМПАС, T-flex тощо), програми для механічної обробки (MasterCAM, AlphaCAM, Техтран, ТІГРАС тощо). Програмні пакети об'ємного моделювання через їх високу вартість, підвищені вимоги до кваліфікації персоналу та складність освоєння застосовуються набагато рідше, хоча завдань, для вирішення яких необхідні саме 3D-системи, стає все більше [3]. Крім зазначених вище, в Україні є інтерес до наступних САПР: Siemens PLM Software (Unigraphics, NX, TeamCenter, Tecnomatrix), Autodesk (AutoCad, Inventor), DassaultSystemes (CATIA, SolidWorks, SIMULIA).

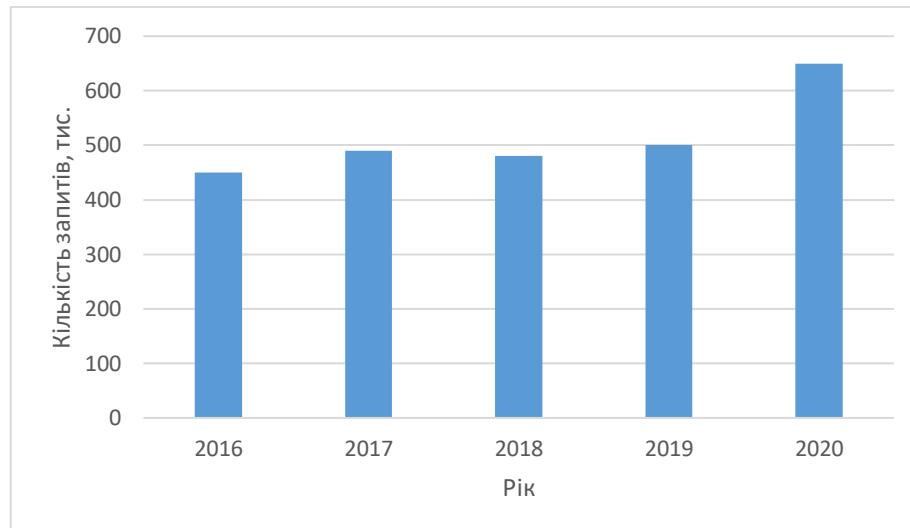


Рис. 3. Кількість запитів із України в пошуковій системі Google щодо САПР AutoCAD

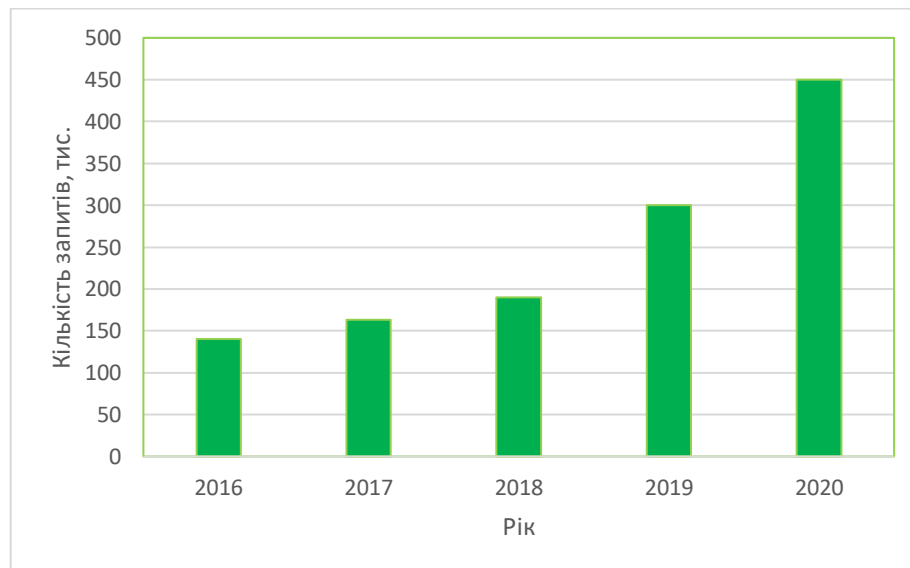


Рис. 4. Кількість запитів із України в пошуковій системі Google щодо САПР CATIA

На рисунках 3 та 4 показана динаміка запитів користувачів із України в пошуковій системі Google щодо САПР AutoCAD та CATIA, відповідно.

Великі витрати на виробництво РЕА практично безпорадні без САПР, а більшу частку вартості РЕА займає вартість їх проектування. Покупку тимчасових ліцензій на використання закордонних САПР РЕА можуть собі дозволити тільки великі приватні (або державні) компанії і ці САПР зовсім недоступні для малих підприємств. Отже, потенціал України в розробці РЕА (і, відповідно, САПР РЕА) досить обмежений. Крім того, практично неорганізований процес створення РЕА в масштабах держави, що призвело до повної неконкурентоспроможності вітчизняних САПР РЕА.

Проблема в тому, що сучасну вітчизняну САПР РЕА швидко не зробиш. На створення сучасних зразків закордонних САПР пішли десятки років та тисячі висококваліфікованих високооплачуваних фахівців. На наш погляд, для вирішення цієї проблеми, необхідно повністю поміняти політику державного фінансування, перемістивши фокус з розрізнених проектів створення САПР РЕА на створення інфраструктури розроблення таких систем, що доступна для всіх підприємств України (з різним правом власності). Такий підхід може бути реалізований шляхом виконання наступних дій:

- створення початкового варіанта інфраструктури для створення САПР РЕА;
- збір, оброблення та систематизація баз даних щодо досвіду створення українськими компаніями вітчизняної САПР РЕА;
- розроблення та подальша поступова реалізація дорожньої карти створення необхідної інфраструктури за допомогою нових українських розробок або закупівлі західних компонентів САПР РЕА;
- формування державної програми для реалізації такої інфраструктури;

- створення повністю української інфраструктури, включаючи САПР, на базі державної програми.

Такий підхід суттєво дозволить знизити вартість та терміни створення РЕА. Безумовно, найскладнішим завданням є створення конкурентоспроможної САПР, але воно реалізуємо поступово (частками) і за досить тривалий час.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отже, у статті наведено обґрунтування процесу використання САПР як одного із інноваційних напрямків у створенні РЕА. Також розкрито сучасний стан САПР РЕА в провідних країнах світу, основні види цих САПР та тенденції їх розвитку. Проаналізовано сучасний стан розроблення та використання САПР РЕА в Україні і визначено перспективи їх розвитку. Подальшим актуальним напрямком досліджень є розроблення комплексної методики проектування РЕА різноманітними САПР.

Список бібліографічного опису

1. Пономарьов Ю. В., Дячук О. Ю., Грабар І. Г. (2013). Методика проектування радіоелектронних пристроїв різноманітними системами автоматизованого проектування. *Збірник наукових праць ЖВІ НАУ*, 7, 88–100.
2. Алексеев О. В., Головкин, А. А. (2000). Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств : учеб. пособ. для вузов. Москва: Высш. шк., 479 с.
3. Колодницький, М. М. (1999). Елементи теорії САПР складних систем : навч. посіб. Житомир : ЖІТІ, 512 с.
4. Пономарьов, Ю. В. (2006). Основы автоматизации проектирования радиоэлектронной аппаратуры. *Система схемотехнического моделирования Electronics Workbench*. Житомир : ЖВІРЕ, 196 с.
5. Обзор программных продуктов электронного САПР. (2020). URL : http://pspicelib.narod.ru/01_modelirovanie/obzor_sapr.htm (Last accessed: 17.03.2020).
6. Хернтер Марк, Е. (2006). Multisim: Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств / пер. с англ. А. И. Осипова. Москва : Изд. дом ДМК-пресс., 488 с.
7. Разевиг, В. Д. (2001). Проектирование печатных плат в P-CAD 2001. Москва : Солон-Р, 560 с.
8. Заеленчеч, А. С., Бутова, А. Л. (2016). Анализ и перспективы развития систем автоматизированного проектирования в строительстве. *Молодой ученый*, 63 (110.3), 21–23.
9. Астафьева, В. В. (2016). Компьютерное моделирование в России. *Молодой ученый*, 21 (125), 747–750.
10. Советов, Б. Я., Яковлев, С. А. (2001). Моделирование систем: учебник для вузов. Москва : Высшая школа, 320 с.
11. Дятлов М. Н., Юдкин И. Ю., Шляховский А. А. (2015). Тенденции развития современных интегрированных системы проектирования. *Молодой ученый*, 2 (82), 148–150.
12. Дятлов, М. Н., Федотов, М. Ю., Федотова, Н. В. (2013). Оптимизация времени проектирования с использованием современных машиностроительных САПР. *Молодой учёный*, 10 (1), 138–140.
13. Стемповский, А. Л. (2015). Микроэлектронный САПР: вчера, сегодня, завтра. 29 июня. URL : http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17837. (Last accessed: 17.03.2020).
14. Тошева М. Х., Худоёрова О. М., Азимова Д. Ю. (2016). Использование современных информационных технологий. *Молодой ученый*, 25 (129), 4–5.

References

1. Ponomarev Yu. V., Dyachuk O. Yu., Grabar IG (2013). Methods of designing electronic devices by various computer-aided design systems. Collection of scientific works of ZhVI NAU, 7, 88–100.
2. Alekseev O. V., Golovkov, A. A. (2000). Automation of designing radio-electronic means: textbook. manual. for universities. Moscow: Higher. shk., 479 p.
3. Kolodnitsky, M. M. (1999). Elements of the theory of CAD of folding systems: navch. posib. Zhitomir: ZhITI, 512 p.
4. Ponomarov, Yu. V. (2006). Basics of automation of radioelectronic equipment design. System of circuitry model Electronics Workbench. Zhitomir: ZhVIRE, 196 p.
5. Review of software products of electronic CAD. (2020). URL: http://pspicelib.narod.ru/01_modelirovanie/obzor_sapr.htm (Last accessed: 03/17/2020).
6. Herniter Mark, E. (2006). Multisim: Modern system of computer modeling and analysis of circuits of electronic devices / per. from English A.I. Osipov. Moscow: Publishing house. house DMC-pres ., 488 s.
7. Razevig, V.D. (2001). Design of printed circuit boards in P-CAD 2001. Moscow: Solon-R, 560 p.
8. Zaelenchets, A. S., Butova, A. L. (2016). Analysis and prospects for the development of computer-aided design systems in construction. *Young Scientist*, 63 (110.3), 21–23.
9. Astafieva, V.V. (2016). Computer modeling in Russia. *Young Scientist*, 21 (125), 747–750.
10. Soviets, B. Ya., Yakovlev, S. A. (2001). System modeling: a textbook for universities. Moscow: Higher school, 320 p.
11. Dyatlov M.N., Yudkin I. Yu., Shlyakhovsky A.A. (2015). Development trends of modern integrated design systems. *Young Scientist*, 2 (82), 148–150.
12. Dyatlov, M.N., Fedotov, M. Yu., Fedotova, N.V. (2013). Optimization of design time using modern engineering CAD systems. *Young Scientist*, 10 (1), 138–140.
13. Stempkovsky, A. L. (2015). Microelectronic CAD: yesterday, today, tomorrow. June 29. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17837. (Last accessed: 03/17/2020).
14. Tosheva M. Kh., Khudoyorova O. M., Azimova D. Yu. (2016). Use of modern information technologies. *Young Scientist*, 25 (129), 4–5.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-03

УДК: 53:004.942

Головіна Ніна Анатоліївна, канд. фіз.-мат. наук, доцент

Головін Микола Борисович, канд. фіз.-мат. наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0003-4516-4677>

Федонюк Анатолій Ананійович, канд. фіз.-мат. наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0003-0942-227X>

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

АПЛІКАЦІЇ З КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ МОВОЮ VISUAL PYTHON НА ПРИКЛАДІ МОДЕЛЮВАННЯ СИЛОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ

Головіна Н.А., Головін М.Б., Федонюк А.А. Аплікації з комп'ютерної фізики мовою Visual Python на прикладі моделювання силової взаємодії. У цій статті представлена аплікація з комп'ютерної фізики мовою Visual Python на прикладі моделі системи двох тіл, які рухаються та взаємодіють. Крім розробленої комп'ютерної фізичної моделі, проведено модельний експеримент, який може бути актуальним, як в мікро так і макро світі. Використовуються наступні параметри модельного процесу: маса, швидкість, координати тіл. Вибір параметрів та можливість їх зміни дозволяє провести різноманітні модельні експерименти та глибоко зрозуміти сутність фізичного процесу, що моделюється.

Ключові слова: мова Python, Visual, математична модель, комп'ютерне моделювання, метод моделювання в навчанні, програмування, система двох тіл, модельний експеримент, моделі мікро та макро процесів.

Головина Н.А., Головин М.Б., Федонюк А.А. Аппликации из компьютерной физики на языке Visual Python на примере моделирования силового взаимодействия. В этой статье представлена аппликация из компьютерной физики на языке Visual Python на примере модели системы двух тел, которые движутся и взаимодействуют. Кроме разработанной компьютерной физической модели проведен модельный эксперимент, который может быть актуальным, как в микро так и макро мире. Используются следующие параметры модельного процесса: масса, скорость, координаты тел. Выбор параметров и возможность их изменения позволяет провести различные модельные эксперименты и глубоко понять сущность физического процесса моделируемой системы.

Ключевые слова: язык Python, Visual, математическая модель, компьютерное моделирование, метод моделирования в обучении, программирование, система двух тел, модельный эксперимент, модели микро и макро процессов.

Holovina N.A., Holovin M.B., Fedonyuk A.A. Applications in computer physics in Visual Python on the example of simulation of force interaction. This article presents an application from computer physics in the Visual Python language using the example of a model of a system of two bodies that move and interact. In addition to the developed computer physical model, a model experiment was conducted, which can be relevant in both the micro and macro world. The following parameters of the model process are used: mass, velocity, coordinates of bodies. The choice of parameters and the possibility of changing them allows you to conduct various model experiments and deeply understand the essence of the physical process being modeled.

Key words: Python language, Visual, mathematical model, computer modeling, learning modeling method, programming, two-body system, model experiment, micro and macro process models.

Постановка наукової проблеми. Сучасна фізика нараховує близько двох десятків важливих напрямків. Вона має численні стики з іншими науками. На цих стиках виникають цікаві проблеми і задачі, утворюються нові галузі дослідження. Існує широке коло теоретичних та прикладних задач, розв'язання яких є неможливим традиційними методами. Однак, їх можна вирішити завдяки математичному моделюванню. Фізика у великій мірі стимулює розвиток математики та інформатики, як дослідницьких інструментів. Математичний апарат фізики все частіше застосовується в гуманітарних сферах, зокрема, таких як економіка, соціологія, екологія, психологія. Появився термін «комп'ютерна фізика», за такою назвою написані освітньо-професійні програми для підготовки фахівців, що володіють певними якостями та компетентностями. Окремі навчальні заклади пропонують і вивчення такого курсу «Комп'ютерна фізика». Ми будемо розуміти під терміном «комп'ютерна фізика» - сукупність знань, умінь та навичок, які включають в себе вивчення інформаційних технологій і комп'ютерних засобів у контексті застосування їх в практиці дослідження фізичних процесів та використання комп'ютерних фізичних методів у техніці, виробництві, енергетиці, медицині, екології та ін. Комп'ютерне моделювання фізичних явищ та процесів є цікавою інформаційною дослідницькою технологією комп'ютерної фізики. Навчальне моделювання фізичних процесів, в свою чергу, є важливим аспектом методики вивчення фізики. **Актуальність** модельного підходу в навчанні не викликає сумнівів [1, 2].

Модель - це матеріальний або ідеальний об'єкт, який замінює досліджувану систему і адекватним чином відображає її суттєві сторони. Математична модель дає можливість реалізувати модельний процес на комп'ютері та візуалізувати його розгортання в модельному експерименті. Проходження модельного експерименту залежить від початкових параметрів. Інколи можна змінювати і поточні параметри моделі. Результати дослідження моделі переносять на об'єкт

дослідження, зіставляють з наявними емпіричними даними і т.д. Фізична модель накладає на програму строгі рамки реального процесу, сприяє розвитку дослідницьких умінь і навичок, наближає процес навчання до наукового пошуку. Моделювання фізичних процесів вимагає важливих компетенцій в галузі програмування, математики та фізики.

Навчальні дії в галузі практичного програмування і в галузі експериментальної фізики мають багато спільного. Як перша, так і друга галузь діяльності вимагає вишуканого абстрактно-логічного та причинно-наслідкового мислення; строгої структури професійних знань. В обох випадках відбувається щільне сплетіння витончених ментальних і матеріалізованих дій.

Програми як об'єкти навчальних дій є складно організованими, добре структурованими, мають численні логічні внутрішні зв'язки. У процесі навчального моделювання фізичних процесів і явищ контрастно проявляються особливості ментальних процесів людини, способи мислення, формування знань. Еволюцію пізнавальних схем в галузі програмування було детально розглянуто в роботах [3, 4]. **Актуальність** досліджень методики навчального моделювання фізичних явищ спричинена високою контрастністю, витонченою структурою та зв'язністю компонентів об'єкту моделювання. Саме це дає можливість максимально формалізувати сам процес навчання. Створення фізичних моделей може бути хорошим дослідницьким полігоном для відпрацювання нових методик навчання в тому числі і для інших більш гуманітарних галузей знань, де навчальний матеріал має низький контраст, гірше формалізований і є менш структурним.

Актуальним, в навчальному сенсі, є не тільки процес створення та відлагодження моделі, а і також робота з готовою моделюючою програмою. Це є особливо цінним у тих випадках, коли модель демонструє явища мікро або макро світу, які до того ж відбуваються дуже швидко або надповільно. Адже ці явища не можливо досліджувати безпосередньо, тим більше в умовах шкільного експерименту.

Метою цієї роботи є створення аплікації з комп'ютерної фізики мовою Visual Python на прикладі моделювання силової взаємодії двох тіл.

Завданням цієї роботи є:

- Розгляд математичних викладок, що є математичним підґрунтям моделі.
- Реалізація математичної моделі взаємодії двох тіл у вигляді відповідної комп'ютерної програми, написаної мовою Visual Python.
- Формалізація пояснень до програми та відповідного модельного експерименту для подальшого використання цих пояснень в ході навчальних дій при вивченні дисципліни «Комп'ютерна фізика».

Ступінь формалізму, представленого у статті матеріалу, та його структура дозволяють демонструвати сучасні конструктивістські підходи в навчанні та високий ступінь варіативності навчальних дій. Варіативність матеріалу пов'язана з ієрархічністю програмного коду та його відповідних пояснень. Так, в процесі викладання для «сильних» студентів можна обмежитись тільки верхньою частиною програмної ієрархії, тобто пояснювати узагальнено тільки роботу окремих програмних блоків. З іншого боку, для «слабших» студентів можна опуститись на зовсім конкретний рівень і пояснити також, як роботу окремих операторів, так і їх взаємодію. Високий ступінь варіативності також можна досягнути вхідними параметрами моделі в ході модельних експериментів. Цікаві, на погляд авторів, деякі реалізації цих експериментів, показані нижче.

В якості **інструменту моделювання** використовується мова Visual Python. Ця мова широко використовується міжнародним співтовариством для моделювання фізичних явищ. Мова Visual Python або VPython є мовою програмування Python плюс 3d графічний модуль, який називається Visual. VPython дозволяє користувачам створювати 3d об'єкти, такі як сфери, конуси, прямокутні бруски в 3d просторі і рухати їх там. Процес моделювання відбувається у відповідному вікні. Простота візуалізації процесу дозволяє програмістам зосередитися на обчислювальному аспекті модельної програми. Простота VPython зробила цей інструмент дуже зручним для ілюстрації «простої» фізики, особливо в освітньому середовищі. Адже моделювання фізичних процесів шляхом програмування 3d - графіки є досить складним. Поява мови VPython дозволила подолати цю складність. Іншою зручною обставиною мови є те, що транслятор Python працює в режимі інтерпретатора, а синтаксис мови не є складним. Це дуже зручно для навчального програмування, адже код програми, що інтерпретується, може запуститись з помилками і виконається до першої помилки [5, 6].

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів.

Розглянемо взаємодію двох тіл максимально узагальнено. Таким чином, щоб цей розгляд був би актуальним, як в макро так і в мікро світі. Будемо вважати в моделі, що сила взаємодії обернено

пропорційна квадрату відстані між тілами $F = \frac{k}{r^2}$. Реалізація такої взаємодії в макросвіті - це сили гравітації. Тут k прямо пропорційне добутку мас тіл, що взаємодіють. В мікросвіті існують багато ситуацій, де домінують і є актуальними тільки кулонівські взаємодії. В цих випадках k прямо пропорційне добутку зарядів.

Видно, що ця спрощена система може бути використана і на рівні мікросвіту, і на рівні макросвіту. Будемо вважати, що обернено пропорційна залежність сили взаємодії між тілами від квадрату відстані може бути актуальною в якості загальної сутності взаємодії для багатьох випадків макро і мікро світу. Як приклад подібної взаємодії в мікро світі можна розглянути рух іонізованих атомів чи молекул у реальному газі або розчині. Прикладом взаємодії в макросвіті може служити рух планет навколо Сонця чи навколо спільного центра мас, прецесію земної осі та ін.

Опис математичної моделі і відповідної програми. У програмі нам знадобиться бібліотека Visual мови Python. Підключимо її. Крім того, започаткуємо роботу в вікні моделювання заголовком та задамо колір фону.

```
from vpython import *
scene.title="Взаємодія двох тіл"
scene.background=vector(1,1,1)
```

В якості вхідних параметрів будемо використовувати такі параметри, як: маса, швидкість, координати тіл. Ці дані вказані в таблиці 1.

Таблиця 1.

	Маса	Початкова координата по X	Початкова координата по Y	Швидкість
Тіло 1	0.2	10	200	35
Тіло 2	0.1	600	230	-35

У програмі відповідні вхідні дані задаються наступним чином через масиви:

```
m= [0, 0.2, 0.1 ]; x=[0, 10, 600]; y=[0, 200, 230]; vx=[0, 35, -35]; vy= [0, 0, 0]; Fx=[0, 0, 0]; Fy=[0, 0, 0]
```

Математична модель руху системи двох тіл при їх взаємодії має наступний характер [7, 8].

Будемо вважати, що два тіла масами m_1 і m_2 рухаються назустріч одне до одного з деякими швидкостями v_1 і v_2 . (Рис. 1)

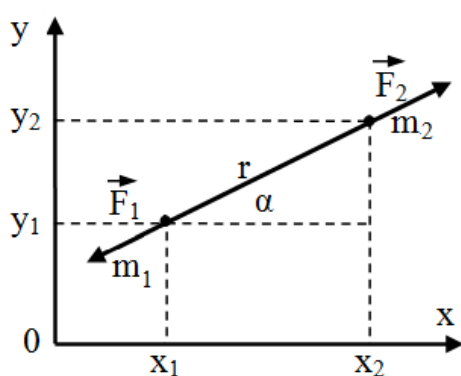


Рис.1. Нецентральна взаємодія тіл

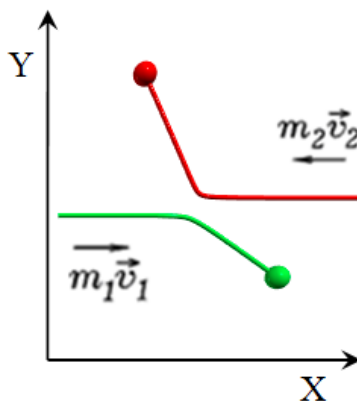


Рис.2. Відштовхування тіл

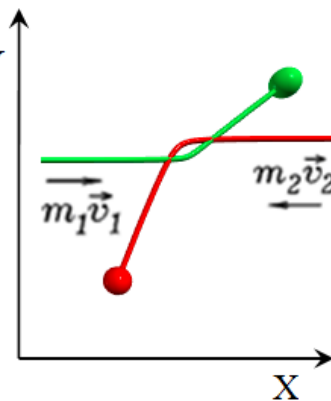


Рис.3. Притягання тіл

Промодельюємо абсолютно пружну взаємодію цих тіл, якщо між ними діють: а) сили відштовхування; б) сили притягання.

В обох випадках $F = \frac{k}{r^2}$. Відстань між тілами $r = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$, де координати тіл (x_1, y_1) та (x_2, y_2) .

Проекції сили відштовхування: $F_x = -F \cos \alpha$; $F_y = -F \sin \alpha$, де $F = \frac{k}{r^2}$.

$$\cos \alpha = \frac{x_2 - x_1}{r}; \sin \alpha = \frac{y_2 - y_1}{r}$$

Сила взаємодії між тілами реалізується програмно у вигляді процедури Sila() наступним чином.

```
def Sila():
    for i in range(1, N): Fx[i]=0; Fy[i]=0; # очистка масивів
    for i in range(1, N): # перебір тіл по i
        for j in range(1, N): # перебір тіл по j
```

```
l=sqrt((x[i]-x[j])**2+(y[i]-y[j])**2); if (l<1): l=1 # відстань між тілами
F= - 5000/l; # сила взаємодії
Fx[i]=Fx[i]+F*(x[i]-x[j])/l; Fy[i]=Fy[i]+F*(y[i]-y[j])/l # проекції сили по X та по Y
```

Притягання/відштовхування задається в програмі виразом $F=-5000/l$. Мінус відповідає притягання, а плюс відштовхуванню.

Екранна імітація модельної взаємодії тіл вимагає їх описів. Опис тіл (ball1, ball2), як графічних компонентів експерименту представлений в програмному фрагменті нижче.

```
ball1 = sphere(pos=vector(0,4,0),radius=0.5, color=color.green)
ball2 = sphere(pos=vector(0,0,0),radius=0.5, color=color.red)
for a in [ball1, ball2]: a.orbit = curve(color=a.color, radius = 0.1)
```

Проекції прискорень, швидкостей і координати точок розраховуються наступним чином:

$$\begin{aligned} a_{ix}^{t+1} &= \frac{F_{ix}}{m_i}; & v_{ix}^{t+1} &= v_{ix}^t + a_{ix}^{t+1} \Delta t; & x_i^{t+1} &= x_i^t + v_{ix}^{t+1} \Delta t; \\ a_{iy}^{t+1} &= \frac{F_{iy}}{m_i}; & v_{iy}^{t+1} &= v_{iy}^t + a_{iy}^{t+1} \Delta t; & y_i^{t+1} &= y_i^t + v_{iy}^{t+1} \Delta t; \end{aligned} \quad i = 1, 2$$

Програмно це виглядає так:

```
N=3; dt=0.05; t=0;
```

```
while t<15:
```

```
rate(40); Sila(); t=t+dt;
```

```
for i in range(1, N): #print(i)
```

```
ax=Fx[i]/m[i]; ay=Fy[i]/m[i];
```

```
vx[i]=vx[i]+ax*dt; vy[i]=vy[i]+ay*dt;
```

```
x[i]=x[i]+vx[i]*dt; y[i]=y[i]+vy[i]*dt;
```

Змінна t в циклі `while t<15` відповідає за час у моделі. Сам цикл реалізує багатократне обчислення поточних координат взаємодіючих тіл. У цьому ж циклі відбувається малювання тіл на екрані.

```
for a in [ball1]:
```

```
a.pos.x=x[1]/40; a.pos.y=y[1]/40; a.orbit.append(pos=a.pos)
```

```
for a in [ball2]:
```

```
a.pos.x=x[2]/40; a.pos.y=y[2]/40; a.orbit.append(pos=a.pos)
```

Методичний аспект написання програмного коду. Зрозуміло, що з точки зору методики інформатики представлений код повинен пройти попередню поступову еволюцію через інші більш прості модельні програми, зокрема такі: статичне тіло на екрані, прямолінійний рівномірний рух тіла вздовж однієї з осей координат (X або Y), прямолінійний рівноприскорений рух тіла вздовж однієї з осей координат (наприклад, падіння тіла в полі тяжіння Землі або пружинний маятник), прямолінійний рівномірний рух тіла під кутом до осі координат, прямолінійний рівноприскорений рух тіла під кутом до осі координат, рух тіла в силовому полі, (наприклад, рух тіла в полі тяжіння землі кинутого під кутом до горизонту), малювання графіків стандартних функцій, наприклад синусоїди.

Важливим моментом у цій еволюції є порційність і дозованість добавок при трансформації та модифікації коду модельної програми в процесі її ускладнення. В цьому контексті необхідно пам'ятати, що ні одна пізнавальна схема (в тому числі і програмна) не є абсолютно новою. Кожна є трансформацією або модифікацією вже існуючої. Доза нової модифікуючої порції програмного фрагменту теж відома. Вона не повинна перевищувати 7 ± 2 нових зв'язаних між собою компоненти.

Модельний експеримент.

Нецентральна взаємодія двох тіл. На рис.2 показаний рух тіл з різними масами (таблиця 1). Видно, що при нецентральній пружній взаємодії двох тіл, між якими діють сили відштовхування, викривлення траєкторії тіла з більшою масою менше. З рис.3 (таблиця 1.) видно, що в разі притягання, маса тіл так само впливає на траєкторію. Видно, що тіло з більшою масою більш інертне у взаємодії і його траєкторія змінюється в меншій мірі, ніж траєкторія тіла з меншою масою.

Рух тіл біля спільного нерухомого центру мас (рис.4, рис.5). Це цікавий випадок взаємодії. Якщо тіла мають однакові маси та однакові швидкості, то існують багато випадків, коли тіла будуть обертатись біля нерухомого центру мас. Такий випадок представлений зокрема на рис.4.

Таблиця 2

	Маса	Початкова координата по X	Початкова координата по Y	Швидкість
Тіло 1	0.01	300	70	25
Тіло 2	0.01	300	350	-25

Підбором швидкостей і мас тіл можна досягнути такої ситуації, коли обидва тіла будуть рухатись по одній траєкторії (рис.5). У конкретному випадку модельного експерименту, що представлений в цій роботі такий підбір полягав у збільшенні швидкостей тіл при їх незмінній масі.

Таблиця 3

	Маса	Початкова координата по X	Початкова координата по Y	Швидкість
Тіло 1	0.01	300	70	30
Тіло 2	0.01	300	350	-30

Подальше збільшення швидкостей руху тіл приводить до ситуації, коли тіла продовжуючи рухатись біля спільного центру мас, втрачають спільну траєкторію і починають рухатись кожне своєю власною траєкторією. Ще більше збільшення швидкостей приводить до руйнації системи з двох тіл, що рухаються біля спільного центру мас. Тіла розлітаються в різні сторони.

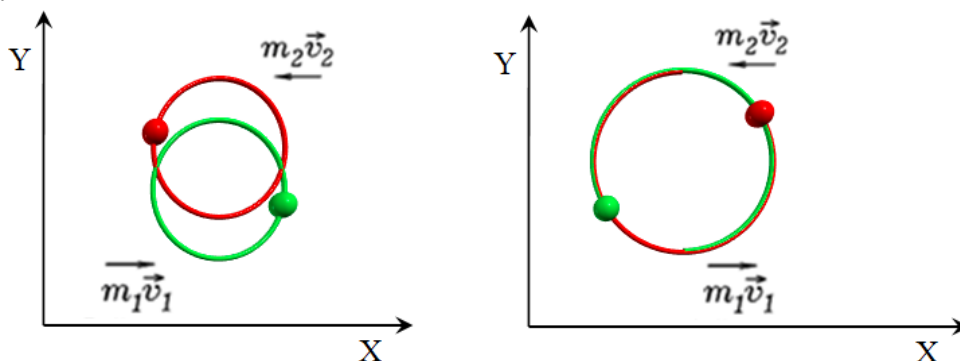


Рис.4. Взаємодія двох тіл (притягання). Таб. 2 Рис.5. Взаємодія двох тіл (притягання). Табл.3

Рух тіл біля спільного рухомого центру мас (рис.6, рис.7). При різних масах тіл рух біля спільного центру мас теж можливий. Траєкторія тіла з меншою масою рухається завжди з більшою амплітудою. Так на рис.6 представлені траєкторії руху тіл, що мають однакові швидкості, однак маса першого тіла в чотири рази більша, ніж маса другого, а центр мас тіл зміщується. Амплітуди руху тіл сильно розрізняються.

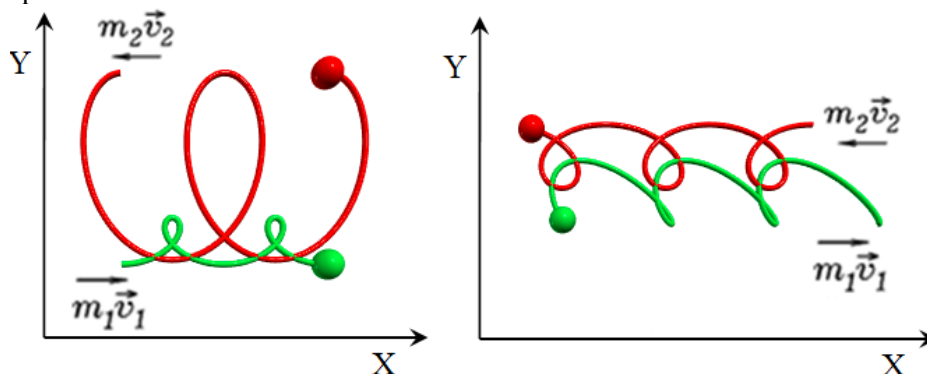


Рис.6. Взаємодія двох тіл (притягання). Табл.4 Рис.7. Взаємодія двох тіл (притягання). Табл.5

Таблиця 4

	Маса	Початкова координата по X	Початкова координата по Y	Швидкість
Тіло 1	0.04	10	50	15
Тіло 2	0.01	10	300	-15

Таблиця 5

	Маса	Початкова координата по X	Початкова координата по Y	Швидкість
Тіло 1	0.02	550	150	1
Тіло 2	0.02	450	300	-10

Цікавий випадок траєкторії руху тіл реалізується, коли траєкторія одного тіла проходить «всередині» спіралеподібної траєкторії іншого. Маса «внутрішнього» тіла набагато більша ніж маса «зовнішнього» тіла. Крок обох спіралей однаковий, а амплітуда руху «внутрішнього» значно менша.

Цікавими є модельні експерименти в яких рівні маси тіл, а швидкості різні (рис.7).

Проведений модельний експеримент демонструє взаємодію двох тіл між якими діють сили притягання стосовно тіл, що рухаються біля спільного центру мас. Розглянуто ситуації з різними конфігураціями мас, швидкостей, координат, сил взаємодіючих об'єктів. Отримані модельні траєкторії рухів цих тіл є цікавими в контексті того, що модель може працювати, як в мікро, так і в макро світі. Зокрема, модель може пояснити рух супутника навколо планети або рух двох зірок навколо загального центру мас. Розгляд модельних траєкторій може дозволити розпізнати за виглядом експериментальних кривих ту чи іншу конфігурацію мас, швидкостей, координат, сил взаємодіючих об'єктів. Повсякденне життя такого досвіду не дає. Якісне порівняння експериментальних і модельних траєкторій може розкрити механізм взаємодії. Останнє дозволяє використовувати комп'ютерні моделі для пояснення сутності фізичних явищ, зробити узагальнення з масштабуванням процесів, які розглядаються.

Використання програмування в навчанні фізики завжди є складним завданням, як для учня, так і для викладача. Такий процес вивчення має справу з багатьма технічними та міждисциплінарними питаннями, а також вимагає синхронізації знань фізики, математики з інформатикою.

Комплексний підхід до викладання, коли інформатика та математика синхронізується з фізикою, демонструє методологію, яка ґрунтується на конструктивістському модельному підході до навчання. Це дає, з одного боку, можливість поглибити вивчення фізики, наповнити його математикою і інформатикою. З іншого боку, учні можуть провести серії експериментів з комп'ютерними моделями, які в умовах школи неможливо провести інакше.

При успішному поєднанні вивчення фізики, інформатики, та математики модельний підхід допомагає глибше розуміти суть фізичних процесів. Цей підхід сприяє взаємопоглибленню в кожній зі згаданих дисциплін, а також сприяє цілісному баченню фізики, математики та інформатики, як однієї тісно зв'язаної структури знань, в якій кожна з компонентів несе своє змістовне навантаження. З педагогічної точки зору, інтегрований модельний підхід може стимулювати учня відразу до вивчення декількох цивілізаційно важливих природничих дисциплін. Одним з важливих аспектів модельного підходу в навчанні є потужний вплив на учня в сенсі формування причинно-наслідкового, абстрактно-логічного, матеріалістичного мислення.

Висновки

- Створено аплікацію комп'ютерної моделі силової взаємодії двох тіл, що візуалізує на екрані в реальному часі і просторі взаємодії мікро і макро світу, які насправді можуть відбуватись надшвидко або надповільно. Проявилась зручність мови Visual Python для створення моделей такого виду.
- Проведено модельний експеримент для тіл між якими діють сили притягання і відштовхування. Розглянуті ситуації з різними конфігураціями мас, швидкостей. Отримані модельні траєкторії рухів. Проаналізовані модельні експерименти, в яких два тіла рухаються біля спільного центру мас. Такі моделі можуть пояснити різноманітні траєкторії рухів космічних тіл: зірок, планет, астероїдів, тощо.
- Зазначена важливість модельних експериментів в мікро і макро світі в шкільному курсі. Повсякденне життя не дає досвіду взаємодії тіл такого роду. Існує велика кількість експериментальних траєкторій мікро і макро світу. Якісне порівняння експериментальних і модельних траєкторій може розкривати механізм взаємодії. Останнє важливе для пояснення сутності відповідних фізичних явищ.
- Відмічено потужний вплив модельного підходу в навчанні на якість природничої ланки освіти. Зазначено, що цей підхід формує причинно-наслідкове, абстрактно-логічне, матеріалістичне мислення. Це сприяє цілісному баченню фізики математики та інформатики, як однієї тісно зв'язаної структури знань, в якій кожний з компонентів несе своє змістовне навантаження.

Список бібліографічного опису

1. Моделирование и интеграция сервисов хмаро орієнтованого навчального середовища: монографія / Копняк Н., Корицька Г., Литвинова С., Носенко Ю., Пойда С., Седой В., Сіпачова О., Сокол І., Спирін О., Стромилло І., Шишкіна М.; за ред. С.Г. Литвинової. Київ: ЦП «Компринт», 2015. 163 с.
2. Гриб'юк О. О. Дослідницьке навчання учнів предметів природничо-математичного циклу з використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем / О. О. Гриб'юк. Монографія. – Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2019. – 858 с.: іл.

3. Головін М.Б. Специфіка навчальних дій, що містять комп'ютерне моделювання фізичних процесів / М.Б.Головін, Н.А.Головіна. "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво" Луцьк, 2018. Випуск № 32 С. 10-18. <http://ki.lutsk-ntu.com.ua/node/139/section/4>
4. Головін М.Б. Модельний розгляд пізнавальних процесів, супутніх навчальному програмуванню / М.Б.Головін, Н.А.Головіна, Н. М. Головіна. Психологічні перспективи. - 2018. - Вип. 31. - С. 57-70. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ppst_2018_31_7
5. Фёдоров Д.Ю. Основы программирования на примере языка Python / Д.Ю.Фёдоров. Учебное пособие. — СПб.: Юрайт, 2018. — 167 с.
6. Гетманова Е.Е. Использование Visual Python для моделирования физических процессов / Е.Е.Гетманова . "Компьютерные инструменты в образовании". 2005. — №04. С. 43-47.
7. Майер Р.В. Задачи, алгоритмы, программы. [Электронный ресурс] /URL: <http://maier-rv.glazov.net>, <http://komp-model.narod.ru>.
8. Майер Р.В. Компьютерное моделирование физических явлений. — Глазов, ГГПИ: 2009. — 112 с.

References

1. Modelyuvannya j integraciya servisiv hmaro oryentovanogo navchal'nogo seredovishcha: monografiya / Kopnyak N., Koric'ka G., Litvinova S., Nosenko Y.U., Pojda S., Sedoj V., Sipachova O., Sokol I., Spirin O., Stromilo I., SHishkina M.; za red. S.G. Litvinovoï. Kiïv: С.Р «Komprint», 2015. 163 s.
2. Grib'yuk O. O. Doslidnic'ke navchannya uchniv predmetiv prirodochno-matematichnogo ciklu z vikoristannyam komp'yuterno oryentovanih metodichnih sistem . Monografiya. — Kiïv: NPU imeni M. P. Dragomanova, 2019. — 858 s.: il.
3. Golovin M.B. Specifika navchal'nih dij, shcho mistyat' komp'yuterne modelyuvannya fizichnih procesiv / M.B.Golovin, N.A.Golovina. "Komp'yuterno-integrovani tekhnologii: osvita, nauka, virobnictvo" Luc'k, 2018. Vipusk № 32 S. 10-18. <http://ki.lutsk-ntu.com.ua/node/139/section/4>
4. Golovin M.B. Model'nij rozglyad piznaval'nih procesiv, suputnih navchal'nomu programuvannyu / M.B.Golovin, N.A.Golovina, N. M. Golovina . Psihologichni perspektivi. - 2018. - Vip. 31. - S. 57-70. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ppst_2018_31_7
5. Fyodorov D.Yu. Osnovy programmirovaniya na primere yazyka Python . Uchebnoe posobie. — SPb.: YUrajt, 2018. — 167 s.
6. Getmanova E.E. Ispol'zovanie Visual Python dlya modelirovaniya fizicheskikh processov / E.E.Getmanova. "Komp'yuternye instrumenty v obrazovanii". 2005. — №04. S. 43-47.
7. Majer R.V. Zadachi, algoritmy, programmy. [Elektronnyj resurs] /URL: <http://maier-rv.glazov.net>, <http://komp-model.narod.ru>.
8. Majer R.V. Komp'yuterno modelirovanie fizicheskikh yavlenij. — Glazov, GGPI: 2009. — 112 s.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-04

УДК: 629.7.014

Єршов Владислав Володимирович, аспірант

<https://orcid.org/0000-0001-7402-3879>

Ізвалов Олексій Володимирович, кандидат тех. наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-4935-7153>

Неділько Сергій Миколайович, доктор тех. наук, професор

<https://orcid.org/0000-0003-0878-3313>

Неділько Віталій Миколайович, кандидат тех. наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0003-3595-6590>

Льотня академія Національного Авіаційного Університету

КОНЦЕПЦІЯ СИСТЕМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ПОЛЬОТОМ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Єршов В. В., Извалов О. В., Неділько С. М., Неділько В. М. Концепція систематизованого управління польотом безпілотних літальних апаратів. Розкрито концепцію систематизованого управління польотом безпілотних літальних апаратів. Визначено спектр оснащення безпілотних літальних апаратів різною технічною апаратурою. Зазначено, що управління польотом безпілотного літального апарату ґрунтується на формуванні єдиної системи взаємозв'язку всіх параметрів та датчиків. Кожен БПЛА в основі має певні контури управління, на кожен контур надходять параметри, що задаються і параметри з датчиків, встановлених на борту БПЛА, про поточний стан апарата. Схематично наведено контур управління кутовою стабілізацією безпілотного літального апарату. Описано структуру контуру управління орієнтацією безпілотного літального апарату. Контур складається з чотирьох блоків контролюючих крен, тангаж, ризикання і висоту. Запропоновано структуру блоку «змішування» управління рухом безпілотного літального апарату, цей блок приймає команди корекції для крену, тангажу, ризикання, висоти і «змішує» їх, відправляючи кожен поправку на правильний двигун. Окреслено блок динаміки двигуна безпілотного літального апарату, який обмежує вхідні команди від 0 до 100% дросельної заслінки, імітує поведінку обриву двигуна при дуже низькому дроселі і найбільш важливо застосовує лінійну залежність до сигналу відсотка дроселя, підкреслено, що вихід блоку – це число оборотів в хвилину для кожного двигуна в будь-який момент часу. Розроблено структурну схему безпілотного літального апарату. Для вирішення завдань систематизованого управління польотом безпілотних літальних апаратів обрана структура та описано обладнання, що входить у кожний рівень. Обґрунтовано аеродинамічний баланс безпілотного літального апарату, принцип його стабілізації полягає у збереженні постійного зчитування показань сенсорів і внесення відповідних змін до швидкості обертання кожного ротора. Управління безпілотним літальним апаратом здійснюється по 4-м осям: ризиканню за курсом, крену щодо поздовжньої осі, тангажу, висоті польоту.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, концепція, управління, політ, оператор, контур, динаміка, експлуатація, перешкоди.

Ершов В. В., Извалов А. В., Неделько С. Н., Неделько В. Н. Концепция систематизированного управления полетом беспилотных летательных аппаратов. Раскрыто концепцию систематизированного управления полетом беспилотных летательных аппаратов. Определены спектр оборудования беспилотных летательных аппаратов различной технической аппаратурой. Указано, что управление полетом беспилотного летательного аппарата основывается на формировании единой системы взаимосвязки всех параметров и датчиков. Каждый БПЛА в основе имеет определенные контуры управления, на каждый контур поступают параметры, задаваемые и параметры с датчиков, установленных на борту БПЛА, о текущем состоянии аппарата. Схематично приведены контур управления угловой стабилизацией беспилотного летательного аппарата. Описана структура контура управления ориентацией беспилотного летательного аппарата. Контур состоит из четырех блоков контролирующих крен, тангаж, рыскание и высоту. Предложена структура блока «смешивания» управления движением беспилотного летательного аппарата, этот блок принимает команды коррекции для крена, тангажа, рыскания, высоты и «смешивает» их, отправляя каждую поправку на правильный двигатель. Определены блок динамики двигателя беспилотного летательного аппарата, который ограничивает входные команды от 0 до 100% дросельной заслонки, имитирует поведение обрыва двигателя при очень низком дроселе и наиболее важно применяет линейную зависимость от сигнала процента дроселя, подчеркнуто, что выход блока - это число оборотов в минуту для каждого двигателя в любой момент времени. Разработана структурная схема беспилотного летательного аппарата. Для решения задач систематизированного управления полетом беспилотных летательных аппаратов выбрана структура и описаны оборудования, входящего в каждый уровень. Обоснованно аэродинамический баланс беспилотного летательного аппарата, принцип его стабилизации заключается в сохранении постоянного считывания показаний сенсоров и внесения соответствующих изменений в скорости вращения каждого ротора. Управление беспилотным летательным аппаратом осуществляется по 4-м осям: рысканию по курсу, крену относительно продольной оси, тангажу, высоте полета.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, концепция, управления, полет, оператор, контур, динамика, эксплуатация, препятствия.

Yershov V. V., Izvalov O. V., Nedilko S. M., Nedilko V. M. Concept of systematized flight control of unmanned aircraft

The concept of systematic flight control of unmanned aerial vehicles is revealed. The range of equipment of unmanned aerial vehicles with various technical equipment is determined. It is noted that the flight control of an unmanned aerial vehicle is based on the formation of a single system of interconnection of all parameters and sensors. Each UAV basically has certain control circuits, each circuit receives the parameters set and the parameters from the sensors installed on board the UAV, the current state of the device. The control circuit of the angular stabilization of the unmanned aerial vehicle is schematically shown. The structure of the control circuit

© Єршов В. В., Извалов О. В., Неділько С. М., Неділько В. М.

of the orientation of the unmanned aerial vehicle is described. The contour consists of four blocks controlling roll, pitch, yaw and height. The structure of the unmanned aerial vehicle motion control "mixing" unit is proposed, this unit receives correction commands for roll, pitch, yaw, height and "mixes" them, sending each correction to the correct engine. The engine dynamics of an unmanned aerial vehicle engine is outlined, which limits the input commands from 0 to 100% of the throttle valve, simulates the engine break behavior at a very low throttle and most importantly applies a linear relationship to the throttle percentage signal. for each engine at any time. The structural scheme of the unmanned aerial vehicle is developed. To solve the problems of systematic flight control of unmanned aerial vehicles, the structure is selected and the equipment included in each level is described. The aerodynamic balance of the unmanned aerial vehicle is substantiated, the principle of its stabilization is to maintain a constant reading of the sensor readings and make appropriate changes to the speed of each rotor. The control of the unmanned aerial vehicle is carried out on 4 axes: scrolling on the course, roll relative to the longitudinal axis, pitch, altitude.

Key words: unmanned aerial vehicle, concept, control, flight, operator, contour, dynamics, operation, obstacles.

Вступ та проблематика дослідження. Протягом останнього десятиліття на території України більшої актуальності набуває застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) [1]. БПЛА покликані вирішувати широкий спектр завдань цивільного застосування. Основними перевагами використання БПЛА є універсальність, гнучкість, відносно невеликі експлуатаційні витрати і виключення людського фактору при виконанні поставленого завдання [2]. Аналіз завдань, які виконуються за допомогою систем, що складаються з одиночних БПЛА, дозволяє зробити висновок про те, що застосування систем БПЛА є найбільш ефективним підходом у вирішенні різних завдань у всіх сферах життя сучасної людини.

Основною перевагою БПЛА є повне або часткове виключення людського фактору, що дозволяє мінімізувати ризик втрати людських ресурсів при виконанні поставленого завдання і виключити можливість загрози життю людини. До інших переваг використання безпілотного літального апарату можна віднести: зменшення вартості виконання робіт і меншу кількість регламентних операцій, в порівнянні з пілотованою технікою, відсутність необхідності у висококваліфікованій технічній допомозі при обслуговуванні.

Залежно від призначення і області застосування, безпілотний літальний апарат оснащується різною технічною апаратурою, що включає в себе різноманітні датчики, різнодіапазонні камери, іта інші засоби фіксування, отримання і передачі необхідної інформації. Для позначення цієї сукупності (БПЛА і його приладового оснащення), введено термін безпілотна авіаційна система (БАС). БАС так само включає в себе бортовий комплекс управління, корисне навантаження, тобто технічне оснащення, і наземний комплекс управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах сьогодення, концепція систематизованого управління польотом безпілотних літальних апаратів розглянута у багатьох наукових працях.

Б.П. Книш [1] наводить класифікацію відомих видів безпілотних літальних апаратів. В роботі розглянуто основні види безпілотних літальних апаратів та ознаки, по яких вони класифікуються, а саме – за масштабом завдань, що вирішуються, за масою, за тривалістю польоту, за практичною стелею польоту, за типом літального апарату, за базуванням, за використанням, за типом системи керування, за правилами польоту, за типом крила, за напрямком, за типом, за паливною системою, за типом паливного бака, за кількістю використань, за радіусом дії.

С. О. Бондар, О. В. Кожохіна, В. О. Боровик, Я. М. Ліндер, М. В. Коршунов [2] дослідили наявні комплекси групової безпілотної авіації, основні задачі їх застосування та, ґрунтуючись на цьому, вивели їх основні переваги та недоліки. Для компенсації найбільш значущих з них, провели порівняльний аналіз алгоритмів керування групою безпілотних літальних апаратів, як наявних, так і перспективних.

Ю. Г. Даник, О. В. Манько, В. В. Павлюк [3] розробили алгоритм, який забезпечує встановлення факту належності прийнятого радіовипромінювання до класу радіосигналів систем дистанційного керування безпілотними літальними апаратами з імпульсно-позиційною та імпульсно-кодовою модуляціями. Алгоритм базується на послідовних перевірках енергетичної, модуляційної та структурної ознак сигналу, передбачає можливість автоматичного виявлення сигналу та супроводження його за частотою.

В.І. Гриценко, О.Є. Волков, М.М. Комар, Ю.П. Богачук [4], дослідили головні аспекти оптимізації системи управління легкого безпілотного літального апарату за частотним критерієм, математично обґрунтував вибір напрямку руху та обхід перешкод.

Систему інформаційно-вимірювальну та управляючу малорозмірного безпілотного літального апарату підвищеної точності, обґрунтував схемами та розрахунком В.П. Бабенко [5].

Щодо автоматичного управління системою навігації безпілотного літального апарату, варто відмітити роботи: І. О. Кашаєва, О. А. Усачова, С. М. Новічонка, В. М. Петрова [6], О. В. Ярового [7], О. А. Мясіщева, В.В. Швеця [8], та ін.. Автори детально описують можливість застосування
© Єршов В. В., Извалов О. В., Неділько С. М. Неділько В. М.

автоматичного управління системою навігації БПЛА в умовах перешкод та механізми формування траєкторії польоту.

Також варто відмітити роботи так вчених як: Williams P., та Crump M [9] та Tang D., Li F., Shen N., і Guo S. [10].

Однак, питання обґрунтування концепції систематизованого управління польотом безпілотних літальних апаратів розглянуто не повною мірою та потребує додаткового дослідження.

Мета та задачі статті. Метою даного дослідження виступає розробка концепції систематизованого управління польотом безпілотних літальних апаратів. У рамках статті потрібно виконати наступні задачі:

- дослідити контур управління кутовою стабілізацією безпілотного літального апарату;
- розкрити сутність систематизованого управління польотом безпілотних літальних апаратів з наведенням блоку динаміки двигуна БПЛА;
- навести структурну схему управління польотом безпілотних літальних апаратів з відокремленням кожного блоку системи.

Виклад основного матеріалу. Управління польотом безпілотного літального апарату ґрунтується на формуванні єдиної системи взаємозв'язку всіх параметрів та датчиків. За допомогою пульта управління задаються початкові координати літального апарату g . На кожен контур надходять параметри, що задаються і параметри з датчиків, встановлених на борту БПЛА, про поточний стан апарата. У контурах формуються регулюючі дії, що передаються на мікшер, який в свою чергу подає керуючу напругу на кожен з двигунів.

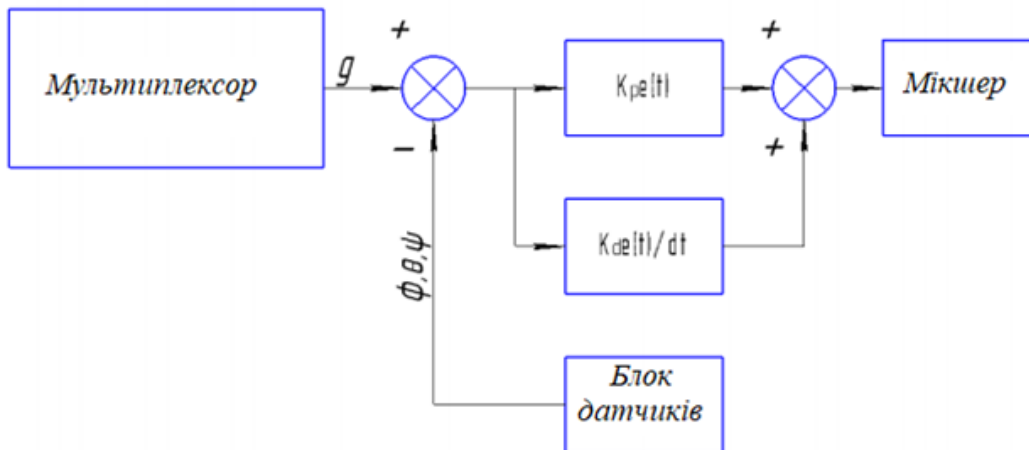


Рис. 1. Контур управління кутовою стабілізацією безпілотного літального апарату [10]

Після того, як блоком датчиків були отримані кути крену, тангажу і ролання, необхідно застосувати поправку до потужностей двигунів, для усунення можливого відхилення. Для досягнення цієї мети зазвичай застосовується ПД або ПД регулятор.

У даній системі застосовується ПД регулятор. ПД (пропорційно диференціальний) регулятор – алгоритм, який на основі відхилення від величини, в якій необхідно стабілізуватися, видає поправку на відповідні мотори.

Будемо вважати відхилення від необхідної величини в момент часу t рівним $e(t)$, тоді формула, наведена нижче, показує необхідну поправку. K_P , K_D - пропорційний і диференціальний коефіцієнти відповідно. У разі ПД регулятора інерціальна компонента дорівнює нулю. Динамічна помилка $e(t) = 0$.

$$u(t) = K_P e(t) + K_D \frac{de(t)}{dt}. \quad (1)$$

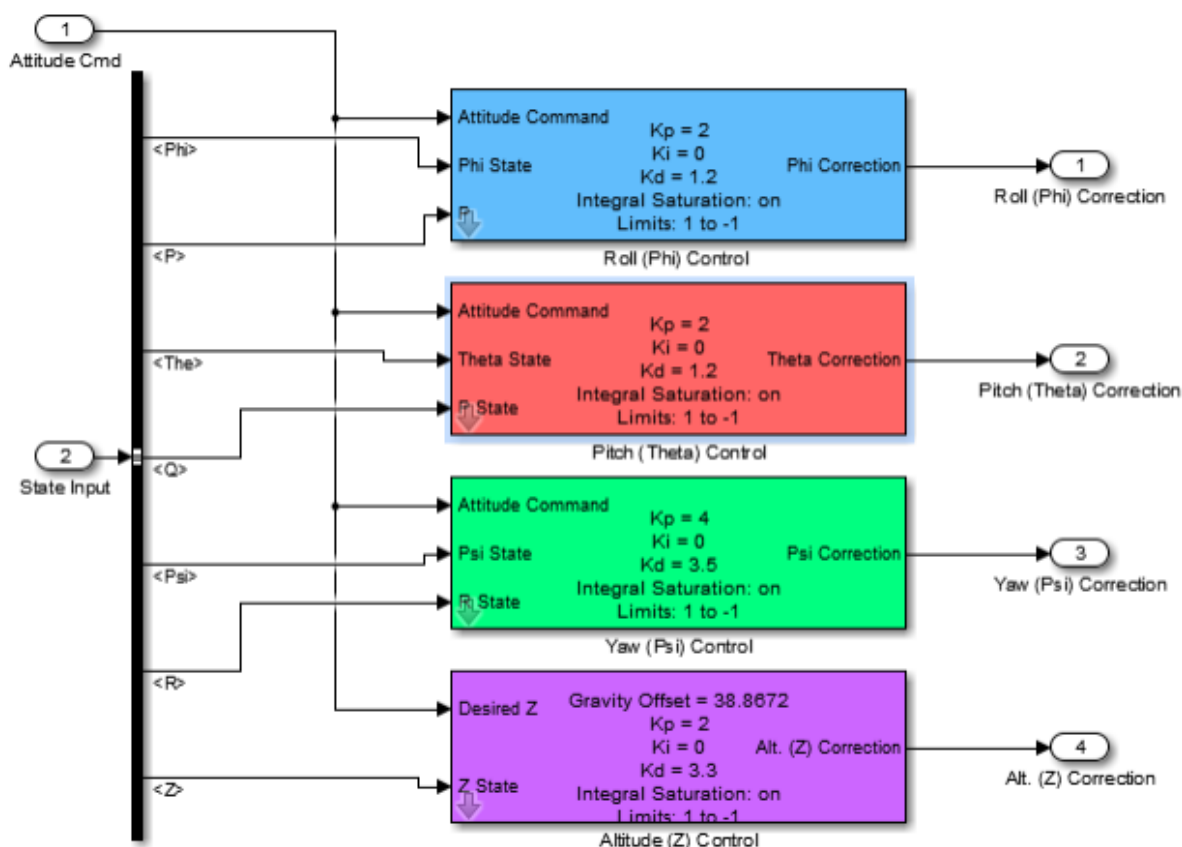


Рис. 2. Структура контуру управління орієнтацією безпілотного літального апарату [10]

Розглянемо блок управління орієнтацією безпілотного літального апарату в програмному забезпеченні Matlab Simulink. Контур складається з чотирьох блоків контролюючих крен, тангаж, рискання і висоту. Текст на передній частині цих блоків можна змінювати, щоб відобразити значення коефіцієнтів посилення ПД регулятора.

Цей блок (рисунок 3) приймає команди корекції для крену, тангажу, рискання, висоти і «змішує» їх, відправляючи кожну поправку на правильний двигун. На передній панелі представлена завантажена конфігурація «+». Призначення механізму перемикавання полягає в тому, щоб правильно керувати транспортними засобами «X» конфігурації і «+», Не використовуючи інший блок.

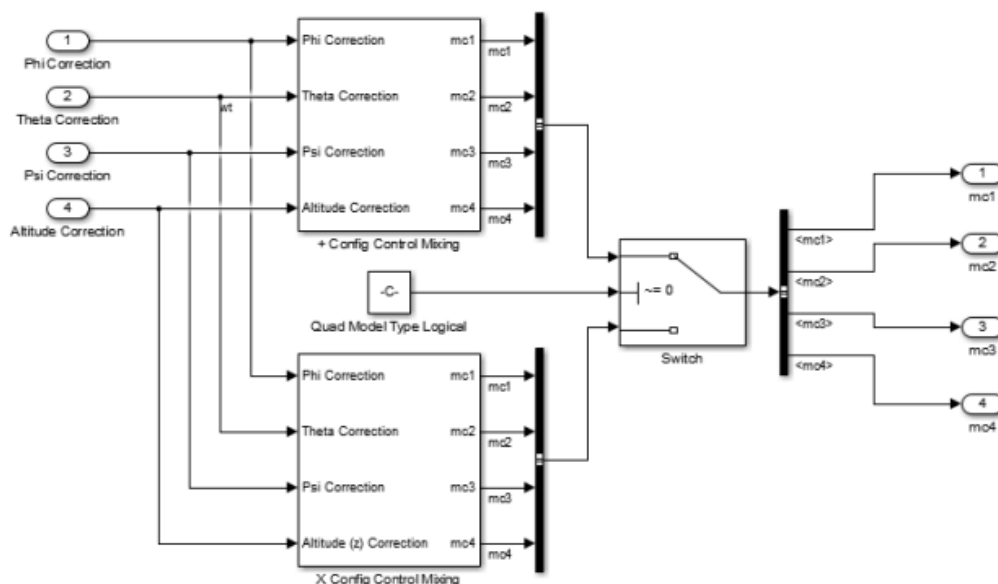


Рис. 3. Структура блоку «змішування» управління рухом безпілотного літального апарату [10]

Рівняння записуються поруч з кожним виходом для довідки. Слід зазначити, що ці вихідні сигнали виражені у відсотках дроселя.

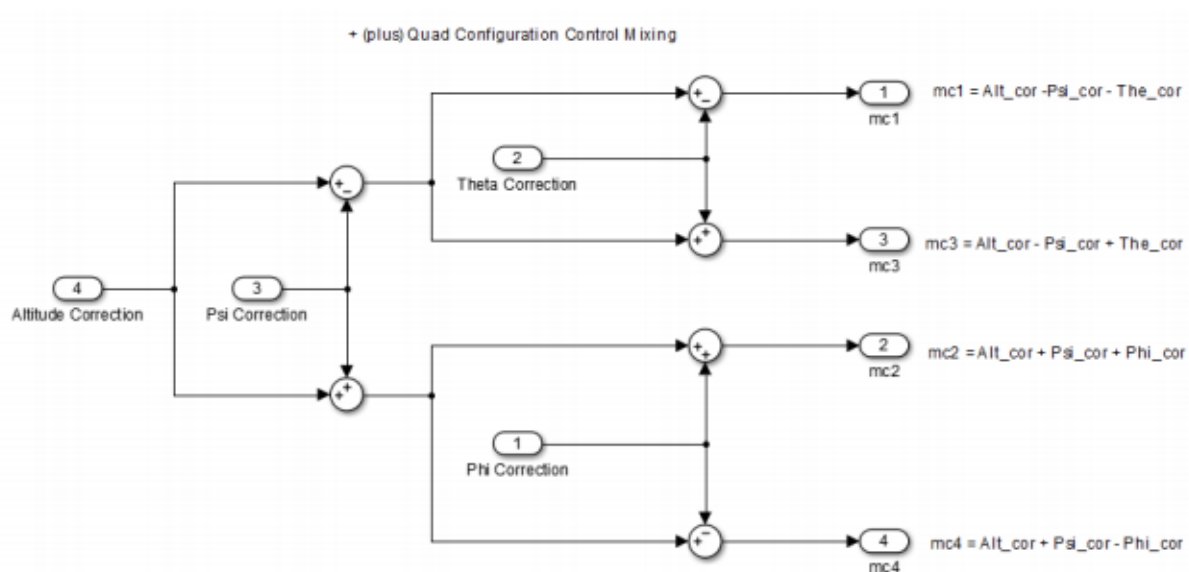


Рис. 4. Управління «+» конфігурацією [10]

Даний факт дозволяє налаштовувати контролер і очікувати такої ж продуктивності від модельованого безпілотного літального апарату для даної системи управління великою кількістю коефіцієнтів посилення, які можна отримати від реальної системи управління.

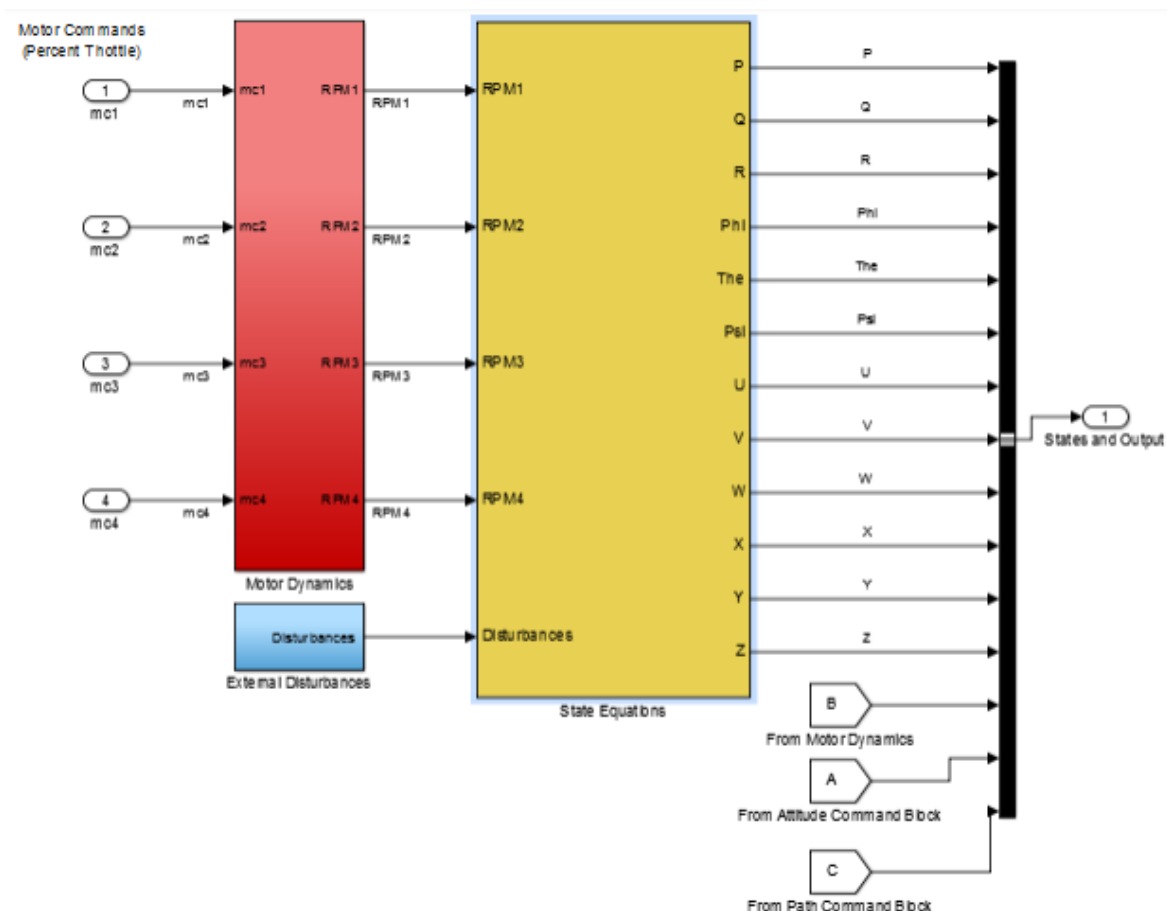


Рис. 5. Блок динаміки двигуна безпілотного літального апарату [10]

Блок динаміки двигуна обмежує вхідні команди від 0 до 100% дросельної заслінки (що є максимально можливим діапазоном сигналів управління дросельною заслінкою), імітує поведінку обриву двигуна при дуже низькому дроселі і найбільш важливо застосовує лінійну залежність CR і b до сигналу відсотка дроселя. Вихід блоку – це число оборотів в хвилину для кожного двигуна в будь-який момент часу [10].

У блоці State Equations моделюються основні рівняння, що описують динамічну поведінку безпілотного літального апарату.

Аеродинамічний баланс безпілотного літального апарату зберігається постійним зчитуванням показань сенсорів і внесення відповідних змін до швидкості обертання кожного ротора. З огляду на, що ручне управління чотирма окремими двигунами вкрай утруднено, за підтримку балансу БПЛА відповідає відповідна автоматична контрольна система. Управління БПЛА здійснюється по 4-м осям: курсанню за курсом, крену щодо поздовжньої осі, тангажу, висоті польоту. Структура системи контролю і регулювання польоту безпілотного літального апарату представлена на рисунку 6.

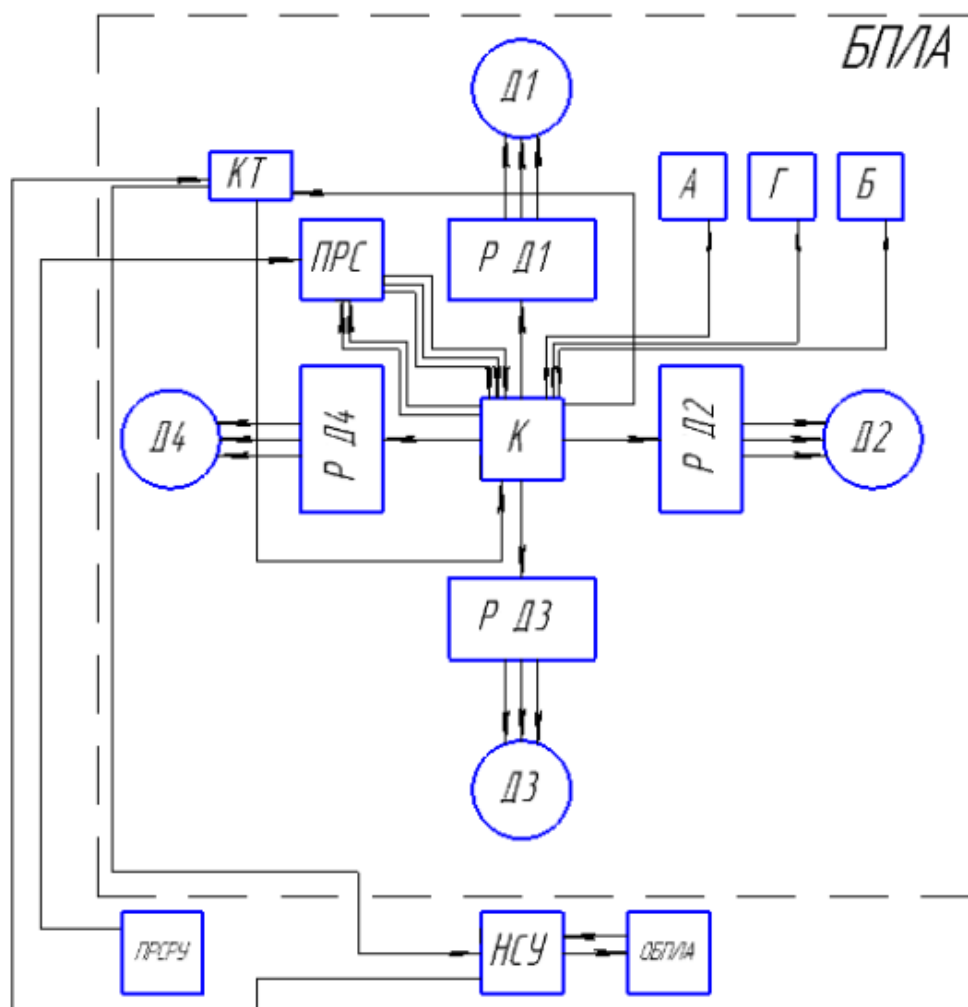


Рис. 6. Структурна схема БПЛА [9]

Для вирішення завдань систематизованого управління польотом безпілотних літальних апаратів обрана структура, яка включає в себе наступне обладнання:

- 1) нижній рівень:
 - інерційні датчики;
 - первинні засоби вимірювання;
 - приймач і передавач радіосигналу;
 - регулятори швидкості обертання ротора двигунів;
- 2) середній рівень:
 - польотний контролер;
- 3) верхній рівень:

– робоче місце оператора безпілотного літального апарату.

Таблиця 1

Розшифровка позначень на структурній схемі БПЛА

№	Позначення	Розшифрування
1	Р Д1	Регулятор швидкості обертання ротора першого двигуна
2	Р Д2	Регулятор швидкості обертання ротора другого двигуна
3	Р Д3	Регулятор швидкості обертання ротора третього двигуна
4	Р Д4	Регулятор швидкості обертання ротора четвертого двигуна
5	ПРС	Приймач радіосигналу
6	ПРСРУ	Передавач радіосигналу, ручне управління
7	НСУ	Наземна станція управління
8	ОБПЛА	Оператор безпілотного літального апарату
9	БПЛА	Безпілотний літальний апарат
10	КТ	Канал телеметрії
11	А	Акселерометр
12	Г	Гіроскоп
13	Б	Барометр

Висновки та перспективи подальших досліджень. Систематизоване управління польотом безпілотних літальних апаратів є головним напрямком реалізації ефективного та безпечного руху БПЛА в умовах експлуатації. Системне налаштування всіх контурів дозволяє здійснювати управління рухом БПЛА, як в стабільному стані, так і за умови виникнення перешкод.

Список бібліографічного опису

1. Книш, Б. П., Кулик, Я. А., & Барабан, М. В. (2018). Класифікація безпілотних літальних апаратів та їх використання для доставки товарів. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*, 3, 246-252.
2. Бондар, С. О., Кожохіна, О. В., Боровик, В. О., Ліндер, Я. М., & Коршунов, М. В. (2018). Перспективи та особливості групового використання безпілотних літальних апаратів. *Управляющие системы и машины*, 5, 25-37.
3. Даник, Ю. Г., Манько, О. В., & Павлюк, В. В. (2013). Алгоритм виявлення радіосигналів систем дистанційного керування безпілотними літальними апаратами. *Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем*, (7), 5-13.
4. Гриценко, В. І., Волков, О. Є., Комар, М. М., & Богачук, Ю. П. (2018). Інтелектуалізація сучасних систем автоматичного керування безпілотними літальними апаратами. *Кибернетика и вычислительная техника*, 1 (191), 45-59.
5. Бабенко В.П. Формування траси польоту бпла під час планування розвідувальних операцій. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019* (м. Харків, 15–17 травня 2019 р.: у 5 ч. Ч. V. / за ред. проф. Сокола Є.І. Харків: НТУ "ХПІ", 15-16.
6. Кашасв, І. О., Усачова, О. А., Новічонок, С. М., & Петров, В. М. (2019). Застосування безпілотних літальних апаратів для вирішення задач моніторингу об'єктів аеродромної інфраструктури. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*, (2), 48-58.
7. Яровий, О. В. (2018). Вибір оптимальних моделей безпілотних літальних апаратів та систем управління для виконання задач щодо моніторингу наземних об'єктів. *Молодий вчений*, (5 (1)), 190-196.
8. Мясіщев, О. А., & Швец, В. В. (2018). Режими польоту контролерів польоту arm 2.6 і pixhawk БПЛА. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. Хмельницьк, 1 (257), 78–82.
9. Williams, P., & Crump, M. (2012). All-source navigation for enhancing UAV operations in GPS-denied environments. In *Proceedings of the 28th International Congress of the Aeronautical Sciences*. Brisbane, September 2012.
10. Tang, D., Li, F., Shen, N., & Guo, S. (2011, August). UAV attitude and position estimation for vision-based landing. In *Proceedings of 2011 International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology* (Vol. 9, pp. 4446-4450). IEEE.

References

1. Knish, B. P., Kulik, J. A., & Baraban, M. V. (2018). Classification of unmanned aerial vehicles and their use for delivery of goods. *Bulletin of Khmelnytsky National University. Technical Sciences*, 3, 246-252.
2. Bondar, S. O., Kozhokhina, O. V., Borovik, V. O., Linder, J. M., & Korshunov, M. V. (2018). Prospects and features of group use of unmanned aerial vehicles. *Control systems and machines*, 5, 25-37.
3. Danik, Yu. G., Manko, OV, & Pavlyuk, VV (2013). Algorithm for detecting radio signals of remote control systems for unmanned aerial vehicles. *Problems of creation, testing, application and operation of complex information systems*, (7), 5-13.
4. Gritsenko, V. I., Volkov, O. E., Komar, M. M., & Bogachuk, Yu. P. (2018). Intellectualization of modern systems of automatic keruvannya by non-portable devices. *Cybernetics and Computing*, 1 (191), 45-59.
5. Babenko V.P. Formation of the route for the flight of the UAV before an hour of planning the development operations. *Information technologies: science, technology, technology, education, health: theses of the XXVII international scientific and practical conference MicroCAD-2019* (Kharkiv m., 15-17 May 2019: at 5 o'clock, Part V. / Ed. Prof. Sokola V.I. Kharkiv: NTU "KhPI", 15-16.

6. Kashaev, I. O., Usachova, O. A., Novichonok, S. M., & Petrov, V. M. (2019). The stagnation of non-portable devices for the transmission of tasks to the monitoring of aerodrome infrastructure. *Collection of Science Practitioners of Kharkiv National University of Powers*, (2), 48-58.
7. Yarovy, O. V. (2018). Vibir of the optimal models of non-powered lithal devices and control systems for monitoring tasks for monitoring ground-based facilities. *Molodiy Vchenii*, (5 (1)), 190-196.
8. Myasishchev, O. A., & Shvets, V. V. (2018). Moderate controllers for apm 2.6 and pixhawk UAVs. *Visnik of Khmelnytsky National University. Technical sciences. Khmelnytsk*, 1 (257), 78–82.
9. Williams, P., & Crump, M. (2012). All-source navigation for enhancing UAV operations in GPS-denied environments. In *Proceedings of the 28th International Congress of the Aeronautical Sciences*. Brisbane, September 2012.
10. Tang, D., Li, F., Shen, N., & Guo, S. (2011, August). UAV attitude and position estimation for vision-based landing. In *Proceedings of 2011 International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology* (Vol. 9, pp. 4446-4450). IEEE.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-05

УДК: 004.93'1: 004.032.26

Загородній Олександр Володимирович, спеціаліст кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій

<https://orcid.org/0000-0002-8649-1423>

Вінницький національний технічний університет

ПРИНЦИПИ МЕДИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ЗЛОЯКІСНОГО РАКУ ШКІРИ ЛЮДИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ.

Загородній О. В. Принципи медичної діагностики злоякісного раку шкіри людини за допомогою штучних нейронних мереж. Наведено принципи медичної діагностики онкологічних захворювань шкіри людини за допомогою штучних нейронних мереж. Розкрито аспекти розвитку штучного інтелекту, які дозволяють створювати на базі біологічних підходів інтелектуальні системи в різних областях застосування. Охарактеризовано етапи онкологічної діагностики, які є обов'язковими та мають фундаментальний вплив на подальше лікування пацієнта у разі діагностування злоякісного раку шкіри, результатом кожного з етапів є клінічний діагноз, морфологічний діагноз та патоморфологічний діагноз. Окреслено поняття меланоми та особливості її розвитку. Досліджено алгоритми автоматизованого комп'ютерного аналізу дерматологічних зображень, які забезпечують допомогу лікарям у постановці діагнозу та сприяють підвищенню точності діагностики. Розроблено структурну схему діагностування онкологічних захворювань шкіри людини за допомогою штучних нейронних мереж. В основі завдання диференціації патологій шкірних покривів людини лежить умовний поділ на 4 частини для вирішення завдань бінарної класифікації. Підкреслено, що навчання штучної нейронної мережі відбувається за допомогою наборів даних. Наголошується, що враховуючи завдання бінарної класифікації, у кожному напрямку застосування, наборам даних присвоюються мітки класу нуль та один, представлені у вигляді масиву. У статті розроблено детальний алгоритм, наведений у вигляді блок-схеми, здатний здійснювати постановку остаточного медичного діагнозу щодо захворювання шкіри на онкологічні патології за допомогою штучної нейронної мережі. Описаний алгоритм розроблений на основі штучних нейронних мереж, навчених вирішувати завдання бінарної класифікації. Результатом роботи штучної нейронної мережі є висновок приналежності вхідного значення до класів, на яких описана нейромережа проходила етап навчання.

Ключові слова: штучна нейронна мережа, інновації, механізм, діагностика, медицина, захворювання шкіри, злоякісна пухлина, онкологія, автоматизація.

Загородний А. В. Принципы медицинской диагностики злокачественного рака кожи человека с помощью искусственных нейронных сетей. Приведены принципы медицинской диагностики онкологических заболеваний кожи человека с помощью искусственных нейронных сетей. Розкрито аспекти развития искусственного интеллекта, позволяющие создавать на базе биологических подходов интеллектуальные системы в различных областях применения. Охарактеризованы этапы онкологической диагностики, которые являются обязательными и имеют фундаментальное влияние на дальнейшее лечение пациента в случае диагностирования злокачественного рака кожи, результатом каждого из этапов является клинический диагноз, морфологический диагноз и патоморфологический диагноз. Определены понятия меланомы и особенности ее развития. Исследовано алгоритмы автоматизированного компьютерного анализа дерматологических изображений, которые обеспечивают помощь врачам в постановке диагноза и способствует повышению точности диагностики. Разработана структурная схема диагностирования онкологических заболеваний кожи человека с помощью искусственных нейронных сетей. В основе задания дифференциации патологий кожных покровов человека лежит условное разделение на 4 части для решения задач бинарной классификации. Подчеркнуто, что обучение искусственной нейронной сети происходит с помощью наборов данных. Отмечается, что учитывая задачи бинарной классификации, в каждом направлении применения, наборам данных присваиваются метки класса ноль и один, представленные в виде массиву. У статьи разработан детальный алгоритм, приведенный в виде блок-схемы, способен осуществлять постановку окончательного медицинского диагноза по заболеванию кожи на онкологические патологии с помощью искусственной нейронной сети. Описанный алгоритм разработан на основе искусственных нейронных сетей, обученных решать задачи бинарной классификации. Результатом работы искусственной нейронной сети вывод принадлежности входного значения в классы, на которых описана нейросеть проходила этап обучения.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, инновации, механизм, диагностика, медицина, заболевания кожи, злокачественная опухоль, онкология, автоматизация.

Zahorodnii O. V. Principles of medical diagnostics of malignant human skin cancer using artificial neural networks.

The principles of medical diagnostics of human skin cancer using artificial neural networks are presented. Aspects of the development of artificial intelligence that allow creating intelligent systems based on biological approaches in various fields of application are disclosed. The stages of oncological diagnostics are characterized, which are mandatory and have a fundamental impact on the further treatment of the patient in the case of diagnosis of malignant skin cancer, the result of each of the stages is a clinical diagnosis, morphological diagnosis and pathologic diagnosis. The concept of melanoma and its development features are outlined. The algorithms of automated computer analysis of dermatological images that provide assistance to doctors in making a diagnosis and contribute to improving the accuracy of diagnostics are studied. A block diagram for diagnosing human skin cancer using artificial neural networks has been developed. The problem of differentiation of human skin pathologies is based on a conditional division into 4 parts for solving binary classification problems. It is emphasized that the artificial neural network is trained using data sets. It is noted that given the problems of binary classification, in each direction of application, data sets are assigned labels of class zero and one, represented as an array. In the article, a detailed algorithm described in the form of a flowchart is developed that is able to make a final medical diagnosis of skin diseases and oncological pathologies using an artificial neural network. The described algorithm is based on artificial neural networks trained to solve binary classification problems. The result of

the artificial neural network is the output of the membership of the input value of classes that describe the neural network passed the training stage.

Key words: artificial neural network, innovations, mechanism, diagnostics, medicine, skin diseases, malignant tumor, oncology, automation.

Вступ та постановка проблеми дослідження. В умовах сьогодення, зростає тенденція проектування систем штучного інтелекту на основі нейронних мереж, штучних імунних систем, еволюційного програмування та інших, біологічно інспірованих підходів. Це пов'язано з різними аспектами в розвитку штучного інтелекту. Перший полягає в здатності нейроінтелектуальних систем до навчання і самоорганізації, що дозволяє створювати на базі їх різні системи, що володіють властивістю адаптації до зовнішнього середовища. Другий аспект цієї проблеми характеризується здатністю нейроінтелектуальних систем після навчання узагальнювати і прогнозувати результати навчання. Таке узагальнення здійснюється шляхом інтеграції приватних даних, в результаті чого відбувається визначення закономірностей процесу. Третій аспект полягає в здатності таких систем вирішувати важко-формалізовані завдання, для яких не існує ефективного математичного алгоритму. Все це дозволяє створювати на базі біологічних підходів інтелектуальні системи в різних областях застосування. Такі інтелектуальні системи здатні до самоорганізації з метою адаптації до зовнішнього середовища.

Одним з найбільш затребуваних і перспективних напрямків впровадження розробок в даній області є вирішення завдань медичної діагностики такого розповсюдженого захворювання як меланома. Перш за все, це обумовлено великим обсягом і складним характером аналізованих даних, результати яких клініцист не може повною мірою осмислити і врахувати в своїх висновках [1]. Як показує практика, традиційні медичні системи діагностики не знаходять широкого застосування в лікувальних установах, незважаючи на досить високий рівень використання комп'ютерної техніки. Це в значній мірі пов'язано з особливостями медико-біологічної інформації щодо наявності та прогресування меланоми на тілі людини. Традиційні системи потребують детального опрацювання математичних алгоритмів, за допомогою яких кожна така система діагностики повинна вирішувати завдання класифікації і робити необхідні висновки (наприклад, ставити діагноз). Велика кількість факторів, що надають прямий і непрямий вплив на кінцевий результат діагностики, ускладнює створення нових алгоритмів, а вже розроблені алгоритми не володіють необхідною точністю і прийнятним часом роботи [2]. Саме на основі цього, на сьогодні, перспективним напрямком є застосування нейромережових технологій (НМТ) для вирішення завдань клінічної діагностики меланоми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Застосування методів штучного інтелекту для виявлення клінічної картини широко застосовується в медичній діагностиці. Щороку у наукових виданнях з'являється понад пів тисячі академічних публікацій щодо застосування штучних нейронних мереж в медичній практиці діагностування різних видів захворювань [3]. Згідно опублікованої літератури, штучні нейронні мережі є ефективним засобом для автоматичної діагностики захворювання і допомагають лікарю прийняти адекватне рішення, щодо стану пацієнта та подальших заходів лікування.

До питання розпізнавання змін властивостей об'єкта за зображеннями на основі штучних нейронних мереж детально підійшов І.В. Новосельцев [4]. Автором вирішена актуальна науково-практична задача побудови нейромережових методів розпізнавання і класифікації зміни властивостей зображень, які на відміну від існуючих, зменшують помилку розпізнавання і збільшують точність класифікації зображень в умовах апріорної і поточної невизначеності і наявності завад. У дисертаційній роботі вперше розроблено метод контролю зміни розмірів об'єкта за допомогою еталона з використанням властивостей перетворення подібності об'єктів, що дозволяє підвищити точність вимірювань.

М.І. Проценко, А.С. Васюра [5] розкрили застосування нелінійних систем передачі інформації в медицині. Досліджені фактори обробки інформації та формування діагнозу на основі отриманих даних.

Принципи застосування інформаційних технологій моніторингу та оцінки ефективності діагностики стану технічних і кардіосистем детально розглянула Т. М. Булана [6]. У практичній частині дисертаційного дослідження авторка пропонує алгоритм удосконаленої гібридної нейронної мережі та оптимізацію її параметрів. Даний підхід дозволив реалізувати механізми класифікації та кластеризації для підвищення точності кінцевих даних.

Проте, питання розкриття дієвих механізмів застосування штучних нейронних мереж у межах медичної діагностики злоякісного раку шкіри людини залишається відкритим та потребує детального опрацювання.

Постановка завдання.

У статті необхідно розкрити принципи медичної діагностики злоякісного раку шкіри людини за допомогою штучних нейронних мереж.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Онкологічна діагностика складається з трьох принципово важливих етапів: скринінг або рання діагностика (анамнез, неінвазія), як результат клінічний діагноз; морфологічний аналіз (гістологія, імуногістохімія, молекулярні дослідження), як результат морфологічний діагноз; патоморфологічний аналіз, як результат патоморфологічний діагноз. Недосконалість кожного з етапів впливає на остаточний діагноз та подальше лікування, саме тому точність є пріоритетною складовою у медичній діагностиці.

Меланома являє собою злоякісну пухлину переважно шкірної локалізації, вона, на сьогоднішній день, є одним з найнебезпечніших видів онкологічних захворювань.

Меланома є одним з типів раку серед всіх видів онкологічних захворювань, що найбільш швидко зростає кількісно, даний тип онкологічного захворювання здійснює найбільший внесок у смертність від усіх типів раку шкіри людини. Високий рівень смертності при захворюванні меланою, як правило, пояснюється пізньою діагностикою захворювання. У той же час, при виявленні на ранніх стадіях, хірургічне лікування дає хороші прогностичні результати і може забезпечити практично 100% виживаності.

У боротьбі зі смертністю від меланоми на перший план виходить вторинна профілактика або превентивна медицина, яка у сучасному світі доволі розвинена та повсюдно пропагується засобами масової інформації. Своєчасні огляди, терапія і контроль поширення рецидивів є при регулярному самостійному або дерматологічному обстеженні знижує смертність пацієнтів на 63% [7].

Сучасний розвиток технологій в області обробки зображень і машинного навчання дозволяє створювати системи на основі штучних нейронних мереж, що перевершують людину в задачах медичного діагностування раку шкіри пацієнта. Існують алгоритми автоматизованого комп'ютерного аналізу дерматологічних зображень, які дозволяють визначати межу, яскравість, діаметр і симетрію пігментації [8] і, тим самим, забезпечують допомогу лікарям для підвищення точності діагностики [9]. Останнім часом активно ведеться розробка систем, заснованих на технологіях штучного інтелекту, зокрема штучний нейронних мереж, дія яких направлена на можливість самостійного виявлення злоякісних утворень на ранній стадії [10]. Дослідження показують високий потенціал застосування нейромережових технологій для діагностики новоутворень шкіри людини.

Діагностування онкологічних захворювань шкіри людини за допомогою штучних нейронних мереж відбувається у відповідності до структурної схеми наведеної на рисунку 1.

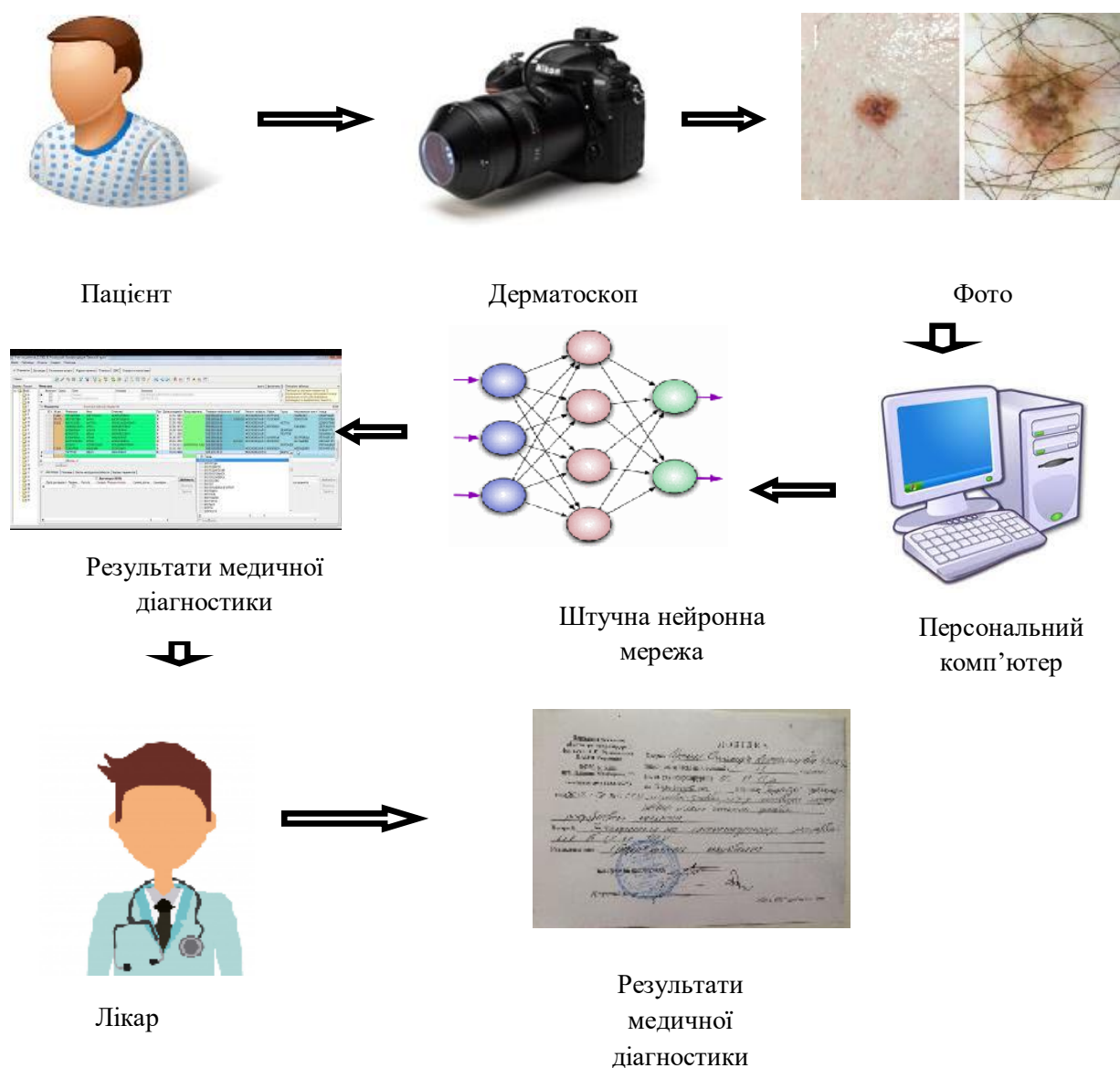


Рисунок 1 – Структурна схема медичної діагностики злоякісного раку шкіри людини за допомогою штучних нейронних мереж

** власна розробка автора*

Формально, завдання диференціації патологій шкірних покривів людини поділено на 4 частини. Штучна нейронна мережа навчається для вирішення завдань бінарної класифікації:

1. Меланома / базаліома (м/б).
2. Меланома / невус (м/н).
3. Базаліома/невус (б/н).
4. Доброякісні / злоякісні пухлини (д/з).

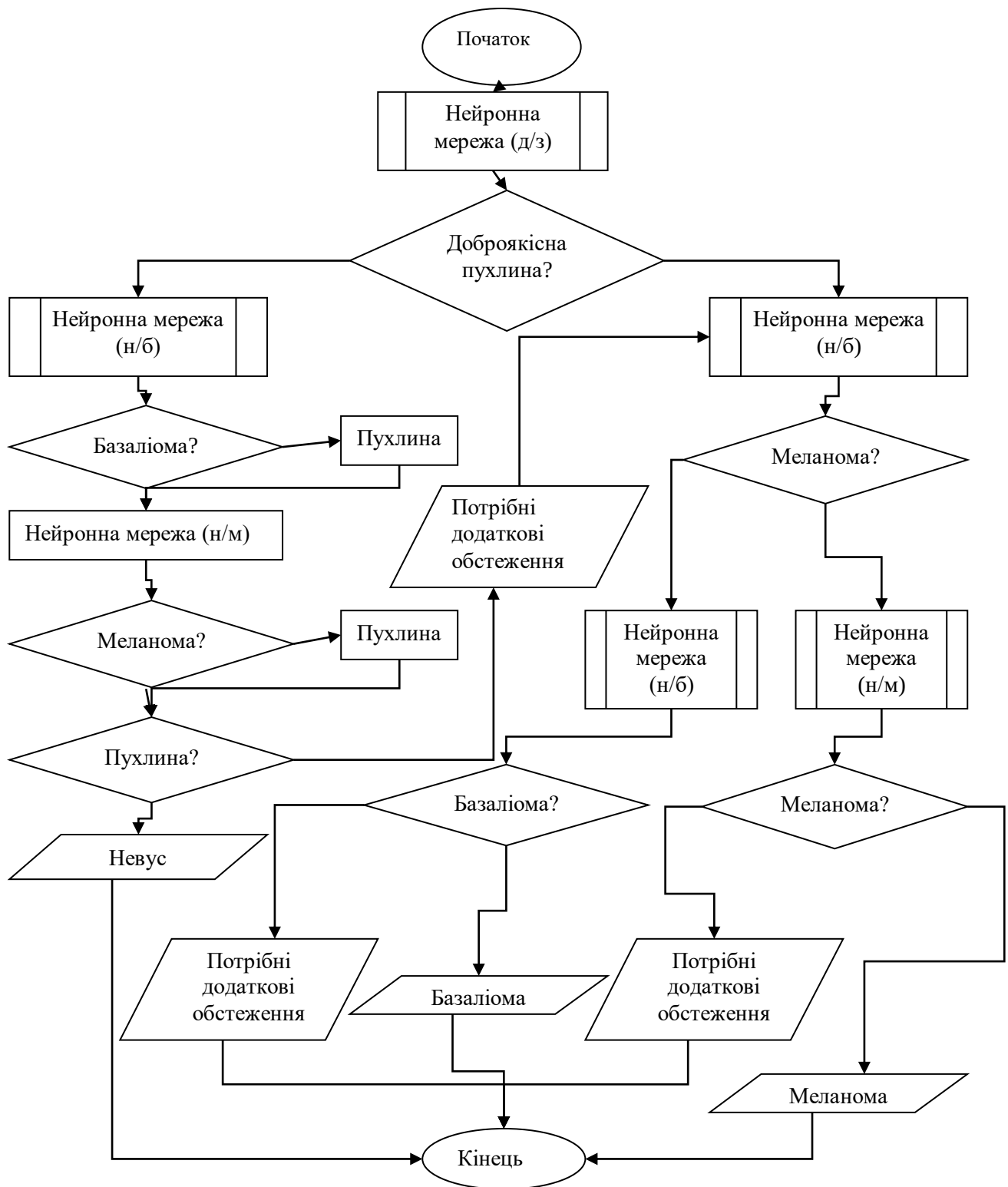


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритму постановки остаточного медичного діагнозу щодо захворювання шкіри за допомогою нейронної мережі

Навчання штучної нейронної мережі відбувається за допомогою наборів даних (одним з найбільших архівів зображень шкірних новоутворень є International Skin Imaging Collaboration (ISIC)), які складають вибірки необхідні для навчання нейронної мережі. Відповідно до завдання бінарної класифікації їм присвоюються мітки класу 0, 1, представлені у вигляді масиву.

На основі нейронних мереж, навчених вирішувати завдання бінарної класифікації розроблений алгоритм прийняття зваженого рішення щодо постановки остаточного медичного діагнозу.

Блок-схема алгоритму представлена на рисунку 2.

На виході нейронна мережа надає імовірнісний висновок приналежності вхідного значення до класів, на яких вона навчалася.

Питання розробки алгоритму заснованого на імовірнісному висновку нейронних мереж, а так само поліпшення існуючого алгоритму є перспективним напрямком подальших досліджень.

Висновки. У ході дослідження визначено принципи медичної діагностики захворювань шкіри людини за допомогою штучних нейронних мереж. Використання інтелектуальних систем такого типу для діагностики шкірних захворювань пацієнта надасть істотну підтримку в постановці діагнозу як дерматологам, так і лікарям загальної практики.

Крім того, з впровадженням діагностичних систем заснованих на штучних нейронних мережах стане можливим застосування експертних систем підтримки прийняття рішень, а також засобів віддаленого консультування, що розширить спектр впровадження.

Список бібліографічного опису

1. Шевченко А.І. (ред.) (2019). Онкологія: підручник. Вінниця: Нова Книга. 512 с.
2. Доля, Ю. О., Григоренко, С. В., Щербатюк, Т. М., Вітюк, Н. В., Дика, А. П., Конькова, Т. В., & Корчинський, О. Г. (2018). Клінічний випадок лікування раку шкіри носа. Оперувати чи опромінювати? , 26 (2), 124-125.
3. Бондар Г. В., Шевченко А. І., Галайчук І. Й. (2019). Онкологія: національний підручник для студентів медичних закладів вищої освіти. 2-ге вид., переробл. та допов. Київ: Медицина. 518 с.
4. Новосельцев, І. В. (2019). Методи та засоби розпізнавання змін властивостей об'єкта за зображенням на основі штучних нейронних мереж: дис. на здобуття наукового ступеню канд. техн. наук : 05.13.23 "Системи та засоби штучного інтелекту" / М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. Харків. 200 с.
5. Проценко М.І., Васюра А.С. (2020). Нейронні мережі в медицині. Вінницький національний технічний університет, URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/29316/8908.pdf?sequence=3> (дата звернення: 17.03.2020)
6. Булана Т.М. (2018). Інформаційні технології моніторингу й оцінки ефективності діагностування стану технічних та кардіосистем : дис. канд. техн. наук : 05.13.06 / Дніпров. нац. ун-т ім. Олеся Гончара. Дніпро165 с.
7. Меланома є основною причиною смерті від раку шкіри (2020) / Центр громадського здоров'я МОЗ України. URL: <https://www.phc.org.ua/news/melanoma-e-osnovnoyu-prichinoyu-smerti-vid-raku-shkiri>. (дата звернення: 17.03.2020)
8. Що треба знати про меланому (2020) / Міністерство охорони здоров'я України. URL: <https://moz.gov.ua/article/health/scho-treba-znati-pro-melanomu>. (дата звернення: 17.03.2020)
9. Булана Т., Молодець Б. (2020). Аналіз існуючих варіантів класифікації хворих на серцево-судинні захворювання за допомогою нейронних мереж. «Системні технології» «System technologies», 5 (130), 71-78.
10. Чумаченко О.І. (2019). Структурно-параметричний синтез гібридних нейронних мереж: дис. канд. техн. наук : 05.13.23 / Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Київ, 662 с.

References

1. Shevchenko A.I. (ed.) (2019). Oncology: a textbook. Vinnytsia: New Book. 512 s.
2. Dolya, Yu. O., Grigorenko, SV, Shcherbatyuk, TM, Vityuk, NV, Dika, AP, Konkova, TV, & Korchinsky, OG . (2018). Clinical case of treatment of nasal skin cancer. Operate or irradiate? , 26 (2), 124-125.
3. Bondar G.V., Shevchenko A.I., Galaychuk I.Y. (2019). Oncology: a national textbook for students of medical institutions of higher education. 2nd ed., Reworked. and additional Kyiv: Medicine. 518 s.
4. Novoseltsev, I.V.(2019). Methods and means of recognizing changes in the properties of an object by image based on artificial neural networks: dissertation for the degree of Cand. tech. Sciences: 05.13.23 "Systems and means of artificial intelligence" / Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv. nat. University of Radio Electronics. Kharkiv. 200 s.
5. Protsenko M.I., Vasyura A.S.(2020). Neural networks in medicine. Vinnytsia National Technical University, URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/29316/8908.pdf?sequence=3> (access date: 17.03.2020)
6. Bulana T.M.(2018). Information technologies of monitoring and an estimation of efficiency of diagnosing of a condition of technical and cardiac systems: dis. Cand. tech. Sciences: 05.13.06 / Dniprov. nat. Univ. Oles Honchar. Dnipro165 s.
7. Melanoma is the leading cause of death from skin cancer (2020) / Public Health Center of the Ministry of Health of Ukraine. URL: <https://www.phc.org.ua/news/melanoma-e-osnovnoyu-prichinoyu-smerti-vid-raku-shkiri>. (appeal date: 17.03.2020)
8. What you need to know about melanoma (2020) / Ministry of Health of Ukraine. URL: <https://moz.gov.ua/article/health/scho-treba-znati-pro-melanomu>. (appeal date: 17.03.2020)
9. Bulana T., Well done B. (2020). Analysis of existing options for classification of patients with cardiovascular diseases using neural networks. "System technologies", "System technologies", 5 (130), 71-78.
10. Chumachenko O.I. (2019). Structural-parametric synthesis of hybrid neural networks: dis. Cand. tech. Sciences: 05.13.23 / National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky". Kyiv, 662 p.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-06

УДК 004.896

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

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

Костючко Сергій Миколайович, к.т.н.

<https://orcid.org/0000-0002-1262-6268>

Ковальчук Павло Євгенович, студент

Пашук Владислав Юрійович, студент

Луцький національний технічний університет

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ РОБОТОМ-МАНІПУЛЯТОРОМ

Здолбіцька Н.В., Костючко С.М., Ковальчук П.Є., Пашук В.Ю. Система керування роботом-маніпулятором.

У статті описано реалізація моделі систем керування роботом-маніпулятором на базі Arduino та LEGO Mindstorms EV3 для навчальних цілей або невеликих виробничих операцій, яка є істотно вигіднішою в комерційному плані в порівнянні з існуючими промисловими аналогами. Розв'язано завдання проектування та складання механічних частин роботизованої системи, кінематики рухів вперед та назад, щоб контролювати положення та захват об'єкта, сортування за кольором. Розроблено програмне забезпечення для керування системою робота-маніпулятора.

Ключові слова: системи керування, робот-маніпулятор, проектування, сортування, Arduino, LEGO Mindstorms EV3, Python.

Zdolbitska N.V., Kostiuchko S.M., Kovalchuk P.E., Pashchuk V.Yu. Система управління роботом-маніпулятором. В статье описано реализация модели систем управления роботом-манipулятором на базе Arduino и LEGO Mindstorms EV3 для учебных целей или небольших производственных операций, которая существенно выгоднее в коммерческом плане по сравнению с существующими промышленными аналогами. Решена задача проектирования и сборки механических частей роботизированной системы, кинематики движений вперед и назад, чтобы контролировать положение и захват объекта, сортировки по цвету. Разработано программное обеспечение для управления системой робота-манипулятора.

Ключевые слова: системы управления, работ-манипулятор, проектирование, сортировка, Arduino, LEGO Mindstorms EV3, Python.

Zdolbitska N.V., Kostiuchko S.M., Kovalchuk P.E., Pashchuk V.Yu. Manipulator robot control system. The article describes the implementation of a model of control systems for a robot manipulator based on Arduino and LEGO Mindstorms EV3 for educational purposes or small manufacturing operations, which is significantly more profitable in commercial terms compared to existing industrial counterparts. Solved the problem of designing and assembling the mechanical parts of a robotic system, kinematics of forward and backward movements to control the position and capture the object, sorting by color. The software for controlling the robotic arm system has been developed.

Keywords: control systems, robot manipulator, design, sorting, Arduino, LEGO Mindstorms EV3, Python.

Постановка проблеми.

У даний час пріоритетним напрямком розвитку промисловості є автоматизація виробництва. Це спрощує процес керування, а також може замінити деякі процеси на виробництві, що в свою чергу сприяє значному зростанню його ефективності. Постійно зростає необхідність вдосконалення систем управління роботами-маніпуляторами. Зокрема такі маніпулятори використовуються у різних галузях: роботи-маніпулятори, що працюють з радіоактивними чи токсичними матеріалами, при виробництві мікропроцесорів, маніпулятори для складання різних деталей, крани-маніпулятори для установки, сортування, пакування та палетування, зварювальні маніпулятори, різні види різання, маніпулятори для пресування і формування елементів конструкції, в ливарному виробництві, укладка кабелю; для фарбування, нанесення герметиків та клеїв, та інші. Також використання роботів-маніпуляторів для діагностики та тестування обладнання, котрі виконуються з високою надійністю, швидкістю і точністю.

Відбувається значне зростання якості продукції, що виробляється, за рахунок підвищення точності виконання технологічних операцій, з'являється можливість виключити людський фактор, шляхом зниження відсотку браку і зменшення певних невиробничих витрат, включаючи оплату понаднормових робіт і простоїв, і цим самим знизити собівартість продукції, можливість скорочення кількості робітників, що задіяні в різноманітних сферах виробництва, зменшити вплив шкідливих факторів на персонал підприємств. Основним пріоритетом автоматизації підприємств є впровадження роботизованих систем, що складаються з механічних маніпуляторів. Постійно з'являється все більше задач і процесів для автоматизації яких необхідно керування мікропроцесорними системами. Найпростішою, ефективною, істотно більш вигідною в комерційному плані в порівнянні

з існуючими промисловими аналогами є демонстрація можливості реалізації моделі керуванням маніпулятором на базі Arduino [2,8].

У даний час пріоритетним напрямком розвитку є мехатроніка, як область науки і техніки, що базується на поєднанні механічних, електротехнічних і комп'ютерних компонент. Це в свою чергу забезпечує проектування і виготовлення нових якісних пристроїв з інтелектуальним керуванням для функціональних рухів [4,5,6].

Одним з напрямків розвитку сучасних технологій – це створення автономних роботів, поведінка яких повинна слідувати принципам, на яких ґрунтується поведінка живих організмів. Математичне моделювання поєднується з біонікою і штучним інтелектом. Однак, робот-маніпулятор дещо відрізняється від звичайних математичних моделей поведінки тварин [7].

В значній мірі сучасні промислові роботизовані пристрої – це маніпулятори для переміщення об'єктів в просторі, закріплені на основі, що призначені для виконання однотипної роботи, що приводить до збільшення продуктивності праці.

Великого значення набуло дослідження системи дистанційного керування рухом ланок робота-маніпулятора, що базується на основі персонального комп'ютера і контролера управління рухом робочих вузлів робота-маніпулятора. Досліджено технологію роботи робота і здійснено розробку програмного і технічного забезпечення для системи дистанційного керування роботом-маніпулятором [3].

У даний час найвідомішим виробником роботів є iRobot Corporation, що спеціалізуються на проектуванні та випуску робототехнічних систем. Роботів також виробляють такі компанії Sony, Yaskawa Motoman, ABB, Honda, KUKA, World Demanded Electronic та інші.

У власних розробках ці компанії використовують закриті рішення, що значно обмежує можливості з боку кінцевого користувача, хоч такий підхід дозволяє виробнику гарантувати працездатність робота-маніпулятора [1].

Викладення основного матеріалу і обґрунтування отриманих результатів.

Проектування будь-якого технічного об'єкта – це комплекс процесів проектування, створення, удосконалення форми цього об'єкта, розробка технічної пропозиції та технічного завдання, що забезпечують необхідні потреби і реалізацію у вигляді проектною документації.

Розглянемо стадії та етапи проектування робота-маніпулятора.

1. Конструкторське проектування, що передбачає розробку механічної частини робота-маніпулятора. Необхідно визначитися з вибором матеріалу для виготовлення деталей, знаряддя праці проектувальника.

2. Засоби проектування. Потрібно вибрати елементи системи керування: мікроконтролер, необхідне програмне забезпечення.

3. Спосіб керування роботом-маніпулятором: ручне (копіююче); з автоматичним програмним управлінням.

Програмне керування відтворює рухові і розумові функції людини при виконанні виробничих процесів, або для обслуговування технологічних процесів та автоматизації робіт на підприємстві.

Програмне керування – один з найпростіших способів системи керування, у цьому випадку всі дії жорстко фіксовані і повторюються з певною періодичністю.

Переважає більшість сучасних роботів-маніпуляторів програмується за допомогою мікроконтролерів. Контролер – це пристрій управління і контролю процесами комп'ютерної системи, в яку він вбудований. Мікроконтролер перетворює код програми в керуючі сигнали і передає на зовнішні пристрої. Потім із зовнішніх пристроїв він отримує дані про дії робота, це дає змогу самостійно контролювати деякі дії системи. Спосіб керування робота-маніпулятора безпосередньо залежить від його призначення.

На даний час використовується багато методів програмування роботів на базі LEGO® Mindstorms EV3, Arduino, роботами на базі ARM7 та ARM9 та іншими.

Програмування роботів можливе з використанням мов Arduino C / C++ та Java та інших. Для цього необхідно описати завдання робота таким чином, щоб робот міг їх обробляти за допомогою давачів та здійснювати відповідні рухи.

Роботи-маніпулятори з адаптивною системою управління оснащені давачами. Сигнали, що передаються давачами, аналізуються і залежно від результатів приймається рішення про подальші дії, перехід до наступної дії тощо.

Поширеними є також дистанційні системи керування. Зручнішим та ефективнішим є віддалене управління роботом-маніпулятором з використанням Wi-Fi або Bluetooth на виробництві з

шкідливими умовами праці для працівників, де таке управління буде найбільш прийнятне. Наприклад, робот для розмінування з дистанційним керуванням.

Підсилити системи дистанційного керування рухом ланок робота-маніпулятора можна з допомогою веб-камер, слідкуючи за їх роботою у режимі реального часу через online-пристрої доступу або мобільні ідентифікатори [9].

Маніпулятори складаються з рухомих ланок двох видів:

- ланки, що забезпечують рух у просторі;
- ланки, що забезпечують поворот.

Складовою частиною роботів-маніпуляторів, хоч і необов'язковою, є захоплювальні пристрої. Часто використовуються також захоплювачі з пневматичним присмоктуванням для зутримання плоских предметів. Іноді для захоплення множини однотипних деталей у промисловості застосовують спеціальні конструкції. Є можливість використання робочих інструментів замість захоплювальних пристроїв в маніпуляторах.

Будь-який робот-маніпулятор складається з кількох вузлів або ланок, що приводять у рух відповідні механізми. Для переміщення складових ланок роботів-маніпуляторів найчастіше застосовують крокові двигуни або сервоприводи різної потужності, в залежності від виду призначення робота.

Одними з основних характеристик працездатності роботів-маніпуляторів є: маневреність, надійність захвату, швидкість руху, число ступенів свободи, енергетичні показники, вантажопідйомність, міцність деталей захватних пристроїв, недопустимість руйнування або пошкодження об'єктів, легкість і швидкість заміни елементів захватних пристроїв, необхідність розрахунку автоматичної зміни зусиль утримання об'єкта в залежності від його розмірів і маси.

Пристрої захвату в маніпуляторів служать для захвату і утримання в необхідному конкретному положенні об'єктів маніпулювання, що можуть мати різну масу, форму, габаритні розміри і характеризуватися різними фізичними властивостями. Прикладами захватних пристроїв можуть бути монтажні інструменти (ключі, тиски, сверла та ін.)

На даному етапі розвитку суспільства розрізняють три способи програмування роботів-маніпуляторів: написання програм; методом навчання; самонавчальні.

Одним з найперспективніших напрямів кар'єрного розвитку на даний час є програмування. Технологічний розвиток швидкими темпами упевнено крокує в напрямку розробки кіберфізичних систем усіх сфер виробництва та споживання.

Поєднуючи сучасні методи в навчанні та інтерактивні роботи відкриваються нові можливості вивчати програмування, застосовуючи їх до реальних задач сучасного світу, знайомлячись із технологіями, які нас оточують.

Для прикладу, було побудовано відносно недорого та просту систему, яка має 4 ступені свободи, завдяки цьому ця конструкцію є більш доступною. Цим роботом-маніпулятором можна керувати в ручному режимі за допомогою джойстиків або програмувати для роботи в повністю автоматичному режимі.

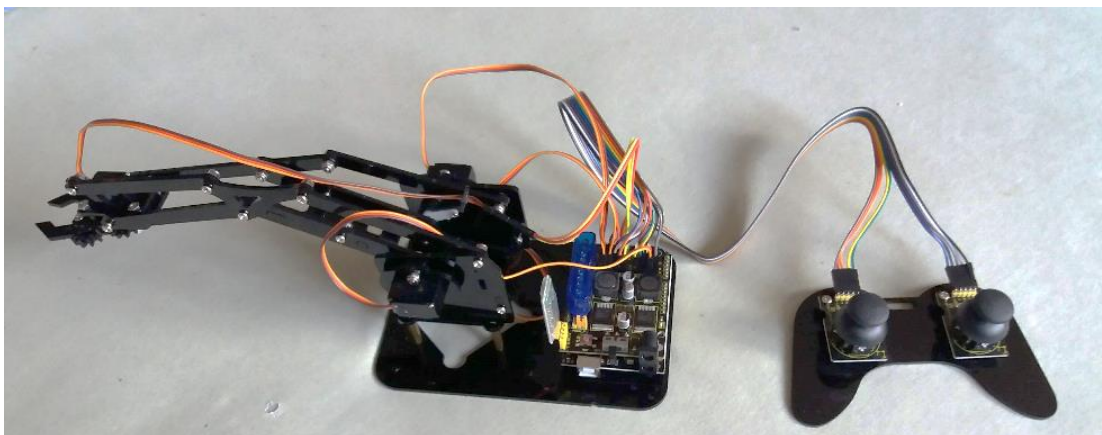


Рис. 1. Вигляд конструкції робота-маніпулятора з підключеними джойстиками керування

Дана система керування роботом-маніпулятором розроблена з використанням наступних кроків проектування необхідної системи.

Крок 1: збір необхідного обладнання, включаючи необхідні матеріали та інструменти.

Крок 2: підключення обладнання.

Крок 3: програмування управління робота-маніпулятором.

Алгоритм роботи з маніпулятором реалізовано у вигляді скетчу для платформи Arduino. Робота з маніпулятором передбачає переміщення його захвату у трьохвимірному середовищі. Керування здійснюється з допомогою двох джойстиків. З їх допомогою здійснюються повороти по трьох осях, захват/відпускання об'єкта за допомогою імпровізованої клешні-захвату, а також можливість програмування до 10-ти (чи більше, обмежено програмним кодом) операцій-переміщень, які будуть циклічно повторюватися маніпулятором, доки цикл не буде перерваний оператором.

Основний робочий цикл програми містить повторні ініціалізації необхідних портів та змінних, опитування джойстиків. При натисненні правого джойстика (як кнопки), здійснюється зчитування положення усіх чотирьох сервоприводів та збереження зчитаної інформації у масивах. При натисненні лівого джойстика (як кнопки), здійснюється зчитування даних про положення сервоприводів із масивів у оперативній пам'яті контролера.

Якщо маніпулятор працює в циклі повторення операцій із пам'яті, то вихід із циклу реалізовано шляхом натискання правого джойстика (як кнопки). Відповідно буде зупинено виконання на поточному етапі циклу повторення, змінено змінні ініціалізації та вихід до базового циклу програми.

```
z1 = digitalRead(right_key); // зчитування значення правого джойстика
if(z1==1) // перевірка натиснутої кнопки джойстика
{
    delay(10); //антидрижання
    if(z1==1) // повторна перевірка натиснутої кнопки джойстика
    {
        pos1=jiyi1[(j-1)]; // привязка позиції поточної до позиції із масиву
        pos2=jiyi2[(j-1)]; //
        pos3=jiyi3[(j-1)];
        pos4=jiyi4[(j-1)];
        i=0; // занулення кількості позицій повтору у пам'яті
        z2=0; //
        break; //вихід з циклу повторення операцій з пам'яті
    }
}
```

Наступний фрагмент коду описує ідентифікацію та керування чотирма сервоприводами, в залежності від їх функціонального призначення та зчитаних значень із джойстиків.

```
claw(); // керування механізмом захвату
turn(); // поворот навколо вертикальної осі
upper_arm(); // підйом/опускання вгору/вниз
lower_arm(); // витягування/втягування маніпулятора
```

Після завантаження в пам'ять контролера ардуїно робочої програми-скетча, отримаємо робототехнічну систему – маніпулятор із програмованими рухами та керуванням за допомогою джойстиків.

Маніпулятор може працювати в двох режимах: ручному та автоматичному.

Ручний режим.

Після підключення живлення, рука робота приймає запрограмоване початкове положення. Для початку роботи потрібно натиснути відповідні джойстики для переміщення руки у задане положення.

Робота лівого джойстика зводиться до керування клешнею-захватом (рух вліво-вправо), та переміщення по горизонталі (вильот стріли).

Робота правого джойстика зводиться до керування поворотом навколо вертикальної осі (за/проти годинникової стрілки) усієї платформи (правий джойстик ліворуч/праворуч), та переміщення по вертикалі (підйом/опускання клешні-захвату).

Автоматичний режим.

Автоматичний режим реалізується за допомогою програмування послідовності рухів із занесенням їх в оперативну пам'ять маніпулятора. Програмування функцій пам'яті здійснюється за допомогою правого (Z1) та лівого (Z2) джойстиків – використовуючи їх як додаткові функціональні кнопки.

Алгоритм програмування послідовності дій маніпулятора здійснюється наступним чином. Після ввімкнення живлення, маніпулятор прийме початкове положення, яке визначається в коді

програми. Після цього, за допомогою джойстиків необхідно встановити потрібне початкове положення клешні-руки. Далі натиснути клавішу Z1 правого джойстика, щоб зберегти значення кутів для усіх 4-х сервоприводів. Натискати клавішу Z1 потрібно після кожного базового руху-повороту, щоб запам'ятати різні положення, максимум 10 положень-поворотів (кількість положень можна змінити у коді програми).

Після успішного запам'ятовування послідовності кроків-поворотів, натиснути клавішу Z2 лівого джойстика, щоб рука робота виконувала послідовність позицій, які занесені в пам'ять маніпулятора. Послідовність буде виконуватися циклічно. Цикл виконання можна перервати з допомогою тривалого натискання клавіші Z1 правого джойстика. Знову натиснувши клавішу Z1 правого джойстика, почнеться процедура запам'ятовування поточної позиції маніпулятора. Натискання клавіші Z2 призведе до виконання дій занесених в пам'ять системи маніпулятора.

Задача сортування є типовою задачею в робототехніці. Для вирішення якої потрібно вибрати платформу, розробити або використати існуючу та середовище програмування.

Крім створення самої моделі дуже важливим є побудова програмного забезпечення. Можливі кілька способів створення алгоритмів, серед них програмне середовище Mindstorms Ev3, що являє собою графічний спосіб опису алгоритмів, при цьому алгоритм створюються у вигляді набору різних блоків, або Python.



Рис. 2. Вигляд конструкції робота-сортувальника

Але крім створення програм необхідно також й апробувати їх на самому роботі. Перш за все, для запуску програм, які створені за допомогою мови Python, на мікрокомп'ютері Ev3 необхідно встановити спеціальні інструменти на карту microSD, завдяки чому і можна буде виконувати програмне забезпечення на розумному блоці. По-перше необхідно завантажити на комп'ютер спеціальний образ, який необхідно буде встановити на носій використавши додаток для запису образів на диск, для запуску програм на роботизованій системі.

При створенні моделі використовують крім стандартного набору LEGO Mindstorms Ev3, сумісний з ним набір LEGO Technic. Завдяки цьому набору можна буде здійснювати переміщення деталі певного кольору на задане місце. Для побудови конструкції робота необхідні два механічні приводи для піднімання стріли, та велике зубчасте колесо, яке здійснює обороти робота-маніпулятора. До цих елементів і будемо під'єднувати наші мотори. Доцільно буде використати саме середні мотори, адже вони не є великими за обсягом та їхньої обертальної сили буде цілком достатньо для виконання поставлених задач. На кінці стріли присутній маніпулятор завдяки якому і можна здійснювати захоплення потрібних елементів для сортування. Також всю модель можна привести в рух завдяки гусеничним опорам. Для відтворення необхідних рухів потрібно під'єднати мотори в місцях, які приводять механізм у дію. Один мотор розміщено знизу біля зубчастого колеса, ще один біля механізму, який приводить в рух стрілу (опускає та піднімає її). Стріла буде рухатися тільки одним приводом через нестачу вільних портів у самому блоці. Ще один мотор буде відповідати за роботу маніпулятора. Для роботи механізмів будемо використовувати середні мотори, адже вони є компактними і також доволі потужними, а вже для руху самої моделі з'єднаємо гусеничну базу з великим мотором. Для розширення функціоналу можна паралельно підключити ще

© Здолбівська Н.В., Костючко С.М., Ковальчук П.Є., Пашук В.Ю.

один розумний блок, що дасть змогу збільшити доступну кількість портів для моторів та давачів, але в даному випадку це буде не доцільним через те, що сама модель стане дуже громіздкою та лишиться багато невикористовуваних портів.

Роботу-сортувальнику потрібно розпізнавати об'єкти які потрібно підбирати та розпізнавати. Для розпізнавання елементів можна використовувати такі два давачі: інфрачервоний давач та давач кольору. Завдяки інфрачервоному давачеві можна знаходити об'єкти, які будуть вирізнятися на рівній площині. А завдяки давачу кольору буде розрізняти елементи за їхнім кольором.

Для реалізації нашого програмного забезпечення ми ініціалізували мотори, давач кольору та дотику разом з інфрачервоним давачем. Для цього підключили необхідні бібліотеки.

В основі пошуку елементів лежить інфрачервоний давач. Прикріпивши даний давач до стріли і направивши донизу можна виявляти будь-які нерівності на поверхні. Таким чином розмістивши на рівній поверхні потрібні елементи даний давач буде їх знаходити, що й буде приводити до певних дій. Для прикладу в стоячому положенні, коли великий мотор простоє, середній мотор буде приводити в рух велике зубчасте колесо, яке в свою чергу змушує робота обертатися.

Створено роботизовану модель, яка здатна здійснювати сортування об'єктів за певними характеристиками, а саме за їх кольором. Для цього було використано платформу Lego MINDSTORMS Ev3, яка запрограмована інструментами MicroPython.

Висновки

Здійснена реалізація моделі систем керуванням маніпулятором на базі Arduino та платформі Lego MINDSTORMS Ev3 для навчальних цілей або невеликих виробничих операцій, яка є істотно вигіднішою в комерційному плані в порівнянні з існуючими промисловими аналогами. Розв'язано завдання проектування та складання механічних частин роботизованої системи, кінематики рухів вперед та назад, щоб контролювати положення та захват об'єкта.

Розроблено програмне забезпечення для керування системою робота-маніпулятора. Даний програмно-апаратний комплекс може бути впроваджений в навчальний процес для вирішення поставлених прикладних завдань в навчальних лабораторіях кафедри, зокрема керування роботом-маніпулятором для здійснення певних операцій автоматизації процесів та використання його для контролю, застосувавши відповідні давачі, наприклад ультразвукові, кольору і т.д. Що в свою чергу розвиває у студентів творчий потенціал, навички абстрактного мислення та послідовного вирішення проблем, вчить інноваційності, міжособистісної взаємодії. Поєднання інтерактивних роботів і сучасних методів у навчанні дає можливість на новому рівні вивчати програмування та відразу ж застосовувати у реальному світі, знайомлячись із новими технологіями, що нас оточують. У такий спосіб зростає інтерес до навчання в цілому, а це, безперечно, дає можливість розкрити безмежний потенціал молодого покоління.

Список бібліографічного опису

1. Варков А.А., Разработка и исследование системы управления манипуляционным промышленным роботом на базе контроллера, [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://lib.eltech.ru>.
2. Голубев Л.П., Вовк Д.М. Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи управління роботом-маніпулятором [Електронний ресурс]. Технології та дизайн. – 2019. – № 3. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2016_3_6
3. Голубев Л.П., Чумак Б.І. Дистанційне керування роботом-маніпулятором [Електронний ресурс]. Технології та дизайн. – 2019. – № 2. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2019_2_10
4. Егоров О.Д. Прикладная механика мехатронных устройств: учебное пособие. - М.: ФГБОУ ВПО МГТУ "СТАНКИН", 2013. – 229 с.
5. Здолбіцька Н.В., Ковальчук П.Є. Система керуванням маніпулятором. Міжнародний науково-практичний семінар молодих вчених та студентів Програмовані логічні інтегральні схеми та мікропроцесорна техніка в освіті і виробництві (12-13 травня 2020 р.) / відп. ред. П.А. Пех. – Луцьк: Вежа-Друк. – 2020, с.45.
6. Здолбіцька Н.В., Пашук В.Ю., Якимчук Т.П., Кирилюк А.Л. Проект «MINOTAVR» на базі LEGO MINDSTORMS EV3. Інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технологічними комплексами: збірник тез міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів (21-22 травня 2019 р.) / відп. ред. П.А. Пех. – Луцьк: Вежа-Друк, 2019. – 50 с.
7. Здолбіцька Н.В., Савлук А.В. Моделювання поведінки живих організмів за допомогою аніматів на базі роботизованих платформ. Міжвузівський збірник Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво - Луцьк: Видавництво ЛНТУ. - Вип. 12. - 2013. - С. 27-30.
8. Можиль Б.В. Использование микропроцессоров при создании автоматизированных систем управления / Б.В. Можиль, С.Ю. Фетисенко, Л.П. Голубев. Технології та дизайн. – 2016. – № 3. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2016_3_6
9. Монашко С.Ю., Здолбіцька Н.В., Здолбіцький А.П. Arduino – проект рухомої веб-камери. Міжвузівський збірник Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво – Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 15. – 2014. – С. 32–36.
10. Vaish Diwakar. Python Robotics Projects: Build smart and collaborative robots using Python Packt Publishing, 2018. — 363 p.

11. Костючко С.М., Склянчук О.М., Ілюшук Р.С. Математичні основи та програмування мікроконтролера ATMEGA328 з використанням Pololu 3PI Robot. Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво". – Луцьк: РРВ Луцького НТУ. – Вип. 28-29, 2017. – С. 5-9.

References

1. Varkov A.A., Development and research of control systems of the manipulative industrial robot on the basis of the controller, [Electronic resource] – Access mode: <http://lib.eltech.ru>.
2. Golubev L.P., Vovk DM Development of a computer-integrated control system for a robot manipulator [Electronic resource]. Technology and design. – 2019. – № 3. – Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2016_3_6
3. Golubev LP, Chumak BI Remote control of a robot manipulator [Electronic resource]. Technology and design. – 2019. – № 2. – Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2019_2_10
4. Egorov O.D. Applied mechanics of mechanical devices: a textbook. – M.: FGBOU VPO MSTU "STANKIN", 2013. – 229 p.
5. Zdolbitska N.V., Kovalchuk P.E. Manipulator control system. International scientific-practical seminar of young scientists and students Programmable logic integrated circuits and microprocessor technology in education and production (May 12-13, 2020) / Resp. ed. PAS. Bad luck. – Lutsk: Tower-Print. – 2020, p.45.
6. Zdolbitska N.V., Pashchuk V.Y., Yakimchuk T.P., Kirilyuk A.L. Project "MINOTAVR" based on LEGO MINDSTORMS EV3. Information, software and hardware of the management system of organizational and technological complexes: a collection of abstracts of the international scientific-practical conference of young scientists and students (May 21-22, 2019) / Resp. ed. PAS. Bad luck. – Lutsk: Vezha-Druk, – 2019. – 50 p.
7. Zdolbitska N.V., Savluk AV Modeling the behavior of living organizations with the help of animations on the basis of working platforms. Interuniversity collection Computer-integrated technologies: education, science, production - Lutsk: LNTU Publishing House. – Vip. 12. – 2013. – P. 27-30.
8. Mozhchil B.V. The use of microprocessors in the creation of automated control systems. Technology and design. – 2016. – № 3. – Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2016_3_6
9. Monashko S.Yu., Zdolbitskaya N.V., Zdolbitsky A.P. Arduino - a project of mobile webcams. Interuniversity collection Computer-integrated technologies: education, science, production – Lutsk: LNTU Publishing House. – Vip. 15. – 2014. – P. 32-36.
10. Weish Divakar. Python Robotics Projects: Creating Smart and Collaborative Robots with Python Packt, 2018. – 363 p.
11. Kostyuchko S.M., Sklyanchuk O.M., Ilyushik R.S. Mathematical foundations and programming of the ATMEGA328 microcontroller using Pololu 3PI Robot. Scientific journal "Computer-integrated technologies: education, science, production". – Lutsk: RRV Lutsk NTU. – Vip. 28-29, 2017. – P. 5-9.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-07

УДК: 004.934

Коляда Костянтин Вячеславович, асистент

<https://orcid.org/0000-0002-3962-5791>

Романкевич Віталій Олексійович, д.т.н., зав. каф.

<https://orcid.org/0000-0003-4696-5935>

Орлова Марія Миколаївна, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-6617-4631>

Марковський Олександр Петрович, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0003-3483-4233>

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

МЕТОД ВІДНОВЛЕННЯ ДАНИХ ПРИ ЇХ РОЗПОДІЛЕНОМУ ЗБЕРІГАННІ НА ВІДДАЛЕНИХ СХОВИЩАХ

Коляда К.В., Романкевич В.О., Орлова М.М., Марковський О.П. Метод відновлення даних при їх розподіленому зберіганні на віддалених сховищах. Запропоновано метод, який дозволяє зменшити надлишковість резервування, за рахунок врахування специфіки реальних втрат інформації, що зберігається на віддалених носіях і гарантує її відновлення в разі втрати доступу до одного сховища в результаті катаклізмів або до трьох блоків на різних сховищах.

Ключові слова: рознесене зберігання даних, хмарні технології, відновлюючі коди, лінійні коди.

Коляда К.В., Романкевич В.А., Орлова М.Н., Марковский А.П. Метод восстановления данных при их удаленном хранении на удаленных хранилищах. Предложен метод, который позволяет уменьшить избыточность резервирования за счет учета специфики реальных потерь информации, которые сохраняются на удаленных носителях. Метод гарантирует восстановление данных в случае потери доступа к одному хранилищу в результате катаклизмов или трех блоков в разных хранилищах.

Ключевые слова: распределенное хранение данных, облачные технологии, восстанавливающие коды, линейные коды.

Koliada K., Romankevich V., Orlova M., Markovskiy O. Method for data recovery in their distributed storage on remote memory nodes. The method is proposed that makes it possible to reduce excess of redundancy by taking into account the specifics of real information losses that are stored on remote media. The method guarantees data recovery in case of loss of access to one repository as a result of cataclysms or three blocks in different repositories as a result of hardware breakdown or program errors.

Keywords: distributed data storage, cloud technologies, erased codes, linear codes.

Постановка наукової проблеми.

Досягнутий в останнє десятиліття прогрес глобальних мереж кардинально змінив організацію комп'ютерної обробки інформації на користь розподілених систем зберігання даних та віддалених обчислень. Широкого розповсюдження набула практика розподіленого зберігання інформації користувачів на віддалених сховищах. Крім таких очевидних переваг, як практичну відсутність обмежень на об'єм пам'яті, доступність інформації користувача для широкого кола інших користувачів, зручність обміну даними, сучасна технологія зберігання інформації в хмарах забезпечує якісно більш високий рівень надійності.

Втрата даних при їх зберіганні на магнітних, оптичних чи твердотільних (флеш-пам'ять) накопичувачах може відбуватися в результаті виходу з ладу обладнання, помилок в роботі програмного забезпечення, хакерських атак, дій вірусних програм, комп'ютерних хробаків, катаклізмів політичного, терористичного, природного, військового чи техногенного характеру. При цьому можуть втрачатися як окремі блоки даних, так і всі інформація на певному сховищі. При зберіганні даних користувачів хмарі, основну роль в забезпеченні надійності відіграє рознесення даних користувача по різним, географічно віддаленим, сховищам. Це обмежує втрати даних під дією наведених вище причин, відносно невеликим об'ємом. Втрачені дані можуть бути відновлені за рахунок використання резервних блоків, які формуються з інформаційних блоків.

В цьому ракурсі резервування та відновлення втрачених даних відіграють важливу роль в технології забезпечення високої надійності розподіленого зберігання інформації користувачів. Відповідно, подальший розвиток технологій віддаленого зберігання даних диктує необхідність адекватного вдосконалення методів їх резервування та відновлення втраченої інформації.

Таким чином, наукова задача підвищення ефективності резервування та відновлення даних користувачів при їх розподіленому зберіганні на віддалених сховищах є актуальною для сучасного етапу розвитку інформаційних та комп'ютерних технологій.

Аналіз технологій резервування та відновлення даних при їх віддаленому зберіганні.

Швидкий розвиток технологій віддаленого зберігання даних користувачів стимулював інтенсивні дослідження в області забезпечення надійності, резервування та відновлення втрачених даних.

Характерною особливістю сучасного етапу розвитку технології забезпечення надійності віддаленого зберігання даних є багаторівневість [1].

Перший рівень в забезпеченні надійності зберігання даних утворюють засоби, що функціонують на рівні секторів магнітних чи оптичних носіїв. В процесі їх форматування здійснюється контрольне зчитування інформації з них: при виявленні двох чи більше спотворених байтів, сектор позначається як дефектний і запис на нього інформації блокується. Крім того, кожен сектор включає, крім 512-ти інформаційних, 4 резервних байти, які являють собою контрольні символи коду Ріда-Соломона [2] і, відповідно, забезпечують можливість виправлення двох байтів або виявлення факту спотворення більшої кількості байтів. Тобто, на першому рівні використовуються класичні корегуючі коди [2], які передбачають реалізацію двох фаз виправлення даних: локалізацію спотворених символів та їх відновлення.

В сховищах віддаленого зберігання даних користувачів, другий рівень в забезпеченні надійності утворюють резервні накопичувачі. Найбільш розвинутою технологією цього рівня є широко відома RAID (Redundant Array of Independent Disks) [3]. Система RAID-3 використовує один резервний накопичувач, на якому зберігаються суми за модулем два всіх однойменних інформаційних блоків на основних накопичувачах сховища. Це дозволяє відновити дані з будь-якого одного накопичувача.

Система RAID-5 також використовує в якості резервних даних суму за модулем два однойменних блоків всіх інформаційних накопичувачів. Проте, на відміну від RAID-3 резервні блоки розміщуються не на одному накопичувачу, а на всіх $n+1$ накопичувачах. RAID-5 дозволяє відновлювати тільки один втрачений блок з однаковим номером і всі втрачені блоки на одному чи різних накопичувачах, за умови, що вони мають різні номери.

Система RAID-6 використовує два резервні блоки для відновлення двох із n інформаційних блоків. Відповідно, система потребує для своєї реалізації 2 резервних накопичувача. Реально використовуються $n+2$ накопичувача з рознесенням резервних блоків по різних накопичувачах. Фактично RAID-6 гарантує відновлення 2 однойменних блоків за умови збереження інших n інформаційних та резервних блоків. Іншими словами, RAID-6 дозволяє відновлювати дані з будь-яких двох втрачених накопичувачів.

Сучасні моделі RAID виходять з того, що локалізація втраченої інформації точно відома [4]. Це визначає доцільність використання для відновлення втрачених даних максимально рознесених кодів, або MDS (Maximum Distance Separable)-кодів. Для відновлення двох чи більшої кількості втрачених блоків можуть бути використані різні різновиди MDS-кодів: коди Ріда Соломона [2], матричні коди типу EVENODD [2], RDP [4], X-коди [5], В-коди [3], С-коди [6].

Основні недоліки систем забезпечення відновлення даних в сховищах типу RAID полягають в тому, вони не захищені від катаклізмів, здатних зруйнувати всю інформацію, що зберігається в сховищі, не дозволяють відновлювати більше двох блоків, не враховують специфічних вимог щодо надійності зберігання даних кожного з користувачів.

Аналіз невирішених аспектів проблеми ефективного відновлення втрачених даних.

Вказані недоліки можуть бути подолані на третьому рівні забезпеченні надійності віддаленого зберігання даних [7], тобто на рівні користувача. Досягнутий на сьогодні прогрес технології глобальних мереж надає можливість здійснювати резервування і відновлення даних на рівні користувача або групи користувачів. При цьому повною мірою можна задіяти можливості рознесеності зберігання інформації для локалізації її можливих втрат. Тільки цей чинник здатен реально забезпечити захист даних від втрат внаслідок катаклізмів. Проте рознесення зберігання даних користувача негативно впливає на швидкість доступу до даних – їх потрібно зібрати з різних сховищ [8].

Таким чином, для підвищення надійності зберігання даних користувачів з урахуванням їх специфічних вимог, резервування має здійснюватися на рівні, вищому ніж рівень окремого сховища.

Вище зазначалося, що прийнята в системі RAID-6 орієнтація на відновлення лише двох блоків даних може вважатися прийнятною лише для середнього рівня вимог до надійності зберігання. Разом з тим, існує коло користувачів, специфіка яких висуває суттєво більш жорсткі вимоги до надійності зберігання даних. Крім того, постійно розширюється використання твердотільних накопичувачів, типу flash-накопичувачів. Ці пристрої мають значно меншу технічну надійність, яка сильно залежить від часу зберігання та кількості циклів перезапису інформації [9]. З наведеного випливає наявність об'єктивної необхідності в розробці методів резервування, здатних відновлювати більшу ніж два втрачених блоки даних [10].

Аналіз можливостей використання згаданих вище MDS-кодів для відновлення більш ніж двох блоків даних показує, що при зі зростанням числа блоків, що можуть бути реконструювані при втратах, швидко зростає потрібна для цього кількість резервних блоків. Тому виникає потреба в розробці методу резервування, який би забезпечував вирішення задачі відновлення даних з урахуванням практики їх втрат в реальних системах віддаленого зберігання з використанням помірної кількості резервних блоків.

Мета досліджень. Таким чином, мета досліджень полягає в підвищенні ефективності відновлення даних, шляхом зменшення надлишковості резервування за рахунок урахування реальних особливостей втрати доступу до інформації при її віддаленому зберіганні.

Метод відновлення всіх блоків даних на одному сховищі та трьох блоків на різних сховищах.

Для досягнення поставленої мети досліджено характер втрат доступу до блоків даних користувачів. Характер втрат даних значною мірою визначається їх причиною. Втрати даних, викликані поломками обладнання, старінням матеріалу носія, помилками в роботі програмного забезпечення найбільш точно описуються в математичному сенсі потоками Пуассона [4]. При цьому інтенсивність втрати одного блоку даних за даними Google Cloud Storage становить близько $7 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹ [6]. Використовуючи профілактичний періодичний контроль збереженості блоків даних можна обмежити кількість втрачених блоків.

Для втрат даних користувачів, зумовлених дією зовнішніх катаклізмів та хакерських чи вірусних атак характерним є неможливість доступу до всіх даних сховища.

Таким чином, метод має гарантувати можливість реконструкції всіх блоків даних користувача, що зберігаються на одному сховищі, втрата яких зумовлена зовнішніми катаклізмами чи хакерськими атаками та відносно невелику кількість інформаційних блоків, доступ до яких втрачено з причин відмов обладнання та помилок в роботі програм.

Для досягнення поставленої розроблено метод відновлення інформаційних блоків при їх розподіленому зберіганні не більш ніж по r на кожному з віддалених сховищ, який гарантує реконструкцію всіх r блоків при втраті доступу до одного сховища, на якому вони зберігаються, а також трьох блоків, які зберігаються на різних сховищах.

В рамках дослідження розглядається така модель збереження інформації на віддалених носіях. Користувач зберігає на віддалених серверах n інформаційних блоків $B_1, B_2, \dots, B_n$. Для їх відновлення при формулюються m резервних блоків $R_1, R_2, \dots, R_m$ у вигляді лінійних перетворень над інформаційними блоками:

$$\forall i \in \{1, 2, \dots, m\} : R_i = \bigoplus_{j=1}^n a_{i,j} \cdot B_j,$$

де $a_{i,j} \in \{0, 1\}$ – бінарні коефіцієнти, які утворюють матрицю A і визначають спосіб формування резервних блоків даних:

$$A = \|a_{i,j}\|, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n.$$

Для гарантування можливості відновлення не менше трьох втрачених від загального числа $q=m+n$ блоків користувача необхідним є виконання наступних умов:

1. Кожен стовпець матриці A має містити не менше 3-х одиниць, що гарантує відновлення одного інформаційного блоку в ситуації, коли крім нього втрачено два резервних.
2. Хемінгова відстань між будь-якими двома стовпцями матриці A має бути не менше двох, що гарантує відновлення пари інформаційних блоків за умови, що втрачено один із резервних блоків. Іншими словами, після втрати одного резервного блоку всі стовпці матриці A мають бути різними.

3. Матриця Δ , утворена будь-якими трьома стовпцями матриці A , має містити в собі ортогональну квадратну підматрицю Θ , що визначає можливість представлення будь-яких трьох інформаційних блоків у вигляді лінійної комбінації інших інформаційних та резервних блоків, тим самим гарантуючи відновлення будь-яких трьох втрачених інформаційних блоків.

В роботі запропоновано наступний метод побудови матриці A формування резервних блоків для відновлення трьох втрачених блоків. Метод полягає в виконанні наступної послідовності дій:

1. Обчислюється значення k кількості двійкових розрядів для кодування номеру стовпчика за умови, що їх нумерація починається з одиниці: $k = \lceil \log_2(n+1) \rceil$

2. В перші k рядків кожного стовпчика матриці A записується його порядковий номер, починаючи з одиниці.

3. В $(k+1)$ -му рядку тих стовпчиків, номери яких мають парну кількість одиниць, встановлюється одиниця, а тих, що мають непарну кількість одиниць – нуль.

4. В $(k+2)$ -му рядку тих стовпчиків, номери яких мають одну одиницю, встановлюється одиниця, а тих, що мають дві і більше одиниць – нуль.

Покажемо, що матриця A побудована згідно з запропонованим методом задовольняє сформульованим вище трьома умовам.

Оскільки нумерація стовпців згідно викладеного вище починається з одиниці, що гарантує хоча б однієї одиниці в перших k рядках кожного стовпчика матриці A . У відповідності з п.4 в $(k+2)$ -му рядку тих стовпчиків, номери яких мають лише одну одиницю, встановлюється одиниця, так, що кількість одиниць у кожному стовпчику не може бути меншою за два.

Якщо Хемінгова відстань між парою номерів дорівнює одиниці, то це можливо лише за умови, що кількість одиниць в цих номерах відрізняється на одиницю, тобто один із номерів парний, а інший – непарний. Описаний вище метод передбачає додавання одиниці в $(k+1)$ -му рядку лише тих стовпців, сума одиниць в k перших позиціях парна. Це означає, що з урахуванням $(k+1)$ -х перших компонент Хемінгова відстань між будь-якою парою стовпців матриці A гарантовано не менша двох.

Будь-які три різні номери відрізняються мінімум в двох розрядах. Це означає, що серед перших k рядків матриці A , побудованою за викладеним вище методом, для будь-яких трьох стовпців є мінімум два рядки, компоненти яких не рівні між собою і ці два рядки різні.

Якщо таких рядків рівно два, то один не є інверсією іншого. В протилежному випадку існували б два однакових номери, що протирічить викладеному методу. Якщо цих рядків рівно два і в цих двох рядках існує розряд, який дорівнює нулю в обох рядках, то серед інших перших k рядків матриці A має бути рядок, що складається з одиниць, інакше номер одного із стовпців дорівнює нулю, що входить в протиріччя з викладеним методом.

Таким чином, якщо серед перших k рядків вибраної трійки стовпців матриці A є рівно два таких, компоненти яких не рівні між собою і ці два рядки різні, але не інверсні, то можна розглядами два випадки. У першому випадку існує компонента, яка дорівнює нулю в обох рядках. Але в цьому випадку обов'язково існує і рядок, що складається з одиниць і який, разом з двома зазначеними вище рядками утворюють ортогональну систему Θ . В другому випадку в парі різних і не інверсних рядків в обох з них є дві одиниці і точно існує компонента, яка в обох рядках дорівнює одиниці. Якщо в обраних трьох стовпців матриці A в перших k рядках існує рядок, всі компоненти якого дорівнюють одиниці, то цей рядок, разом з двома згаданими вище утворює ортогональну систему Θ . Якщо в вибраних трьох номерах нема рядка, що складається з усіх одиниць, то це означає, що точно один з цих номерів має парну кількість одиниць. Згідно з п.4 викладеного методу в $(k+2)$ -му рядку цей стовпець містить одиницю, а два інші – нулі. Відповідно $(k+2)$ -й рядок разом з двома, що розглядаються, утворюють ортогональну систему Θ . Таким чином доведено, що за умови, що номери трьох вибраних стовпчиків матриці A відрізняються точно в двох розрядах (рядках), в матриці A точно існує ортогональна квадратна матриця Θ , стовпці якої є компонентами вибраних стовпців.

Якщо номери трьох вибраних стовпчиків матриці A відрізняються більш ніж в двох розрядах, то існує не менше трьох різних рядків з не рівними між собою компонентами.

За аналогією з викладеним вище можна розглядати два випадки. У першому в усіх трьох різних рядках існує компонента яка дорівнює нулю, а в другому випадку такої компоненти нема.

Якщо в цих трьох рядках існує компонента, яка дорівнює в них нулю, то дві інших компоненти утворюють пари $\{0,1\}$, $\{1,0\}$, $\{1,1\}$. При цьому обов'язково існує і рядок, що складається з одиниць. В протилежному випадку треба допустити існування нульового номеру, що входить в протиріччя з

викладеним методом. В цій ситуації рядок вибраної трійки номерів, що складається з одиниць разом з рядками, що містять пари $\{0,1\}$, $\{1,0\}$ утворюють ортогональну систему Θ . В другому випадку серед k перших рядків обраної трійки стовпців матриці A існує мінімум три різні рядки, причому жодна компонента не дорівнює нулю в усіх трьох рядках, ці три рядки утворюють ортогональну систему Θ якщо серед них є хоча б один з непарним числом одиниць. Якщо серед трійки рядків нема рядків з непарною кількістю одиниць, то вони не утворюють ортогональної системи. Якщо серед інших рядків вибраної трійки номерів є рядок, що складається з одиниць, то він утворює ортогональну систему Θ з будь-якою парою наведених вище стовпців.

Якщо три різних рядки трійки номерів дорівнюють $\{0,1,1\}$, $\{1,0,1\}$ та $\{1,1,0\}$ і всі інші рядки вибраної трійки номерів однакові з наведеними трьома або складаються з нулів, то серед вибраних номерів обов'язково будуть такі, число одиниць в котрих парне. Причому кількість таких стовпців обов'язково непарна тому, що кожен рядок трійки номерів містить парну кількість одиниць. Згідно з п.4 викладеного методу в $(k+2)$ -му рядку в таких стовпцях розміщуються одиниці. Відповідно, $(k+2)$ -й рядку міститься завжди непарна кількість одиниць. Цей рядок разом з будь-якою парою рядків $\{0,1,1\}$, $\{1,0,1\}$ та $\{1,1,0\}$ утворюють ортогональну систему. Наприклад, номери 7, 9 і 14 містять чотири таких рядка: $\{0,1,1\}$, $\{1,0,1\}$, $\{1,0,1\}$ та $\{1,1,0\}$. Сума одиниць в номері 7 непарна, в номері 9 парна і в номері 14 – непарна. Тому $(k+2)$ -й рядок формується у вигляді $\{0,1,0\}$, тобто містить непарну кількість одиниць. Очевидно, що цей рядок разом з рядками $\{0,1,1\}$, $\{1,0,1\}$ утворюють ортогональну систему Θ .

Таким чином, доведено, що матриця A сформована за викладеним методом повністю відповідає умовам, які зумовлюють гарантовану можливість всіх втрачених інформаційних блоків за умови втрати не більше трьох від загального числа інформаційних та резервних блоків.

З запропонованого методу очевидно, що кількість резервних блоків для гарантованого відновлення інформаційних пакетів за умови втрати не більше трьох від загальної кількості блоків визначається формулою:

$$m \geq \lceil \log_2(n+1) \rceil + 2.$$

На основі проведених теоретичних досліджень запропоновано метод, який гарантує реконструкцію всіх r блоків при втраті доступу до одного сховища, на якому вони зберігаються, а також трьох блоків, які зберігаються на різних сховищах.

Розроблений метод передбачає, що стовпці матриці A розділяються на $g = \lceil n/r \rceil$ фрагментів так, що в перших $g-1$ фрагментах міститься по r стовпців, а g -й фрагмент містить $n-r \cdot (g-1)$ стовпців.

Побудову матриці A пропонується здійснювати наступним порядком:

1. Встановити індекс j в нуль: $j=0$.
2. $(i+j) \bmod r$ -тий рядок кожного i -того фрагменту матриці A , $i \in \{1, 2, \dots, g\}$, заповнюється $(r-j)$ -розрядним кодом, що складається одиниць на $(r+j-1-i) \bmod r$ – позиції та циклічно наступних за нею в рамках r -бітового фрагменту $r-1-j$ нулів.
3. Здійснюється інкремент індексу j : $j=j+1$. Якщо $j < r$, то виконується перехід на повторне виконання п.2.
4. Невизначені елементи перших $\lceil \log_2(n+1) \rceil$ рядків матриці A заповнюються таким чином, щоб для кожного стовпця вони утворювали унікальний номер, починаючи з одиниці.
5. Наступні рядки матриці A заповнюються таким чином, щоб кількість одиниць в кожному зі стовпців матриці A була не меншою трьох.

Наприклад, для $r=4$ і $n=15$ матриця A формування резервних блоків, побудована за розробленим методом, має наступний вигляд.

$$A = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

При втраті всіх блоків $B_9, B_{10}, \dots, B_{12}$, які зберігаються на 3-му сховищі, відповідні стовпці матриці A містять в собі ортогональну підматрицю Θ :

$$\Theta = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Відповідно, втрачені блоки відновлюються наступним порядком:

$$\begin{aligned} B_9 &= R_6 \oplus B_2 \oplus B_3 \oplus B_5 \oplus B_6 \oplus B_{14} \\ B_{10} &= R_3 \oplus B_2 \oplus B_4 \oplus B_7 \oplus B_8 \oplus B_{13} \oplus B_{14} \oplus B_{15} \\ B_{11} &= R_4 \oplus B_1 \oplus B_3 \oplus B_5 \oplus B_7 \oplus B_8 \oplus B_{10} \oplus B_{13} \\ B_{12} &= R_1 \oplus B_{11} \oplus B_4 \oplus B_5 \oplus B_6 \oplus B_7 \oplus B_8 \oplus B_{14} \end{aligned}$$

При втраті трьох блоків B_1, B_7, B_{12} , що зберігаються на різних сховищах, відповідні стовпці матриці A містять ортогональну підматрицю Θ :

$$\Theta = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Відповідно, втрачені блоки відновлюються наступним порядком:

$$\begin{aligned} B_7 &= R_3 \oplus B_2 \oplus B_4 \oplus B_6 \oplus B_{10} \oplus B_{13} \oplus B_{14} \oplus B_{15} \\ B_{12} &= R_1 \oplus B_7 \oplus B_4 \oplus B_5 \oplus B_6 \oplus B_8 \oplus B_{11} \oplus B_{12} \oplus B_{14} \\ B_1 &= R_5 \oplus B_2 \oplus B_3 \oplus B_6 \oplus B_9 \oplus B_{10} \oplus B_{12} \oplus B_{15} \end{aligned}$$

Таким чином, запропонований метод формування резервних блоків і відновлення інформаційних блоків при їх розподіленому зберіганні не більш ніж по r на кожному з віддалених сховищ, гарантує реконструкцію всіх r блоків при втраті доступу до одного сховища, на якому вони зберігаються, а також будь-яких трьох інформаційних блоків, які зберігаються на різних сховищах.

Оцінка ефективності. Основний ефект запропонованого методу полягає в тому, що суттєвим чином зменшується надлишковість резервування в порівнянні з відомими методами за рахунок урахування особливостей втрати доступу до даних при їх віддаленому зберіганні. Надлишковість резервування зменшується в μ раз, чисельне значення μ визначається формулою:

$$\mu = \frac{(r-2) \cdot \log_2(n+1) + 2}{r+2}.$$

Зокрема, для наведеного прикладу кількість резервних блоків для відновлення 4-х, довільно локалізованих по сховищам блоків, дорівнює 10, а в запропонованому методі, який дозволяє відновлювати 4 блоки, що зберігаються на одному сховищі і три, довільно локалізованих блоків, потрібно 6 резервних блоків. Відповідно, надлишковість резервування зменшується в $\mu = 1.67$ раз.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. В результаті проведених досліджень теоретично обґрунтовано, розроблено метод відновлення інформаційних блоків при їх розподіленому зберіганні не більш ніж по r на кожному з віддалених сховищ, який базується на використанні для формування резервних блоків матриці, що є ортогональною в межах суміжних r стовпців, а також будь-які три стовпці якої містять ортогональну підматрицю, що гарантує реконструкцію всіх r блоків при втраті доступу до одного сховища, на якому вони зберігаються, а також трьох блоків, які зберігаються на різних сховищах. Метод використовує меншу кількість резервних блоків, тобто має нижчий рівень надлишковості резервування в порівнянні з відомими методами, орієнтованими на відновлення будь-яких r втрачених блоків.

Подальший розвиток запропонованого підходу вбачається в дослідженні можливостей прискорення процесу відновлення втрачених при віддаленому зберіганні даних за рахунок оптимізації їх розміщення на віддалених сховищах за критерієм мінімізації часу доставки блоків, потрібних для реконструкції втраченої інформації користувачів.

Список бібліографічного опису

1. Bardis N., Markovskiy O. (2013) Method for Cloud Storage Data Recovery with Limited Loss of Acces. Proc. of 4-th International Conference on Mathematics and Computers in Sciences and Industry, 24-26 August 2017, Corfu, Greece, MCSI-17, P.55-61.
2. Blaum M., James Lee Hafner, Steven Hetzler (2013) Partial MDS Codes and Their Application to RAID Type of Architectures, IEEE Trans. Inf. Theory. vol.59, no.7, P. 4510-4519.
3. Im S., Shin D. (2011) Flash-aware RAID techniques for dependable and high-performance flash memory SSD, IEEE Trans. Comput. vol.C-60, no.1, P. 80-92.
4. Li M., Shu J. (2011) C-codes: Cyclic lower-density MDS array codes constructed using starters for RAID-6, IBM New York USA. Res. Report RC25218.
5. Li J., Tang X., Tian C. (2019) A Generic Transformation to Enable Optimal Repair in MDS Codes for Distribution Storage System, IEEE Trans. Inf. Theory, vol.65, no.9, P.6257-6267.
6. Rhea S. (2011) Maintenance-free global data storage, IEEE Internet Comput. vol. 5, no.5, P. 40-49.
7. Koliada K., V., Bardis N.G., Markovskiy O.P. (2019) Usage of linear erasure codes for increasing reliability and efficiency of information delivery on the internet, International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing, vol.13, P. 585-592.
8. Rashmi K.V., B. Nihar, K. Ramchandran K. (2018) Information-Theoretically Secure Erasure Codes for Distributed Storage, IEEE Trans. Inf. Theory, vol.64, no.3, P. 1621-1645.
9. Kai X., Zhu S., Li P. (2015) A Construction of New MDS Symbol-Pair Codes, IEEE Trans. Inf. Theory, vol.61, no.11, P. 5828-5834.
10. Yehezkeally Y. and Schwartz M. (2020) Reconstruction Codes for DNA Sequences With Uniform Tandem-Duplication Errors, IEEE Trans. Inf. Theory, vol.66, no.5, P. 2658-2669.

References

1. Bardis N., Markovskiy O. (2013) Method for Cloud Storage Data Recovery with Limited Loss of Acces. Proc. of 4-th International Conference on Mathematics and Computers in Sciences and Industry, 24-26 August 2017, Corfu, Greece, MCSI-17, P.55-61.
2. Blaum M., James Lee Hafner, Steven Hetzler (2013) Partial MDS Codes and Their Application to RAID Type of Architectures, IEEE Trans. Inf. Theory. vol.59, no.7, P. 4510-4519.
3. Im S., Shin D. (2011) Flash-aware RAID techniques for dependable and high-performance flash memory SSD, IEEE Trans. Comput. vol.C-60, no.1, P. 80-92.
4. Li M., Shu J. (2011) C-codes: Cyclic lower-density MDS array codes constructed using starters for RAID-6, IBM New York USA. Res. Report RC25218.
5. Li J., Tang X., Tian C. (2019) A Generic Transformation to Enable Optimal Repair in MDS Codes for Distribution Storage System, IEEE Trans. Inf. Theory, vol.65, no.9, P.6257-6267.
6. Rhea S. (2011) Maintenance-free global data storage, IEEE Internet Comput. vol. 5, no.5, P. 40-49.
7. Koliada K., V., Bardis N.G., Markovskiy O.P. (2019) Usage of linear erasure codes for increasing reliability and efficiency of information delivery on the internet, International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing, vol.13, P. 585-592.
8. Rashmi K.V., B. Nihar, K. Ramchandran K. (2018) Information-Theoretically Secure Erasure Codes for Distributed Storage, IEEE Trans. Inf. Theory, vol.64, no.3, P. 1621-1645.
9. Kai X., Zhu S., Li P. (2015) A Construction of New MDS Symbol-Pair Codes, IEEE Trans. Inf. Theory, vol.61, no.11, P. 5828-5834.
10. Yehezkeally Y. and Schwartz M. (2020) Reconstruction Codes for DNA Sequences With Uniform Tandem-Duplication Errors, IEEE Trans. Inf. Theory, vol.66, no.5, P. 2658-2669.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-08

УДК: 004.048

Мартиненко Андрій Анатолійович, старший викладач, аспірант.

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

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

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

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

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

Сироткіна Олена Ігорівна, к.т.н., доцент.

<https://orcid.org/0000-0002-4069-6984>

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

CONCEPTUAL MODEL OF AN INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM TO IDENTIFY CULTURAL VALUES

Мартиненко А.А., Мороз Б.І., Гуліна І.Г., Сироткіна О.І. Концептуальна модель інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень ідентифікації культурних цінностей. В статті розглядається проблема розробки концептуальної моделі інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень ідентифікації культурних цінностей, питання визначення основних сценаріїв роботи та обмежень. Також зазначається складність та комплексність підходу вирішення поставленої задачі, визначені перспективи та шляхи подальшого дослідження та використання даної предметної області.

Ключові слова: концептуальна модель, система підтримки прийняття рішень, інтелектуальний аналіз даних, ідентифікація культурних цінностей.

Мартыненко А.А., Мороз Б.И., Гулина И.Г., Сироткина Е.И. Концептуальная модель интеллектуальной системы поддержки принятия решений идентификации культурных ценностей. В статье рассматривается проблема разработки концептуальной модели интеллектуальной системы поддержки принятия решений идентификации культурных ценностей, вопросы определения основных сценариев работы и ограничений. Также отмечается сложность и комплексность подхода решения поставленной задачи, определены перспективы и пути дальнейшего исследования и использования данной предметной области.

Ключевые слова: концептуальная модель, система поддержки принятия решений, интеллектуальный анализ данных, идентификация культурных ценностей.

A. Martynenko, B. Moroz, I. Hulina, O. Syrotkina. Conceptual model of an intelligent decision support system to identify cultural values. This paper addresses the issue of developing a conceptual model of an intelligent decision support system to identify cultural values as well as the definition of basic work scenarios and constraints. It also notes the complexity of the approach to solving the problem. Suggested routes for further research and usage of this subject area were also identified.

Keywords: conceptual model, decision support system, data mining, identification of cultural values.

Introduction. Problem statement. As noted earlier by the authors in works [1-3], the problem pertaining to research and development of methods and models is substantial. It involves organizing and processing data and associated knowledge in the intelligent decision support system (IDSS) to identify cultural values which are deemed to be relevant and offer a promising prospective. Despite the fact that such systems have been widely used in various fields (medicine, economics, automation and control, etc.), it should be noted that most tasks and problems in identifying cultural values have either just been formulated or are in the process [3]. This is due primarily to the peculiarities of this problem. The development of a conceptual model is one of the important stages in the creation of the relevant IDSS. It takes into account the specifics of the subject area and identifies the main elements of the system and the relationship between them, including the principles of their work.

Research analysis. The task of developing a conceptual model is closely related to various areas such as data and process analysis, artificial intelligence systems and the design and development of principles for the creation of DSS (Decision Support System). Classic works in this field are notably by T. Kravchenko, D. Pospelov, E. Popov, L. Zadeh, D. Waterman, O. Bakaev, Yu. Ulyanovskaya and others. The analysis of works in this area allows us to conclude that the conceptual model of the future IDSS (which takes into account the specifics of the subject area) is a key factor influencing the efficiency and quality of the system. Scientists and developers lay down the principles of the system and determine the basic concepts and criteria with which the system will work at the development stage of the IDSS model.

Previously unresolved parts of the problem. Today, there is no single, universal model for the construction of IDSS. This is due to the application of systems of this type imposing a number of relevant criteria specific to this subject area. It should be noted that the development of modern approaches and tools

is also an important factor, and models developed previously will not be effective with these technologies. For example, a new model of IDSS should be developed for more efficient and high-quality work.

Aim of the work. The aim of this research is to improve the quality and efficiency of solving the problem of creating and using a modern IDSS by developing a conceptual model that will take into account the specifics of the subject area as well as modern methods and tools.

Main part. The decision support system is designed to support multicriteria decisions in a complex information environment. At the same time, multicriteria considers the fact that results of the decisions are estimated not on one, but on several sets of indicators (criteria) considered simultaneously. Information complexity is determined by the need to take into account a large amount of data the processing of which, without the help of modern information technologies, is almost impossible [4].

In works [5-7] the author notes that in Ukraine there is no national system to account for cultural values that include their registration and identification. As a result, there are a number of problems faced by professionals in the course of their activities. In order to allow the user to obtain information based on input data (and help to quickly and accurately assess the situation and make decisions), it is necessary to implement a computer-aided intelligence system. Furthermore, this system would assist users in making decisions in difficult conditions while providing a complete and objective analysis of the subject activity. Recently, scientists and researchers have promoted modern and effective methods and tools for identifying objects and building a modern IDSS. It should also be noted that modern solutions allow us to avoid or reduce a number of shortcomings that existed previously.

The work of IDSS is aimed at solving the following tasks: choosing the best solution from a set of possible and/or ordering possible solutions by preference (ranking).

In both tasks, the first and foremost factor is choosing a set of criteria, the basis of which further solutions will be evaluated and compared.

Different methods can be used for analysis and development of decisions (reports) in IDSS, for example: information search, data mining, the search of knowledge in databases, reasoning on the basis of precedents, simulation modelling, evolutionary calculations and genetic algorithms, neural networks, situational analysis, cognitive modelling, etc.

A decision support system is a set of software tools for data analysis, modelling, forecasting and management decisions.

When developing a model of IDSS, it is necessary to take into account the type of interaction between the system and the user, for example: passive systems assist in the decision-making process but cannot make a specific proposal or be directly involved in either making a decision or being involved in DSS interaction with the user. When a decision is offered by the system, the user can refine, improve, and return this decision to the system for verification. Following this, the decision is again issued to the user, then back to the system and so on until the user approves the decision. According to the authors, the most relevant and promising system is the active type of IDSS.

According to the method of decision support, the authors in their work assume that it is appropriate to consider and use DSS that are data-oriented and have access to the time series of the data organization and use in their work not only for internal but also for external data. Document-oriented DSS also manipulate unstructured information in a variety of electronic formats. Knowledge-oriented DSS provide specialized, evidence-based solutions to problems.

As for IDSS architecture, the authors in their work considered and used DSS based on a three-level data warehouse. Such DSS use a data warehouse from which data showcases are formed and are used by groups of users who solve similar tasks. This provides access to both specific structured data and single consolidated information. Filling the data showcases is simplified due to the use of verified and cleaned data in a single source. It should be noted a corporate data model also exists, and such DSS are characterized by guaranteed performance. However, a redundancy of data accumulates, leading to increased storage requirements. In addition, it is necessary to align this architecture to many areas with potentially different requests [2-4].

Conceptual model.

There are basic concepts with which the system works:

- object of identification is an identifiable object of cultural value (it has a description and criteria for analysis/identification);
- the user is an individual or legal entity, in the manner prescribed by law, who obtains the right of access to information in the IDSS;

- access to information in the system gives the user the opportunity to process information in the system;
- information processing in the system is by implementation of one or more operations such as collecting, inputting, writing, transforming, reading, storing, removing, registering, receiving, and transmitting data which are carried out in the system using its hardware and software.

The above concepts are basic and are given to understand the operation of the system.

The authors consider it appropriate to organize role-based access control (RBAC) in the model developed for the system in which the access rights of subjects (users), and the information processed and stored in the system, are grouped. This takes into account the specifics of their application and forming roles [8, 9].

Role formation is designed to define clear and understandable rules for IDSS users of delimitation of access, thereby allowing us to implement a flexible and dynamic variable in the system rules. This approach should be used in systems for users whose official powers and responsibilities are clearly defined.

Since privileges are not assigned to users directly and are obtained by them only through their role (or roles), the management of individual user rights essentially comes down to assigning roles to this user. This simplifies operations such as adding a user or changing a partition by the user.

To determine the RBAC model, the following conditions are defined:

- S = Subject = Human or automated agent (set of users);
- R = Role = Work function or name defined at the authorization level (set of roles);
- P = Permissions = Approval of the access mode to the resource (set of access rights to system objects);
- SE = Session = Correspondence between S , R and/or P
- SA = Subject aim
- $PA: R \rightarrow 2^P$ — a function that defines a set of access rights for each role at the same time for each $p \in P$ there is $r \in R$ so that $p \in PA(r)$;
- RH = Partially ordered role hierarchy. RH can also be written as follows:
 - One subject can have several roles;
 - Several subjects can play the same role;
 - One role can have multiple permissions;
 - One permission can belong to several roles.

Roles are assigned to subjects; a result of which these subjects receive various permissions through roles. RBAC requires exactly such a designation rather than directly assigning permissions to subjects. Otherwise, it leads to difficulty controlling relations between entities and permits. A restrictive rule is imposed on the ability to inherit permissions from opposing roles to achieve proper mode separation. For example, the same person may not be allowed to create an account for someone and then log in under that account.

We use the notation of set theory:

- $PA \subseteq P \times A$, in this case, permissions are assigned to the relationship of roles in relation to “many-to-many”.
- $SA \subseteq S \times R$, in this case, the subjects are assigned to the relationship of roles and subjects in relation to “many-to-many”.
- $RH \subseteq R \times R$.

A subject can have multiple, simultaneous sessions with different permissions. The use case diagram of working with IDSS is given in Fig. 1.

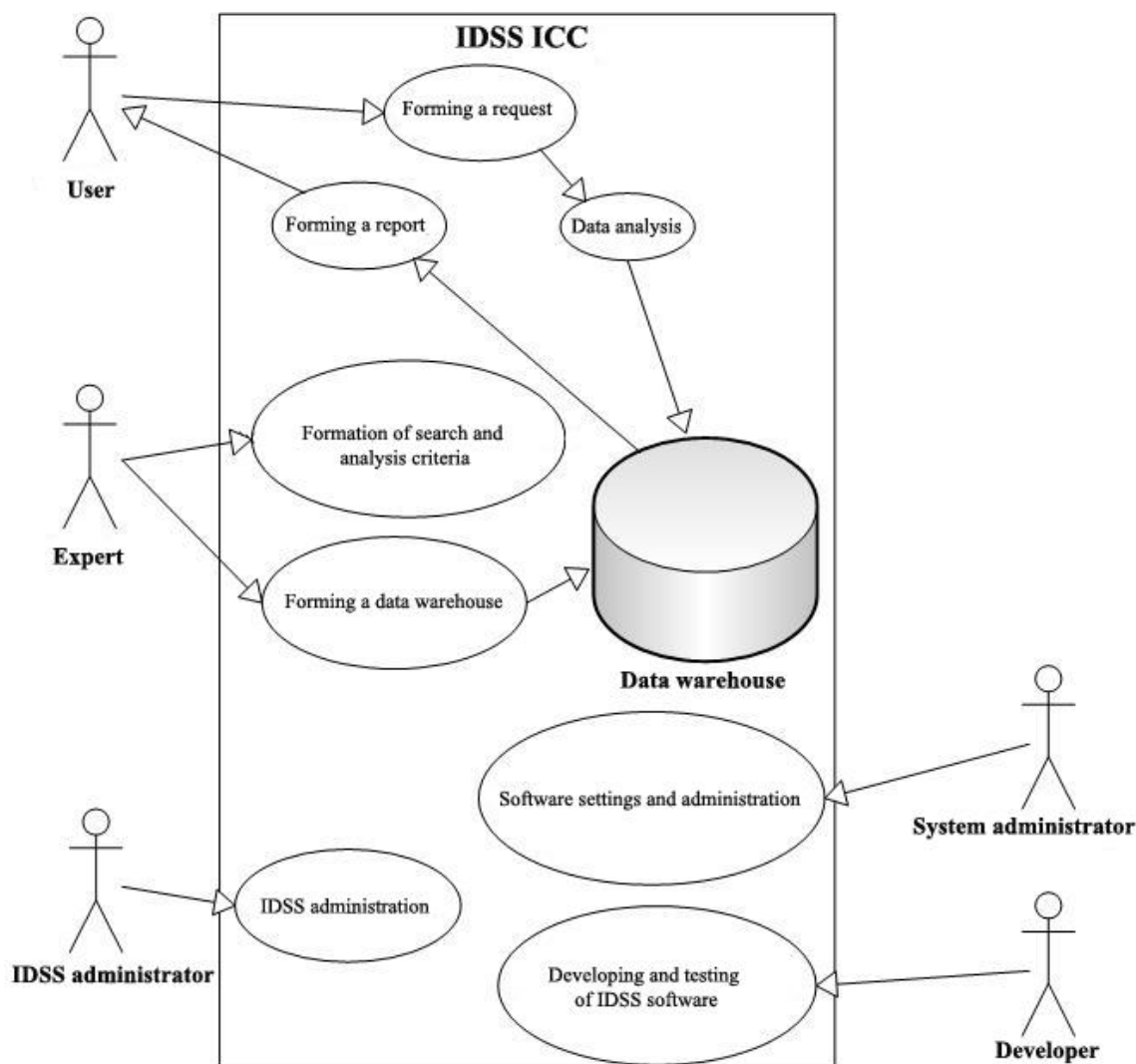


Fig. 1. The use case diagram of working with IDSS.

The authors suggest developing and using IDSS based on client-server architecture. For example, the well known Privat24 provides access to the system through both a web version and mobile applications for Android and iOS [10]. The system can be accessed via the web version using one-time dynamic passwords. After reviewing the scheme proposed by the authors in [3], we decided to remove from the IDSS ICC scheme such elements as users and external data sources. We also decided to make these elements independent of the system and organize communication between them through appropriate software interfaces. The work of information system users was also improved, adding to the previous work [3] categories such as administrators (system, security, web resource, etc.), developer and system owner. Schematically, the system is shown in Fig. 2.

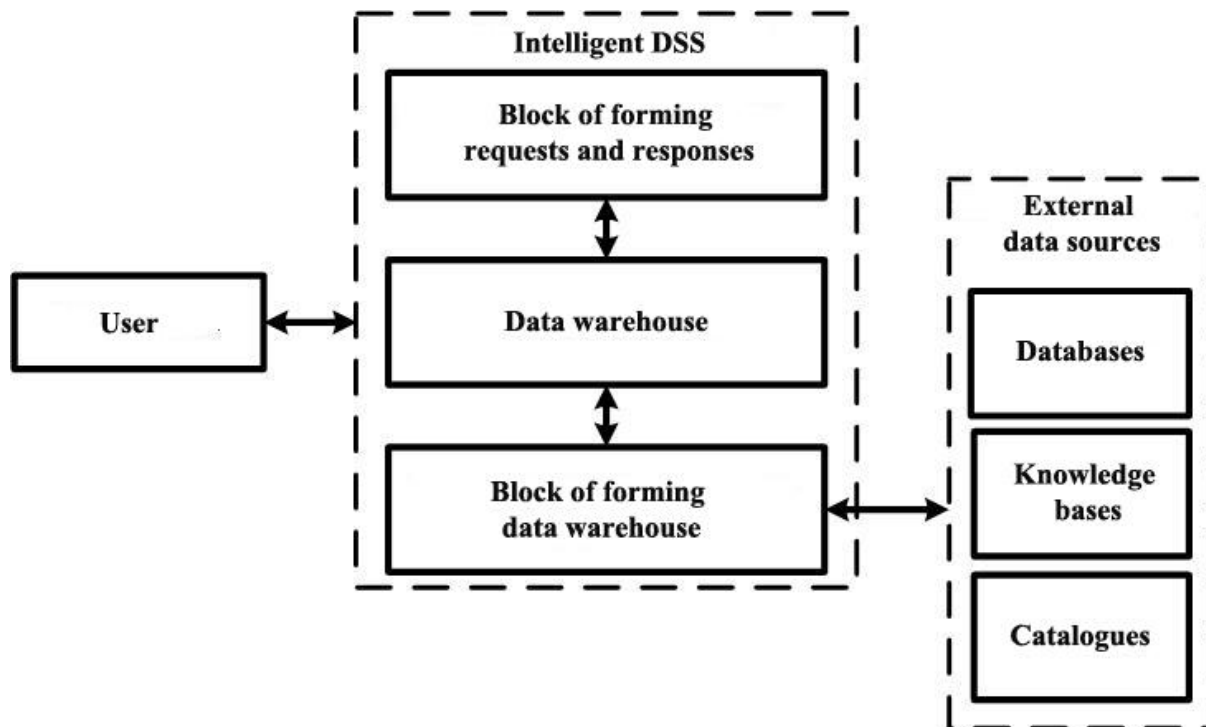


Fig. 2. Simplified schematic representation of IDSS ICC.

The following personnel are suggested to service the system:

- system administrator and security administrator;
- web server administrator;
- IDSS administrator (working with databases and data storage);
- user technical support.

Since data security issues are very important, the authors propose the implementation of IDSS ICC in accordance with the Law on Information Protection in Information and Telecommunication Systems [11], ND TZI 3.7-003-05 “The order of works on the creation of a complex system to protect data in information and telecommunication systems” [12] and ND TZI 3.7-001-99 “Guidelines for the development of terms of reference for the creation of a comprehensive information security system in an automated system” [13].

Typical order scenario (simplified).

1. The user – a person who, in the process of identification, needs the help of IDSS and chooses the most convenient software client (website, mobile application);
2. Using the selected client, the user enters the criteria for searching and analyzing the identification object in the appropriate fields;
3. Having performed the input of initial data, the user transmits the request (“block of requests and responses”);
4. IDSS receives search and analysis criteria, then processes them to form a query to the data warehouse (“block of requests and responses”).
5. According to the criteria entered, the data is searched (the block “data warehouse”).
6. As a result of the search there may be several options. The first option is that the information is available and fully satisfies the request. The second is that the information is available but does not fully satisfy the request. The third option is that there is no information about the identification object in the data warehouse;
7. In the first option (in #6 above), through the “query and response generation unit” the system issues a report which indicates the degree of probability and refers to which sources the conclusion/conclusions was/were made about the results of the particular object analysis of the ICC project.
8. In the cases of options 2 and 3 (#6 above), the system asks the user to make a request to external sources of information through the “block to form the data warehouse”, but this may require additional time and resources. Furthermore, this data will not be checked by an expert.
9. Output and, if necessary, printing of the report for further processing by the user.

Conclusions and prospects for further research. The authors analyzed the problems associated with the development of a conceptual model of IDSS ICC as well as the solutions used. The results obtained allow us to draw the following conclusions:

- The problem area is a very wide and poorly studied field of research;
- The creation of IDSS models is a complex task which leads to such issues as data analysis and processes, artificial intelligence systems, organization of databases and data warehouses, software and data security issues;
- Defining criteria for analysis and identification in the creation of IDSS to support multicriteria solutions in a complex information environment is an urgent and difficult task.

It should also be noted that in order to address certain issues (for example, to organize a comprehensive information security system in the information and telecommunications system where the IDSS is located) it is necessary to involve relevant specialists and consider this issue in separate works.

References

1. 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
2. A. Martynenko, B Moroz, I Gulina "Data repositories of the decision support system for the identification of cultural values" XV International Conference on the use of information technology in education, science and industry. Dnipro, December 5-6, 2019
3. 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.
4. Decision support systems - [Electronic resource] // Access mode: <http://bourabai.kz/tpoi/dss.htm>
5. Kalashnikova O. Comparative analysis of international and Ukrainian systems of registration and identification of cultural values / OL Kalashnikova // Customs security. - 2013. - № 2. - P. 70-75. - [Electronic resource] // Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/mb_2013_2_12.
6. Kalashnikova O. Standardization of artifact cataloging as a means of preserving cultural heritage in conditions of armed conflict. History and theory of law. Legal position, № 1 (16), 2016
7. Kalashnikova O. Legal consequences of imperfect description and accounting of museum collections. International law and the law of the European Union. Actual problems of domestic jurisprudence № 2. Volume 2. 2018 - [Electronic resource] // Access mode: http://apnl.dnu.in.ua/2_2018/tom_2/32.pdf
8. Ferraiolo D., Kuhn D. (October 1992). 15th National Computer Security Conference: 554—563.
9. Sandhu R., Coyne E.J., Feinstein H.L., Youman C.E. (August 1996). *IEEE Computer* (IEEE Press) 29 (2): 38–47.
10. Wikipedia. Privat24. - [Electronic resource] // URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Приват24>
11. Law on protection of information in information and telecommunication systems. - [Electronic resource] // Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua>
12. ND TZI 3.7-003-05 "The order of works on the creation of a complex system to protect data in information and telecommunication systems". - [Electronic resource] // Access mode: http://www.dsszzi.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=46074&cat_id=38835
13. ND TZI 3.7-001-99 "Guidelines for the development of terms of reference for the creation of a comprehensive information security system in an automated system". - [Electronic resource] // Access mode: <http://www.dsszzi.gov.ua/dsszzi/control/uk/doccatalog/list?currDir=42271>

Список бібліографічних посилань

1. А.А. Мартиненко, Б.І. Мороз, І.Г. Гуліна «Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень ідентифікації культурних цінностей». IV Всеукраїнська науково-практична конференція «Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем (MEICS-2019)». Дніпро, 27–29 листопада 2019 р.
2. А.А. Мартиненко, Б.І. Мороз, І.Г. Гуліна «Сховища даних системи підтримки прийняття рішень ідентифікації культурних цінностей» XV міжнародна конференція з проблем використання інформаційних технологій в освіті, науці та промисловості. Дніпро, 5–6 грудня 2019 р.
3. Martynenko A., Moroz B., & Hulina I. (2020). An intelligent decision support system for cultural property identification. *COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES: EDUCATION, SCIENCE, PRODUCTION*, (39), 78-82.
4. Системы поддержки принятия решений - [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://bourabai.kz/tpoi/dss.htm>
5. Калашникова О.Л. Порівняльний аналіз міжнародної та української систем реєстрації та ідентифікації культурних цінностей / О. Л. Калашникова // Митна безпека. - 2013. - № 2. - С. 70-75. - [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/mb_2013_2_12.
6. Калашникова О.Л. Стандартизація каталогізації артефактів як засіб збереження культурної спадщини в умовах збройного конфлікту. Історія та теорія права. Правова позиція, № 1 (16), 2016
7. Калашникова О.Л. Правові наслідки недосконалості опису та обліку музейних колекцій. Міжнародне право та право європейського союзу. Актуальні проблеми вітчизняної юриспруденції № 2. Том 2. 2018 - [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://apnl.dnu.in.ua/2_2018/tom_2/32.pdf
8. Ferraiolo D.F., Kuhn D.R. (October 1992). 15th National Computer Security Conference: 554—563.
9. Sandhu R., Coyne E.J., Feinstein H.L., Youman C.E. (August 1996). *IEEE Computer* (IEEE Press) 29 (2): 38–47.
10. Wikipedia. Privat24. - [Електронний ресурс] // URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Приват24>

11. ЗУ Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах. - [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua>
12. НД ТЗІ 3.7-003-05 "Порядок проведення робіт із створення комплексної системи захисту інформації в інформаційно-телекомунікаційній системі". - [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://www.dsszzi.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=46074&cat_id=38835
13. НД ТЗІ 3.7-001-99 "Методичні вказівки щодо розробки технічного завдання на створення комплексної системи захисту інформації в автоматизованій системі". - [Електронний ресурс]//Режим доступу: <http://www.dsszzi.gov.ua/dsszzi/control/uk/doccatalog/list?currDir=42271>

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-09

УДК: УДК 37.016:51]:004

Миронюк Лілія Павлівна, к.ф.-м.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-4822-659X>

Ройко Лариса Леонідівна, к.пед. н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-7318-0925>

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

WOLFRAM|ALPHA ЯК ЗАСІБ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ НАВЧАННЯ КУРСУ «ВИЩА МАТЕМАТИКА»

Миронюк Л. П., Ройко Л. Л. Wolfram|Alpha як засіб оптимізації процесу навчання курсу «Вища математика». У статті запропоновані можливості використання web-сервісу Wolfram|Alpha з метою оптимізації процесу навчання курсу «Вища математика» для студентів нематематичних спеціальностей. Наведені приклади розв'язування завдань ресурсами Wolfram|Alpha, вказані переваги та недоліки цього web-сервісу при застосуванні у навчальному процесі.

Ключові слова: оптимізація процесу навчання, вища математика, інформаційно-комунікаційні технології, Wolfram|Alpha.

Миронюк Л. П., Ройко Л. Л. Wolfram|Alpha как средство оптимизации процесса обучения курса «Высшая математика». В статье предложены возможности использования web-сервиса Wolfram|Alpha с целью оптимизации процесса обучения курса «Высшая математика» для студентов нематематических специальностей. Приведены примеры решения задач ресурсами Wolfram|Alpha, указаны преимущества и недостатки этого web-сервиса при применении в учебном процессе.

Ключевые слова: оптимизация процесса обучения, высшая математика, информационно-коммуникационные технологии, Wolfram|Alpha.

Myroniuk L. P., Royko L. L. Wolfram|Alpha as a way of the optimization the learning process of the course «Higher Mathematics». The article offers the usage possibility of the web-service Wolfram|Alpha in order to optimize the learning process of the course «Higher Mathematics» for non-mathematical specialties students. Examples of completed tasks with Wolfram|Alpha resources are given, the advantages and disadvantages of this web-service in the educational process are explained.

Keywords: optimization of the learning process, higher mathematics, information and communication technologies, Wolfram|Alpha.

Постановка наукової проблеми. Освіта – це стратегічний ресурс соціально-економічного, культурного і духовного розвитку суспільства, поліпшення добробуту людей, забезпечення національних інтересів, зміцнення міжнародного авторитету й формування позитивного іміджу держави, створення умов для самореалізації кожної особистості [6]. Враховуючи інтеграцію України у світовий освітній простір, необхідно постійно вдосконалювати національну систему освіти, знаходити ефективні шляхи підвищення якості освітніх послуг, апробації та впровадження інноваційних педагогічних систем. Повністю поділяємо думку [9], що одним з таких шляхів є оптимізація процесу навчання, сутність якої полягає у створенні найсприятливіших умов для отримання очікуваних результатів без зайвих витрат часу і фізичних зусиль.

Тенденції розвитку вищої освіти в Україні, у тому числі гуманітаризація навчального процесу, характеризуються скороченням академічних годин, виділених на вивчення фундаментальних дисциплін, до яких належить вища математика, а також збільшення частки самостійної роботи студентів. В цілому, курс «Вища математика» для студентів нематематичних спеціальностей є не лише фундаментальною наукою, яка формує наукове зображення світу, але і прикладною, оскільки це інструмент для розв'язування професійних задач. Тому зрозуміло, що скорочення академічних годин при незмінному обсязі навчального матеріалу негативно впливає на навчальний процес, призводить до зниження рівня математичної підготовки економістів, міжнародників, туристів, географів, екологів, хіміків, біологів, землевпорядників, лінгвістів, психологів тощо.

Таким чином, стає очевидним, що в сучасних умовах варто оптимізовувати процес навчання курсу «Вища математика».

На нашу думку, серед інших засобів оптимізації навчання таких, як адекватність змісту дисципліни «Вища математика» професійній спрямованості студентів відповідних факультетів, розробка комплексу заходів щодо структурування змісту дисципліни, наявність відповідного навчально-методичного забезпечення з урахуванням рівня підготовленості та індивідуальних можливостей студентів, удосконалення контролю знань та оцінювання рівня грамотності студентів, раціональна організація самостійної та індивідуальної роботи при вивченні предмету, часу, відведеного на навчання [9], важливе місце займає раціональне використання технічних засобів навчання та інформаційних технологій. Саме поєднання фундаментальних принципів традиційної

освіти з інформаційно-комунікаційними технологіями (ІКТ) дає нові можливості перебудови навчання класичних навчальних дисциплін, до яких належить вища математика.

Однією з проблем впровадження засобів ІКТ у навчання є проблема доцільного їх вибору [2]. Найбільше при виборі засобів ІКТ для навчання вищої математики використовують системи так званої комп'ютерної математики (СКМ), серед яких є як комерційні (Maple, MatLab, Mathcad, Mathematica, Derive, Statistica тощо), так і вільно поширювані (Reduce, SageMath, Scilab, Maxima тощо) [4]. Зауважимо відразу, що, на нашу думку, враховуючи специфіку предмету «Вища математика», варто було б додати до класичних практичних занять лабораторний практикум, адже для використання СКМ потрібен комп'ютерний клас. Проте тут виникає проблема наявності відповідного ліцензійного програмного забезпечення. Крім того, сучасний студент повинен мати можливість працювати будь-де та будь-коли. Виконання цієї умови можливе при використанні мобільних телефонів з підключенням до мережі Інтернет.

У травні 2009 р. на базі комп'ютерної системи Mathematica з'явився новий ресурс web-сервісу – Wolfram|Alpha, засновником якого став Стівен Вольфрам. Доступ до програми здійснюється через посилання <http://www.wolframalpha.com/> у браузері (без реєстрації користувача), а інтерфейс програми базується на використанні рядка для введення запитів.

Автори статті діляться досвідом проведення занять з курсу «Вища математика» для студентів географічного факультету спеціальності «Геодезія та землеустрій» та студентів факультету хімії, екології та фармації з використанням Wolfram|Alpha, який надає можливості оптимізації процесу навчання.

Аналіз досліджень. Методологічну базу дослідження склали ідеї: оптимізації викладання дисциплін у вищому навчальному закладі й наукової організації педагогічної праці в школі (Ю. Бабанський [1], В. Бондар, В. Андрєєв, С. Архангельський, А. Верхола, В. Кожевников, А. Нісімчук, В. Підласий, М. Поташник, Н. Тализіна); розробки та впровадження активних методів навчання (В. Буркова, Г. Ковальчук, В. Петрук, В. Рибальський, І. Смолін та інші); дидактичні проблеми і перспективи використання інформаційних технологій у навчальному процесі (М. Головань, Р. Гуревич, А. Єршов, М. Жалдак, М. Кадемія, Е. Кузнецов, Ю. Машбиць, Є. Полат, І. Шахіна, Г. Швачич, М. Шкіль та інші); використанню комп'ютера на заняттях з математики присвячені роботи Т. Думанської, М. Жалдака, В. Клочка, Т. Крамаренко, Ю. Машбиця, Н. Морзе, І. Прокопенка, Ю. Рамського, С. Ракова, Н. Рашевської, Н. Самарук, О. Співаковського, Ю. Триуса, С. Шокалюк та інших дослідників.

Питанням використання ІКТ в професійній підготовці цікавились і зарубіжні дослідники: А. Девід (A. David), Р. Вільямс (R. Williams), К. Маклін (C. Maclean), П. Росс (P. Ross) та інші.

Використанню у навчальному процесі Wolfram|Alpha присвячені дослідження С. Бас [2], Ю. Горошка, Л. Музики [5], Т. Кобильника [3], О. Нещерет [7], Д. Покришення, С. Семерікова, Т. Вдовичин, В. Жидика та інших.

Метою статті є аналіз використання web-сервісу Wolfram|Alpha при викладанні курсу «Вища математика» для студентів нематематичних спеціальностей.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Для багатьох студентів «Вища математика» є дисципліною, складною для розуміння, сприйняття та практичного застосування. Використання сучасних інформаційних технологій, в тому числі Wolfram|Alpha, під час розв'язання конкретних прикладних задач є одним із найбільш перспективних шляхів підвищення ефективності навчання, оскільки дає можливість перевіряти відповідність отриманих даних. Студент не затратить багато часу, опановуючи синтаксис Wolfram|Alpha, а використовуючи теоретичну базу, він буде здатен розв'язувати складні задачі, не зважаючи на громіздкі розрахунки, та буде мати навички представлення результатів досліджень у наочній графічній формі.

У курсі «Вища математика» Wolfram|Alpha можна застосувати при вивченні, наприклад, таких розділів:

- лінійна алгебра (обчислення визначників, дії з матрицями, розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь);
- аналітична геометрія (побудова графіків кривих та поверхонь);
- вступ до математичного аналізу (обчислення сум числових послідовностей, границі послідовностей);
- диференціальне числення (знаходження похідних функцій однієї та кількох змінних, дослідження функцій однієї та кількох змінних, побудова їх графіків, оптимізація функцій);

– інтегральне числення (обчислення невизначених та визначених інтегралів, в тому числі невластних);

– диференціальні рівняння (знаходження розв'язків).

Досить часто при розв'язуванні математичних завдань на практичних заняттях студенти приходять на деяких етапах до громіздких проміжних обчислень. Тому саме на цих етапах доцільним є використання ресурсів Wolfram|Alpha. Крім того, завдяки даному web-сервісу студенти також можуть робити перевірку результатів, отриманих при самостійній чи індивідуальній роботі.

Розглянемо наступні приклади, які ілюструють застосування Wolfram|Alpha.

Приклад 1. Дослідити функцію та побудувати графік $y = x - e^{x-3}$.

Розв'язування. При дослідженні функції однієї змінної та побудові її графіка одним із пунктів є знаходження точки перетину графіка функції з віссю Ox . Оскільки на цій осі $y = 0$, то отримуємо рівняння:

$$x - e^{x-3} = 0,$$

котре не одразу студент може розв'язати. Тому варто скористатися засобами Wolfram|Alpha (рис. 1):

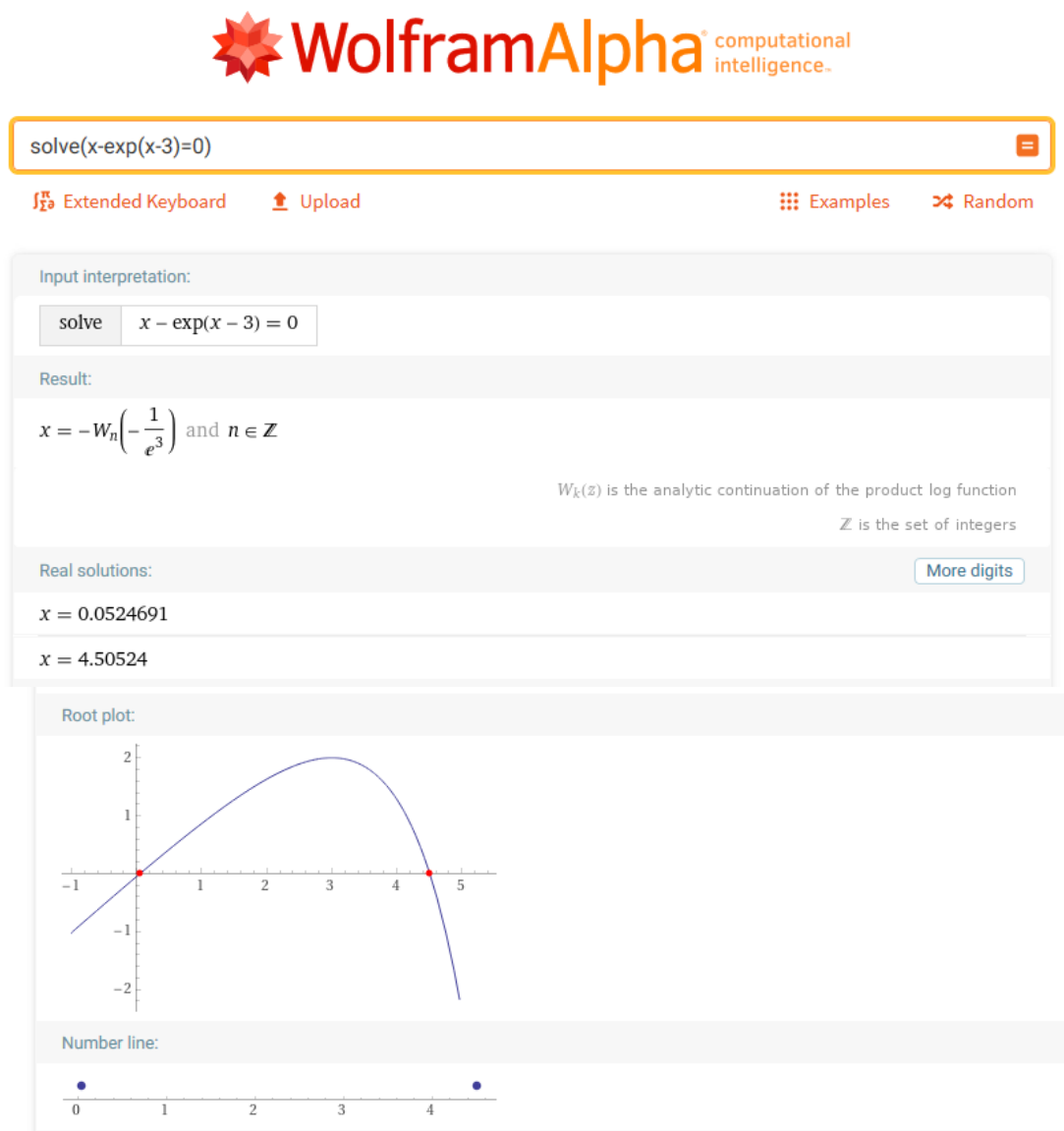


Рис. 1. Знаходження розв'язків рівняння за допомогою команди solve

Як бачимо на рис. 1, Wolfram|Alpha не лише розв'язує рівняння, але й будує графік функції, позначаючи на ньому знайдені розв'язки, а також позначаючи отримані розв'язки на числовій прямій.

Зауважимо, що для побудови графіків функцій варто використовувати команди:

- `plot` – для функції однієї змінної (в загальному випадку в результаті побудови отримується крива),
- `plot3D` – для функції двох змінних (в загальному випадку в результаті побудови отримується поверхня).

Завдяки графічній інтерпретації засобами Wolfram|Alpha геометричні об'єкти стають зрозумілішими, легше сприймаються, краще запам'ятовуються. Це ілюструє наступний приклад.

Приклад 2. Побудувати графік функції двох змінних $z = -2x^2 - xy - 2y^2 + 15x + 1$, використовуючи Wolfram|Alpha.

Розв'язування. Графіком даної функції двох змінних, заданої явно, є поверхня, зображена на рис. 2.

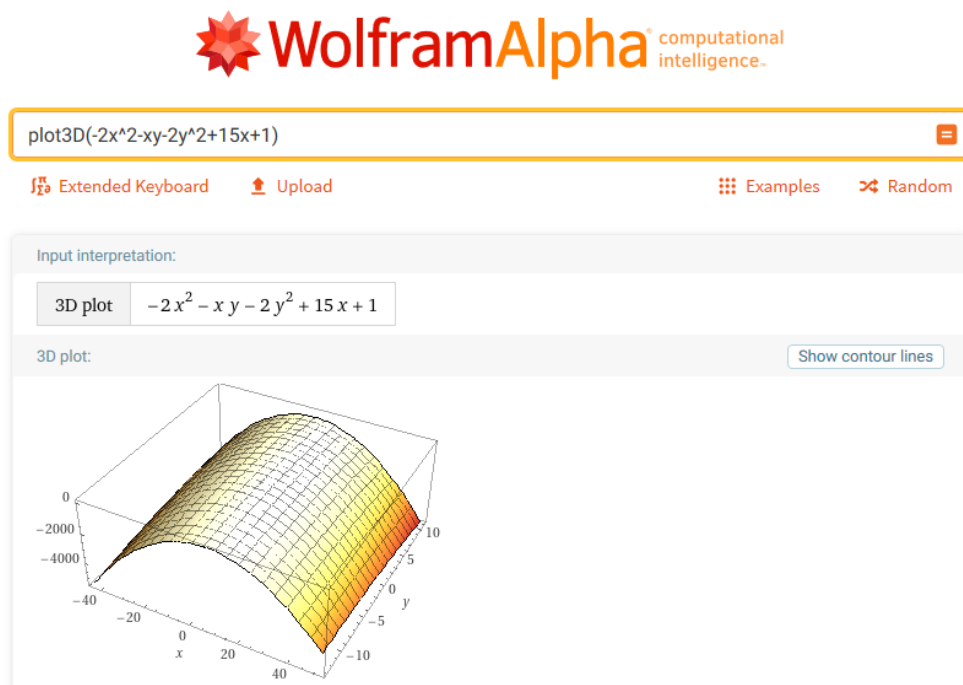


Рис. 2. Побудова графіка функції двох змінних за допомогою команди plot3D

Зауважимо, що якби перед студентами стояло завдання дослідити функцію двох змінних (приклад 2) на екстремум і перевірити правильність результату за допомогою команди extrema, то Wolfram|Alpha для даної функції не лише знайшов би екстремум, але й побудував графік поверхні, як на рис. 2, з позначеною на ньому точкою екстремуму, в даному випадку – максимуму.

Таким чином, завдяки застосуванню Wolfram|Alpha вдається реалізувати один з головних принципів теорії навчання – наочність.

Приклад 3. Знайти інтеграл

$$\int \frac{7x^3 - 10x^2 + 50x - 77}{(x^2 + 9)(x^2 + x - 2)} dx.$$

Розв'язування. Підінтегральний дріб правильний, тому для того, щоб обчислити даний інтеграл необхідно розкласти підінтегральну функцію на елементарні дробки. Застосовуючи метод невизначених коефіцієнтів, отримуємо:

$$\frac{7x^3 - 10x^2 + 50x - 77}{(x^2 + 9)(x^2 + x - 2)} = \frac{Ax + B}{x^2 + 9} + \frac{C}{x - 1} + \frac{D}{x + 2},$$

де A , B , C та D – поки що невідомі дійсні числа. Звівши праву частину цієї рівності до спільного знаменника, виконавши необхідні спрощення та прирівнявши чисельники лівої та правої частин, отримаємо рівняння:

$$\begin{aligned} 7x^3 - 10x^2 + 50x - 77 &= \\ &= (A + C + D)x^3 + (A + B + 2C - D)x^2 + (-2A + B + 9C + 9D)x + (-2B + 18C - 9D). \end{aligned}$$

Прирівнявши коефіцієнти даного рівняння при відповідних степенях змінної x , одержимо систему лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\begin{cases} A + C + D = 7, \\ A + B + 2C - D = -10, \\ -2A + B + 9C + 9D = 50, \\ -2B + 18C - 9D = -77. \end{cases}$$

Розв'язуючи дану систему вручну, студенти витратять час. Тому саме для проміжних обчислень варто застосувати команду solve Wolfram|Alpha (рис. 3):



solve(A+C+D=7, A+B+2C-D=-10, -2A+B+9C+9D=50, -2B+18C-9D=-77)

Extended Keyboard Upload Examples Random

Input interpretation:

A + C + D = 7
A + B + 2 C - D = -10
-2 A + B + 9 C + 9 D = 50
-2 B + 18 C - 9 D = -77

solve

Result: ☒ Step-by-step solution

A = 1 and B = -2 and C = -1 and D = 7

Рис. 3. Розв'язування системи лінійних алгебраїчних рівнянь за допомогою команди solve

Таким чином,

$$\frac{7x^3 - 10x^2 + 50x - 77}{(x^2 + 9)(x^2 + x - 2)} = \frac{x - 2}{x^2 + 9} + \frac{-1}{x - 1} + \frac{7}{x + 2}.$$

Проінтегрувавши останній вираз, одержимо відповідь:

$$\int \frac{7x^3 - 10x^2 + 50x - 77}{(x^2 + 9)(x^2 + x - 2)} dx = \frac{1}{2} \ln(x^2 + 9) - \frac{2}{3} \arctg \frac{x}{3} - \ln|x - 1| + 7 \ln|x + 2| + C,$$

де $C = \text{const}$.

Приклад 4. Знайти загальний розв'язок диференціального рівняння

$$y' - \frac{y}{\sin x} = \operatorname{tg} \frac{x}{2},$$

Розв'язування. Маємо лінійне диференціальне рівняння першого порядку, де $p(x) = -\frac{1}{\sin x}$, $q(x) = \operatorname{tg} \frac{x}{2}$. Згідно формули розв'язку лінійного диференціального рівняння першого порядку отримаємо:

$$y(x) = e^{-\int p(x) dx} \cdot \left(\int e^{\int p(x) dx} \cdot q(x) dx + C \right),$$

де C – довільна стала.

Легко бачити, що розв'язок диференціального рівняння фактично зводиться до знаходження інтегралу $\int \frac{dx}{\sin x}$. Скористаємось Wolfram|Alpha (рис. 4). Зауважимо, що в рядку для запитів замість команди integrate можна вводити integral і результат виконання операції буде правильним. Також підкреслимо, що ми навмисно пропускаємо “dx” в рядку для запитів, щоб продемонструвати, що це не стане перешкодою до отримання правильного результату:



integrate(1/sinx)

Extended Keyboard Upload Examples Random

Indefinite integral: ☒ Step-by-step solution

$\int \frac{1}{\sin(x)} dx = -\log(\cot(x) + \csc(x)) + \text{constant}$

Рис. 4. Знаходження інтегралу від тригонометричної функції за допомогою команди integrate

Студентам варто наголосити, що для Wolfram|Alpha характерними є деякі позначення [10]. Наприклад,

$$\log(f(x)) = \ln(f(x)), \cot(x) = \operatorname{ctgx}, \csc(x) = \operatorname{cosecx} = \frac{1}{\sin x}.$$

Проведемо певні спрощення отриманого результату (рис. 5):



Рис. 5. Спрощення тригонометричного виразу за допомогою команди simplify

Таким чином,

$$\int \frac{dx}{\sin x} = -\ln \operatorname{ctg} \frac{x}{2} + C.$$

Оскільки у формулу розв'язку лінійного диференціального рівняння першого порядку вже входить довільна стала, то можна в останній рівності покласти $C = 0$. Також, не обмежуючи загальності, будемо шукати розв'язок диференціального рівняння на множині, для якої $\operatorname{ctg} \frac{x}{2} > 0$.

Отже, враховуючи тригонометричні $\left(\left(\operatorname{ctg} \frac{x}{2}\right)^{-1} = \frac{1}{\operatorname{ctg} \frac{x}{2}} = \operatorname{tg} \frac{x}{2}\right)$ та логарифмічні $(e^{\ln f(x)} = f(x))$ при умові $f(x) > 0$ формули, отримаємо загальний розв'язок лінійного диференціального рівняння першого порядку:

$$\begin{aligned} y(x) &= e^{-\ln \operatorname{ctg} \frac{x}{2}} \cdot \left(\int e^{\ln \operatorname{ctg} \frac{x}{2}} \cdot \operatorname{tg} \frac{x}{2} dx + C \right) = e^{\ln \left(\operatorname{ctg} \frac{x}{2}\right)^{-1}} \cdot \left(\int \operatorname{ctg} \frac{x}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{x}{2} dx + C \right) = \\ &= \operatorname{tg} \frac{x}{2} \left(\int dx + C \right) = \operatorname{tg} \frac{x}{2} (x + C). \end{aligned}$$

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Таким чином, web-сервіс Wolfram|Alpha може бути використаний як засіб оптимізації навчання з метою:

- перевірки правильності отриманого вручну результату;
- скорочення часу, що затрачається на виконання громіздких перетворень;
- супроводу завдань графічними зображеннями, що підсилює наочність навчання.

Серед переваг сервісу Wolfram|Alpha можна виділити: безкоштовність; наявність версії для мобільних пристроїв; можливість швидкої перевірки отриманої відповіді (при потребі перегляду усіх кроків розв'язання завдання завдяки опції Step-by-step solution); невибагливість до синтаксису (необов'язково дотримуватися строгого синтаксису математичних запитів, оскільки у програмі використовуються елементи штучного інтелекту для аналізу запитів користувачів). Проте поруч з перевагами наявні і недоліки, серед яких: відсутність редактора формул, необхідність знати певні команди та вміти ними користуватися (для того, щоб виконати потрібну дію), можливість підключення до Інтернету, англomовний інтерфейс (всі запити необхідно робити англійською мовою).

Беручи до уваги перелічені переваги та недоліки, автори статті вважають, що використання web-сервісу Wolfram|Alpha при вивченні вищої математики для студентів нематематичних спеціальностей є обґрунтованим та доцільним, оскільки забезпечує оптимізацію процесу навчання, а саме сприяє збільшенню обсягу інформації, яку викладач надає студентській аудиторії, позитивно впливає на якість сприйняття та ефективність засвоєння навчальної інформації, підвищує рівень зацікавленості студентів.

Подальші дослідження авторів статті стосовно використання web-сервісу Wolfram|Alpha будуть пов'язані з розробкою навчально-методичного забезпечення курсу «Вища математика» для студентів нематематичних спеціальностей.

Список бібліографічного опису

1. Бабанский Ю. К. Оптимизация учебно-воспитательного процесса: Методические основы / Ю. К. Бабанский. – М.: Просвещение, 1982. – 192 с.
2. Бас С. Wolfram|Alpha: можливості застосування у навчанні вищої математики студентів економічних спеціальностей / С. Бас // Наукові записки [Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка]. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – 2013. – Вип. 4 (2). – С. 8–11. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nz_pmfm_2013_4%282%29_4
3. Кобыльник Т. П. Використання web-сервісу Wolfram|Alpha для розв'язування задач з теорії ймовірностей / Т. П. Кобыльник // Інформаційні технології в освіті. – 2015. – Вип. 24. – С. 68–80. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo_2015_24_7
4. Кравченко І. В., Микитенко В. І. Інформаційні технології: Системи комп'ютерної математики / І. В. Кравченко, В. І. Микитенко. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 243с.
5. Музика Л. П. Використання систем комп'ютерної математики на прикладі Wolfram|Alpha при вивченні вищої математики / Л. П. Музика. Молодь і ринок: щомісяч. наук.-пед. журн. – Дрогобич: Дрогоб. держ. пед. ун-т ім. Івана Франка. – 2015. – № 8 (127). – С. 104–108.
6. Національна стратегія розвитку освіти в Україні на 2012–2021 роки. – 37 с.
7. Нещерет О. С., Свинчук О. В. Wolfram|Alpha як програмний засіб мобільного навчання математики / О. С. Нещерет, О. В. Свинчук. Розвиток інтелектуальних умінь і творчих здібностей учнів та студентів у процесі навчання дисциплін природничо-математичного циклу «ІТМ*плюс – 2017»: матеріали II Міжнародної дистанційної науково-методичної конференції. – Суми, 2017. – Ч. 2. – С. 35 – 37.
8. Ройко Л. Л., Мамчич Т. І., Мамчич І. Я., Ройко О. О. Навчання методам прикладної математики за підтримки програми R / Л. Л. Ройко, Т. І. Мамчич, І. Я. Мамчич, О. О. Ройко. Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво» – №35, ЛНТУ, 2019. – С. 37–41.
9. Федорович З. Я., Драчук М. І. Оптимізація процесу навчання дисципліни «Біофізика з фізичними методами аналізу» студентам-фармацевтам у вищих навчальних закладах в сучасних умовах / З. Я. Федорович, М. І. Драчук. Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology, 55 (127), 16–19.

References

1. Babansky Yu. K. Optimization of the educational process: Methodological foundations / Yu. K. Babansky. – M.: Education, 1982. – 192 s.
2. Bass S. Wolfram|Alpha: application possibilities in teaching higher mathematics for economic specialties students / S. Bass. Scientific notes [Kirovograd State Pedagogical University named after Vladimir Vynnychenko]. Series: Methodology problems of physical-mathematical and technological education. – 2013. – Vip. 4 (2). – P.8 –11. [Electronic resource]. – Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nz_pmfm_2013_4%282%29_4
3. Kobyl'nyk T. P. Using the Wolfram|Alpha web service to solve problems in probability theory / T. P. Kobyl'nyk. Information technologies in education. – 2015. – Vip. 24. – P. 68–80. [Electronic resource]. – Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo_2015_24_7
4. Kravchenko I. V., Mykytenko V. I. Information technologies: Systems of computer mathematics / I. V. Kravchenko, V. I. Mykytenko. [Electronic resource]: textbook. way. for students. specialty «Automation and computer-integrated technologies» – Kyiv: KPI. Igor Sikorsky, 2018. – 243 s.
5. Muzyka L. P. The computer mathematics systems usage on the example of Wolfram|Alpha in the process of studying of higher mathematics / L. P. Muzyka. Youth and market: monthly. nauk.-ped. magazine. – Drogobich: Drogob. state ped. Univ. Ivan Franko. – 2015. – № 8 (127). – S.104–108.
6. National strategy of education development in Ukraine for 2012 – 2021. – 37 s.
7. Nescheret O. S., Svinchuk O. V. Wolfram|Alpha as a software tool for mobile learning of mathematics / O. S. Nescheret, O. V. Svinchuk. Development of intellectual skills and creative abilities of pupils and students in the process of teaching natural sciences and mathematics cycle «ITM * plus – 2017»: materials of the II International remote scientific and methodical conference. – Sumy, 2017. – Part 2. – S. 35–37.
8. Royko L. L., Mamchych T. I., Mamchych I. Ia., Royko O. O. Navchannia metodam prykladnoi matematyky za pidtrymky prohramy R / L. L. Royko, T. I. Mamchych, I. Ia. Mamchych, O. O. Royko. Naukovyi zhurnal «Kompiuterno-intehrovani tekhnolohii: osvita, nauka, vyrobnytstvo» – №35, LNTU, 2019. – S. 37–41.
9. Fedorovich Z. Y., Drachuk M. I. Optimization of the teaching process of the discipline «Biophysics with physical methods of analysis» to students-pharmacists in higher educational institutions in modern conditions / Z. Y. Fedorovich, M. I. Drachuk. Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology, 55 (127), 16–19.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-10

УДК: 621.38

Павленко Вячеслав Якович, науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0003-0925-4173>

Підопригора Юрій Анатолійович, науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0002-6310-6780>

Кузьменко Тетяна Михайлівна, науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0003-1485-929X>

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

ЕЛЕКТРОННИЙ МІКРОСКОП ЯК ОДИН ІЗ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ 3D ВИМІРЮВАНЬ

Павленко В.Я., Підопригора Ю.А., Кузьменко Т.М. Електронний мікроскоп як один із сучасних засобів 3d вимірювань. Розкрито сучасні засоби 3d вимірювань у вигляді електронного мікроскопу. Визначено поняття електронної мікроскопії, що являє собою сукупність методів морфологічного дослідження об'єктів за допомогою потоку електронів, структурованих електричними полями в електронних мікроскопах. Досліджено будову сучасного електронного мікроскопу. Наголошується, що електронний мікроскоп використовує замість променя світла (фотонів) потік електронів, у яких довжина хвилі значно менше, і цим він відрізняється від світлового мікроскопа. Як відомо з фізики, чим швидше швидкість електронів, тим менше довжина хвилі, а швидкість потоку електронів залежить від різниці потенціалів, яка в деяких моделях становить кілька мільйонів вольт і при цьому збільшення може досягати до двох мільйонів крат. Визначено принцип роботи електронної мікроскопії. В основі принципу лежить цифрова технологія, як комплекс, який складається з мікроскопа і персонального комп'ютера зі встановленим спеціальним програмним забезпеченням. Підкреслюється, що цифровий мікроскоп складається безпосередньо з мікроскопа і фото- або відеокамери, яка відповідає за виведення зображення, забезпечити належну якість якого можна тільки використовуючи професійне обладнання для цифрової мікроскопії. Наведено структурно-функціональну схему цифрової мікроскопії та описано структурні елементи. Розкрито принцип формування зображення та перехід від 2D до 3D моделі. Визначено, що для з'єднання фото- або відеокамери і мікроскопа використовуються адаптери, що забезпечують, крім надійного кріплення камери, передачу зображення з максимальним полем видимості і без спотворення картинки. Окреслено можливості модернізованих цифрових мікроскопів останнього покоління, головним з них є те, що з'єднання в єдину систему всіх складових дозволяє отримати нові можливості для аналізу, які недоступні для кожного окремого вузла цифрового мікроскопа.

Ключові слова: 3d вимірювання, інновації, механізм, мікроскопія, нанотехнологія, матеріали, конструкції, мікроелектроніка, ультраструктурний рівень, електронний мікроскоп.

Павленко В. Я., Подопрігора Ю. А., Кузьменко Т. М. Электронный микроскоп как один из современных средств 3d измерений. Раскрыты современные средства 3d измерений в виде электронного микроскопа. Определено понятие электронной микроскопии, представляет собой совокупность методов морфологического исследования объектов с помощью потока электронов, структурированных электрическими полями в электронных микроскопах. Исследовано строение современного электронного микроскопа. Отмечается, что электронный микроскоп использует вместо луча света (фотонов) поток электронов, у которых длина волны значительно меньше, и этим он отличается от светового микроскопа. Как известно из физики, чем быстрее скорость электронов, тем меньше длина волны, а скорость потока электронов зависит от разности потенциалов, которая в некоторых моделях составляет несколько миллионов вольт и при этом увеличение может достигать до двух миллионов крат. Определен принцип работы электронной микроскопии. В основе принципа лежит цифровая технология, как комплекс, который состоит из микроскопа и персонального компьютера с установленным специальным программным обеспечением. Подчеркивается, что цифровой микроскоп состоит непосредственно из микроскопа и фото или видеокамеры, которая отвечает за вывод изображения, обеспечить надлежащее качество которого можно только используя профессиональное оборудование для цифровой микроскопии. Приведены структурно-функциональную схему цифровой микроскопии и описаны структурные элементы. Раскрыто принцип формирования изображения и переход от 2D к 3D модели. Определено, что для соединения фото- или видеокамеры и микроскопа используются адаптеры, обеспечивающие, кроме надежного крепления камеры, передачу изображения с максимальным полем видимости и без искажения картинки. Определены возможности модернизированных цифровых микроскопов нового поколения, главным из них является то, что соединение в единую систему всех составляющих позволяет получить новые возможности для анализа, которые недоступны для каждого отдельного узла цифрового микроскопа.

Ключевые слова: 3d измерения, инновации, механизм, микроскопия, нанотехнология, материалы, конструкции, микроэлектроника, ультраструктурные уровни, электронный микроскоп.

Pavlenko Vyacheslav, Pidopryhora Yuriy, Kuzmenko Tetiana. Electronic microscope as one of modern 3d measurements. Modern means of 3d measurements in the form of an electron microscope are revealed. The concept of electron microscopy is defined, which is a set of methods for morphological study of objects using a stream of electrons structured by electric fields in electron microscopes. The structure of a modern electron microscope has been studied. It is noted that the electron microscope uses instead of a beam of light (photons) a stream of electrons, in which the wavelength is much smaller, and thus it differs from the light microscope. As is known from physics, the faster the velocity of the electrons, the shorter the wavelength, and the velocity of the electron flows depends on the potential difference, which in some models is several million volts and the increase can reach up to two million times. The principle of electron microscopy is determined. The principle is based on digital technology as a complex consisting of a microscope and a personal computer with special software installed. It is emphasized that a digital microscope consists directly of a microscope and a photo or video camera, which is responsible for the output of the image, the proper quality of which can be ensured only by using professional equipment for digital microscopy. The structural-functional scheme of digital microscopy is given and the structural elements are described. The principle of image formation and transition from

2D to 3D model is revealed. It is determined that adapters are used to connect the camera or video camera and the microscope, which, in addition to securely mounting the camera, transmit images with the maximum field of view and without distorting the image. The possibilities of modernized digital microscopes of the latest generation are outlined, the main one is that the connection into a single system of all components allows to obtain new opportunities for analysis, which are not available for each individual node of the digital microscope.

Keywords: 3d measurements, innovation, mechanism, microscopy, nanotechnology, materials, structures, microelectronics, ultra structural level, electron microscope.

Вступ та постановка проблеми дослідження. Історія розвитку науки і техніки нерозривно пов'язана з розвитком системи, методів і засобів вимірювань. В кінці XX і початку XXI століття на передній план розвитку висунулися високі технології, головними з яких є мікроелектроніка і нанотехнологія. Мікроелектроніка оперує з елементами, що мають мінімальні розміри (критичні розміри) в сотні нанометрів, і в найближчі роки очікується перехід до десятків нанометрів [1, 2], а нанотехнологія оперує з характерними розмірами в одиниці нанометрів. При цьому необхідно врахувати, що розвиток мікроелектроніки йде випереджаючими темпами. Все це вимагає вирішення проблеми забезпечення єдності лінійних вимірювань в нанометровому діапазоні.

Розвиток мікроскопії вже зробив революцію в світі і залишається найважливішою передумовою її майбутніх відкриттів. Застосування електронної мікроскопії в різних сферах істотно змінило і поглибило колишні уявлення про тонку структуру клітини і її позаклітинних компонентів, що сприяло додатковому розумінню її функціональних особливостей.

Можливість проведення структурно-функціонального аналізу клітин нерозривно пов'язана з винаходом і подальшим удосконаленням світлових, електронних і зондових мікроскопів [1, 3-5]. Така необхідність викликана прагненням вчених в більш повному розумінні механізмів складних просторових процесів, що відбуваються в клітині на ультраструктурному рівні (менш 100 нм). Більш того, з'явилася можливість вивчення об'єктів в тривимірному – 3D зображенні з високим просторовим дозволом (0,2-0,5 нм).

Отримання об'ємної інформації на ультраструктурному рівні істотно розширює можливість традиційних підходів при вивченні мікросвіту, а саме:

- дозволяє отримувати нову інформацію про об'єкти дослідження – аналізувати і зберігати інформацію про форму, рельєф поверхню і просторові параметри клітини в її тривимірній субмікроскопічній морфології [2, 3];
- здійснювати моделювання мікрооб'єктів зі збереженням їх справжніх розмірів і форм [2];
- проводити комп'ютерну видову діагностику в тривимірному режимі [4];
- накопичувати інформацію про їх нативну архітектуру і різноманіття [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні, наукові дослідження у сфері електронної мікроскопії включають в себе як зарубіжні так і вітчизняні досягнення.

О.М. Маркіна., В.П. Маслов [7] розглядаються фізичні основи формування зображення об'єкту дослідження, у роботі представлено аналіз умов формування сигналу та шляхи підвищення точності цифрової вимірювальної системи, узагальнено і систематизовано матеріали щодо експериментальних досліджень джерел похибок цифрових вимірювальних систем та запропоновано методи їх зменшення.

В роботі [8] розглянуто та проаналізовано широку номенклатуру методів та обладнання для реєстрації топографії поверхні, кожний з яких використовує різні фізичні принципи взаємодії з поверхнею, має різну роздільну здатність та обмеження робочої площі сканування, має свої переваги та недоліки. Це контактна (шупова) профілометрія, фокусна мікроскопія, інтерференційна профілометрія, скануюча зондова мікроскопія

А.В. Фесенко, В.Н. Боровицький [9] наводять огляд методів отримання тривимірних зображень за допомогою оптичних мікроскопів через їхню велику кількість. Розглядаються методи тіньового перетину профілю, методи з просторовою модуляцією освітлення, конфокальні і інтерференційні. Розглядаються принципи роботи і схеми побудови приладів. З огляду на переваги конфокальних і інтерференційних методів їх основним недоліком є вартість устаткування, що в свою чергу нашоує на модернізацію вже існуючих мікроскопів в мікроскопи для отримання тривимірних зображень шляхом незначних доопрацювань або додатковим портативним модулем.

Також варто відмітити роботи Lei Tian, Laura Waller [10], С.К. Мещанінов, В.М. Співак, А.Т. Орлов [11], S. A. Nepijko, A. Chernenkaya, K. Medjanik, S. V. Chernov, A. A. Sapozhnik, L. V. Odnodvoret, I. Yu. Protsenko, W. Schulze, G. Ertl, G. Schonhense [12].

Однак, незважаючи на масштабність наукових досліджень, питання дослідження сучасних засобів 3d вимірювань залишається відкритим та потребує детального опрацювання.

Постановка завдання. У статті необхідно дослідити сучасні електронні мікроскопи для забезпечення якісних 3d вимірювань.

Виклад основного матеріалу дослідження. Електронна мікроскопія – це сукупність методів морфологічного дослідження об'єктів за допомогою потоку електронів, структурованих електричними полями в електронних мікроскопах (ЕМ), які дозволяють вивчити мікроструктуру цих об'єктів на макромолекулярному і субклітинному рівнях (аж до атомно-молекулярного рівня), їх локального складу і локалізованих на поверхнях або в мікрооб'ємах тіл електричних і магнітних полів [2].

Також включає удосконалення і розробку нових ЕМ та інших корпускулярних мікроскопів (наприклад, протонного мікроскопа) і приставок до них; пошук методик підготовки зразків, досліджуваних в ЕМ; вивчення механізмів формування електронно-оптичних зображень; розробку методів аналізу одержуваної інформації [13].

Електронний мікроскоп використовує замість променя світла (фотонів) потік електронів, у яких довжина хвилі значно менше, і цим він відрізняється від світлового мікроскопа. Як відомо з фізики, чим швидше швидкість електронів, тим менше довжина хвилі, а швидкість потоку електронів залежить від різниці потенціалів, яка в деяких моделях становить кілька мільйонів вольт і при цьому збільшення може досягати до двох мільйонів крат, а дозвіл можна отримати до 10-20 Å. Ця якість і робить електронний мікроскоп незамінним приладом при дослідженні біологічних об'єктів, будови речовини, діагностики, аналізу частинок і контролю якості складних речовин як в медицині, мікробіології, імунології, фармакології так і в техніці, дозволяючи розглянути самі найдрібніші деталі, аж до атомномолекулярного рівня, недоступні для оптичного мікроскопа.

Сьогодні методи електронної мікроскопії дозволили перейти на якісно новий рівень вивчення матерії, здійснення якісних 3d вимірювань.

Новітнім напрямком в сучасній мікроскопії є цифрова мікроскопія, принцип роботи якої заснований на аналізі зображення за допомогою цифрових технологій. Інструментом описуваного методу аналізу є цифровий комплекс, що складається з мікроскопа і персонального комп'ютера з встановленим спеціальним програмним забезпеченням. Сам цифровий мікроскоп складається безпосередньо з мікроскопа і фото- або відеокамери, яка відповідає за виведення зображення, забезпечити належну якість якого можна тільки використовуючи професійне обладнання для цифрової мікроскопії. Структурно-функціональна схема цифрової мікроскопії наведена на рисунку 1.

Сканована деталь 1 встановлена на поворотному столі 2. Скануюча оптоелектронна система включає випромінювач – лазер 3, цифрову відеокамеру 4 на основі ПЗЗ (прилад із зарядним зв'язком) матриці, яка встановлена на рухомий каретці 5, може переміщатися у вертикальному напрямку Z і здійснювати кутові переміщення φ_2 . Координата скануємої точки $\alpha\{X, Y, Z\}$ визначається за результатами обробки переміщень столу φ_1 і скануючої системи φ_2 і Z :

$$\alpha\{X, Y, Z\} = f((\varphi_1, \varphi_2, Z), Y_m, Z_m) \quad (1)$$

де Y_m і Z_m – координати зображення точки α на ПЗЗ-матриці.

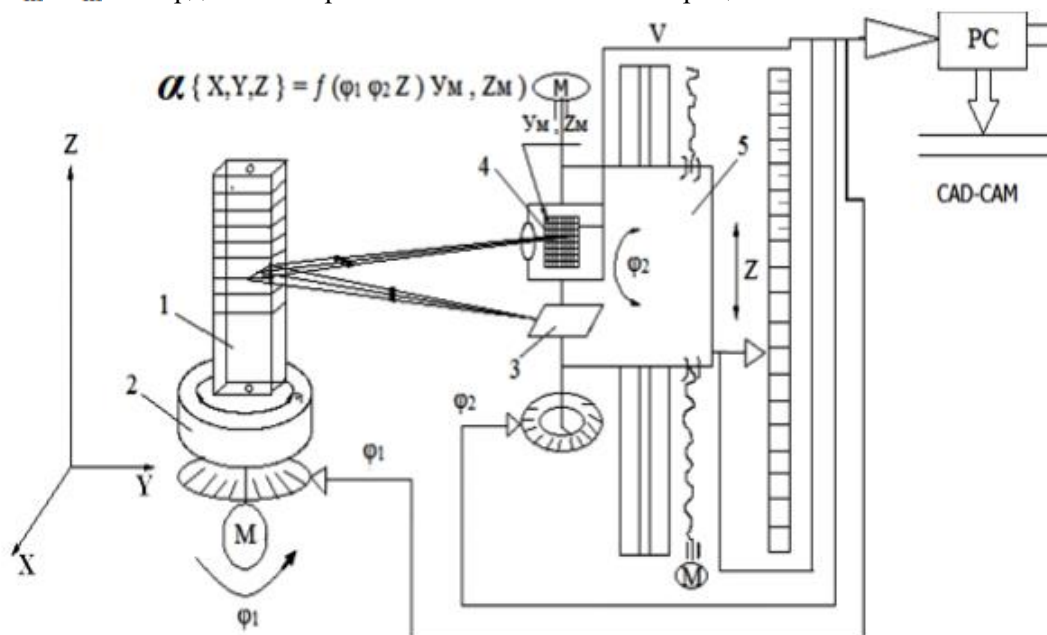


Рис. 1. Структурно-функціональна схема цифрової мікроскопії [14]

1 – сканована деталь, 2 – поворотний стіл, 3 – лазер, 4 – цифрова відеокамера, 5 – рухома каретка

При виборі таких сучасних мікроскопів, насамперед необхідно оцінити рівень оптики, від якої багато в чому залежить якість картинки. Також, важливим моментом є роздільна здатність обладнання, що характеризує систему введення зображення. Тому в сучасних цифрових мікроскопах використовуються тільки цифрові камери високої роздільної здатності і високочастотні оптичні системи.

Деякі моделі цифрових мікроскопів дозволяють проводити 3D-вимірювання, які досягаються за допомогою накладання зображення один на одного. Використовуючи кроковий двигун, система приймає зображення з низькою фокальною площиною і переводить в поле зору високої фокальної площини. Потім вона реконструює частини зображень в 3D-модель, засновану на контрасті, щоб створити кольорове 3D зображення об'єкта. З цих частин може бути виконана 3D модель вимірювань, але їх точність заснована на кроковому двигуні і глибині різкості об'єктива.

За допомогою сучасної системи цифрового мікроскопа може бути використана технологія «2D і 3D черепиця», також відома як «шиття» або створення панорамних зображень. В 2D черепиці зображення автоматично укладається як єдине ціле в реальному часі шляхом переміщення на етапі XY. 3D черепиця поєднує XY рух етапу 2D черепиці з Z-осі руху 3D вимірювання для створення 3D-панорами [12].

У ряді випадків, для з'єднання фото- або відеокамери і мікроскопа використовуються адаптери, що забезпечують, крім надійного кріплення камери, передачу зображення з максимальним полем видимості і без спотворення картинки. Кожна складова сучасного цифрового мікроскопа підбирається виходячи з особливостей всієї системи, в якій сумісність вузлів відіграє вирішальну роль при аналізі. Ряд виробляють цифрові мікроскопи компаній, що поставляють на ринок обладнання, оснащене тринокулярною насадкою, яка дозволяє проводити фото- або відеозйомку об'єкта без внесення додаткових змін до системи. Говорячи про можливість цифрових мікроскопів останнього покоління, фахівці відзначають, що з'єднання в єдину систему всіх складових дозволяє отримати нові можливості для аналізу, які недоступні для кожного окремого вузла цифрового мікроскопа. Наприклад, ні персональний комп'ютер, ні мікроскоп і ні фото- або відеокамера самі по собі не здатні виміряти оптичні характеристики об'єкта дослідження. І тільки зібрані в єдину систему, зазначені складові утворюють те, що називається цифровий мікроскоп, який дозволяє проводити складні фото- або відеометричні вимірювання у 3d форматі.

Сфера використання цифрових мікроскопів досить широка. Подібне сучасне обладнання для точного аналізу застосовується в лабораторіях різних виробництв, матеріалознавстві, медицині, біології, електроніці, точному машинобудуванні і т. д. Основними перевагами цифрових мікроскопів є:

- передача (трансляція) результатів досліджень об'єктів на відстані в режимі реального часу;
- проведення аналізу об'єктів спостереження без додаткових пристосувань візуально, а також на екрані монітора персонального комп'ютера;
- можливість збереження практично будь-якої кількості проміжних результатів дослідження, а також кінцевого на цифрові носії інформації;
- можливість редагування збережених цифрових результатів за допомогою спеціального програмного забезпечення.

Висновки. Електронний мікроскоп є перспективним засобом 3d вимірювань, дозволяє використовувати практичні методи вимірювання на якісно новому рівні. Найбільш поширені є інтерференційні методи отримання тривимірних зображень, зважаючи на їх високу роздільну здатність. Найбільш якісні зображення можна отримати на лазерному скануючому конфокальному мікроскопі. З огляду на економічний інтерес і сучасний рівень технологій (для здійснення сканування) можна вважати за доцільне модернізацію недорогих оптичних мікроскопів в мікроскопи для отримання тривимірних зображень методом тіньового перетину.

Список бібліографічного опису

1. Курбацький, В.П. Погосов, В.В., Коротун, А.В., Пехотін, Д.А. (2019). До питання про граничну роздільність електронного мікроскопу. *Тиждень науки-2019: тези доповідей науково-практичної конференції*, (м. Запоріжжя, 15–19 квітня 2019 р.) / редкол.: В. В. Наумик (відпов. ред.). Запоріжжя: ЗНТУ, 70-71.
2. Іванчук, О. Тумська О. (2019). Автоматизована побудова цифрової моделі мікроповерхні об'єкта за стереопарою цифрових РЕМ-зображень. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*, 2, 72-96.
3. Захаров І.П., Павленко Ю.Ф., Гусельников В.К., Кондрашев С.І. (2014). *Забезпечення єдності електрорадіовимірювань / під ред. д.т.н., проф. Ю.Ф. Павленка. Харків: Підручник НТУ «ХПІ». 236 с.*

4. Reich, E.S. (2013). Imaging hits noise barrier: Physical limits mean that electron microscopy may be nearing highest possible resolution. *Nature*, 499, 135–136.
5. Ivanchuk, O., Tumska, O. (2017). A study of fractal and metric properties of images based on measurements data of multiscale digital SEM images of a test object obtained. *Geodesy, Cartography and Aerial Photography*, 85, 53–64.
6. Мельник, Ю. А. (2013). Визначення структури та мікротопографії характеристичних поверхонь матеріалів методом 3D реконструкції : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.01 / Луцьк. нац. техн. ун-т. Луцьк, 20 с.
7. Маркіна О.М., Маслов В.П. Шляхи вдосконалення цифрових вимірювальних систем на базі оптичного мікроскопу Біолам: монографія. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 125 с.
8. Закієв, В.І. (2019). Прилад безконтактного вимірювання геометричних параметрів поверхні виробів методом інтерферометрії: дис. ... канд. техн. наук : 05.11.01 / Національний авіаційний університет МОН України, Київ. 191 с.
9. Фесенко А.В., Боровицкий В.Н. (2015). Современное состояние оптической микроскопии для получения трехмерных изображений. *Оптические та фізико-хімічні вимірювання*, 1, 62-72.
10. Tian L., Waller L. (2015). 3D intensity and phase imaging from light field measurements in an LED array microscope. *Optica*, 2, 2, 104-111.
11. Мещанинов, С.К., Співак, В.М., Орлов, А.Т. (2015). Електронні методи і засоби біомедичних вимірювань: навчальний посібник. Київ: Кафедра. 211 с.
12. Nepijko, S. A., Chernenkaya, A., Medjanik, K., Chernov, S. V., Sapozhnik, A. A., Odnodvoretz, L. V., ... & Schönhense, G. (2016). Spectral Measurement of Photon Emission from Individual Gold Nanoparticles Using Scanning Tunneling Microscopy. *Журн. нано- та електрон. фізики*, 2, 02039-1-02039-3.
13. Huang, X., Zhang, Y., & Yue, Z. (2016). Imageguided non-local dense matching with threesteps optimization. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 3(3), 67–74.

References

1. Kurbatsky, V.P., Pogosov, V.V., Korotun, A.V., Pekhotin, D.A.(2019). On the question of the ultimate resolution of the electron microscope. Week of Science 2019: abstracts of reports of the scientific-practical conference, (Zaporizhzhya, April 15–19, 2019) / editor: VV Naumyk (responsible editor). Zaporozhye: ZNTU, 70-71.
2. Ivanchuk, O. Tumska O. (2019). Automated construction of a digital model of the micro-surface of an object based on a stereo pair of digital SEM images. Modern achievements of geodetic science and production, 2, 72-96.
3. Zakharov I.P., Pavlenko Y.F., Guselnikov V.K., Kondrashev S.I. (2014). Ensuring the unity of electrical and radio measurements / ed. Ph.D., prof. Yu.F. Pavlenka. Kharkiv: Textbook of NTU "KhPI". 236 p.
4. Reich, E.S. (2013). Imaging hits noise barrier: Physical limits mean that electron microscopy may be nearing highest possible resolution. *Nature*, 499, 135–136.
5. Ivanchuk, O., Tumska, O. (2017). A study of fractal and metric properties of images based on measurements data of multiscale digital SEM images of a test object obtained. *Geodesy, Cartography and Aerial Photography*, 85, 53–64.
6. Melnik, Yu. A. (2013). Determination of structure and microtopography of characteristic surfaces of materials by the method of 3D reconstruction: author's ref. dis. ... cand. tech. Sciences: 05.02.01 / Lutsk. nat. tech. un-t. Lutsk, 20 с.
7. Markina O.M., Maslov V.P. Ways to improve digital measuring systems based on the Biolam optical microscope: a monograph. Kyiv: KPI named after Igor Sikorsky, 2017. 125 p.
8. Zakiev, V.I. (2019). Device of contactless measurement of geometrical parameters of a surface of products by a method of interferometry: dis. ... cand. tech. Sciences: 05.11.01 / National Aviation University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv. 191 s.
9. Fesenko AV, Borovitsky VN (2015). Current state of optical microscopy for obtaining three-dimensional images. *Optical and physicochemical measurements*, 1, 62-72.
10. Tian L., Waller L. (2015). 3D intensity and phase imaging from light field measurements in an LED array microscope. *Optica*, 2, 2, 104-111.
11. Мещанинов, С.К., Співак, В.М., Орлов, А.Т. (2015). Електронні методи і засоби біомедичних вимірювань: навчальний посібник. Київ: Кафедра. 211 с.
12. Nepijko, S. A., Chernenkaya, A., Medjanik, K., Chernov, S. V., Sapozhnik, A. A., Odnodvoretz, L. V., ... & Schönhense, G. (2016). Spectral Measurement of Photon Emission from Individual Gold Nanoparticles Using Scanning Tunneling Microscopy. *Журн. нано- та електрон. фізики*, 2, 02039-1-02039-3.
13. Huang, X., Zhang, Y., & Yue, Z. (2016). Imageguided non-local dense matching with threesteps optimization. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 3(3), 67–74.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-11

УДК: 004.421

Пахальчук Євгеній Вікторович, асистент

<https://orcid.org/0000-0001-9902-0738>

Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь, Україна

СИСТЕМА АДАПТИВНОГО ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТУ КОМІРНИКА ДЛЯ ВИДАЧІ ТОВАРІВ ЗА НАКЛАДНОЮ

Пахальчук Е. В. Система адаптивного поиска оптимального маршрута кладовщика для выдачи товаров по накладной. В данной работе описана система адаптивного поиска оптимального пути, направленная на упрощение ориентирования кладовщика на складе в момент сбора товаров по накладной. Рассмотрены функциональные возможности системы адаптивного поиска оптимального маршрута для кладовщика. Проанализирован набор алгоритмов поиска кратчайшего пути. Приведена условная реализация системы на основе алгоритма поиска кратчайшего пути A*.

Ключевые слова: поиск оптимального маршрута, алгоритм поиска A*, адаптивная системы поиска, мобильный подход.

Пахальчук Є. В. Система адаптивного пошуку оптимального маршруту комірника для видачі товарів за накладною. У даній роботі описана система адаптивного пошуку оптимального шляху, спрямована на спрощення орієнтування комірника на складі в момент збору товарів за накладною. Розглянуто функціональні можливості системи адаптивного пошуку оптимального маршруту для комірника. Проаналізовано набір алгоритмів пошуку найкоротшого шляху. Наведена умовна реалізація системи на основі алгоритму пошуку найкоротшого шляху A*.

Ключові слова: пошук оптимального маршруту, алгоритм пошуку A*, адаптивна системи пошуку, мобільний підхід.

Pahalchuk E. System of adaptive search for the optimal storerer's route for dispensing goods on the way. This paper describes an adaptive search system for the optimal path, aimed at simplifying the orientation of the storekeeper in the warehouse at the time of collecting goods on the invoice. The functional capabilities of the system of adaptive search for the optimal route for the storekeeper are considered. A set of algorithms for finding the shortest path is analyzed. A conditional implementation of the system based on the shortest path search algorithm A* is given.

Keywords: optimal route search, A* search algorithm, adaptive search systems, mobile approach.

Постановка наукової проблеми. Сучасні складські системи в своїй роботі все частіше використовують системи управління складами WMS [1], або альтернативні системи зі схожим функціоналом. Суть роботи подібних систем полягає в забезпеченні автоматизації управління бізнес-процесами складської роботи. Вони зберігають у собі інформацію про товар, користувачів, накладних та інших документах, і обробляють її згідно з різними запитами. Все це зроблено для прискорення роботи комірника на таких складах. Одним з обов'язків комірника є видача товару згідно з накладною. І основне завдання, яке виникає у комірника в момент збору товарів зі списку, це оптимізація шляху переміщення по складу для мінімізації витраченого часу на збір. Чим менше часу буде витрачено на виконання однієї накладної, тим більше користувачів зможе обслужити комірник. У разі, якщо склад має невеликі розміри, а комірник вже давно на ньому працює, то пошук оптимального маршруту він здатний скласти самостійно. Але якщо розмір складу досить великий, і є висока різноманітність позицій, то самостійний прорахунок оптимального шляху збору товарів стає досить проблематичним. А якщо комірник тільки почав роботу на новому складі, то самостійне формування оптимального шляху практично неможливо. Також процес побудови оптимального маршруту ускладнюється переміщенням товарів всередині складу, коли товар міняє своє місце розташування на складі. Тому завдання з розробкою системи для побудови оптимального маршруту збору товарів з накладної є досить актуальним. Особливо для складів з великою площею, великий різноманітним позицій і частими внутрішніми переміщеннями товару.

Аналіз досліджень. Завдання з пошуком оптимального маршруту для збору товарів за накладною можна вважати окремим випадком завдання комівояжера (traveling salesman problem) [2]. Завдання комівояжера отримало свою назву завдяки наступній ситуації. Комівояжеру потрібно відвідати певне число міст тільки один раз і повернутися назад в рідне місто на місце старту. Він знає відстані між кожною парою міст і хоче визначити такий порядок їх відвідування, щоб загальна пройдена відстань була мінімальною. Очевидно, що ситуація з комівояжером має кілька точок дотику із завданням збору товарів з накладною. Комірник починає своє пересування по складу з місця отримання накладної, його робочого місця. У накладній вказується список необхідних позицій, які йому треба видати. Після цього він починає свій рух по складу, відвідуючи ті ряди і полки, на яких

розташовується товар. Даний підхід дуже ефективний, так як практично повністю дозволяє вирішити поставлену задачу. Метод є неадаптивним і не здатний враховувати непередбачені зупини.

Так само при вирішенні завдань для пошуку найкоротшого шляху часто використовують алгоритм Дейкстри [3] і алгоритм A* [4]. Алгоритм Дейкстри (також званий пошуком з рівномірною вартістю) дозволяє нам ставити пріоритети дослідження шляхів. Замість рівномірного дослідження всіх можливих шляхів він віддає перевагу шляхам з низькою вартістю. Ми можемо поставити зменшені витрати, щоб алгоритм рухався по дорогах, підвищену вартість, щоб уникати лісів і ворогів, і багато іншого. Коли вартість руху може бути різною, ми використовуємо його замість пошуку в ширину.

A* - це модифікація алгоритму Дейкстри, оптимізована для єдиною кінцевої точки. Алгоритм Дейкстри може знаходити шляхи на всі точки, A* знаходить шлях до однієї точки. Він віддає пріоритет шляхам, які ведуть ближче до мети. На рисунку 1 представлено порівняння роботи двох алгоритмів.

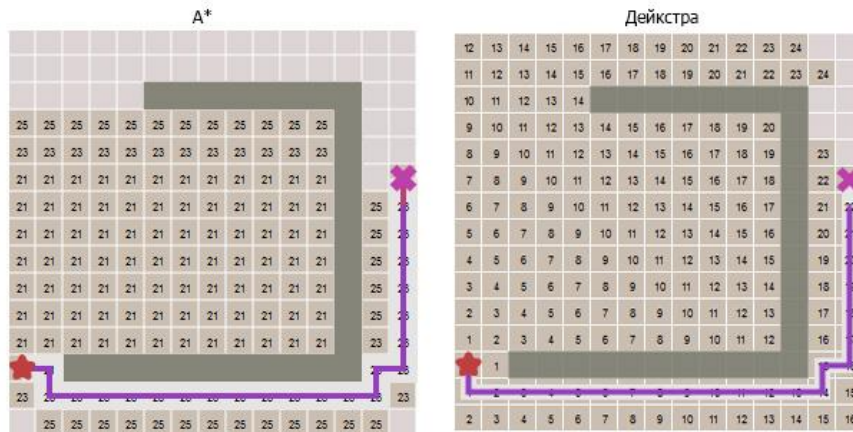


Рисунок 1 - Порівняння алгоритмів пошуку

Об'єктивно видно, що алгоритм A* працює швидше ніж алгоритм Дейкстри. Це відбувається через те, що алгоритм Дейкстри обчислює відстань від початкової точки, а A* використовує суму відстаней початкової і кінцевої точки. Так само A* досліджує менше неактуальних областей пересування, що значно економить ресурси системи.

Мета роботи. Метою даної роботи є проектування та розробка модуля адаптивного пошуку оптимального маршруту комірника по складу, на основі оптимального алгоритму пошуку шляху A*.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження

Перед рішенням завдання необхідно провести огляд існуючого обладнання. Так як подальша розробка системи і алгоритмів взаємодії між модулями може істотно відрізнитися в залежності від обраної платформи. Найпопулярнішими пристроями при роботі з товарами на складі є термінали збору даних [5]. Вони бувають різних типів і комплектаций, від пристроїв схожих на мобільні телефони, до портативного комп'ютера з клавіатурою і можливістю друку. Найбільш придатними варіантами для даного завдання виявилися пристрої на базі операційної системи Android з версією 7.1 [6]. Це дозволяє виробляти розробку мобільних додатків з використанням сучасних бібліотек та функцій. Подальша інформація в статті представлена з урахуванням розробки мобільного застосування для пошуку оптимального шляху.

Перед рішенням поставленого завдання, а саме адаптивного пошуку оптимального маршруту комірника по складу для видачі товарів за накладною, спочатку необхідно вирішити ряд дрібніших завдань:

- формування плану приміщення;
- налаштування плану складу шляхом присвоєння осередкам їх координат розташування;

Завдання формування і завантаження плану приміщення в систему детально буде розглянута в наступній роботі. Він полягає у автоматичному формуванні плану приміщення шляхом аналізу завантаженого зображення за допомогою бібліотеки OpenCV [7]. Зараз за основу буде взято типовий план складського приміщення, який представлений на рисунку 2. На рисунку видно кілька зон розмежувань:

- помаранчева зона - місце роботи комірника. Є початковою точкою побудови маршрутів пересування в момент отримання накладної.

– зелена зона - розташування стелажів на плані складу. Вона необхідна для того, щоб сформувати природні перешкоди в момент побудови маршруту. Надалі буде проводитися їх налаштування для розмітки осередків.

– блакитна зона - шлях по якому комірник може вільно переміщатися. Використовується системою для прокладки маршруту від точки А до точки Б.

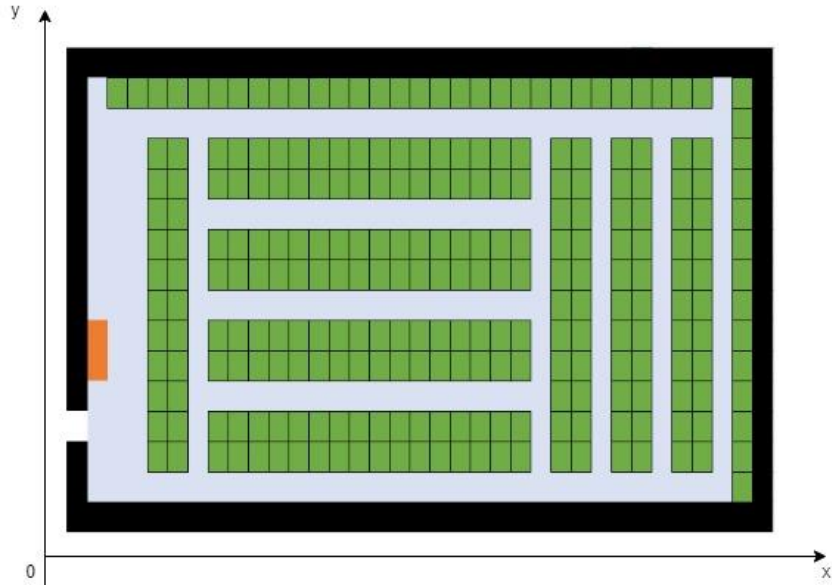


Рисунок 2 - Типовий план складу з розміткою

Після того, як карта складу була сформована і розділена на сегменти, можна приступати до її налаштування і адаптації під реальний склад. Для цього необхідно вказати місце розташування кожного осередку на стелажах. Щоб це реалізувати, карту складу необхідно відобразити на координатній площині. Для зручності будемо вважати нижній лівий кут карти як позиція $(0,0)$ і подальшу розмітку виробляти відносно 0.

Присвоєння координатної позиції для осередку може бути сформовано двома способами:

- привласнення координат цільового осередку;
- привласнення координат групі осередків.

Для присвоєння координат цільового осередку необхідно обрати стелаж і номер комірки на ньому, після цього на плані складу необхідно натиснути на місце розташування самого осередку. Після цих дій в систему буде занесена інформація про фізичне розташування осередку на складі.

Для присвоєння координат групі осередків необхідно відкрити карту складу і вибрати позицію матеріального становища. Після того як позиція була відзначена, необхідно додати список осередків, які відповідають обраній позиції. У даній ситуації списку осередків задається однакове фізичне місце розташування. Це обумовлено тим, що на одній координаті в двовимірному просторі може перебувати кілька осередків один над одним. І якщо уявити стелаж і осередок в тривимірному просторі, то у осередку з'явилася б з координата, яка відповідає за відстань від підлоги. Але в даній задачі координата з не розглядається, тому що вона не впливає при розрахунку відстані між точками. Після налаштування карти складу система готова до експлуатації.

Загальна структура системи адаптивного пошуку оптимального маршруту для комірника

Розроблена система в цілому складається з групи модулів. Кожен з модулів відповідає за свою частину роботи:

- модуль «Сервер» зберігає накладні і товари, формує набори даних по фільтрам;
- модуль «Клієнт» містить в собі інструменти візуалізації, формування плану складу;
- модуль «Пошуку маршруту» виробляє аналіз товарів зазначених в накладній, прораховує оптимальні маршрути від стартової позиції для подальшої побудови маршруту.

На рисунку 3 представлена загальна схема структури системи, в якій відображений модуль адаптивного пошуку оптимального шляху для комірника.

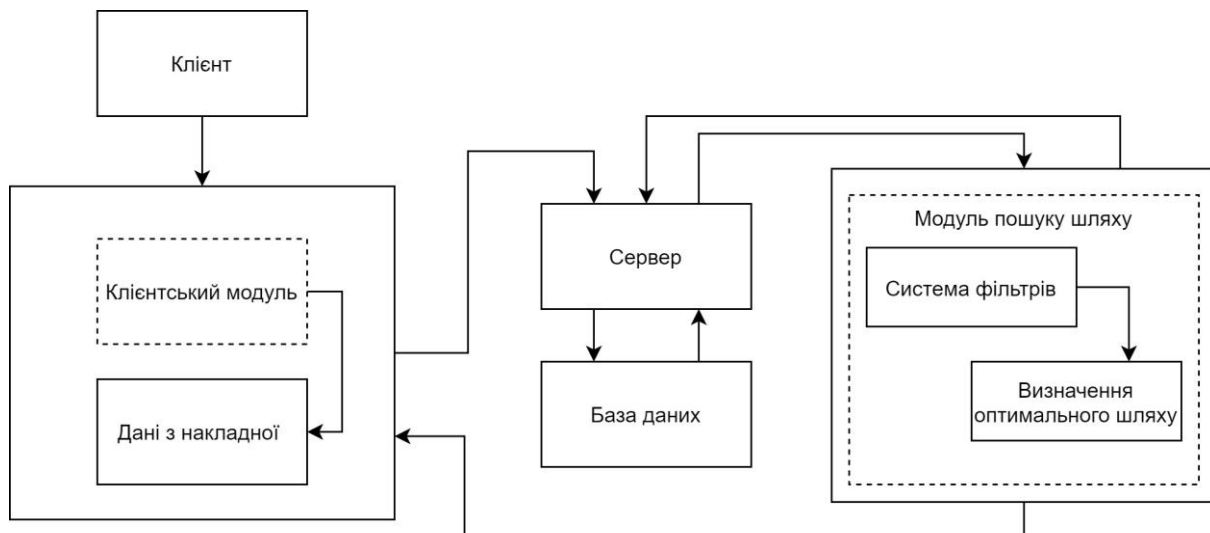


Рисунок 3 - Структурна схема системи адаптивного пошуку оптимального шляху

Схема складається зі стандартної клієнт-серверної архітектури з додатковим модулем адаптивного пошуку оптимального шляху. Робота клієнтської частини програми заснована на структурованому виведенні інформації користувачеві в момент роботи, візуалізації шляхів переміщення, віддаленому обліку товарів та інших функціях необхідних комірникові. Так як пристрій, яким користується комірник, є мобільним то він жорстко не прив'язана до конкретного місця роботи. Для коректної роботи системи візуалізації та формування списку товарів комірник зобов'язаний авторизуватися в системі і вибрати доступний склад зі списку. Після цього він може приступати до роботи на вибраному складі, але тільки якщо в систему доданий план розміщення товарів для цього складу. В іншому випадку система пошуку шляху працювати не буде,

Серверна частина системи відповідає за з'єднання з базою даних, перевірку даних, що надходять від клієнта, запис і виведення даних з бази даних та інші маніпуляції з даними. У момент звернення клієнтської частини до серверної відбувається валідація даних, вибірка або запис даних відповідно до запиту.

Якщо на клієнтській частині відбулася активація подія сканування накладної, то перед видачею інформації з серверної частини на клієнтську, дані передаються в модуль адаптивного пошуку оптимального маршруту. Всередині модуля дані сортуються, обробляються і відбувається пошук оптимального маршруту. Після формування масиву проходження шляху, дані передаються на клієнтську частину. Усередині клієнтської частини сформований список точок фіксується на модулі користувацького виведення. Це дозволяє формувати статичні карти маршрутів, щоб комірник міг приблизно орієнтуватися всередині складу.

Детальна робота модуля, що відповідає за побудову оптимального і адаптивного пошуку шляху надана на рисунку 4.

На блок-схемі представлений процес формування списку товарів, зазначених у накладній. Для цього комірник сканує через додаток спеціальний QR код на накладній. Інформація зі списком товарів завантажується через інтернет на пристрій. Після завантаження товару відбувається пошук самого далекого товару. Пошук маршруту формується шляхом прийняття за точку початку робоче місце комірника, а в якості мети вказується товар зі списку. Відбувається перебір всіх товарів в списку і формується новий відсортований масив з товарами з огляду на відстань до них. Комірник починає свій шлях з найдальшої точки і поступово просувається до свого робочого місця.

У разі, якщо комірник змінює свій маршрут прямування, система перебудовує маршрут згідно з внесеними змінами. Перевірка на проходження по маршруту відбувається в момент сканування товару, для занесення інформації в базу. Якщо товар що відсканували не відповідає товару, який був у списку система починає перебудовувати маршрут.

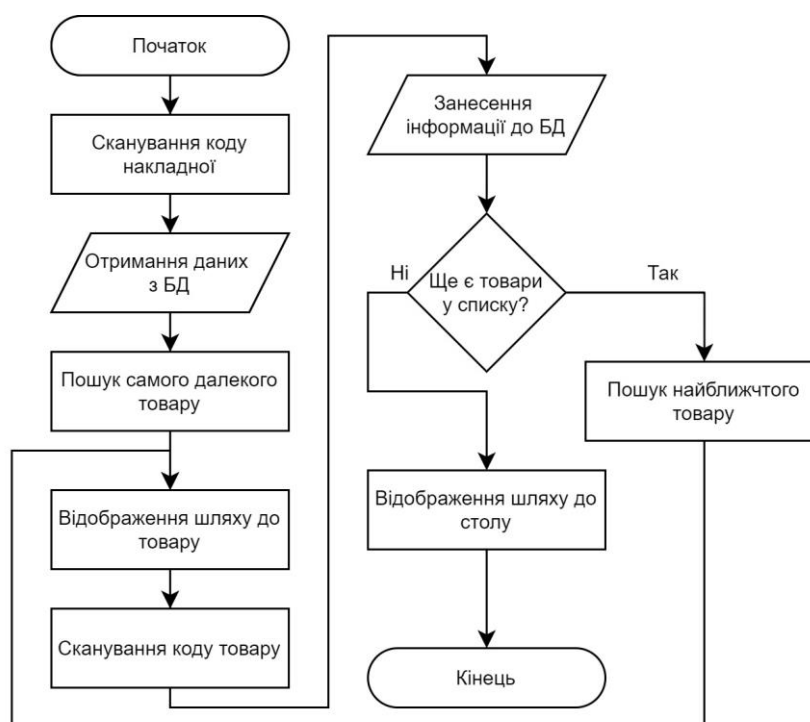


Рисунок 4 - Блок-схема стандартної роботи модуля пошуку шляху

Результати експериментів

Для перевірки ефективності роботи системи адаптивного пошуку оптимального маршруту комірника для видачі товарів за накладною було проведено кілька експериментів. В якості випробуваного виступав комірник з досвідом роботи 1 місяць, на складі що тестувався. Для чистоти експерименту всі накладні буде збирати один випробуваний. Розмір складу становить 500м². На складі розміщено 1300 різних видів продукції. Для експерименту був проведений збір товарів по 10 накладним.

У першому варіанті комірник виробляв збірку по 10 накладним із загальною кількістю позицій 50. У момент виконання накладних комірник покладався на свій особистий досвід. Розташування товарів вказувалося в форматі «номер стелажа» «номер комірки». Таким чином комірник сам вирішував куди йому потрібно зараз піти і який товар взяти. Час проходження записувався кожен раз, коли комірник віддавав товари користувачеві згідно з накладною.

У другому варіанті експерименту комірник також виробляв збір по 10 накладним із загальною кількістю позицій 50. Але в цей раз він слідував маршрутом, який йому формувала система оптимального пошуку маршруту. Час завершення виконання замовлення так само фіксувався в момент видачі товарів за накладною.

За результатами двох експериментів комірник виконав однакову кількість накладних з однаковою кількістю позицій. Так як накладні були ідентичними, то загальна відстань має залишитися незмінною. В обох випадках комірник рухався приблизно з однаковою швидкістю. Таким чином показники обох експериментів вийшли досить достовірними. Загальні показники двох експериментів представлені на рисунку 5.

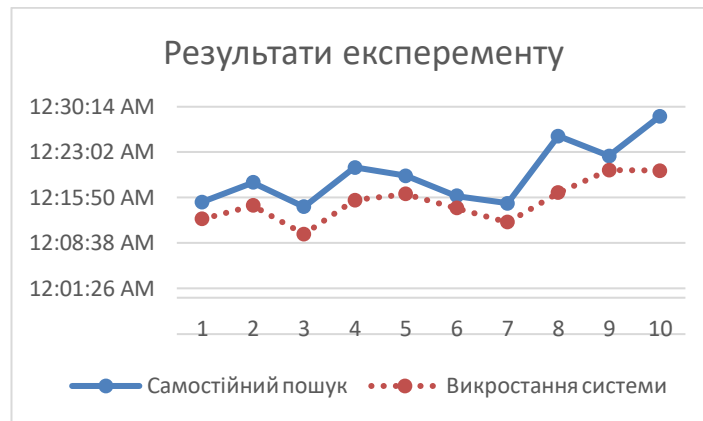


Рисунок 5 - Результати експерименту

За результатами експерименту видно, що при використанні системи адаптивного пошуку оптимального маршруту комірник витрачає менше часу на виконання накладної ніж при самостійному пошуку шляху. Середній час виконання однієї накладної при самостійній побудові маршруту склав 19 хвилин і 34 секунди. А при використанні системи загальний час знизився на 22% і склав 15 хвилин і 13 секунд. Отже, загальний час на виконання 10 накладних теж знизився на 22% і склав економію в 43 хвилини. Таким чином використання адаптивної системи оптимального пошуку маршруту для комірника є більш ефективним, ніж стандартні способи побудови шляху які використовує комірник.

Висновки та перспективи подальшого дослідження

Для формування адаптивного пошуку оптимального маршруту комірника для видачі товарів за накладною була розроблена система з формуванням карт розміщення осередків і алгоритмом зворотного пошуку маршруту. Завдяки розробленій системі, комірник витрачає менше часу на виконання замовлення за накладною, тому що йому не треба продумувати маршрут заповнення. Комірникові досить зробити сканування накладної за допомогою мобільного пристрою, а додаток самостійно побудує оптимальний маршрут.

Надалі планується провести модернізацію і доопрацювання системи шляхом обліку габаритів товару в момент формування маршруту. Таким чином комірник вироблятиме заповнення кошика, орієнтуючись на габарити продукції.

Список бібліографічного опису

1. WMS (warehouse management system, система управління складом) [Електронний ресурс]. - <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/warehouse-management-system-wms> (Дата звернення: 17.08.2020);
2. Lawler EL, Lenstra JK, Kan AR, Shmoys DB The Travelling Salesman Problem: A Guided Tour of Combinational Optimization. Vol. 3. New York, NY, Wiley, 1985. 476 p.;
3. Левітін А. В. Жадібні методи: алгоритм Дейкстри // Алгоритми. Введення в розробку і аналіз. - М.: Вільямс, 2006. - 576 с.;
4. Афанасьєва, Т. В. Алгоритми і програми: навчальний посібник / Т.В. Афанасьєва, Ю.Є. Кувайскова, В.А. Фасхутдінова. - Ульяновськ: УлГТУ, 2011. - 227 с.
5. Вимоги до ТСД [Електронний ресурс]. - <https://rodden.ru/1680-trebovanija-dlja-tsd> (Дата звернення: 17.08.2020);
6. Smyth Neil. Android Studio 3.0 Development Essentials. Android 8 Edition, Payload Media, Inc., 2017. - 864 p.
7. Келер А., Бредскі Г. Вивчаємо OpenCV 3 - Learning OpenCV 3. -М.: ДМК-Пресс, 2017. - 826 с.

References

1. WMS (warehouse management system) [Electronic resource]. - <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/warehouse-management-system-wms> (Application date: 17.08.2020);
2. Lawler EL, Lenstra JK, Kan AR, Shmoys DB The Travelling Salesman Problem: A Guided Tour of Combinational Optimization. Vol. 3. New York, NY, Wiley, 1985. 476 p.;
3. Levitin AV Greedy methods: Dijkstra's algorithm // Algorithms. Introduction to development and analysis. - M.: Williams, 2006. - 576 p.;
4. Afanasieva, TV Algorithms and programs: a textbook / TV Afanasieva. Afanasyeva, Yu.Ye. Кувайскова, В.А. Fashutdinov. - Ulyanovsk: UISTU, 2011. - 227 p.
5. Requirements for TSD [Electronic resource]. - <https://rodden.ru/1680-trebovanija-dlja-tsd> (Access date: 17.08.2020);
6. Smyth Neil. Android Studio 3.0 Development Essentials. Android 8 Edition, Payload Media, Inc., 2017. - 864 p.
7. Keller A., Bredsky G. We study OpenCV 3 - Learning OpenCV 3. -M.: DMK-Press, 2017. - 826 p.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-12

УДК: 004.415.3

Пех Петро Антонович, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-6327-3319>

Грабинський Богдан Петрович, студент

Луцький національний технічний університет

ПЕРЕВІРКА ГІПОТЕЗИ ПРО ХАРАКТЕР ТА ПАРАМЕТРИ РОЗПОДІЛУ ВИПАДКОВИХ ВЕЛИЧИН**Пех П. А., Грабинський Б. П. Перевірка гіпотези про характер та параметри розподілу випадкових величин.**

В статті наведена методика побудови математичної моделі та перевірки гіпотези про тип та параметри розподілу вхідного потоку та часу обслуговування вимог систем масового обслуговування.

Ключові слова: вхідний потік вимог, час обслуговування вимог, система масового обслуговування, найпростіший потік, розподіл Ерланга**Пех П. А., Грабинский Б. П. Проверка гипотезы о характере и параметрах распределения случайных величин.**

В статье приведена методика построения математической модели и проверки гипотезы о характере и параметрах распределения входящего потока и времени обслуживания требований систем массового обслуживания.

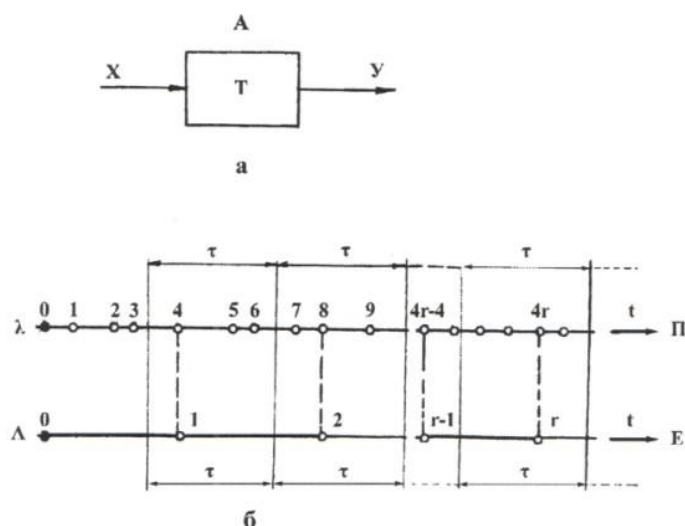
Ключевые слова: входящий поток требований, время обслуживания требований, система массового обслуживания, простейший поток, распределение Эрланга**Pekh Petro, Hrabynskiy Bohdan. Testing the hypothesis about the nature and parameters of the distribution of random variables.** The article presents a method of building a mathematical model and testing the hypothesis about the type and parameters of distribution of input flow and service time requirements of queuing systems.**Keywords:** incoming requirements flow, requirements service time, queuing system, simplest flow, Erlang distribution.**Постановка задачі.** Дискретні випадкові величини часто використовуються у дослідженнях процесів функціонування систем, що відносяться до області комп'ютерної інженерії. Типовим прикладом таких випадкових величин є кількість вимог, що надходять до систем масового обслуговування (СМО) за певний проміжок часу, наприклад, кількість запитів до сервера комп'ютерної мережі [1].Кожну СМО можна розглядати як обслуговуючий апарат A , що функціонує у відповідності з вимогами технології (рис. 1, а). Вхідний потік вимог X , які поступають на обслуговування до апарату A , і випадковий процес їх обслуговування T породжують вихідний потік обслугованих вимог Y , а це дає можливість прогнозувати показники якості роботи СМО.

Рисунок 1. а - Структура системи масового обслуговування;

б – Схема утворення потоку з післядією E шляхом k -кратного розрідження найпростішого потоку Π Розглянемо процес надходження вимог до СМО. Відмітимо на осі Ot точками моменти надходження вимог (рис. 1, б). Тоді віддаль між сусідніми точками являє собою тривалість проміжку часу між моментами надходження вимог одна за одною.Кількість вимог, що надходять протягом певного інтервалу часу τ будемо вважати випадковою величиною R . Імовірність того, що за час τ у систему надійде рівно $R = r$ вимог, позначимо $P_r(\tau)$.

© Пех П.А., Грабинский Б.П.

обслуговуючого апарату системи, а віддаль між сусідніми точками – це не що інше, як тривалість процесу обслуговування вимог.

Введемо у розгляд випадкову величину T – тривалість часу обслуговування вимоги – це проміжок часу між моментами надходження вимог на обслуговування. Ця випадкова величина є неперервною. Для неї можуть бути знайдені диференціальна $f(t)$ та інтегральна $F(t)$ функції розподілу імовірностей.

Диференціальна функція $f(t)$ розподілу тривалості часу обслуговування вимог у випадку найпростішого характеру процесу обслуговування має вигляд:

$$f(t) = \mu e^{-\mu t}. \quad (9)$$

де μ – інтенсивність процесу обслуговування, що має найпростіший характер – часто у цьому випадку кажуть, що час обслуговування є експоненціальним.

Інтегральна функція $F(t)$ розподілу імовірностей тривалості часу обслуговування вимог у випадку найпростішого характеру процесу обслуговування має вигляд:

$$F(t) = 1 - e^{-\mu t}. \quad (10)$$

Зауважимо, що інтегральна функція $F(t)$ – це імовірність того, що випадкова величина T тривалості часу обслуговування вимог прийме значення, яке буде менше або дорівнюватиме деякому значенню t , тобто $F(t) = P(T \leq t)$.

Математичне сподівання M_t та дисперсія D_t тривалості часу обслуговування у найпростішому процесі обслуговування вимог відповідно дорівнюють:

$$M_t = \frac{1}{\mu}; \quad (11)$$

$$D_t = \frac{1}{\mu^2}. \quad (12)$$

Рівність

$$\frac{M_t^2}{D_t} = 1 \quad (13)$$

є ознакою того, що процес обслуговування вимог є найпростішим.

Інтенсивність μ_E Ерлангівського процесу обслуговування можна визначити за формулою:

$$\mu_E = \frac{\mu}{k}. \quad (14)$$

Диференціальна $f^k(t)$ функція розподілу тривалості часу обслуговування вимог у випадку Ерлангівського характеру процесу обслуговування має вигляд:

$$f^k(t) = \frac{k\mu_E(k\mu_E t)^{k-1}}{(k-1)!} e^{-k\mu_E t}. \quad (15)$$

Інтегральна функція розподілу імовірностей тривалості часу обслуговування вимог у випадку Ерлангівського характеру процесу обслуговування має вигляд:

$$F^k(t) = 1 - e^{-k\mu_E t} \sum_{n=0}^{k-1} \frac{(k\mu_E t)^n}{n!}. \quad (16)$$

Математичне сподівання M_t^k та дисперсія D_t^k тривалості часу обслуговування у Ерлангівському процесі обслуговування відповідно дорівнюють:

$$M_t^k = \frac{1}{\mu_E}; \quad (17)$$

$$D_t^k = \frac{1}{k\mu_E^2}. \quad (18)$$

Параметр стабільності k процесу Ерланга можна визначити за формулою:

$$k = \frac{(M_t^k)^2}{D_t^k}. \quad (19)$$

Ознакою того, що процес обслуговування вимог дійсно є Ерлангівським, є виконання нерівності $k > 1$. Чим більше значення цього параметру, тим стабільнішим є процес обслуговування, а характер його стає все ближчим до детермінованого.

Основна частина. Перевірка гіпотези про характер вхідного потоку вимог. Нехай ми маємо можливість вести спостереження за роботою СМО і експериментальним шляхом визначати кількість вимог, що надходять до системи за проміжки часу конкретної величини. Задася метою перевірити гіпотезу про характер вхідного потоку вимог і обчислити його параметри. Нижче у табл. 1 наведені дані $n=100$ спостережень кількості надходжень вимог до СМО протягом п'ятихвилинних проміжків часу ($\tau = 5$ хв.). Для вирішення поставленої задачі необхідно виконати наступне.

1. Побудувати емпіричний розподіл частот надходження вимог у кількості r_i штук протягом п'ятихвилинних проміжків часу.

2. Визначити середню кількість вимог r_c , що надходять у СМО протягом п'ятихвилинних проміжків часу:

$$r_c = \frac{\sum r_i n_i}{n}. \quad (20)$$

3. Визначити інтенсивність вхідного потоку вимог, що надходять у СМО протягом п'ятихвилинних проміжків часу:

$$\lambda = \frac{1}{r_c}. \quad (21)$$

Таблиця 1. Дані $n=100$ спостережень кількості надходжень вимог до СМО протягом п'ятихвилинних проміжків часу

i	r_i	i	r_i	i	r_i	i	r_i
1	3	26	2	51	1	76	8
2	4	27	4	52	6	77	6
3	8	28	3	53	4	78	2
4	1	29	7	54	3	79	5
5	4	30	5	55	7	80	3
6	3	31	7	56	5	81	8
7	5	32	3	57	4	82	4
8	2	33	4	58	2	83	8
9	4	34	8	59	6	84	2
10	5	35	6	60	10	85	9
11	5	36	9	61	0	86	0
12	3	37	4	62	6	87	4
13	8	38	8	63	7	88	7
14	4	39	6	64	4	89	3
15	2	40	5	65	9	90	7
16	6	41	7	66	6	91	5
17	5	42	2	67	2	92	1
18	1	43	5	68	14	93	6
19	4	44	4	69	5	94	4
20	3	45	7	70	5	95	5
21	5	46	3	71	6	96	6
22	4	47	7	72	6	97	5
23	3	48	5	73	3	98	3
24	6	49	6	74	9	99	7
25	6	50	5	75	5	100	4

4. Визначити дисперсію кількості вимог, що надходять у СМО протягом п'ятихвилинних проміжків часу:

$$D = \frac{\sum (r_i - r_c)^2 n_i}{n}. \quad (22)$$

5. Визначити середнє квадратичне відхилення кількості вимог, що надходять у СМО протягом п'ятихвилинних проміжків часу:

$$\sigma = \sqrt{D}. \quad (23)$$

6. Визначити відносні частоти (частоти) кількості вимог, що надходять у СМО протягом п'ятихвилинних проміжків часу:

$$\gamma_i = \frac{n_i}{n} \quad (24)$$

7. Визначити теоретичні імовірності кількості вимог, що надходять у СМО протягом п'ятихвилинних проміжків часу:

$$P_r^k(\tau) = e^{-k\tau/r_c} \sum_{n=k\tau}^{kr+k-1} \frac{(k\tau/r_c)^n}{n!}, \quad r = 0, 1, 2, \dots \quad (25)$$

Розглянути випадки: $k=1$; $k=2$; $k=3$.

8. Визначити теоретичні частоти кількості вимог, що надходять у СМО протягом п'ятихвилинних проміжків часу:

$$n_{mi} = n * P_r^k(\tau). \quad (26)$$

9. Визначити величину χ_{ϕ}^2 , що характеризує відхилення теоретичних частот кількості вимог, що надходять у СМО протягом п'ятихвилинних проміжків часу, від емпіричних значень:

$$\chi_{\phi}^2 = \sum \frac{(n_i - n_{mi})^2}{n}. \quad (27)$$

10. Порівняти отримані значення χ_{ϕ}^2 з табличним значенням $\chi_{табл}^2$, прийнявши рівень значущості $\alpha = 0.05$. Число степенів свободи визначити за формулою

$$f = l - s - 1 \quad (28)$$

де l – кількість інтервалів після об'єднання деяких з них (об'єднувати можна ті крайні інтервали, для яких є дуже малою величиною);

S – кількість додатково накладених зв'язків.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	i	η_i	η_i	η_i/η_0	η_i/η_0	η_i/η_0	$(\eta_i/\eta_0)^2$	η_i/η_0	$P_{\eta}(k=1)$	$n \cdot P_{\eta}$	$(n_i - nP_{\eta})^2/(nP_{\eta})$
104	1	0	2	0	-4,93	24,30490	0,02	0,00722650	0,722650000000	2,257833007	
106	2	1	4	4	-3,93	15,44490	0,04	0,03662666	3,662670000000	0,053683762	
107	3	2	8	16	-2,93	8,58490	0,08	0,08781972	8,781970000000	0,069628692	
108	4	3	13	39	-1,93	3,72490	0,13	0,14431707	14,431710000000	0,142034002	
109	5	4	17	68	-0,93	0,86490	0,17	0,17787079	17,787080000000	0,034828366	
110	6	5	18	90	0,07	0,00490	0,18	0,17538060	17,538060000000	0,012167177	
111	7	6	15	90	1,07	1,14490	0,15	0,14410439	14,410440000000	0,024120082	
112	8	7	10	70	2,07	4,28490	0,10	0,10149067	10,149070000000	0,002189547	
113	9	8	7	56	3,07	9,42490	0,07	0,06254362	6,254360000000	0,088894629	
114	10	9	4	36	4,07	16,56490	0,04	0,03426001	3,426000000000	0,096169294	
115	11	10	1	10	5,07	25,70490	0,01	0,01689018	1,689020000000	0,261079301	
116	12	11	0	0	6,07	36,84490	0,00	0,00756987	0,756990000000	0,75699	
117	13	12	0	0	7,07	49,98490	0,00	0,00310996	0,311000000000	0,311	
118	14	13	0	0	8,07	65,12490	0,00	0,00117939	0,117940000000	0,11794	
119		14	1	14	9,07	82,26490	0,01	0,00041531	0,041530000000		
120			100	493		344,27360	1,00		99,980490000000	4,24855785	
121				$\eta_0 = 4,93$	$\sigma_{\eta} =$	3,47751					
122						1,86481					
123											
124											
125											
126											
127											

Рисунок 2 - Розрахунок параметрів вхідного потоку вимог до СМО за кількістю вимог, що надходять до системи протягом п'ятихвилинних проміжків часу і апроксимація його найпростішим потоком з параметром стабільності $k=1$

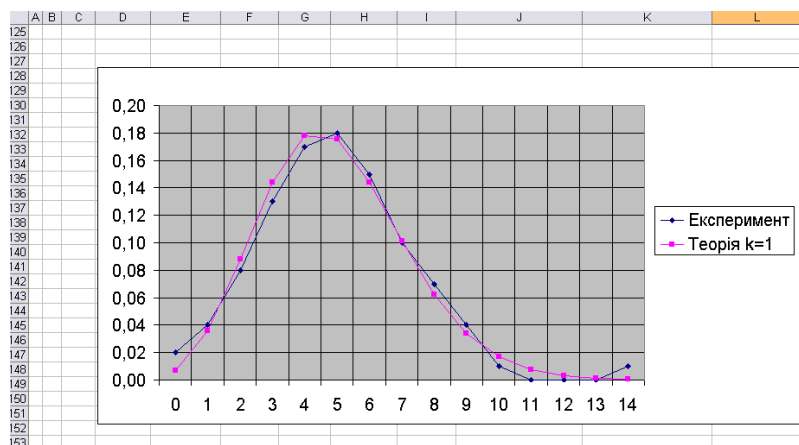


Рисунок 3 - Графіки розподілу частот та імовірностей надходження вимог до системи протягом п'ятихвилинних проміжків часу у випадку $k=1$

Перевірка гіпотези про характер розподілу часу обслуговування вимог та визначення його параметрів

Нижче у табл. 2 наведені дані $n=100$ спостережень тривалості часу обслуговування вимог у СМО. Необхідно дослідити характер і обчислити параметри процесу обслуговування вимог, для чого необхідно виконати наступне.

1. Побудувати емпіричний розподіл частот тривалості часу обслуговування t_i вимог за частотами їх появи n_i .

2. Визначити середнє значення t_c тривалості часу обслуговування вимог:

$$t_c = \frac{\sum t_i n_i}{n}. \quad (29)$$

3. Визначити інтенсивність μ_E процесу обслуговування вимог у СМО:

$$\mu_E = \frac{1}{t_c}. \quad (30)$$

4. Визначити дисперсію D тривалості часу обслуговування вимог:

$$D = \frac{\sum (t_i - t_c)^2 n_i}{n}. \quad (31)$$

5. Визначити середнє квадратичне відхилення σ тривалості часу обслуговування вимог у СМО:

$$\sigma = \sqrt{D}. \quad (32)$$

Таблиця 2. Дані $n=100$ спостережень тривалості часу t_i обслуговування вимог у СМО

i	t_i	i	t_i	i	t_i	i	t_i
1	5	26	96	51	16	76	147
2	172	27	14	52	176	77	24
3	17	28	160	53	12	78	62
4	56	29	22	54	34	79	38
5	13	30	35	55	72	80	11
6	128	31	108	56	37	81	182
7	26	32	28	57	46	82	30
8	66	33	60	58	6	83	48
9	198	34	18	59	64	84	118
10	44	35	99	60	203	85	10
11	52	36	50	61	19	86	69
12	7	37	73	62	76	87	140
13	82	38	88	63	33	88	78
14	32	39	9	64	90	89	5
15	18	40	29	65	19	90	93
16	42	41	83	66	72	91	16
17	58	42	23	67	13	92	103
18	6	43	36	68	37	93	38
19	54	44	50	69	45	94	58
20	25	45	10	70	32	95	10
21	67	46	30	71	113	96	30
22	40	47	83	72	130	97	49
23	86	48	24	73	9	98	16
24	7	49	188	74	116	99	124
25	17	50	8	75	21	100	146

6. Визначити параметр стабільності процесу обслуговування вимог у СМО:

$$k = \frac{t_c^2}{D}. \quad (33)$$

7. Визначити емпіричні відносні частоти (частоти) γ_i тривалості часу обслуговування вимог у СМО:

$$\gamma_i = \frac{n_i}{n}. \quad (34)$$

8. Визначити емпіричні накопичені частоти γ_i тривалості часу обслуговування вимог у СМО:

$$\gamma_{ki} = \sum_{i=1}^i n_i. \quad (35)$$

9. Визначити емпіричні накопичені частоти θ_{ki} тривалості часу обслуговування вимог у СМО:

$$\theta_{ki} = \frac{\gamma_{ki}}{n}. \quad (36)$$

10. Визначити теоретичні імовірності тривалості часу обслуговування вимог у СМО:

$$F^k(T \leq t_i) = 1 - e^{-\frac{kt_i}{t_c}} \sum_{n=1}^{k-1} \frac{(\frac{kt_i}{t_c})^n}{n!}. \quad (37)$$

Розглянути випадки: $k=1$; $k=2$; $k=3$.

11. Визначити теоретичні накопичені частоти тривалості часу обслуговування вимог у СМО:

$$n_{kmi} = n * F^k(T \leq t_i). \quad (38)$$

12. Визначити теоретичні частоти тривалості часу обслуговування вимог у СМО:

$$n_{mi} = n_{km(i-1)} - n_{kmi}. \quad (28)$$

13. Визначити величину χ_{ϕ}^2 , що характеризує відхилення теоретичних частот тривалості часу обслуговування вимог у СМО, від відповідних емпіричних значень:

$$\chi_{\phi}^2 = \sum \frac{(n_i - n_{mi})^2}{n}. \quad (39)$$

14. Порівняти отримані значення χ_{ϕ}^2 з табличним значенням $\chi_{табл}^2$, прийнявши рівень значущості $\alpha = 0.05$. Число степенів свободи визначити за формулою

$$f = l - s - 1 \quad (40)$$

де l – кількість інтервалів після об'єднання деяких з них (об'єднувати можна ті крайні інтервали, для яких є дуже малою величиною);

s – кількість додатково накладених зв'язків.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
104		i	t_i	n_i	$n_i^* n_i$	$n_i - t_c$	$(n_i - t_c)^2$	n_i/n	$P_{ti}(k=1)$	$n^* P_{ti}$	$(n_i - n P_{ti})^2 / (n P_{ti})$
105		1	0	2	0	-4,93	24,30490	0,02	0,00722650	0,722650000000	2,257833007
106		2	1	4	4	-3,93	15,44490	0,04	0,03562666	3,562670000000	0,053683762
107		3	2	8	16	-2,93	8,56490	0,08	0,08781972	8,781970000000	0,069628692
108		4	3	13	39	-1,93	3,72490	0,13	0,14431707	14,431710000000	0,142034002
109		5	4	17	68	-0,93	0,86490	0,17	0,17787079	17,787080000000	0,034828366
110		6	5	18	90	0,07	0,00490	0,18	0,17538060	17,538060000000	0,01216717
111		7	6	15	90	1,07	1,14490	0,15	0,14410439	14,410440000000	0,024120082
112		8	7	10	70	2,07	4,28490	0,10	0,10149067	10,149070000000	0,002189547
113		9	8	7	56	3,07	9,42490	0,07	0,06254362	6,254360000000	0,088894629
114		10	9	4	36	4,07	16,56490	0,04	0,03426001	3,426000000000	0,096169294
115		11	10	1	10	5,07	25,70490	0,01	0,01689018	1,689020000000	0,281079301
116		12	11	0	0	6,07	36,84490	0,00	0,00756987	0,756990000000	0,75699
117		13	12	0	0	7,07	49,98490	0,00	0,00310996	0,311000000000	0,311
118		14	13	0	0	8,07	65,12490	0,00	0,00117939	0,117940000000	0,11794
119			14	1	14	9,07	82,26490	0,01	0,00041531	0,041530000000	
120				100	493		344,27350	1,00		99,980490000000	4,24855785
121				$t_c = 4,93$		$D_r =$	3,47751				
122						$\sigma_r =$	1,86481				
123											
124											
125											
126											
127											

Рисунок 4 - Розрахунок параметрів процесу обслуговування вимог у СМО за тривалістю часу обслуговування вимог у СМО і апроксимація його найпростішим процесом з параметром стабільності $k=1$

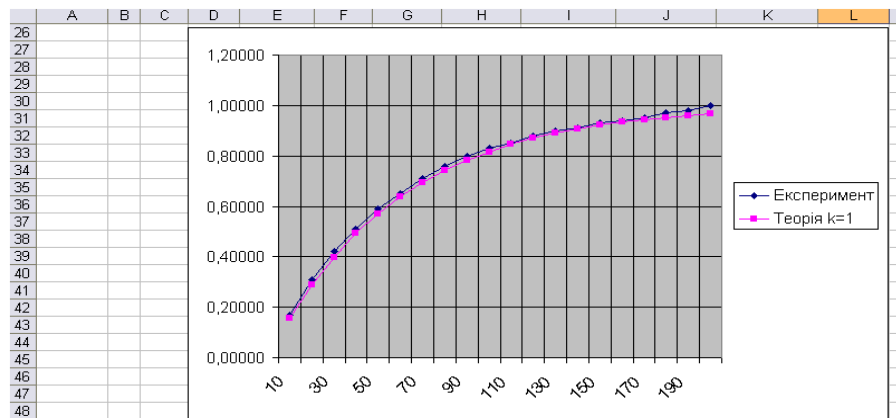


Рисунок 5 - Графіки розподілу частот та імовірностей тривалості часу обслуговування вимог у СМО у випадку $k=1$

Висновки.

В роботі наведені методики визначення:

- типу та параметрів розподілу імовірностей надходження кількості вимог (дискретної випадкової величини) до системи масового обслуговування протягом проміжків часу певної величини;
- типу та параметрів розподілу імовірностей розподілу тривалості часу обслуговування вимог (неперервної випадкової величини) у системах масового обслуговування.

Список бібліографічного опису.

1. Пех П.А., Баландюх В.В. Розробка інтернет-магазину з продажу косметики та засобів гігієни на основі CVS WordPress. Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво" - Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 26. – 2017. – С. 154-158.
2. Пех П.А., Бортник К.Я., Яручик О.В. Програмний C++ комплекс та результати дослідження швидкодії алгоритмів сортування методом імітаційного моделювання. Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво" - Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 27. – 2017. – С. 54-59.
3. Пех П.А., Войтович А.О. Програмний C++ комплекс для дослідження процесу функціонування автоматизованих ліній та його верифікація. Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво" - Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 27. – 2017. – С. 60-66.
4. Пех П.А., Корець Р.С. Реалізація основної функції калькулятора (обчислення виразів) за допомогою Java-класів. Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво" - Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 35. – 2019. – С. 166-171.
5. Пех П.А., Яковлюк С.М. Створення колоди карток з програмування мовою C++ засобами програми Anki. Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво" - Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 35. – 2019. – С. 172-177..
6. Пех П.А., Костюк Ю.Ю., Кравченко М.Б. До питання конструювання класів з конструкторами різного типу. Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво" - Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 35. – 2019. – С. 197-202.

References.

1. Pekh Petro, Balandyukh Vladimir. Development of an online store for the sale of cosmetics and hygiene products based on CMS WordPress. Scientific journal "Computer-integrated technologies: education, science, production" - Lutsk: LNTU Publishing House. - №26. - 2017. - P. 154-158.
2. Pekh Petro, Bortnik Katerina, Yaruchik Olexander. The C ++ program complex and results of sorting algorithms speed study by the simulation method. Scientific journal "Computer-integrated technologies: education, science, production" - Lutsk: LNTU Publishing House. - №27. - 2017. - P. 54-59.
3. Pekh Petro, Voitovich Andriy. Software C++ complex for research of an automated lines functioning and it's verification. Scientific journal "Computer-integrated technologies: education, science, production" - Lutsk: LNTU Publishing House. - №27. - 2017. - P. 60-66.
4. Pekh Petro, Korets Roman. Implementation of the main calculator function (expression calculation) be means of Java-classes. Scientific journal "Computer-integrated technologies: education, science, production" - Lutsk: LNTU Publishing House. - №35. - 2019. - P. 166-171.
5. Pekh Petro, Kostyuk Yuriy, Kravchenko Maxim. On the issue of designing classes with cjnstructors of different types. Scientific journal "Computer-integrated technologies: education, science, production" - Lutsk: LNTU Publishing House. - № 35. - 2019. - P. 197-202.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-13

УДК: 004.31:378:303.732.4(045)

Радзіховська Лариса Миколаївна, канд. пед наук, доцент<http://orcid.org/0000-0003-0185-8036>**Гусак Людмила Петрівна**, канд. пед наук, доцент<http://orcid.org/0000-0002-0022-9644>

Вінницький торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету, м. Вінниця, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ТАБЛИЧНОГО ПРОЦЕСОРА MS EXCEL ПРИ ВИКЛАДАННІ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

Радзіховська Л.М., Гусак Л.П. Застосування табличного процесора MS EXCEL при викладанні системного аналізу.

Стаття присвячена застосуванню сучасних інформаційних технологій під час викладання дисципліни «Системний аналіз». Розкриті зміст та важливість дисципліни для розв'язання задач аналізу, проектування та управління в усіх системах. Розглянуті методологічні підходи щодо викладання дисципліни із використанням табличного процесора MS Excel. Обґрунтовано, що впровадження цієї програми дає змогу зосередити увагу на конкретних проблемах, які є основними в даній дисципліні без відволікання на аналітичні та довготривалі обчислення. Запропоновані способи організації обчислень засобами MS Excel під час вивчення окремих тем системного аналізу. Проведено аналіз наукової літератури щодо застосування табличного процесора MS EXCEL при побудові та дослідженні математичних моделей економічних процесів. Доведено доцільність використання обчислювального середовища Microsoft Excel для розв'язування задач з системного аналізу.

Ключові слова: системний аналіз, інформаційні технології, кластерний аналіз, однофакторна економетрична модель, MS EXCEL.

Радзиховская Л.Н., Гусак Л.П. Применение табличного процессора MS EXCEL при преподавании системного анализа. Статья посвящена применению современных информационных технологий при преподавании дисциплины «Системный анализ». Раскрыты содержание и важность дисциплины для решения задач анализа, проектирования и управления во всех системах. Рассмотрены методологические подходы к преподаванию дисциплины с использованием табличного процессора MS Excel. Обосновано, что внедрение этой программы позволяет сосредоточить внимание на конкретных проблемах, которые являются основными в данной дисциплине без отвлечения на аналитические и долговременные вычисления. Предложенные способы организации вычислений средствами MS Excel при изучении отдельных тем системного анализа. Проведен анализ научной литературы по применению табличного процессора MS EXCEL при построении и исследовании математических моделей экономических процессов. Доказана целесообразность использования вычислительной среды Microsoft Excel для решения задач по системному анализу.

Ключевые слова: системный анализ, информационные технологии, кластерный анализ, однофакторная економетрическая модель, MS EXCEL.

Radzikhovska L.M., Husak L.P. Applying of the tabular MS EXCEL processor in the system analysis teaching. The article reveals the applying of modern information technologies at lectures in "The System Analysis". The content and significance of the discipline for solving analysis problems, designing and management in all systems are explained. The methods of teaching the discipline with the applying of the tabular MS EXCEL processor are discussed. The article grounds that the implementing of the offered program enables focusing on specific main issues of the discipline and helps to avoid analytical and long-term calculations. The methods of computation process with the help of MS Excel facilities when studying certain issues of the system analysis are proposed. The scientific literature on the problem of applying of the tabular MS EXCEL processor for designing and studying of the mathematical models of economic processes is analyzed. The expediency of use of Microsoft Excel computing environment for solving analysis problems is proven.

Key words: system analysis, information technologies, cluster analysis, one-factor econometric model, MS EXCEL.

Постановка наукової проблеми. Дисципліна «Системний аналіз» об'єднує широке коло питань: від теоретичних аспектів функціонування і керування складними системами до практичних методів аналізу систем і прийняття рішень в конкретних умовах. Для вирішення будь-якої проблеми треба підходити системно, тобто, розглядаючи систему, враховувати її цілі та функції, структуру, зовнішні та внутрішні зв'язки.

Системний аналіз формує у майбутніх фахівців сучасне системне мислення та спеціальні знання, які можуть бути використані на практиці для прогнозування та уточнення економічної теорії з точки зору системного аналізу і підходу – аналізу економічних систем, їх функціонування в реальних умовах, застосування сучасних методів статистичної обробки інформації для дослідження конкретних економічних ситуацій.

Важливість цієї дисципліни полягає, в першу чергу в її універсальності, тобто можливості застосування для розв'язання задач аналізу, проектування та управління не тільки в технічних, але і в суспільних, біологічних, фінансових системах і т. ін. Звідси і необхідно виводити основні принципи викладання даної дисципліни у вищих навчальних закладах [10].

Одним із таких принципів є застосування при її викладанні сучасних інформаційних технологій. Однією з самих популярних програм, що працюють в операційному середовищі Windows, і дають змогу фахівцям економічних спеціальностей виконати більшість професійних завдань, є табличний процесор MS

EXCEL, оскільки він об'єднує можливості графічного і текстового редактора, а також має потужну математичну підтримку.

Аналіз досліджень. Окремі автори (М. Виноградов, І. Гулівата, І. Карімов, О. Колісник, М. Медведєв, Н. Праворська, А. Савченко та ін.) розглядали питання застосування MS EXCEL при викладанні певних економічних дисциплін [2], [4], [6]. Загальною науковою основою вивчення дисципліни «Системний аналіз» є наукові праці О. Богданова, Л. Берталанфі, Н. Вінера, Р. Акофа, Ч. Черчмена, Д. Форрестера, П. Чекленда, П. Сенге, М. Джексона, В.М. Глушкова та інших провідних вчених в галузі системних наук. Д. Шостачук, А. Шостачук вивчали питання прикладної направленості дисципліни «Системний аналіз» [10].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Однак, залишаються поза увагою питання, пов'язані з методичними аспектами викладання вказаної дисципліни.

Мета статті. Метою цієї роботи є доведення доцільності та ефективності застосування табличного процесора MS EXCEL при викладанні окремих тем системного аналізу у закладах вищої освіти.

Виклад основного матеріалу. Системний аналіз базується на прикладних математичних дисциплінах, сучасних інформаційних технологіях і спеціальних дисциплінах, орієнтованих на вивченні сучасної теорії управління, теорії прийняття рішень і методів математичного та комп'ютерного моделювання широкого спектру техніко-економічних процесів [8].

Так, під час вивчення дисциплін у ЗВО використовуються різні інформаційні технології: Autodesk 3ds Max, ANSYS, GRAN 1Geogebra, MathCAD, Maxima та багато інших. Їх використання відкриває широкі можливості щодо регулювання обсягу та подання інформації, тривалості її вивчення; визначення видів самостійної роботи, контролю якості засвоєння знань студентами тощо. Проблема доцільності використання та вибір будь-якої з перехованих технологій вирішує викладач [3].

Проте, однією з самих могутніх і продуктивних програм нині є MS EXCEL. MS EXCEL можна використовувати як для розв'язування простих задач обліку, так і для складання різних бланків, ділової графіки, навіть повного балансу фірми, планування виробництва, розрахунку податків і заробітної плати, обліку кадрів, управління майном та ін. Електронні таблиці Ms Excel дозволяють проводити розрахунки за формулами, представляти дані у вигляді діаграм, структурувати дані, робити вибірку з великих таблиць, створювати консолідовані таблиці та ін. Можливості Excel дуже потужні: обробка тексту, управління базами даних – процесор настільки багатофункціональний, що в багатьох випадках перевершує спеціалізовані програми-редактори або програми баз даних. Програма Excel забезпечує як легкість при поводженні з даними, так і їх збереження [3].

При викладанні системного аналізу М. Виноградов, О. Колісник, А. Савченко пропонують застосовувати табличний процесор MS EXCEL при побудові та дослідженні математичних моделей економічних процесів. Ми підтримуємо цю думку і також застосовуємо MS EXCEL при здійсненні математичного моделювання економічних систем. Зокрема, при розв'язуванні прикладних задач на застосування моделі міжгалузевого балансу В. Леонтьєва. В цьому випадку за допомогою MS EXCEL досить легко знаходяться обернені матриці, виконуються інші операції з матрицями великих розмірностей.

Однак, вважаємо доцільним також застосовувати MS EXCEL також при вивченні кореляційно-регресійного аналізу, кластерного аналізу, кількісних та якісних методів системного аналізу.

Так, при виконанні практичної роботи з теми «Однофакторна економетрична модель» студенти використовують метод найменших квадратів, реалізуючи його на практиці за допомогою програми MS EXCEL. При цьому потрібно розраховувати досить багато значень проміжних величин (X^2 ; XY та ін.) та основних показників. А саме, середні значення $\bar{X}$ та $\bar{Y}$, оцінки параметрів b_0 та b_1 , значення середнього квадратичного відхилення σ_e , значення довірчого інтервалу прогнозу D_y , значення коефіцієнта детермінації, розрахункове значення критерію Фішера, коефіцієнт еластичності. Зручність, компактність та доцільність використання в цьому випадку можливостей MS EXCEL показано на листі розрахунку однофакторного експерименту (рис. 1) [1].

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Y	X	Y*X	X^2	Y _p	(Y-Y _p)^2	(Y-Y _c)^2	(X-X _c)^2	D _y	Y _{min}	Y _{max}	(X-X _c)(Y-Y _c)	K _{el}
2	4,33	2,00	8,66	4	5,881	2,406	175,182	9	1,229	4,652	7,111	39,707	1,324
3	9,497	2,50	23,74	6,25	7,829	2,783	65,103	6,25	1,086	6,743	8,914	20,172	1,244
4	9,123	3,00	27,37	9	9,776	0,426	71,278	4	0,952	8,824	10,728	16,885	1,195
5	13,012	3,50	45,54	12,25	11,723	1,660	20,735	2,25	0,834	10,890	12,557	6,830	1,163
6	13,124	4,00	52,50	16	13,671	0,299	19,728	1	0,738	12,933	14,408	4,442	1,140
7	16,051	4,50	72,23	20,25	15,618	0,187	2,294	0,25	0,673	14,945	16,292	0,757	1,122
8	18,431	5,00	92,16	25	17,566	0,749	0,749	0	0,650	16,915	18,216	0	1,109
9	18,521	5,50	101,87	30,25	19,513	0,984	0,913	0,25	0,673	18,840	20,186	0,478	1,098
10	20,177	6,00	121,06	36	21,460	1,647	6,819	1	0,738	20,723	22,198	2,611	1,089
11	24,145	6,50	156,94	42,25	23,408	0,543	43,288	2,25	0,834	22,574	24,242	9,869	1,082
12	25,252	7,00	176,76	49	25,355	0,011	59,081	4	0,952	24,403	26,307	15,373	1,075
13	26,741	7,50	200,56	56,25	27,303	0,315	84,188	6,25	1,086	26,217	28,388	22,938	1,070
14	29,949	8,00	239,59	64	29,250	0,489	153,348	9	1,229	28,021	30,479	37,150	1,065
15		8,50			31,197			12,25	1,380	29,817	32,577		1,061
16	228,353	65,00	1318,98	370,5	228,353	12,501	702,705	45,5				177,213	
17	n=	13	X _c =	5	R=	0,99							
18	b ₁ =	3,89	Y _c =	17,57	F=	607,32		t _(0,05; 11) =	2,2			K _{el} =	1,137
19	b ₀ =	-1,91	σ _ε =	1,07	r _{yx} =	0,99							

Рис. 1. Лист розрахунку однофакторного експерименту

При здійсненні прогнозу, а саме, побудові прогнозу на основі парної лінійної регресії параметри моделі зручно знаходити, використовуючи функцію ЛИНЕЙН. При цьому доцільно будувати кореляційне поле, добавляти лінію тренда за допомогою Мастера діаграм. В прогнозуванні важливим є встановлення тісноти або сили зв'язку між змінними. Це робиться за допомогою обчислення коефіцієнтів кореляції. Щоб порахувати кореляцію засобами MS EXCEL, можна скористатись функцією КОРРЕЛ. Це значно зекономить час, дасть можливість зосередитись більше на економічному змісті процесів і явищ, що вивчаються.

Для наочного уявлення одержаних розрахунків студенти за допомогою табличного процесора MS EXCEL будують графіки: фактичних даних (Y) та (X), лінії регресії для базисних даних та прогнозу (Y_p), довірчу зону для базисних даних і прогнозу (Y_{min}, Y_{max}), коефіцієнта еластичності (K_{el}) (Рис. 2).

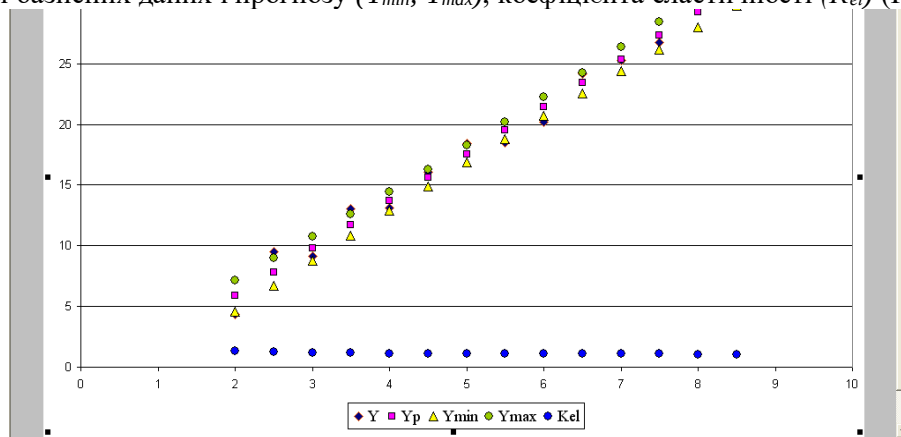


Рис. 2. Діаграма однофакторної моделі

Приклад розрахунку багатовимірної лінійної регресійної моделі показано на рис. 3. У даному випадку необхідно знайти значення оцінок параметрів для економетричної моделі: $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \varepsilon_i$, де Y – обсяг продукції, X_1 – обсяг основних матеріалів, X_2 – обсяг трудових ресурсів [1].

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1		1	5	7			17		2	10	76	89
2		1	5	8			18		$X^T X =$	76	618	692,5
3		1	6	8			18			89	692,5	801,5
4		1	6	8,5			19					
5		1	7	9,5			20		3	13,082	0,596	-1,968
6		1	8	9			20		$(X^T X)^{-1} =$	0,596	0,078	-0,134
7		1	9	10			21			-1,968	-0,134	0,3351
8		1	9	10			22					
9		1	10	9			22					
10		1	11	10			23					
11												
12	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
13	$X^T =$	5	5	6	6	7	8	9	9	10	11	
14		7	8	8	8,5	9,5	9	10	10	9	10	
15												
16			4	200			5			9,58648		
17			$X^T Y =$	1557					$(X^T X)^{-1} X^T Y =$	0,68146		
18				1796,5						0,58814		

Рис. 3. Приклад розрахунку багатofакторної лінійної регресійної моделі

MS EXCEL дозволяє швидко виконати роботу, для якої не потрібно затрачати багато паперу і часу. Дана програма зуміє обчислити суми по рядках і стовпцях таблиць, порахувати середнє арифметичнє, банківський відсоток або дисперсію, тут взагалі можна використовувати безліч стандартних функцій: фінансових, математичних, логічних, статистичних.

Для успішного вивчення тем системного аналізу від учасників навчального процесу вимагається володіння певними математичними поняттями та прийомами (виконання операцій над матрицями, обчислення числових характеристик випадкових величин; побудова графіків функцій, діаграм). Відсутність у студентів таких знань можуть перетворити вивчення цих тем у вивчення окремих розділів вищої математики. У такому разі, викладач має віднайти спосіб, який надасть змогу зрозуміти сутність нових понять і їх властивостей без відволікання на аналітичні та довготривалі обчислення. MS EXCEL цілком забезпечує такі вимоги.

Так, при застосуванні статистичних методів в системному аналізі доцільно використовувати вікно Мастер функцій. В рядку Категорія вибирається функція Статистические і за допомогою вбудованих статистичних функцій КВАДРОТКЛ та ДИСП розраховують значення середнього квадратичного відхилення та дисперсії потрібних економічних величин. При вивченні теми «Метод експертних оцінок» використовують різні статистичні критерії. Тут також допоможе MS EXCEL. Зокрема, критичне значення t -статистики Стюдента може бути отримане за рахунок використання функції СТЬЮДРАСПОРБ пакету MS EXCEL, а табличне значення F-критерію знаходиться за допомогою статистичної функції ФРАСПОБР. При здійсненні статистичних перевірок гіпотез, дослідження основних законів розподілу випадкових величин, зокрема, найбільш вживаного - нормального закону розподілу доцільно використовувати вбудовану функцію НОРМРАСПР (X, Среднее, Стандартное_откл, Интегральная). Також при статистичній обробці результатів для візуалізації використовують надбудову Мастер диаграм.

Наведемо приклади. Приклад 1. На фінансовому ринку представлені акції трьох видів. Норма прибутку акцій залежить від ринкової кон'юнктури (%). Проаналізувати ситуацію і вибрати тип акції найбільш привабливої для інвестора з точки зору міри її ризику. За величину ризику прийняти коефіцієнт варіації.

Види проектів	Оцінка можливого результату					
	Песимістична		Стримана		Оптимістична	
	Прибуток X_{1i}	Ймовірність P_{1i}	Прибуток X_{2i}	Ймовірність P_{2i}	Прибуток X_{3i}	Ймовірність P_{3i}
A	59	0,25	29	0,53	19	0,22
B	49	0,3	39	0,45	29	0,25
C	39	0,27	19	0,5	19	0,23

Запропонуємо спосіб організації обчислень даного прикладу засобами MS Excel (Рис. 4). Для обчислення математичного очікування можна застосувати функцію СУММПРОИЗВ (масив 1; масив 2;...), яка надасть можливість знайти суму добутків значень випадкової величини та відповідних ймовірностей. Для обчислення дисперсії використовують функцію КОРЕНЬ (число), яка повертає значення квадратного кореня від заданого числа [3].

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	A																
2	x_i	59	29	19	$M(X_A) =$	34,3	=СУММПРОИЗВ(B2:D2;B3:D3)			$V(X_A) =$	218,9	=B2^2*B3+C2^2*C3+D2^2*D3-F2^2				$\sigma(X_A) =$	14,8
3	p_i	0,25	0,53	0,22													
4	B																
5	x_i	49	39	29	$M(X_B) =$	39,5	=СУММПРОИЗВ(B5:D5;B6:D6)			$V(X_B) =$	54,75	=B5^2*B6+C5^2*C6+D5^2*D6-F5^2				$\sigma(X_B) =$	7,399
6	p_i	0,3	0,45	0,25													
7	C																
8	x_i	39	29	19	$M(X_C) =$	29,4	=СУММПРОИЗВ(B8:D8;B9:D9)			$V(X_C) =$	49,84	=B8^2*B9+C8^2*C9+D8^2*D9-F8^2				$\sigma(X_C) =$	7,06
9	p_i	0,27	0,5	0,23													
10							=Q2/F2					=Q5/F5				=Q8/F8	
11					$CV(X_A) =$	0,431				$CV(X_B) =$	0,187				$CV(X_C) =$	0,24	

Рис. 4. Організація обчислень до прикладу 1

Приклад 2. Імовірність погашення банківського кредиту кожним клієнтом становить 0,7. Вважаючи випадковою величиною число клієнтів, які своєчасно і в повному обсязі повернуть кредити банкові серед вибраних 10 осіб, визначити: а) числові характеристики цієї випадкової величини; б) ймовірність того, що повернуть кредити у повному обсязі 5, менше 8, 7-9 осіб (за допомогою ряду та інтегральної функції розподілу); в) побудувати багатокутник розподілу випадкової величини; г) дослідити як міняється багатокутник розподілу якщо зменшити ймовірність до 0,6 та кількість осіб до 12.

Для розв'язування задачі засобами MS Excel у діапазон комірок A6:A16 введемо значення випадкової величини. Обчислимо відповідні їм ймовірності. Слід зазначити, що це можна зробити двома способами: за формулою $P(X = m) = C_n^m p^m q^{n-m}$, $m = 0, 1, 2, \dots, n$, $p + q = 1$, або за допомогою функції БИНОМРАСП (число_успехов; число_испытаний; вероятность_успеха; интегральная). Результати обчислень відображені у стовпчиках B і D робочого листа (Рис. 5.). У стовпцях G та I того ж робочого листа розраховано значення інтегральної функції розподілу випадкової величини різними способами з приміткою на формулу, яка використовується. У діапазоні комірок I19:I21 розраховані шукані ймовірності. Слід зазначити, що їх можна обчислити використовуючи також і інтегральну функцію розподілу.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	p= 0,7											p= 0,6				p= 0,7		
2	n= 10											n= 10				n= 12		
3	=ЧИСЛОБЕ(\$B\$2;A4)*0,7^A4*(1-\$B\$1)^(10-\$B\$2-A4)											=ЧИСЛОБЕ(\$M\$2;L6)*\$M\$1^L6*(1-\$M\$1)^(10-\$M\$2-L6)				=ЧИСЛОБЕ(\$P\$2;O6)*\$P\$1^O6*(1-\$P\$1)^(12-\$P\$2-O6)		
4	=БИНОМРАСП(A6:A16;10;0,7;0)						=B6+G6		=БИНОМРАСП(A6;10;0,7;1)									
5	m	$P=p_i$	$P=p_i$	X	$F(X)$	$F(X)$						m	$P=p_i$	$P=p_i$	m	$P=p_i$	$P=p_i$	
6	0	0,000006	0,000006	≤0	0	0						0	0,000105	0,000001	0	0,000001		
7	1	0,000138	0,000138	(0; 1]	0,000006	0,000006						1	0,001573	0,000015	1	0,000015		
8	2	0,001447	0,001447	(1; 2]	0,000144	0,000144						2	0,010617	0,000191	2	0,000191		
9	3	0,009002	0,009002	(2; 3]	0,001590	0,001590						3	0,042467	0,001485	3	0,001485		
10	4	0,036757	0,036757	(3; 4]	0,010592	0,010592						4	0,111477	0,007798	4	0,007798		
11	5	0,102919	0,102919	(4; 5]	0,047349	0,047349						5	0,200658	0,029111	5	0,029111		
12	6	0,200121	0,200121	(5; 6]	0,150268	0,150268						6	0,250823	0,079248	6	0,079248		
13	7	0,266828	0,266828	(6; 7]	0,350389	0,350389						7	0,214991	0,158496	7	0,158496		
14	8	0,233474	0,233474	(7; 8]	0,617217	0,617217						8	0,120932	0,231140	8	0,231140		
15	9	0,121061	0,121061	(8; 9]	0,850692	0,850692						9	0,040311	0,239700	9	0,239700		
16	10	0,028248	0,028248	(9; 10]	0,971752	0,971752						10	0,006047	0,167790	10	0,167790		
17		1	1	>10	1,000000	1,000000							1		11	0,071184		
18															12	0,013841		
19	$M(X) =$	7	=B1*B2			$P(X=5) =$	0,102919	=B11								1		
20	$D(X) =$	2	=B2*B1*(1-B1)			$P(X<8) =$	0,617217	=СУММ(B6:B13)										
21	$\sigma(X) =$	1,45	=КОРЕНЬ(C20)			$P(7 \leq X \leq 9) =$	0,621363	=СУММ(B13:B15)										

Рис. 5. Організація обчислень до прикладу 2

Для побудови багатокутника розподілу випадкової величини по осі абсцис відкладають її значення, а по осі ординат – відповідні їм ймовірності (Рис. 6) та використовують надбудову MS Excel Мастер діаграмм, виконавши команду Вставка/Діаграма, та вибрати тип діаграми – Точечная. Графічна інтерпретація (Рис. 6) дозволяє здійснити аналіз побудованих багатокутників розподілу випадкової величини [3].

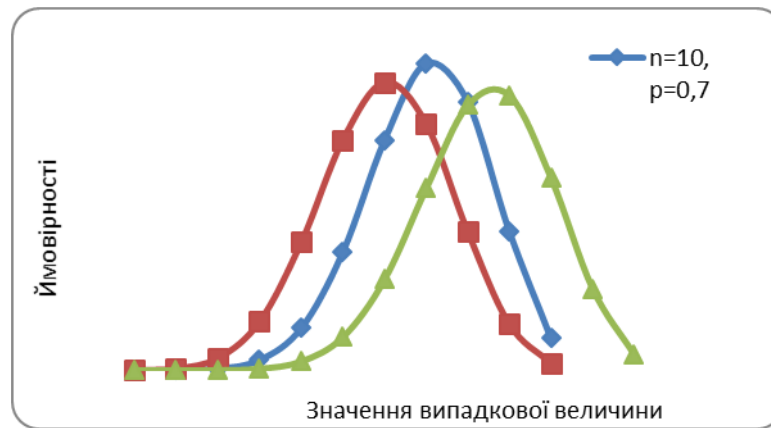


Рис. 6. Многокутник розподілу випадкової величини

Як відомо, в системному аналізі важливе значення має кластерний аналіз. Обчислювальне середовище Excel доцільно використовувати і в кластерному аналізі, зокрема, для побудови матриці відстаней між об'єктами [7], [9]. При цьому спочатку проводиться нормування таблиці значень: для цього розраховуються середні із застосуванням функції СРЗНАЧ, далі знаходять стандарт, використовуючи функцію СТАНДОТКЛОН. Потім, використовуючи функції MS EXCEL (КОРЕНЬ, СУММ та ін.), розраховують за певними формулами відстані між об'єктами. Таким чином, за допомогою табличного процесора MS EXCEL можна в кластерному аналізі виділяти з великої сукупності періоди, де значення відповідних параметрів максимально близькі й де динаміка найбільш схожа.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Отже, системний аналіз є фундаментальною наукою, що знайомить майбутніх фахівців з сучасними концепціями дослідження економічних систем, принципами та процедурами системного аналізу, сучасними методами обробки та аналізу статистичних даних. Методичний супровід з використанням табличного процесора MS EXCEL під час розв'язування задач з системного аналізу дає можливість звільнитися від рутинних операцій та зосередити увагу на конкретних проблемах, які є основними в даній дисципліні.

Список бібліографічних посилань

1. Бондар М.В., Рудомін Г.А. Економетрія. Методичні вказівки до виконання практичних робіт та самостійної роботи студентів з використанням ППК (2013), 107 с.
2. Виноградов М.А., Колісник Е.В., Савченко А.С. Лабораторний практикум з дисципліни «Системний аналіз» (2012), 40 с.
3. Гулівата І.О., Гусак Л.П., Радзіхівська Л.М. Вища та прикладна математика: теорія ймовірностей: навч. посібник (2018), 208 с.
4. Медведєв М.Г. Економетрія. Моделювання засобами MS EXCEL: навч. посібник (2011), 211 с.
5. Пістунів І.М., Антонюк О.П., Турчанінова І.Я. Кластерний аналіз в економіці: навч. посібник (2008), 84 с.
6. Праворська Н.І. Особливості використання Microsoft Excel при розв'язуванні задач економічних спеціальностей (2014). *Наука й економіка*. Вип. 4. С. 224-231.
7. Сдвижков О.А. Дискретная математика и математические методы экономики с применением VBA Excel (2013), 211 с.
8. Системний аналіз і управління. Освітня програма. URL: https://web.kpi.kharkov.ua/say/uk/specialties_ua/bachelor_ua/bachelor_124_ua/.
9. Форман Д. Много цифр: Анализ больших данных при помощи Excel (2016), 464 с.
10. Шостачук Д., Шостачук А. Навчальна дисципліна «Системний аналіз» та складні системи сучасного світу. URL: <https://www.pulib.sk/web/kniznica/elpub/dokument/Bernatova9/subor/Shostachuk.pdf>.

References

1. Bondar M.V., Rudomin H.A. Ekonometriya. Metodichni vkazivky do Vykonannya praktychnykh robot ta Samostiynoyi roboty studentiv z Vykorystannya PPK (2013), 107 s.
2. Vynogradov M.A., Kolisnyk O.V., Savchenko A.S. Laboratornyy praktikum z dystsypliny «Systemnyy analiz» (2012), 40 s.
3. Hulivata I.O., Husak L.P., Radzikhovs'ka L.M. Vyshcha ta prykladna matematyka: teoriya ymovirnostey: navch. posibnyk (2018), 208 s.
4. Medvedyev M.H. Ekonometriya. Modelyuvannya zasobamy MS EXCEL: navch. posibnyk (2011), 211 s.
5. Pistunov I.M., Antonyuk O.P., Turchaninova I.YA. Klasternyy analiz v ekonomitsi: navch. posibnyk (2008), 84 s.
6. Pravors'ka N.I. Osoblyvosti vykorystannya Microsoft Excel pry rozv'yazuvanni zadach ekonomichnykh spetsial'nostey (2014). *Nauka y ekonomika*. Vyp. 4. S. 224-231.
7. Sdvizhkov O.A. Diskretnaya matematika i matematicheskiye metody ekonomiki s primeneniym VBA Excel (2013), 211 s.
8. Systemnyy analiz i upravlinnya. Osvitnya prohrama. URL: https://web.kpi.kharkov.ua/say/uk/specialties_ua/bachelor_ua/bachelor_124_ua/.
9. Forman D. Mnogo tsifr: Analiz bol'shikh dannyykh pri pomoshchi Excel (2016), 464 s.
10. Shostachuk D., Shostachuk A. Navchal'na dystsyplina «Systemnyy analiz» ta skladni systemy suchasnoho svitu. URL: <https://www.pulib.sk/web/kniznica/elpub/dokument/Bernatova9/subor/Shostachuk.pdf>.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-14

УДК: 620.179.1

Топчій Наталія Володимирівна, науковий співробітник<https://orcid.org/0000-0003-2924-6365>**Шорнікова Світлана Василівна**, науковий співробітник<https://orcid.org/0000-0002-9038-2457>**Альховик Ольга Василівна**, науковий співробітник<https://orcid.org/0000-0002-7335-4147>

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

ІННОВАЦІЙНІ МЕХАНІЗМИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ В УМОВАХ ВИРОБНИЦТВА

Топчій Н.В., Шорнікова С.В., Альховик О.В. Інноваційні механізми неруйнівного контролю в умовах виробництва. Наведено інноваційні механізми неруйнівного контролю в умовах виробництва. Розкрито напрями за якими розподіляються засоби неруйнівного контролю, визначено, що основа вибору методу і приладу неруйнівного контролю для вирішення завдань дефектоскопії, товщинометрії, структуроскопії і технічного діагностування залежить від параметрів контролюваного об'єкта і умов його обстеження. Зазначається, що виявити поверхневі дефекти, як на зовнішніх поверхнях, так і у внутрішніх порожнинах виробів і виміряти їх параметри дозволяють візуальний і вимірний методи. У статті описано особливості радіаційного методу контролю, акустичного (ультразвукового) методу, магнітопорошкового або магнітолюмінесцентного методу, вихрострумового методу та теплового. Також, у рамках роботи наведено інноваційні механізми неруйнівного контролю в умовах виробництва у різних галузях: будівельної, аерокосмічної, мікроелектроніки, атомно-оптичної мікроскопії біологічних об'єктів. Для машинобудівних підприємств розкрито принципи перспективної розробки нових методів і засобів контролю. Окреслено технологію CALS, яка передбачає подання в електронній формі всіх даних і документів, що використовуються для опису виробу або того, як він виробляється і експлуатується, для інформаційної підтримки різних процедур, використовуваних протягом усього життєвого циклу виробу. Визначено місце персонального комп'ютера у системі CALS технологій, зазначено, що в автоматизованих засобах персонального комп'ютера всі процеси контролю і розсортування виробів виконуються автоматично без участі оператора, а до їх складу входять засоби переміщення контрольованих об'єктів, пристрої стабілізації їх положення в процесі контролю, системи механічного сканування перетворювачем поверхні виробу, сполучні елементи електричних виконавчих пристроїв, системи супроводу проконтрольованої продукції, блокувальні пристрої та інше.

Ключові слова: неруйнівний контроль, інновації, механізм, контроль якості, властивості, матеріали, конструкції, граничні значення, автоматизація.

Топчій Н. В., Шорнікова С. В., Альховик О. В. Инновационные механизмы неразрушающего контроля в условиях производства. Приведены инновационные механизмы неразрушающего контроля в условиях производства. Раскрыты направления по которым распределяются средства неразрушающего контроля, определено, что основа выбора метода и прибора неразрушающего контроля для решения задач дефектоскопии, толщинометрии, структуроскопии и технического диагностирования зависит от параметров контролируемого объекта и условий его обследования. Отмечается, что выявить поверхностные дефекты, как на внешних поверхностях, так и во внутренних полостях изделий и измерить их параметры позволяют визуальный и измерительный методы. В статье описаны особенности радиационного метода контроля, акустического (ультразвукового) метода, магнитопорошкового или магнитoluminesцентного метода, вихретокового метода и теплового. Также, в рамках работы приведены инновационные механизмы неразрушающего контроля в условиях производства в различных отраслях: строительной, аэрокосмической, микроэлектроники, атомно-оптической микроскопии биологических объектов. Для машиностроительных предприятий раскрыты принципы перспективной разработки новых методов и средств контроля. Определены технологии CALS, которая предусматривает в электронной форме всех данных и документов, используемых для описания изделия или того, как он производится и эксплуатируется, для информационной поддержки различных процедур, используемых на протяжении всего жизненного цикла изделия. Определено место персонального компьютера в системе CALS технологий, указано, что в автоматизированных средствах персонального компьютера все процессы контроля и рассортировке изделий выполняются автоматически без участия оператора, а в их состав входят средства перемещения контролируемых объектов, устройства стабилизации их положения в процессе контроля, системы механического сканирования преобразователем поверхности изделия, соединительные элементы электрических исполнительных устройств, системы сопровождения проконтролированной продукции, блокировочные устройства и прочее.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, инновации, механизм, контроль качества, свойства, материалы, конструкции, предельные значения, автоматизация.

Topchii Natalia, Shornikova Svitlana, Alkhovik Olga. Innovative mechanisms of non-destructive control in the production conditions. Innovative mechanisms of non-destructive testing in the conditions of production are given. The directions in which the means of non-destructive testing are distributed are revealed, it is determined that the basis for choosing the method and device of non-destructive testing to solve problems of defectoscopy, thickness measurement, structuroscopy and technical diagnosis depends on the parameters of the controlled object and its inspection conditions. It is noted that to detect surface defects, both on the outer surfaces and in the internal cavities of the products and to measure their parameters allow visual and measuring methods. The article describes the features of the radiation control method, acoustic (ultrasonic) method, magnetic powder or magnetoluminescent method, eddy current method and thermal. Also, in the framework of the work innovative mechanisms of non-destructive testing in the conditions of production in various branches are given: construction, aerospace, microelectronics, atomic-optical microscopy of

biological objects. The principles of perspective development of new methods and means of control are revealed for machine-building enterprises. CALS technology is outlined, which provides electronic submission of all data and documents used to describe the product or how it is manufactured and operated, to provide information support for the various procedures used throughout the product life cycle. The place of the personal computer in the CALS system of technologies is defined, it is noted that in the automated means of the personal computer all processes of control and sorting of products are carried out automatically without participation of the operator, and their structure includes means of movement of the controlled objects. control process, systems of mechanical scanning by the converter of a surface of a product, connecting elements of electric executive devices, systems of support of the controlled production, blocking devices and other.

Key words: non-destructive testing, innovations, mechanism, quality control, properties, materials, constructions, limit values, automation.

Вступ та постановка проблеми дослідження. Неруйнівний контроль у виробництві надає можливість реалізовувати безперервний контроль – від операції до операції, також дозволяє стежити за правильністю зміни властивостей заготовок, і деталей, і подальшим складанням виробів; а надалі перевірити якість готового виробу [1].

Засоби неруйнівного контролю розподіляються за такими напрямками:

- дефектоскопія (виявлення дефектів типу порушень суцільності-тріщин – раковин, розшарувань і т. д.);
- контроль геометричних характеристик (зовнішніх і внутрішніх діаметрів; товщин стінок, покриттів і шарів; ступеня зносу; ширини і довжини виробів і т. д.);
- визначення фізико-механічних і фізико-хімічних характеристик (електричних, магнітних і структурних параметрів, відхилень від заданого хімічного складу, твердості, пластичності, якості зміцнених шарів, змісту і розподілу феритної фази і т. п.);
- технічне діагностування (визначення технічного стану об'єкта в період експлуатації).

Вибір методу і приладу неруйнівного контролю для вирішення завдань дефектоскопії, товщинометрії, структуроскопії і технічного діагностування залежить від параметрів контрольованого об'єкта і умов його обстеження.

Дефекти типу порушень суцільності є наслідком недосконалості структури матеріалів і виникають на різних стадіях технологічного процесу і в процесі експлуатації [2].

Завданнями, що виникають з вимог CALS-технологій, є автоматизація розробки технологій контролю, розшифровки його результатів і архівування. До складу засобів представлення інформації входять пристрої, призначені для перетворення отриманих від вхідних перетворювачів електричних сигналів в динамічні, або статичні зображення досліджуваних випромінювань або полів. Ці засоби кількісно характеризують дефекти типу порушень суцільності, відхилення розмірів, зміни фізико-механічних властивостей, сигналізують про можливість виникнення аварійної ситуації або досягнення обраних рівнів розбракування виробів. Там, де інформація по контрольованому об'єкті видається приладом у вигляді електричних сигналів (ультразвукова дефектоскопія, вихрострумова дефектоскопія та ін.), завдання розшифровки та архівування результатів контролю вирішуються в електронній формі. У той же час такі методи, як радіографічний, рентгенотелевізійний, магнітопорошковий, капілярний і ін., результати яких оператор оцінює візуально по зображеннях дефектів, автоматизовані в повному обсязі. Створення автоматизованих систем обробки та аналізу зображень на рівні можливостей людського зору для зазначених методів є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах сьогодення, наукові дослідження у сфері неруйнівного контролю в умовах виробництва є доволі масштабними.

Методи та принципи напружено-деформованого стану металевих конструкцій розкривають В.В. Божак, Н. Я. Габльовська, М.А. Кононенко [3]. Авторами розкрито ряд методів контролю, які засновані на оцінюванні інформативних параметрів, встановлені граничні значення котрих однозначно свідчать про напружено-деформований стан конструкції в цілому.

А. В. Наконечна [4] наводить ультразвуковий метод контролю якості зварних з'єднань. У роботі розкриваються параметри які оцінюють виявлений дефект при ультразвуковому контролі.

О.В. Радько, О.І. Кремешний, А.К. Скуратовський, Г.Г. Голембієвський [5] розкривають властивості композиційних матеріалів, методи контролю їх стану, а також пропонують вимоги до нових (модернізованих) систем діагностування та найбільш ефективні методи контролю.

У [6] проведено аналіз методів неруйнівного контролю, їх особливостей, параметрів та необхідного обладнання. Запропоновано оптимальне поєднання різних за своєю природою методів неруйнівного контролю.

Однак незважаючи на масштабність наукових досліджень, питання визначення інноваційних механізмів неруйнівного контролю в умовах виробництва залишається відкритим та потребує детального опрацювання.

Постановка завдання. У статті необхідно розкрити інноваційні механізми неруйнівного контролю в умовах виробництва.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасному машинобудуванні використовують практично всі існуючі методи неруйнівного контролю (НК).

Візуальний і вимірювальний методи, в тому числі з використанням жорстких і гнучких відеоендоскопів, дозволяють виявити поверхневі дефекти, як на зовнішніх поверхнях, так і у внутрішніх порожнинах виробів і виміряти їх параметри [7].

Радіаційні методи контролю з використанням випромінювання рентгенівських апаратів і радіоактивних джерел застосовують для виявлення внутрішніх дефектів в деталях, вузлах, виробках, у зварних і паяних з'єднаннях шляхом їх просвічування на рентгенівську плівку або на інші перетворювачі випромінювання; для вимірювання товщини деталей і покриттів на них, а також для контролю механічних напруг (рентгенівська дифрактометрія).

Радіаційні методи контролю. За допомогою акустичних (ультразвукових) методів контролюють якість листових матеріалів та інших заготовок, зварних, паяних і клеєних з'єднань, деякі фізико-механічні властивості, використовуючи закони поширення в речовині пружних коливань (луна-імпульсний метод, імпедансно-акустичний метод, метод емісії хвиль напруги – акустичної емісії та ін.) [8].

Поверхневі дефекти типу волосовин, тріщин, непроварів у виробках з феромагнітних металів виявляють в основному магнітопорошковим або магнітолюмінесцентним методами, використовуючи спеціальні порошки, суспензії і пасти, які наносять на попередньо намагнічені об'єкти контролю, і потім розглядаючи картину їх розподілу на поверхні.

Вихрострумові методи використовують для визначення властивостей металу, однозначно пов'язаних з електропровідністю і магнітною проникністю, для виявлення дефектів, для вимірювання діаметра прутків, товщинометрії труб і листів, для вимірювання товщини і визначення якості покриттів. Вихрові струми в металі можна порушувати синусоїдальним і несинусоїдальним електромагнітним полем, імпульсним полем, а також полем змінної частоти. У цих випадках вимірюють частотний спектр, крутизну фронтів, тривалість імпульсів і інші параметри електричних сигналів.

Для виявлення тріщин, раковин, окисних плівок, непроварів, непропаїв та інших дефектів, що мають вихід на поверхню, застосовують також капілярні методи (люмінесцентний, кольоровий та ін.). При проведенні контролю капілярними методами на поверхню контрольованого об'єкта наносять так звані індикаторні пенетранти, здатні проникати в капілярні отвори і мають характерний колірний тон або (і) люмінесціюють під дією ультрафіолетового випромінювання [9]. Після деякої витримки залишки рідини змивають з неушкодженої поверхні виробу, поверхневі ж дефекти при цьому залишаються заповненими нею.

Теплові методи, що використовують теплові властивості контрольованого виробу, засновані на реєстрації інфрачервоного випромінювання, що виходить з поверхні нагрітого тіла, або його теплового поля приймачами різного типу. Основна область застосування цих методів – контроль паяних і клеєних з'єднань, дефектоскопія виробів з композиційних та інших неметалевих матеріалів, виявлення води в конструкціях.

Працездатність і надійність виробів і окремих вузлів крім їх міцності забезпечуються герметичністю оболонок і перегородок. Порушення герметичності можуть викликати так звані течі-канали або пористі ділянки. Для виявлення і при необхідності вимірювання величини течі застосовують методи течі пошуку (методи контролю герметичності). Всі методи контролю герметичності засновані на проникненні через ці дефекти тих чи інших речовин, в т.ч. газів. Серед них виділяють наступні методи:

- гідравлічний,
- газовий,
- люмінесцентний,
- газоаналітичний,
- бульбашковий,
- хімічний,
- манометричний,

- галогенний,
- мас-спектрометричний,
- радіоактивний та інші.

До методів НК, що не вимагає сканування контрольованих об'єктів, відносяться ультразвукова голографія і голографічна інтерферометрія [10]. Можливість реалізації голографії в ультразвуці базується на властивості когерентності ультразвукових коливань, одержуваних за допомогою звичайних ультразвукових випромінювачів. Оскільки ці коливання легко проникають в оптично непрозорі середовища, є можливість отримувати зображення внутрішньої структури об'єктів, в тому числі зображення дефектів. Метод голографічної інтерферометрії заснований на тому, що відновлене з голограми зображення повністю збігається з реальним об'єктом. Однак при наявності будь-яких змін реального об'єкта (наприклад, деформації, зміщення, зміни коефіцієнта заломлення або відображення) на зображенні з'являються інтерференційні смуги, однозначно пов'язані зі змінами в об'єкті і дефектами в ньому.

Для виробів машинобудування, що відрізняються великою різноманітністю застосовуваних в них матеріалів з різними фізико-механічними властивостями, методами і технологічними процесами їх виготовлення необхідно застосування комплексу взаємодоповнюючих методів і засобів НК.

Технологія CALS передбачає подання в електронній формі всіх даних і документів, які використовуються для опису виробу або того, як він виробляється і експлуатується, для інформаційної підтримки різних процедур, використовуваних протягом усього життєвого циклу виробу (включаючи проектування, випробування, виробництво, експлуатацію та утилізацію).

Для того, щоб отримувати інформацію про якість контрольованих об'єктів в електронній формі, потрібно перш за все вирішити питання автоматизації. В автоматизованих засобах ПК всі процеси контролю і розсортування виробів виконуються автоматично без участі оператора [11]. До їх складу входять засоби переміщення контрольованих об'єктів, пристрої стабілізації їх положення в процесі контролю, системи механічного сканування перетворювачем (ультразвуковим, вихрострумовим і ін.) поверхні виробу, сполучні елементи електричних виконавчих пристроїв, системи супроводу проконтрольованої продукції, блокувальні пристрої і т. д.

Як правило, вартість і обсяг робіт зі створення автоматизованих засобів ПК значно перевищують витрати на приладову частину. Робота всіх вхідних в них пристроїв повинна бути узгоджена з роботою основного технологічного обладнання. Процес розробки і проектування автоматизованих засобів ПК не повинен віддалятися в часі від процесу розробки основного обладнання для виробництва.

Особливу складність представляють системи сканування, що застосовуються в машинобудуванні там, де неможливе розбирання конструкцій і утруднений підхід до контрольованих поверхонь складної конфігурації. У процесі сканування повинен підтримуватися постійний зазор між перетворювачем, джерелом поля і контрольованим виробом. Рух перетворювача і контрольованого виробу відносно один одного може бути поступальним, обертальним, складним зворотно-поступальним і т.п. системи сканування вимагають високої точності виготовлення. Масове виробництво промислових роботів і маніпуляторів дозволило створити на цій основі різноманітні технологічні комплекси НК. В основу їх створення покладена:

- сукупність приладів НК, які серійно випускаються, що мають вихід на комп'ютер;
- промислових роботів, що виконують функції переміщення датчика приладу щодо об'єкта контролю;
- програм розбракування виробів, а також спеціалізованих пристроїв зв'язку приладу, робота і об'єкта контролю між собою.

В останні роки досягнутий істотний прогрес в обчислювальній промисловій рентгенівській томографії (отримання пошарових зображень контрольованих об'єктів), де ці зображення спочатку існують в електронній формі, і в автоматичній розшифровці рентгенівських знімків. В принципі, ця технологія застосовна для всіх випадків, коли оператор був змушений візуально оцінювати зображення контрольованих об'єктів. Технологія автоматичної розшифровки передбачає наступне:

- введення зображення і супровідної інформації в комп'ютер;
- попередній аналіз зображення, забезпечення придатності до подальшої комп'ютерної обробки за спеціальними програмами;
- пошук і виділення контурів дефектів, їх ідентифікація, визначення геометричних характеристик за допомогою спеціальних програм;

- автоматичне отримання висновків щодо дефектності контрольованих об'єктів;
- статистична обробка одержуваних результатів;
- занесення результатів контролю в архів.

Кожен новий виріб в умовах сучасного виробництва вимагає використання як традиційних, так і принципово нових матеріалів і конструкцій. У зв'язку з цим виникає необхідність не тільки використовувати існуючі, а й створювати нові методи і засоби їх якості. Найбільш складні нові проблеми зазвичай виникають за такими елементами цих виробів:

- теплозахисні матеріали;
- жароміцні матеріали;
- композиційні та інші неметалеві матеріали;
- металоконструкції з нових матеріалів та їх нероз'ємні з'єднання;
- агрегати з неметалевих матеріалів і їх нероз'ємні з'єднання.

В основі інноваційної стратегії подальшого розвитку нових методів і засобів неруйнівного контролю та технічної діагностики лежить, перш за все, розвиток найбільш перспективних напрямків наукових досліджень, націлених на вирішення практичних завдань з урахуванням їх затребуваності різними галузями народного господарства. Перерахуємо ряд таких проблем. Для машинобудівних підприємств перспективна розробка нових методів і засобів контролю:

- дефектів суцільності лиття і несучих літзварних металоконструкцій (в т.ч. великовантажних автомобілів). Перспективно як розвиток акустичних методів і засобів контролю, так і розробка вітчизняного промислового рентгенівського томографа для тривимірної візуалізації виливків, дефектоскопії і розмірометрії складнопрофільованих виробів;
- дефектів зварних з'єднань, як складних по геометрії (фланці картера заднього моста автомобілів, рамні конструкції кузовів дорожніх машин і т. д.), так і виконаних спеціальними способами зварювання (дифузійним, електрошлаковим, електронно-променевим та ін.);
- структури чавунів в умовах виробництва з метою їх розбракування по марках (сірий, високо-міцний і ін.);
- якості зчеплення різнорідних матеріалів (наприклад, дефектів наплавов бабітових підшипників та ін.);
- глибини і твердості поверхнево зміцнених шарів (після гарт, цементації та інших видів хіміко-термічної обробки);
- внутрішніх механічних напруг, в т. ч. засобів контролю затягування різьбових з'єднань, на базі методів акустичної тензометрії;
- деградації фізико-механічних властивостей металів на базі контактної-динамічних та інших методів.

Для будівельної галузі, де в найближчі роки прогнозується висока інвестиційна активність:

- розвиток принципів, математичних алгоритмів, програмного забезпечення, розробка датчиків, засобів передачі, обробки і відображення багатосенсорної інформації для систем моніторингу технічного стану несучих будівельних конструкцій висотних і великопролітних будівель і споруд;
- розвиток методу динамічного ідентування відповідно до контролю тріщиностійкості і ударної в'язкості будівельних матеріалів (бетонів, асфальтобетонів та ін.).

Будуть встановлені закономірності тріщиноутворення у конструкційних сталях при їх локальному динамічному деформуванні жорсткими інденторами, розроблені обчислювальні методики оцінки характеристик руйнування матеріалів, засновані на аналізі зміни пружних деформацій при мікроударному деформуванні, а також розроблені установки для контролю тріщиностійкості будівельних матеріалів.

Для атомно-оптичної мікроскопії біологічних об'єктів: розробка методик моделювання відеозображень з виходів оптичних і атомно-силових мікроскопів з метою діагностики нових матеріалів і біологічних об'єктів, алгоритмів виявлення і фільтрації об'єктів, оцінки їх параметрів, побудови траєкторій виділених об'єктів з оцінкою параметрів їх руху, класифікації об'єктів за заданими ознаками, пакету прикладних програм з автоматичної обробки відеозображень, що реалізують отримані алгоритми.

Для мікроелектроніки: створення скануючого мікрохвильового мікроскопа для локального контролю електрофізичних властивостей напівпровідникових матеріалів інтегральних мікросхем, що поєднує функції як атомно-силової, так і НВЧ-мікроскопії.

Для аерокосмічної галузі:

- розробка електронного пондеромоторного товщиноміра захисних нікелевих покриттів у важкодоступних місцях турбінних лопаток;
- розробка термоелектричного товщиноміра захисних нікелевих покриттів на підкладках з нержавіючих сталей феритного класу;
- розробка апаратури для контактної-динамічного контролю комплексу фізико-механічних властивостей спеціальних матеріалів (фторопластів, вуглепластиків та ін.).

Висновки. У ході дослідження визначено інноваційні механізми неруйнівного контролю в умовах виробництва у різних галузях. Економічний ефект від використання розглянутих методів, приладів і технологій неруйнівного контролю і технічної діагностики, буде досягнутий за рахунок: підвищення якості конкурентоспроможності отриманої продукції; імпортозаміщення; вирішення проблем енерго- та ресурсозбереження; запобігання можливим аваріям; обґрунтованого збільшення терміну експлуатації промислових об'єктів; приладів і технологій.

Список бібліографічного опису

1. Мякий, О.В. (2018). Підвищення завадостійкості теплової дефектоскопії багатошарових конструкцій та трубопроводів : дис. ... канд. техн. наук : 05.11.13; Міністерство освіти і науки України Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», МОН України. Харків, 129 с.
2. Vavilov, V., Nesteruk, D., & Khorev, V. (2012). Ultrasonic and inductive IR thermographic procedures as newly-emerged techniques in thermal NDT. *Annual J. Electron. Sofia, Bulgaria*, 6(2), 102-109.
3. Божак, В.В., Габльовська, Н.Я., Кононенко, М.А. (2019). Аналіз методів контролю напружено деформованого стану металевих конструкцій. *Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання: матеріали 7-ї науково-практичної конференції* (м. Івано-Франківськ 19-20 листопада 2019 р.). Івано-Франківськ: ІТ, ІФНТУНГ, 23-25.
4. Наконечна, А. В. (2019). Ультразвуковий контроль якості зварних з'єднань *Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання: матеріали 7-ї науково-практичної конференції* (м. Івано-Франківськ 19-20 листопада 2019 р.). Івано-Франківськ: ІТ, ІФНТУНГ, 87-88.
5. Радько, О.В., Кремешний, О.І., Скуратовський, А.К., Голембієвський, Г.Г. (2013). Методи неруйнівного контролю конструкцій із композиційних матеріалів. *Системи озброєння і військова техніка*, 3(35), 111.
6. Запорожець, А. О., Свердлов, А. Д. (2017). Аналіз методів діагностування теплоенергетичних об'єктів. *Наукоємні технології*, 3(35), 259-265.
7. Дейнека, Р. (2017). Магнітокондуктивний спосіб дефектоскопії феромагнітних матеріалів. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні*. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 867, 60–63.
8. Chernogor, L. F., Lazorenko, O. V., & Potapov, A. A. (2012, September). Wavelet analysis of multi-fractal ultra-wideband processes in problems of geospace physics. In *2012 6th International Conference on Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals* (pp. 249-251). IEEE.
9. Себко, В. В., & Здоренко, В. Г. (2019). Реалізація вихорострумового методу контролю на основі визначення компонентів різницевого сигналу трипараметрового перетворювача з трубчастим виробом. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія: Технічні науки*, (1), 26-35.
10. Голик, О. В., Щепенюк Л. А. (2017). Статистичні аспекти неруйнівного контролю дефектності поліімідної емальізоляції в умовах виробництва. *Електротехніка і електромеханіка*, (1), 47-53.
11. Хорло, Н. Ф. (2019). Аккредитация организаций, выполняющих неразрушающий контроль, как необходимое условие доступа предприятий Украины к международным рынкам промышленных товаров и услуг. *Механіка та машинобудування*, 1, 171-175.

References

1. Myahky, O.V. (2018). Increasing noise immunity of thermal flaw detection of multilayer structures and pipelines: dis. ... cand. tech. Science: 05.11.13; Ministry of Education and Science of Ukraine National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Ministry of Education and Science of Ukraine. Kharkiv, 129 p.
2. Vavilov, V., Nesteruk, D., & Khorev, V. (2012). Ultrasonic and inductive IR thermographic procedures as newly-emerged techniques in thermal NDT. *Annual J. Electron. Sofia, Bulgaria*, 6(2), 102-109.
3. Bozhak, V.V., Gablyovskaya, N.Ya., Kononenko, M.A. (2019). Analysis of methods for controlling the stress-strain state of metal structures. *Methods and means of non-destructive testing of industrial equipment: materials of the 7th scientific-practical conference* (Ivano-Frankivsk, November 19-20, 2019). Ivano-Frankivsk: IIT, IFNTUNG, 23-25.
4. Finally, A. W. (2019). Ultrasonic quality control of welded joints *Methods and means of non-destructive testing of industrial equipment: materials of the 7th scientific-practical conference* (Ivano-Frankivsk, November 19-20, 2019). Ivano-Frankivsk: IIT, IFNTUNG, 87-88.
5. Radko, O.V., Kremeshny, O.I., Skuratovsky, A.K., Golembievsky, G.G. (2013). Methods of non-destructive testing of structures made of composite materials. *Weapons systems and military equipment*, 3 (35), 111.
6. Zaporozhets, A.O., Sverdlova, A.D. (2017). Analysis of methods for diagnosing thermal power facilities. *Science-intensive technologies*, 3 (35), 259-265.
7. Deineka, R. (2017). Magnetoconductive method of defectoscopy of ferromagnetic materials. *Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic". Series: Optimization of production processes and technical control in mechanical engineering and instrument making*. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 867, 60–63.

8. Chernogor, L. F., Lazorenko, O. V., & Potapov, A. A. (2012, September). Wavelet analysis of multi-fractal ultra-wideband processes in problems of geospace physics. In *2012 6th International Conference on Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals* (pp. 249-251). IEEE.
9. Sebko, VV, & Zdorenko, VG (2019). Implementation of eddy current control method based on determining the components of the difference signal of a three-parameter converter with a tubular product. *Bulletin of Kyiv National University of Technology and Design. Series: Technical Sciences*, (1), 26-35.
10. Golik, O. V., & Shchebeniuk, L. A. (2017). Statistical aspects of non-destructive testing of polyimide enamel insulation defects in production conditions. *Electrical Engineering and Electromechanics*, (1), 47-53.
11. Horlo, N.F. (2019). Accreditation of organizations performing non-destructive testing as a necessary condition for Ukrainian enterprises to access international markets for industrial goods and services. *Mekhanika and machine-building*, 1, 171-175.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-15

УДК: 681.2

Чайковський Сергій Юрійович, старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0002-2891-0845>

Випробувальна лабораторія Українського науково-дослідного інституту спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ПРОДУКЦІЇ В АКРЕДИТОВАНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ УКРАЇНИ.

Чайковський С. Ю. Перспективні напрямки застосування засобів вимірювальної техніки для проведення випробувань продукції в акредитованих лабораторіях України. У статті проведено аналітичний огляд стану та можливостей акредитованих лабораторій для випробувань в Україні. Розглянуто тенденції розвитку засобів вимірювальної техніки. Визначено чинники, які впливають на розвиток напрямків застосування засобів вимірювальної техніки для проведення випробувань продукції в акредитованих лабораторіях України. Сформульовано основні перспективні напрямки застосування засобів вимірювальної техніки для проведення випробувань продукції у акредитованих лабораторіях України.

Ключові слова: засоби вимірювальної техніки, акредитована лабораторія, випробування, випробувальне обладнання, продукція, перспективні напрямки.

Чайковский С. Ю. Перспективные направления применения средств измерительной техники для проведения испытаний продукции в аккредитованных лабораториях Украины. В статье проведен аналитический обзор состояния и возможностей аккредитованных лабораторий для испытаний в Украине. Рассмотрены тенденции развития средств измерительной техники. Определены факторы, влияющие на развитие направлений применения средств измерительной техники для проведения испытаний продукции в аккредитованных лабораториях Украины. Сформулированы основные перспективные направления применения средств измерительной техники для проведения испытаний продукции в аккредитованных лабораториях Украины.

Ключевые слова: средства измерительной техники, аккредитованная лаборатория, испытания, испытательное оборудование, продукция, перспективные направления.

Tchaikovsky Sergiy. Promising directions of application of measuring equipment for product testing in accredited laboratories of Ukraine. The article provides an analytical review of the state and capabilities of accredited laboratories for testing in Ukraine. Trends in the development of measuring equipment are considered. The factors influencing the development of directions of application of measuring equipment for product testing in accredited laboratories of Ukraine are determined. The main perspective directions of application of measuring equipment for product testing in accredited laboratories of Ukraine are formulated.

Key words: measuring equipment, accredited laboratory, tests, test equipment, products, perspective directions.

Постановка проблеми. Сучасний стан світового ринку вимагає вирішення проблеми взаємного визнання результатів оцінювання відповідності продукції. Вступ України до Світової організації торгівлі, підписання Асоціації з ЄС передбачають виконання низки вимог, зокрема приведення у відповідність національної системи технічного регулювання до європейської [1, 2]. Адаптація національної системи технічного регулювання України, в сфері технічного регулювання, до міжнародних і європейських стандартів є одним з головних напрямків інтеграції в світові та європейські структури [3-7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням адаптації національної системи технічного регулювання, в сфері технічного регулювання, до міжнародних і європейських стандартів присвячено велику кількість публікацій. Найзначнішими серед них є роботи Б. Стадника, Є. Володарського, М. Микийчука, Л. Кошевої, В. Кравчука, О. Мельниченко, О. Малецької, А. Зенкіна, С. Сєдова. Велика кількість робіт, найпомітнішими з яких є [1, 8-11], опублікована і за кордоном. Однак, незважаючи на велику кількість праць, присвячених проблемам технічного регулювання, недостатньо розглянуто питання щодо визначення перспективних напрямків застосування засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) для проведення випробувань продукції в акредитованих лабораторіях України.

Метою дослідження є визначення основних перспективних напрямків застосування ЗВТ для проведення випробувань продукції у акредитованих лабораторіях України. Реалізація поставленої мети передбачає виконання таких завдань дослідження: аналітичний огляд стану та можливостей акредитованих лабораторій для випробувань в Україні; встановлення тенденцій розвитку ЗВТ, що використовуються для випробувань продукції в акредитованих лабораторіях в Україні; визначення чинників, які впливають на розвиток напрямків застосування ЗВТ для проведення випробувань продукції в акредитованих лабораторіях в Україні.

Виклад основного матеріалу дослідження. Автор не претендує на повне викладення всіх перспективних напрямків застосування ЗВТ для проведення випробувань продукції у акредитованих лабораторіях України, тому у статті зроблена лише спроба систематизувати та визначити основні з них.

Коротко зупинимось на термінах та визначеннях, що використовуються у статті. Випробування продукції – це один із методів її технічного контролю. Під випробуванням розуміється визначення однієї чи більше характеристик об'єкта оцінки відповідності згідно з процедурою [1, 2]. Випробування дає можливість об'єктивно оцінити технічний рівень і якість продукції на всіх стадіях її життєвого циклу – починаючи з розроблення і поставлення продукції на виробництво і закінчуючи експлуатацією [12]. А продукція – це результат процесу [1, 2].

Стандарт ISO 9000: 2000 [13] встановлює 4 загальні категорії продукції: послуги (наприклад, транспортування); інтелектуальна продукція (наприклад, програмне забезпечення, технологія виробництва тощо); технічні засоби (наприклад, холодильна установка, персональний комп'ютер тощо); матеріали, що переробляються (наприклад, мастило).

В Україні фахівці розрізняють поняття “випробувальне обладнання” та “засоби вимірювальної техніки”. Випробувальне обладнання застосовують для відтворення умов випробувань, тобто це технічні засоби, які у певний спосіб впливають на об'єкт досліджень упродовж необхідного часу. ЗВТ застосовують для проведення вимірювань, тобто за їх допомогою реалізують процес експериментального визначення одного або декількох значень величини, що можуть бути обґрунтовано приписані цій величині [14].

Аналітичний огляд стану та можливостей акредитованих лабораторій для випробувань в Україні. В Україні випробування продукції проводяться в акредитованих лабораторіях для визначення відповідності характеристик її властивостей національним, європейським чи міжнародним нормативним документам. Під час випробувань встановлюються показники якості продукції, в тому числі її відповідності вимогам безпеки і охорони навколишнього середовища [15]. Загальна кількість акредитованих в Україні на 01.09.2020 року – 426 (не враховано дані по АР Крим, по Донецькій та Луганській областям) [15]. Розподіл акредитованих лабораторій для проведення випробувань в областях України наведено на рисунку 1. Із рисунку 1 видно, що найбільша чисельність акредитованих лабораторій знаходиться у Київській області – 111, у Дніпровській області – 42, у Харківській області – 37 та у Одеській області – 31, а найменша чисельність акредитованих лабораторій знаходиться у Закарпатській області – 4 і у Чернівецькій області – 2.

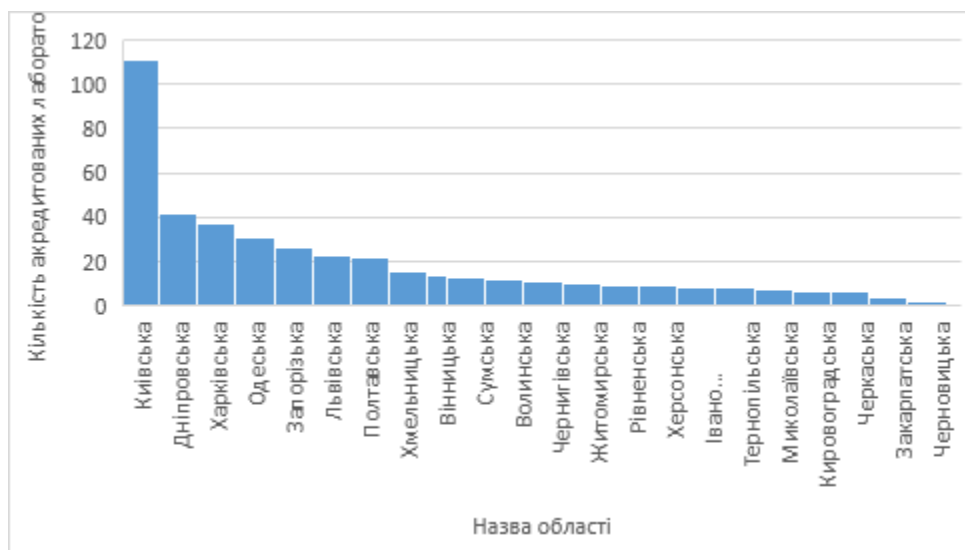


Рис. 1. Розподіл акредитованих лабораторій для проведення випробувань в областях України

На сьогодні в Україні акредитовані лабораторії проводять випробування не менш як за 16 найменуваннями продукції (наприклад, будівельні матеріали та конструкції, продукти харчування, електрообладнання тощо) та за 17 основними категоріями випробувань (наприклад, хімічні, механічні, електричні, мікробіологічні тощо). В таблиці 1 наведено ранжування видів продукції залежно від частоти їх використання під час випробувань в акредитованих лабораторіях України. З цієї таблиці видно, що найбільш затребуваною продукцією є будівельні матеріали та конструкції, продукти харчування, електрообладнання, транспортні засоби, машини, верстати і обладнання. І відповідно найменш затребуваною продукцією для випробувань є вироби для залізничного транспорту.

До будівельних матеріалів, що підпадають під випробування належать: пісок, щебінь та гравій, шпали, пиломатеріали, вироби паркетні, блоки віконні та дверні, суміші будівельні системи утеплення,

пластик, вироби керамічні в тому числі плитки керамічні і черепиця керамічна, вапно будівельне, блоки бетонні, листи гіпсокартонні, оснастка монтажна тощо).

До засобів зв'язку і радіоустаткування належать: випробування кінцевого обладнання електрозв'язку апаратів телефонних всіх класів і приставок до них; таксофонів для міжнародного, міжміського та місцевого зв'язку; АТС і концентраторів; модемів, факсмодемів, обладнання ущільнення абонентських ліній і мультікомплексорів абонентських; терміналів телеграфних, пристроїв для взаємодії з мережами АТ-50, ТЕЛЕКС і ТГ-ОП; апаратів факсиміле і пристроїв багатофункціональних з факсимільним режимом роботи; іншого кінцевого обладнання електрозв'язку.

До продуктів харчування як об'єкта випробувань належать зразки продукції тваринного, рослинного і біотехнологічного походження.

Таблиця 1. Розподіл та номенклатура продукції, що підлягає випробуванням в Україні

№ з/п	Назва продукції	Кількість лабораторій в яких ця продукція випробовується
1	Будівельні матеріали та конструкції	130
2	Продукти харчування	122
3	Електрообладнання	77
4	Транспортні засоби	69
5	Машини, верстати, обладнання	68
6	Побутова хімія та косметика	47
7	Продукти нафтоперероблення	45
8	Засоби захисту	40
9	Посуд	31
10	Засоби зв'язку і радіоустаткування	24
11	Кабельно-провідникова продукція	22
12	Іграшки	21
13	Медична техніка	18
14	Світлотехніка	18
15	Сільськогосподарська техніка	18
16	Залізничні вироби	14

В таблиці 2 наведено ранжування категорій за якими проводяться випробування в Україні залежно від частоти їх використання. З таблиці 2 видно, що найбільш затребуваними категоріями випробувань продукції є хімічні, механічні, електричні, мікробіологічні, радіологічні, бактеріологічні та динамічні. І відповідно найменш затребуваними категоріями випробувань продукції є радіаційні випробування.

Таблиця 2. Розподіл та номенклатура категорій, за якими проводяться випробування в Україні

№ з/п	Назва категорії	Кількість лабораторій в яких за цими категоріями проводяться випробування
1	Хімічні	278
2	Механічні	271
3	Електричні	134
4	Мікробіологічні	128
5	Радіологічні	121
6	Бактеріологічні	117
7	Динамічні	112
8	Біологічні	85
9	Електромагнітні	79
10	Кліматичні	76
11	Вібраційні	54
12	Ступінь захисту IP	53
13	Шумові	41
14	Металографічні	30
15	Пожежні	19
16	Магнітні	16
17	Радіаційні	9

В акредитованих лабораторіях під час випробувань використовуються лише апробовані та забезпечені відповідним випробувальним обладнанням та ЗВТ методи випробувань. Так, наприклад, для випробування продуктів харчування, посуду та іграшок використовуються [16]:

- хроматографічні методи (газова, тонкошарова, високоефективна рідинна хроматографія);
- методи атомної абсорбції (полум'яна, електротермічна, емісійна);
- методи капілярного електрофорезу;
- фізико-хімічні методи (титриметричний, потенціометричний, рефрактометричний, фотоелектроколориметричний та гравіметричний методи);
- методи полімеразної ланцюгової реакції в реальному часі для визначення ГМО;
- методи контролю алкогольних напоїв за фізико-хімічними показниками та на справжність;
- мікробіологічні методи досліджень.

На рисунках 2-5 наведено результати досліджень видів продукції, що підлягають випробуванням та категорії за якими проводяться випробування в акредитованих лабораторіях Київської та Дніпровської областей (це області з найбільшою кількістю акредитованих для випробувань лабораторій). Ці області України, як видно з рисунку 1, мають найбільшу кількість атестованих випробувальних лабораторій.

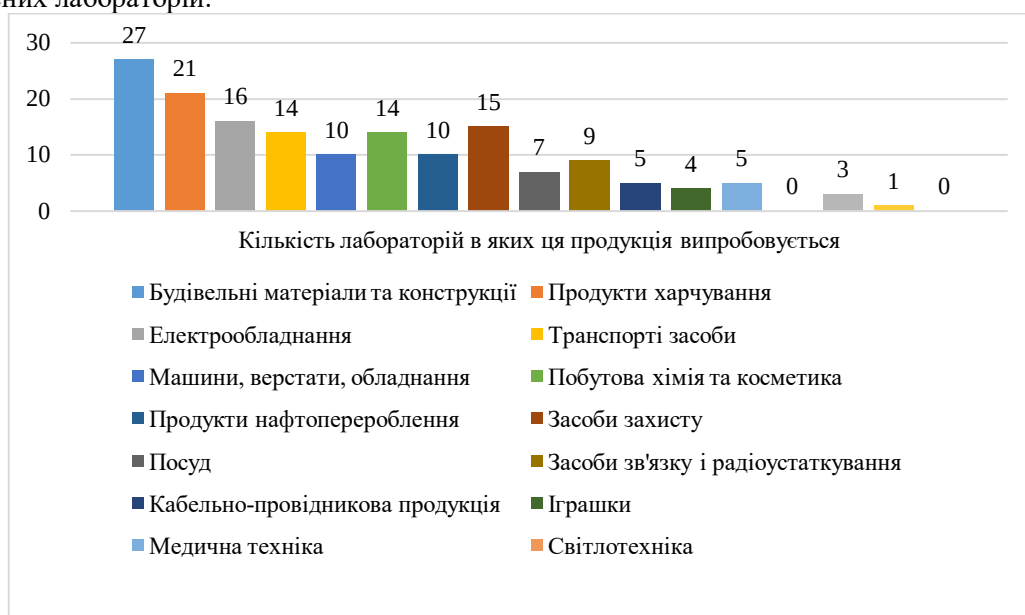


Рис. 2. Перелік продукції, що підлягає випробуванням в акредитованих лабораторіях в Київській області

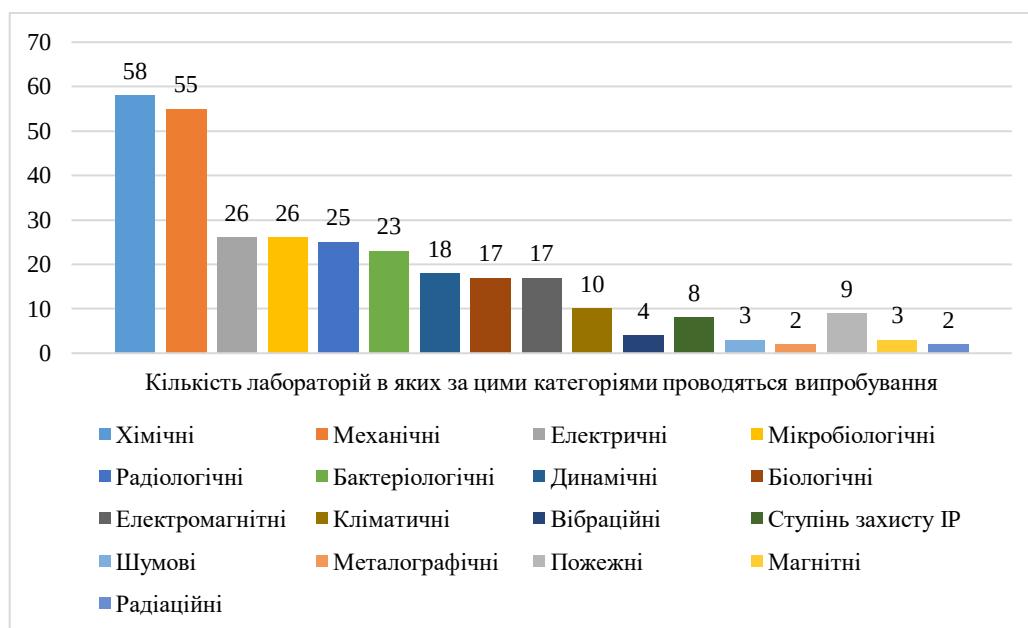


Рис. 3. Перелік категорій за якими проводять випробування в

акредитованих лабораторіях в Київській області

З рисунків 2 та 4 можна бачити, що в акредитованих лабораторіях Київської та Дніпровської областей більший відсоток випробувальної продукції займають будівельні матеріали та конструкції, продукти харчування і електрообладнання. Слід відзначити, що для Київської області показники кількості лабораторій, в яких ця продукція випробовується, перевищує практично в 2 рази ніж в Дніпровській області. А відповідно, найменше випробуванням в цих областях підлягають медична та сільськогосподарська техніка.

Рисунки 3 та 5 ілюструють, що найбільш популярними категоріями за якими проводять випробування в акредитованих лабораторіях у Київській та Дніпровській областях є хімічні та механічні, причому показники кількості лабораторій, в яких за цими категоріями проводяться випробування для Київської області більш ніж в 2 рази перевищують ніж в Дніпровській області. Найменш популярними категоріями за якими проводять випробування в акредитованих лабораторіях у Київській області це радіаційні, а у Дніпровській – пожежні, магнітні та радіаційні.

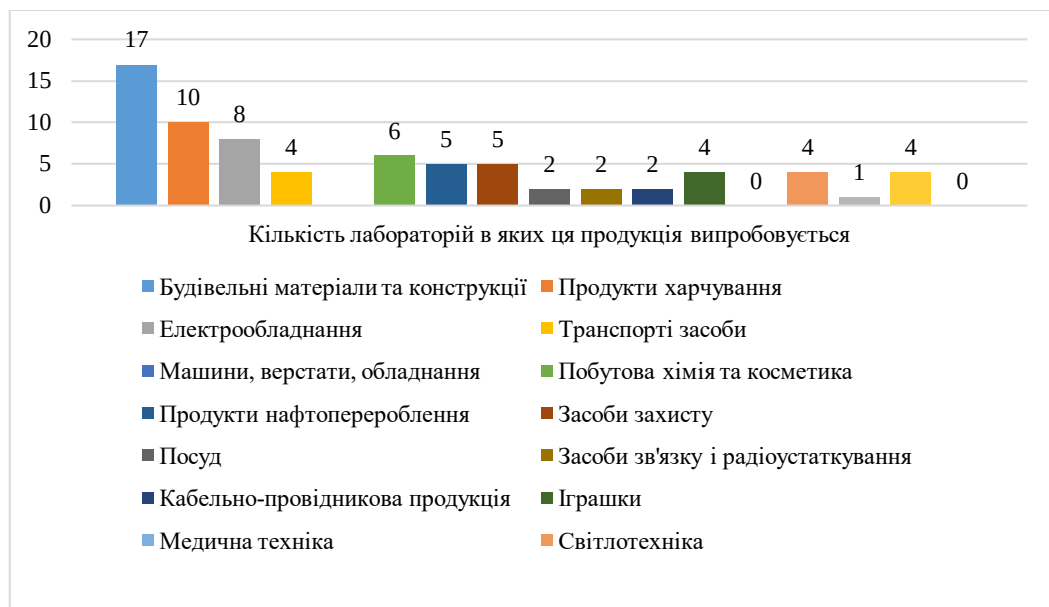


Рис. 4. Перелік продукції, що підлягає випробуванням в акредитованих лабораторіях в Дніпровській області



Рис. 5. Перелік категорій за якими проводять випробування в акредитованих лабораторіях в Дніпровській області

Тенденції розвитку ЗВТ. Визначимо загальні тенденції розвитку ЗВТ (і, зокрема, для випробувань в акредитованих лабораторіях України):

- підвищення темпів виробництва і продажу цифрових ЗВТ в Україні й інших провідних країнах. З певним часом цифрові ЗВТ повністю замінять аналогові ЗВТ, тому що на відміну від аналогових, цифрові ЗВТ мають стрімку перспективу розвитку [17];

- набуття універсальності ЗВТ за рахунок широкого застосування великої кількості вимірювальних сигналів, що отримані на основі використання методів цифрової обробки. Використання такого підходу дозволяє значно розширити клас розв'язуваних задач, в основному, за рахунок розроблення програмного забезпечення без істотного апаратного ускладнення ЗВТ[18];

- суттєве покращення експлуатаційних та технічних характеристик ЗВТ. Пріоритетний розвиток і постійне зростання обсягів продаж ЗВТ, в першу чергу, пов'язані з істотним поліпшенням їх технічних, особливо метрологічних експлуатаційних характеристик [17];

- удосконалення і стандартизація інтерфейсу ЗВТ. Можливості ЗВТ істотно розширює наявність стандартного інтерфейсу, що дозволяє об'єднувати їх у вимірювальні та інші системи, наприклад, досить поширені системи збору й обробки даних. Інтерфейсні плати випускаються сумісними з певною мовою системного програмного забезпечення [19];

- інтелектуалізація ЗВТ – є однією з пріоритетних тенденцій у закордонному приладобудуванні, тому що на інтелектуалізації базуються не тільки підвищення універсальності ЗВТ, стандартизація інтерфейсу ЗВТ але й поліпшення їх технічних і експлуатаційних характеристик. Вона гармонійно об'єднує попередні тенденції, але потребує суттєвих витрат. Її сутність полягає в тому, що множина різноманітних за функціями ЗВТ замінюється одним універсальним, який об'єднує можливості середнього комп'ютера, переваги цифрових методів перетворення й обробки інформації, наочність графічних форм відображення результатів;

- розроблення спеціалізованого програмного забезпечення інтелектуальних ЗВТ для розширення їх функціональних можливостей, у тому числі для підвищення інтелектуалізації розв'язуваних задач при одночасному спрощенні їх експлуатації, і для зменшення середньої вартості виконання однієї вимірювальної задачі.

Чинники, які впливають на розвиток напрямків застосування ЗВТ для проведення випробувань продукції в акредитованих лабораторіях України. З метою визначення основних напрямків застосування ЗВТ в акредитованих лабораторіях під час випробувань продукції необхідно визначити чинники, що впливають на розвиток зазначених вище напрямків. До основних з них, слід віднести такі:

- тенденції розвитку ЗВТ в Україні та у провідних економічно розвинутих країнах світу;
- пріоритетні напрями розвитку технічного регулювання в Україні;
- стан процесу адаптації національного законодавства в частині технічних регламентів та оцінки відповідності із законодавством Європейського союзу;
- стан розроблення та прийняття технічних регламентів і процедур оцінки відповідності;
- стан Міжнародного співробітництва України у сфері технічного регулювання.

Якщо розглядати вплив зазначених чинників на розвиток напрямків застосування ЗВТ для випробування продукції, то слід відмітити його неоднозначність та суперечливість – деякі з них впливають напряму, а деякі опосередковано. Але це питання потребує окремих досліджень і не буде розглядатися в цій статті.

Основні перспективні напрямки застосування ЗВТ для проведення випробувань продукції в акредитованих лабораторіях України. На основі наведених вище аналітичного огляду, тенденцій розвитку ЗВТ та чинників впливу можна стверджувати, що основними перспективними напрямками застосування ЗВТ для проведення випробувань продукції в акредитованих лабораторіях України є:

- використання ЗВТ під час сертифікації насіння і садивного матеріалу;
- використання ЗВТ під час сертифікації органічного виробництва та обігу органічної продукції;
- використання ЗВТ під час сертифікації суб'єктів та об'єктів авіаційної діяльності;
- використання ЗВТ під час державної експертизи у сферах криптографічного захисту інформації;
- використання ЗВТ під час затвердження конструкції колісних транспортних засобів, їх предметів обладнання і частин;
- використання ЗВТ під час оцінки відповідності певних видів послуг.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином, у статті вирішено поставлені такі завдання: проведено аналітичний огляд стану та можливостей акредитованих лабораторій для випробувань в Україні; встановлено тенденції розвитку ЗВТ; визначено чинники, які впливають на розвиток напрямків застосування ЗВТ для проведення випробувань продукції в акредитованих

лабораторіях в Україні. Це дозволило визначити основні перспективні напрямки застосування ЗВТ для проведення випробувань продукції у акредитованих лабораторіях України. Подальшим актуальним напрямком досліджень є розроблення методик оцінювання рівня якості проведення окремих випробувань.

Список бібліографічного опису

1. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
2. Система управління НААУ Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (відповідно до ISO/IEC 17025:2017).
3. ДСТУ EN ISO/IEC 17065:2014. 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, 2014. 101 с.
4. ДСТУ EN ISO/IEC 17043:2014. Оцінка відповідності. Загальні вимоги до перевірки кваліфікації лабораторій. (EN ISO/IEC 17043:2010, IDT). Чинний від 2016-01-01. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2014. 89 с.
5. ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. (ISO/IEC 17025:2005, IDT). Чинний від 2007-01-07. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 72 с.
6. ДСТУ 3412-96. Державна система сертифікації УкрСЕПРО. Вимоги до випробувальних лабораторій та порядок їх акредитації. Чинний від 2003-03-01. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 65 с.
7. Про технічні регламенти та оцінку відповідності: Закон України від 15 січня 2015 р. № 124-VIII. *Відомості Верховної Ради*. 2015. № 14. С. 96.
8. ISO Guide 80. Guidance for the in-house preparation of quality control materials
9. ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation - System and software quality models.
10. ISO/IEC 17021:2011. Conformity assessment - Requirements for bodies providing audit and certification of management systems.
11. ISO/IEC Guide 68:2002. Arrangements for the recognition and acceptance of conformity assessment results.
12. Випробування продукції. Види випробувань. URL: <https://helpiks.org/2-3822.html>.
13. ISO 9000: 2000. Quality Management Systems. Fundamentals And Vocabulary.
14. Мельниченко О. А., Хорошилов О. М., Малецька О. Є. (2019). Аналіз вимог до обладнання та методик за ISO/IEC 17025:2017.
15. Выбор испытательной лаборатории. URL: https://ukrcert.com/script/index_lab.php.
16. Бизнес-Гид. URL: <https://dgcsms.biz-gid.ru/products/unit?pid=197345>.
17. Кузьмич Л. В. Сучасні тенденції створення приладових систем вимірювання механічних величин. *Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості*. 2016, 1 (8), 95–99.
18. Чинков В.М., Ярохіна О.О. (2013). Основні тенденції розвитку вимірювальних функціональних генераторів сигналів. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил.*, 1(34), 170–172.
19. Черніков М.М., Куваєва В.І., Болтонков В.О. (2018). Система розподіленої колективної експертизи з захистом від фальсифікацій. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*, 30-31, 276–280.

References

1. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
2. NAAU management system General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (according to ISO / IEC 17025: 2017).
3. DSTU EN ISO / IEC 17065: 2014. Conformity assessment. Requirements for certification bodies for products, processes and services (EN ISO / IEC 17065: 2012, IDT). Valid from 2016-01-01. Kind. ofits. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukraine, 2014. 101 p.
4. DSTU EN ISO / IEC 17043: 2014. Conformity assessment. General requirements for laboratory qualification testing (EN ISO / IEC 17043: 2010, IDT). Valid from 2016-01-01. Kind. ofits. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukraine, 2014. 89 p.
5. DSTU ISO / IEC 17025: 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 Ukraine, 2006. 72 p.
6. DSTU 3412-96. State certification system UkrSEPRO. Requirements for testing laboratories and the procedure for their accreditation. Valid from 2003-03-01. Kind. ofits. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukraine, 2003. 65 p.
7. On technical regulations and conformity assessment: Law of Ukraine of January 15, 2015 № 124-VIII. Information of the Verkhovna Rada. 2015. № 14. С. 96.
8. ISO Guide 80. Guidance for the in-house preparation of quality control materials
9. ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation - System and software quality models.
10. ISO/IEC 17021:2011. Conformity assessment - Requirements for bodies providing audit and certification of management systems.
11. ISO/IEC Guide 68:2002. Arrangements for the recognition and acceptance of conformity assessment results.
12. Product testing. Types of tests. URL: <https://helpiks.org/2-3822.html>.
13. ISO 9000: 2000. Quality Management Systems. Fundamentals And Vocabulary.
14. Melnichenko, O. A., Khoroshilov, O. M., Maletska, O. E. (2019). Analysis of vimo to the possession of those methods for ISO / IEC 17025: 2017
15. Choosing a testing laboratory. URL: https://ukrcert.com/script/index_lab.php.
16. Business Guide. URL: <https://dgcsms.biz-gid.ru/products/unit?pid=197345>.
17. Kuzmich, L. V. (2016). Current tendencies in the development of the near-ladder systems in the measurement of mechanical values. Collection of Science Practitioners of the Odessa State Academy of Technical Regulation and Yakosti, 1 (8), 95–99.
18. Chinkov, V.M., Yarokhina, O.O. (2013). Basic tendencies in the development of dynamic functional signal generators. Library of Science Practitioners of Kharkiv University of Powers, 1 (34), 170–172.
19. Chernikov, M.M., Kuvaeva, V.I., Boltyonkov, V.O. (2018). The system of distribution of collective expertise with a variety of falsifications. Computer-integrated technologies: education, science, virobnitsvo, 30-31, 276–280.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-16

УДК: 004.4

¹Глинчук Людмила Ярославівна, к. ф.-м. н., доцент<https://orcid.org/0000-0002-8943-9604>¹Гришанович Тетяна Олександрівна, к. ф.-м. н., ст. викладач<https://orcid.org/0000-0002-3595-6964>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>¹Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна²Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

ЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ МЕТОДІВ ПРОГРАМУВАННЯ ГРАФІКИ НА C++ В НАВЧАЛЬНИХ ЦІЛЯХ

Глинчук Л.Я., Гришанович Т.О., Кузьмич О.І., Багнюк Н.В. Ефективне використання новітніх методів програмування графіки на C++ в навчальних цілях. Для того щоб вміти програмувати та налаштовувати графіку з використанням сучасних бібліотек, фреймворків і т.д. під різні операційні системи, потрібно знати як класичний інструментарій, так і новітні методи. При програмуванні, зокрема на C++, та налаштуванні різних додатків (середовищ програмування) і підключенні графічних бібліотек під певну ОС виникають деякі труднощі та проблеми. Саме тому повинне бути розуміння щодо сумісності та можливого вирішення такої проблеми. З цієї метою в даній статті розглядаються вибрані графічні бібліотеки - від примітивних до сучасних та описуються особливості роботи з ними.

Ключові слова: програмування, налаштування, графічна бібліотека, мова програмування C++.

Глинчук Л.Я., Гришанович Т.О., Кузьмич Е.И., Багнюк Н.В. Эффективное использование новых методов программирования графики на C++ в учебных целях. Для того, чтобы уметь программировать и настраивать графику с использованием современных библиотек, фреймворков под разные ОС, нужно знать как классический инструментарий, так и новые методы. При программировании, в частности на C++, и настройке разных приложений (среды программирования) и подключении графических библиотек под определенную ОС возникают определенные трудности и проблемы, потому должно быть понимание. Именно поэтому должно быть понимание того касательно совместимости и возможного решения этой проблемы. С этой целью и рассматриваются некоторые графические библиотеки - от примитивной к современной и описываются особенности работы с ними.

Ключевые слова: программирование, настройка, графическая библиотека, язык программирования C++.

Hlynchuk L. Y., Hryshanovych T. O., Kuzmych E., Bahniuk N. Effective using of programming and tuning methods of graphic on C++ for educational aims. In order to program and influence the graphic arts with the use of modern libraries, frameworks under different OS, it is needed to know classical and newest methods. At programming, in particular on C++, and tuning of different additions (compilers) and connecting of graphic libraries under certain OS there are some difficulties and problems, that is why there must be understanding: compatible or not compatible and why; whether it is possible to do so that it was compatible. To that end and some graphic libraries are examined: from primitive to modern and the features of work are described with them. **Keywords:** programming, tuning, graphic library, programming of C++ language

Постановка проблеми та аналіз досліджень. Насьогодні є достатня кількість на ринку операційних систем (ОС) для комфортної та продуктивної роботи в галузі інформаційних технологій. Але створення програмованої графіки все ще залишається непростим завданням, оскільки для такого роду задач слід використовувати специфічні засоби. Загалом ідея програмування графіки зводиться до двох напрямів: або використовувати засоби системи (для операційної системи сімейства Windows це, наприклад, WinAPI), або за допомогою призначених для цього бібліотек та фреймворків.

В цьому контексті розглянемо насамперед власне мову програмування C++. Оскільки це - мова високого рівня, яка підтримує декілька парадигм програмування та активно розробляється (версія C++20 має з'явитися у поточному 2020 році), то логічно, що і створювати графічні зображення із використанням її засобів можна. Проте під час детального аналізу літератури, присвяченої технології програмування мовою C++, помітно, що у багатьох авторів, зокрема, у творця мови C++ Страуструпа Бьерна у завершеному 2-му виданні [1] не має детального опису програмування графіки. У Навроцкого А. А. [2] теж немає. Складається враження, що мова програмування і власне сама графіка використовуються незалежно, але це не зовсім так. Причина скоріше в тому, що надбудов для програмування графіки вистачає, але їх при необхідності потрібно налаштовувати та додатково прописувати. Тому і більшість літератури по C++ містить загальну основну структуру, але є і автори, які розглядають графіку та дають можливість навчитися будувати графічні програми. Наприклад, розробник цілої низки навчальних посібників "Програмування. Python, C++" для 8-11 класів, Поляков

К. Ю., д.т.н., вчитель вищої категорії, якраз і описує налаштування графіки на своєму сайті [3]. Також Глинський Я. М., Анохін В. Є., Рязьська В. А. у своєму посібнику [4] теж описують побудову графічних програм, наводять графічні функції, проте не описують налаштувань. Автор більше 1000 вихідних текстів, детальних роз'яснень та кодів, Д. Семенидо у своїй статті [5] дуже детально та зрозуміло описує, як можна малювати використовуючи мову C++, є навіть приклади, які працюють вірно та без помилок. Як програмувати графіку використовуючи WinApi – питання проаналізоване у [8], [9], [5] та ін. Поступово переходячи від простих бібліотек до складніших, розглянемо ще графічну бібліотеку OpenGL. Робота з нею описана у багатьох авторів, зокрема українськими авторами у [9, 10] та багато іншими. Розуміння питання програмування графіки можна проаналізувати також на форумах, проте там не завжди є цілісне бачення.

Метою досліджень є аналіз особливостей технології програмування та налаштування графіки на мові C++ з використанням середовищ програмування у консольному режимі.

Виклад основного матеріалу. Отож, у [5] автор пояснює програмування графіки починаючи від ОС DOS. У такому випадку програмістам було нелегко, оскільки роботу з графікою доводилося виконувати напругу, тому і з'явилися графічні бібліотеки. Однією з перших була графічна бібліотека компанії Borland – Borland Graphics Interface (BGI). Усі середовища програмування на C++ під DOS використовували дану бібліотеку. Останнє середовище програмування, що підтримувало BGI було Borland C++ 5.02, хоча воно працювало уже під ОС Windows, проте мало функціонал для компіляції програм під DOS через бібліотеку `graphics.lib` шляхом підключення заголовочного файлу `graphics.h`. [6]

Робота з графікою ускладнювалася ще і тим, що потрібно було підключати спеціальний драйвер для ініціалізації та роботи з графічним режимом відеоплати. У [3] описано налаштування графіки для оболонки Dev-C++ з використанням заголовочного файлу `graphics.h` та бібліотеки `libbgi.a`. Але для ОС Windows 8/10 оболонка Dev-C++ уже не працює, проте є сучасна версія, яка налаштовується якраз під роботу вказаних ОС. Відмінність полягає лише в тому, що тепер є потрібними два заголовочні файли `graphics.h` та `winbgim.h` і бібліотеку `libbgi.a`. У відеоматеріалі [13] детально показано налаштування. Аналогічних відео вистачає, тому при розумінні загальної картинки все стає на місце.

Особливістю бібліотеки `graphics` є її простота у використанні, тому для початківця вона дуже зручна. Маємо перелік функцій (до прикладу, у джерелі [14]), для виконання операції використовуємо функції з відповідними параметрами, при цьому не потрібно використовувати ніяких складних структур і т.д. Проте мінусом є можливість використання всього 16 кольорів. Але якщо ви налаштовуєте графіку ще і з файлом `winbgim`, то це багато що міняє. Що ж таке `Winbgim`? Для того, щоб була змога програмувати графіку в ОС Windows 8/10, Міхаель Майн допрацював графічну бібліотеку під компілятор MinGW, додавши туди все необхідне і надавши можливість використовувати уже всю палітру кольорів RGB. Плюси: легко підключати, зручно використовувати, не вимагає значних ресурсів системи, працює з будь-якими розширеннями та адаптерами, є можливість програмувати дії для мишки та клавіатури. Мінусів небагато: для виведення тексту у графічному режимі немає великого набору шрифтів, невеликий набір заливок та ліній. [7] Функції цієї бібліотеки можна переглянути на сайті [15]. Додаткові функції позначені позначкою `win`. Тобто `Winbgim` – так званий порт BGI для Windows. Аналогічний процес налаштування та програмування графіки і для вільного багатоплатформного середовища розробки Code::Blocks. Розглянемо детально процес налаштування та програмування графіки у Code::Blocks версії 17.12.

Для того, щоб налаштувати графічний режим з використанням `graphics.h`, `winbgim.h` та бібліотеки `libbgi.a`, потрібно зробити декілька кроків з перенесенням та підключенням необхідних файлів:

1. З джерела [16] завантажити та розпакувати [Graphics-Library-master](#) (рис.1).



Рис. 1. Файли, що містяться в завантаженому архіві

2. Розмістити файли у відповідні папки, тобто:

- a) Скопіювати та вставити файли `graphics.h` і `winbgim.h` в папку `include` директорії Code::Blocks.
Шлях: C: \ Program Files (x86) \ CodeBlocks \ MinGW \ include.
- b) Скопіювати і вставити файл `libbgi.a` в папку `lib` в Code: Blocks.

Шлях: C: \ Program Files (x86) \ CodeBlocks \ MinGW \ lib.

3. Також необхідно в додатку Code::Blocks, перейти у вкладку Налаштування/Компілятор, тобто як на рис. 2.

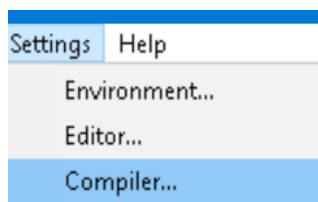


Рис. 2. Вкладка Налаштування/Компілятор

Далі потрібно перейти на вкладку Linker Settings. В Link Libraries додайте та перейдіть до C: \ Program Files (x86) \ CodeBlocks \ MinGW \ lib \ та виберіть libbgi.a.

Вставити наступний текст у вкладку Other linker options (тобто з правої сторони)

`-lbgi -lgdi32 -lcomdlg32 -luuid -oleaut32 -ole32.`

Після попередніх дій картинка повинна мати вигляд як на рис. 3. Після таких кроків потрібно зберегти налаштування та перезавантажити додаток. Якщо файли `graphics.h`, `winbgim.h`, `libbgi.a` не старої версії, то після запуску помилок не повинно виникати. Після налаштувань необхідно перевірити, чи все працює правильно, тому запускаємо Code::Blocks і вставляємо в нього заготовлений наступний код:

```
#include <graphics.h>
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
main ()
{ int gdriver = DETECT, gmode, errorcode;
// Задання графічного режиму
initgraph(&gdriver, &gmode, "");
// --- щось малюємо ---
getch();
closegraph();
return 0;}
```

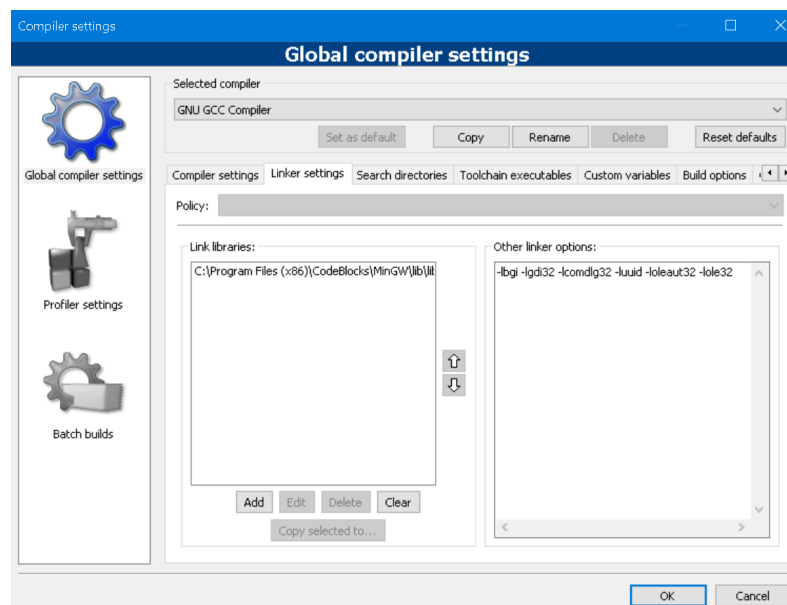


Рис. 3. Налаштування Linker Settings

Якщо графічний режим налаштовано правильно, то після виконання (компіляції) даного коду повинно запуститися 2 чорних екрани: один Windows BGI, інший – назва файлу.exe. Для малювання необхідних вам елементів у блоці `// --- щось малюємо ---`, можна використовувати усі графічні функції

бібліотеки `graphics.h`, до прикладу, такий код намалює зафарбований прямокутник та зафарбоване коло:

```
setcolor(12);
rectangle(120,100,400,300);
setcolor(14);
bar(120,100,400,300);
setcolor(13);
setfillstyle(1,13);
circle(400,300,100);
floodfill(400,300,13);
```

Ідея програмування графіки у C++ подібна до так званого принципу "сендвіча", тобто спочатку потрібно проініціалізувати графіку (задати графічний режим), а далі можемо малювати, і нарешті, закрити графічний режим. В даному випадку ініціалізує графіку функція `initgraph()`, яка має 3 вхідних параметри: перший – вказує тип відеоадаптера, другий – графічний режим, тобто розширення, третій – шлях до файлу драйвера; закриває графічний режим функція `closegraph()`. Така графічні бібліотеки дозволяють малювати лише 2D графіку.

Розглянемо бібліотеку `windows.h` (спеціально розроблений для Windows, заголовочний файл, для мов програмування C та C++), однією з можливостей якої є програмування графіки на C++ із використанням графічних команд WinApi. Все дуже просто у налаштуванні, ніякі файли нікуди не потрібно переміщати, нічого не потрібно прописувати, але сам шаблон програми дещо складніший, ніж у попередньому прикладі. Програма для Win 32 зазвичай складається з таких блоків як показано у [9] п.4. На початку потрібно підключити бібліотеку, тобто `#include <windows.h>` далі згідно блоків вписувати код. Програмування графіки тут відбувається за аналогією: є головна функція, проте запис інший; є блок ініціалізації; є блок, де починають малювання, він у свою чергу складається з функцій, коли вказують початок малювання, описують самі функції малювання та функцію кінця програмування. Як приклад розглянемо частину коду:

```
#include<windows.h>
int WINAPI WinMain(HINSTANCE hInstance, HINSTANCE hPrevInstance, LPSTR lpszCmdLine,
int nCmdShow)
{...
//повідомлення про малювання
case WM_PAINT :
hdc=BeginPaint(hWnd, &ps); //початок малювання
//малюємо заокруглений прямокутник
hBrush=CreateSolidBrush(RGB(250,200,100));
SelectObject(hdc, hBrush);
hPen=CreatePen(2,2,RGB(0,0,255));
SelectObject(hdc, hPen);
RoundRect(hdc, 20, 250, 250, 350, 15, 15);
ValidateRect(hWnd, NULL); // оновлюємо вікно
EndPaint(hWnd, &ps); //кінець малювання
break;
...}
```

І це ще не весь код, а тільки та частина, яка відповідає за процес прорисовки. Насправді рядків коду набагато більше у порівнянні з попереднім прикладом і функції дещо складніші для розуміння. Сам шаблон такої графічної програми теж громіздкий і містить декілька блоків, які в свою чергу дозволяють зробити усі необхідні описи, бо, пропустивши ту чи іншу частину, програма уже не працюватиме. Використання `windows.h` дозволяє малювати 2D графіку, але має набагато більше можливостей, бо "знає все, що знає Windows".

І, нарешті, розглянемо потужну графічне бібліотеку OpenGL. Це один з найпопулярніших крос-платформних API для розробки 2D та 3D графічних додатків. Крім того, ця бібліотека відкрита, незалежна від мови програмування та налічує більше 250 функцій, які можна використовувати при програмуванні графіки. Та і популярна тим, що має велику кількість якісної документації та прикладів. Розглянемо детальніше основні ідеї. OpenGL складається з набору бібліотек: GLU, GL, GLUT, GLX, кожна з яких має свої функції. Функції OpenGL працюють у вигляді моделі клієнт-сервер. Додаток виробляє команди та виступає в ролі клієнта, а OpenGL виступає сервером, тобто інтерпретує та

виконує їх. Якщо використовувати бібліотеку GL, то, наприклад, у середовищі програмування Code::Blocks вона є в явному вигляді. Якщо потрібно використати бібліотеку GLUT та мати можливість використовувати її функції, потрібно аналогічно, як і для graphics.h, здійснити налаштування. По аналогії помістити певні файли у відповідні папки. Детально робоче (перевірене) налаштування описане у [12]. Для того, аби перевірити чи ми зможемо програмувати графіку потрібно зайти у File>New>Project... вибрати Glut project і далі за інструкцією, або File>New>Project... вибрати Console application і у головне вікно вставити наступний код:

```
#include <windows.h>
#include <GL/glut.h> // підключаємо бібліотеки
void Drow()
{ // щось малюємо }
int main(int argc, char *argv[])
{ glutInit(&argc, argv); // ініціалізація графіки стандартно
  glutInitWindowSize(640,480); // задаємо розміри вікна
  glutInitWindowPosition(20,10); // задаємо позицію, з якої буде виводитися вікно
  glutInitDisplayMode(GLUT_RGB | GLUT_DOUBLE | GLUT_DEPTH); // задаємо кольори
```

дисплею

```
  glutCreateWindow("GLUT Shapes"); // задаємо назву графічного вікна
  glutDisplayFunc(Drow); // щось малюємо
  glutMainLoop(); } // функція відповідає за обробку подій
```

В результаті виконання з'явиться 2 вікна: одне – назва.exe, інше – створено програмно, воно буде мати біле дно і назву таку як задали у функції glutCreateWindow("GLUT Shapes"). Особливістю програмування графіки є те, що усі функції бібліотек мають префікс назви бібліотеки, в даному випадку glut.

Наведемо приклад програмування побудови трикутника з різними кольорами у вершинах:

```
static void Drow(void)
{ glColor3d(1,0,0);
  glBegin (GL_TRIANGLES);
  glColor3f (12.0, 0.0, 0.0); //червоний
  glVertex3f (0.0, 0.0, 0.0);
  glColor3f(0,1,0); //зелений
  glVertex3f (1.0, 0.0, 0.0);
  glColor3f(0.0,0.0,1.0); //блакитний
  glVertex3f (1.0, 1.0, 0.0);
  glEnd ();
  glFlush (); }
```

Команди мають префікс gl, тому так програмувати можна, оскільки на початку програми підключено одразу 2 бібліотеки #include <GL/glut.h>. Звертаємо увагу на те, що і тут застосовано принцип “сендвіча”: є glBegin(), сама побудова фігури та glEnd (). Таким чином, вивчаючи детально функції бібліотеки OpenGL можна програмувати не тільки 2D, а і професійну 3D графіку. На даний момент існує багато графічних надбудов на C++, тому головне зрозуміти техніку такого програмування. Отож, під час вивчення графіки на C++ зі студентами потрібно починати з самої простої або як ще її називають “примітивної графіки для лінивих” [7] та поступово перейти до складніших. Таким чином буде на практиці відчутно, які методи для розуміння є простішими та легшими у використанні, а які є складнішими, але дають багато можливостей.

Висновки. Розглянуто приклади налаштування та програмування графіки на C++ з використанням різних графічних бібліотек та різних середовищ програмування під ОС Windows. Однак, потрібно завжди враховувати особливості тієї чи іншої технології, середовища програмування, компілятора та ОС. Необхідно уважно вивчати всі деталі на сумісність і можливість об'єднання їх при створенні графічних зображень. Розглядаючи детально дане питання, стало зрозуміло, що для мови програмування C++ вистачає різноманітних надбудов для роботи з графікою. Для того, щоб ефективно програмувати, в тому числі навчальні проекти, використовуючи графіку в правильному напрямку, необхідно виписати список функцій, які планується використовувати при програмуванні проекту; вивчити всю необхідну в даному напрямі офіційну документацію мови програмування; вивчити опис усіх необхідних бібліотек та фреймворків та їх особливостей використання. І тільки після детального

вивчення та аналізу потрібно приймати рішення про вибір програмного інструментарію, який дійсно найбільше підходить для реалізації проєкту.

Список бібліографічного опису

1. Страуструп Бьерн. Язык программирования C++ для профессионалов. 2-е изд. — М.: Интуит, 2016. — 670 с.
2. Навроцкий, А. А. Основы алгоритмизации и программирования в среде Visual C++ : учеб.-метод. пособие / А. А. Навроцкий. — Минск : БГУИР, 2014. — 160 с.: ил.
3. Как писать простые графические программы? Как работать с графикой в Windows 8/10? [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://kpoliyakov.spb.ru/school/c/faq.htm#bgi>
4. Глинський Я. М., Анохін В. Є., Рязька В. А. C++ і C++ Builder. — Львів: Деол, СПД Глинський, 2003. — 192 с.
5. Семенидо Д. Как программировать на C++ для DOS и Windows. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://radiofront.narod.ru/htm/prog/htm/indexprog.html>
6. Borland Graphics Interface. [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Borland_Graphics_Interface
7. Прimitives graphics. 2019 p. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/455056/>
8. Везневцев В. Краткое неформальное введение в графику Windows. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.graphicon.ru/oldgr/courses/cg/library/windows/index.html>
9. Соловйов О. Основы программирования для Win32 Api. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://dms.karelia.ru/win32/>
10. Лященко А.А., Демченко В.В., Бородавко С.В. Геометричне моделювання і комп'ютерна графіка: використання бібліотеки OpenGL: Навчальний посібник. — К.: КНУБА, 2008. — 76 с.
11. Свірневський М. С., Ковальчук С. С. Основы розробки графічних додатків: Навчальний посібник — Хмельницький: ХНУ, 2015. — 260 с.
12. Using OpenGL & GLUT in Code::Blocks. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.sci.brooklyn.cuny.edu/~goetz/codeblocks/glut/>
13. How to Make Graphics in Dev C++ on Windows 10 [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=DcsAUO2QDqc>
14. Справочник по C/C++. Графический режим. [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://mycpp.ru/cpp/scpp/cppd_graphics.h.htm
15. Borland Graphics Interface (BGI) for Windows. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.cs.colorado.edu/~main/cs1300/doc/bgi/>
16. Graphics-Library. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://github.com/SagarGaniga/Graphics-Library>
17. V.Satsyk R.Grudetsky, O.Kuzmich, 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, Deggendorf, 16-18 September 2020.

References

1. Stroustrup Björn. C ++ programming language for professionals. 2nd ed. - M.: Intuit, 2016. -- 670 p.
2. Navrotsky, A. A. Fundamentals of algorithms and programming in the Visual C ++ environment: textbook. allowance / A.A. Navrotsky. - Minsk: BSUIR, 2014 -- 160 p.
3. How to write simple graphics programs? How to work with graphics in Windows 8/10? [Electronic resource] - Access mode: <http://kpoliyakov.spb.ru/school/c/faq.htm#bgi>
4. Glinsky Ya.M., Anokhin V.Y., Ryazhka V.A. C ++ i C ++ Builder. - Lviv: Deol, SPD Glinsky, 2003. -- 192 p.
5. Semenido D. How to program in C ++ for DOS and Windows. [Electronic resource] - Access mode: <http://radiofront.narod.ru/htm/prog/htm/indexprog.html>
6. Borland Graphics Interface. [Electronic resource] - Access mode: https://ru.wikipedia.org/wiki/Borland_Graphics_Interface
7. Primitive graphics for lazy, oldfag and lazy oldfag. 2019 p. [Electronic resource] - Access mode: <https://habr.com/ru/post/455056/>
8. Vezhnevets V. A short informal introduction to Windows graphics. [Electronic resource] - Access mode: <https://www.graphicon.ru/oldgr/courses/cg/library/windows/index.html>
9. Solovyov O. Fundamentals of programming for Win32 Api. [Electronic resource] - Access mode: <https://dms.karelia.ru/win32/>
10. Lyashchenko A.A., Demchenko V.V., Borodavkat E.V. Geometrically Model and Computer Graphics: OpenGL Library Wikipedia: Navchalnyy posibnik. - K.: KNUBA, 2008. -- 76 p.
11. Svirnevsky M. S., Kovalchuk C. C. Fundamentals of the development of graphical supplements: Navchalnyy posibnik - Khmelnytsky: KhNU, 2015. - 260 p.
12. Using OpenGL & GLUT in Code :: Blocks. [Electronic resource] - Access mode: <http://www.sci.brooklyn.cuny.edu/~goetz/codeblocks/glut/>
13. How to Make Graphics in Dev C ++ on Windows 10 [Electronic resource] - Access mode: <https://www.youtube.com/watch?v=DcsAUO2QDqc>
14. Reference on C / C ++. Graphic mode. [Electronic resource] - Access mode: http://mycpp.ru/cpp/scpp/cppd_graphics.h.htm
15. Borland Graphics Interface (BGI) for Windows. [Electronic resource] - Access mode: <https://www.cs.colorado.edu/~main/cs1300/doc/bgi/>
16. Graphics-Library. [Electronic resource] - Access mode: <https://github.com/SagarGaniga/Graphics-Library>
17. V.Satsyk R.Grudetsky, O.Kuzmich, 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, Deggendorf, 16-18 September 2020.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-17

УДК: 004.72.056.52:003.27]:004.438

Головін Микола Борисович, канд. фіз.-мат. наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0003-4516-4677>

Головіна Ніна Анатоліївна, канд. фіз.-мат. наук, доцент

Яцюк Світлана Миколаївна, канд. пед. наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-8369-6060>

Сачук Юрій Володимирович, канд. фіз.-мат. наук

<https://orcid.org/0000-0002-1317-1103>

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк

ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ СТЕГАНОГРАФІЧНИМ СПОСОБОМ МОВОЮ PYTHON ЗАСОБАМИ ГРАФІЧНОЇ БІБЛІОТЕКИ PILLOW

Головін М. Б., Головіна Н. А., Яцюк С. М., Сачук Ю.В. Захист інформації стеганографічним способом мовою Python засобами графічної бібліотеки Pillow. У роботі представлений стеганографічний метод приховування текстової інформації в електронній картинці. Метод реалізовано у вигляді простої програми мовою Python. У програмі використана графічна бібліотека Pillow. Впровадження окремих букв тексту здійснюється невеликими змінами базових кольорів. Букви тексту впроваджуються у випадково вибрані пікселі послідовно. Вилучення схованого тексту відбувається в процесі порівняння окремих пікселів заповненого і порожнього контейнера. Програма може бути використана як для навчальних, так і практичних цілей.

Ключові слова: мова Python, Pillow, стеганографія, захист інформації, приховування інформації, маскуваність інформації в графічному файлі.

Головин Н. Б., Головина Н. А., Яцюк С. М., Сачук Ю.В. Защита информации стеганографическим способом на языке Python средствами графической библиотеки Pillow. В работе представлен стеганографический метод сокрытия текстовой информации в электронной картинке. Метод реализован в виде простой программы на языке Python. В программе использована графическая библиотека Pillow. Внедрение отдельных букв текста осуществляется небольшими изменениями базовых цветов. Буквы текста внедряются в случайно выбранные пиксели последовательно. Изъятие скрытого текста происходит в процессе сравнения отдельных пикселей заполненного и пустого контейнера. Программа может быть использована как для учебных, так и практических целей.

Ключевые слова: язык Python, Pillow, стеганография, защита информации, сокрытие информации, маскировка информации в графическом файле.

Holovin N.B., Holovina N.A., Yatsiuk S.M., Sachuk Yu.V. Protection of information steganographically in Python by means of the Pillow graphic library. The paper presents a steganographic method for hiding text information in an electronic picture. The method is implemented as a simple Python program. The program uses the graphic library Pillow. The introduction of individual letters of the text is carried out by small changes to the base colors. The letters of the text are embedded in randomly selected pixels sequentially. Hidden text is removed by comparing individual pixels of a filled and empty container. The program can be used for both practical and educational purposes.

Key words: Python language, Pillow, steganography, information protection, information hiding, masking information in a graphic file.

Постановка наукової проблеми. Сучасний інформаційний вибух, глобалізація інформаційної мережі, робить інформацію доступною і легкою для передачі відкритими каналами в будь-яку точку Земної кулі. Однак, існує широкий спектр причин, коли інформацію необхідно передавати у зашифрованому вигляді або в прихованому, а краще, в прихованому та ще й зашифрованому. Потреба в такому способі передачі інформації виникає на всіх щабелях соціального життя людства. Мова може йти про приватність особистого життя окремої людини, про бізнес-інтереси невеликої фірми або великої корпорації, про стратегічні міждержавні політичні та військові таємниці. Тому оригінальні способи шифрування та приховування інформації були і є надзвичайно *актуальними*.

Процеси навчання у сфері інформатики, зокрема програмування, завжди мають базуватись на актуальних тематиках. Це підвищує мотивацію студентів до вивчення матеріалу. У процесі вивчення програмування існує досить багато важливих тем, які з успіхом можуть бути засвоєні на прикладах програм, в яких розглядаються різні прості способи шифрування та приховування інформації. До таких тем можна віднести: кодування текстової інформації, керування ходом проходження програм (цикли, розгалуження, функції), робота зі строками, списками, масивами, файлами.

Метою цієї роботи є розробка засобами графічної бібліотеки Pillow мови Python простого стеганографічного методу приховування текстової інформації в електронній картинці, який може бути використаний, як для навчальних цілей, так і для практичних.

Аналіз попередніх досліджень. Роботи [1, 2] є одними з перших системних видань в області стеганографії. Тут розглянуті відомі стеганографічні методи, спрямовані на приховування

конфіденційних даних у комп'ютерних файлах графічного, звукового та текстового форматів. Системно викладені оцінки пропускну здатності каналу прихованого обміну даними, а також проблеми стійкості і надійності стеганографічної системи по відношенню до атак. У роботах представлені результати існуючих інформаційно-теоретичних досліджень стосовно проблем приховування інформації. Більш сучасні огляди проблеми приховування інформації представлені, зокрема, в роботах [3, 4].

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів.

Цікавим у підході представленого нижче приховування інформації є те, що тут використана не спеціальна бібліотека. Всяка оригінальність у підході до шифрування або приховування інформації надає додаткової складності до її зламу. У роботі також представлений діючий програмний код.

Ідея методу приховування тексту повідомлення в електронній картинці, що була реалізована в цій роботі, не є новою. Ця ідея полягає в тому, що код букви розбивається на три приблизно рівні частини і додається в рівних долях до трьох базових складових (RGB) кольору окремого пікселя, в якому реалізується приховування. Ці доданки не є великими тому, що код букв мінімізований в межах 1-32, а розділові та арифметичні знаки, цифри і букви «і», «ї», «є» в кодах від 32 до 68. Таким чином, для текстової частини повідомлення код букви, що має ховатись в базовому кольорі, не буде перевищувати числа 8. Це досить мало на фоні кодування базового кольору. Код базового кольору реалізується, як відомо, в байтовій комірці, тобто не перевищує 255. Саме три базових кольори формують реальний колір окремого пікселя (таблиця 1). Зрозуміло, що при кодуванні варто уникати радикальних кольорів таких, наприклад, як чорний, або білий. Це досягається відповідними фільтрами-розгалуженнями. У програмі, що представлена нижче, подібні фільтри є на кожний з базових кольорів (RGB). Код базового кольору разом з інформаційною надбавкою не повинен перевищувати 255.

Таблиця 1.

R	G	B	Color Name	R	G	B	Color Name
0	0	0	Black	80	208	255	Light Blue
255	255	255	White	0	32	255	Blue
224	224	224	Light Gray	96	255	128	Yellow-Green
128	128	128	Gray	0	192	0	Green
64	64	64	Dark Gray	255	224	32	Yellow
255	0	0	Red	255	160	16	Orange
255	96	208	Pink	160	128	96	Brown
160	32	255	Purple	255	208	160	Pale Pink

У цьому проекті окремі пікселі, що отримують інформаційне навантаження буквою повідомлення, вибираються випадковим чином. Ключом для розкодування повідомлення є порожній контейнер.

Цікавою бібліотекою Python для стеганографії є графічна бібліотека Pillow [5]. Зрозуміло, що ця бібліотека створювалась зовсім для іншого, а саме, для роботи з графікою в мові Python. Можливість отримати доступ до окремих пікселів зображення в цій бібліотеці робить її цікавою для стеганографії. Зокрема, бібліотека дає можливість змінювати базові кольори окремих пікселів. Це можна з успіхом використовувати для приховування інформації.

Бібліотека Pillow має широкі можливості і досить довгу еволюцію. На початку своєї історії бібліотека мала назву PIL від слів Python Imaging Library. Проєкт із модернізації цієї бібліотеки отримав назву Pillow. Pillow став достойною заміною оригінальної бібліотеки PIL. Він підтримує Python 3, чого PIL так і не досяг.

У контексті можливостей для стеганографії, крім вже згаданих, ця бібліотека має наступні цікаві резерви: завантаження та відображення зображення, отримання інформації про це зображення, обрізка зображень, зміна розміру зображення, повертання зображення, створення власного малюнка, використання фільтрів, конвертація форматів. Підтримується широкий список форматів файлів. Так, для файлів форматів BMP, EPS, GIF, JPEG, PDF, PNG, PNM, TIFF і деяких інших підтримується читання і запис. Для інших файлів, зокрема, форматів ICO, MPEGE, PCX, PSD, WMF, тільки читання. Цікавим є і те, що форк Pillow був включений до деяких дистрибутивів Linux, включаючи Debian і Ubuntu.

Розглянемо реалізацію захисту інформації стеганографічним способом на мові Python засобами графічної бібліотеки Pillow.

Програма приховування повідомлення в картинці-контейнері. На першому етапі роботи програми необхідно під'єднати потрібні бібліотеки.

```
import random
from PIL import Image, ImageDraw
```

Далі завантажимо графічний контейнер для повідомлення та саме текстове секретне повідомлення.

```
image=Image.open("C:\prog\lis.png") # завантаження графічного контейнера для повідомлення
file = open('C:\prog\text.txt', 'r') # завантаження текстового секретного повідомлення
```

Реалізуємо мінімізацію кодів букв, цифр та інших знаків.

```
for i in range(len(text)):
    if ord(text[i])>=1071 and ord(text[i])<=1103: kod.append(ord(text[i])-1071); # а-1072я-1103
    if ord(text[i])>=33 and ord(text[i])<=64: kod.append(ord(text[i])); #!"#$%&'()*+,-./0123456789
    if ord(text[i])==32: kod.append(64); # пробіл
    if ord(text[i])==1108: kod.append(66); # є
    if ord(text[i])==1110: kod.append(67); # і-1110
    if ord(text[i])==1111: kod.append(68); # ї-1111
```

Виведемо на екран зображення графічного порожнього файлу контейнера та підготуємо зображення для графічних перетворень.

```
image.show(); draw = ImageDraw.Draw(image)
```

Виміряємо ширину та висоту зображення в кількостях пікселів.

```
width = image.size[0]; height = image.size[1]; pix = image.load()
```

Згенеруємо випадкове число в проміжку від 10 до 30 з кроком 5.

```
rnd=random.randrange(10, 30, 5 ); k=0; n=0;
```

Проведемо сканування графічного файлу попиксельно та корекцію його деяких випадково вибраних пікселів з метою закладки секретного повідомлення в картинку-контейнер.

```
for i in range(width):
    for j in range(height):
        R = pix[i, j][0]; G = pix[i, j][1]; B = pix[i, j][2]; k=k+1; # значення базових кольорів окремого пікселя
        if len(kod)>n and rnd<=k and R+kod[n]//3<255 and G+kod[n]//3<255 and B+kod[n]//3+kod[i]%3<255:
            R=R+kod[n]//3; G=G+kod[n]//3; B=B+kod[n]//3+kod[i]%3; draw.point((i, j), (R, G, B))
            n=n+1; rnd=random.randrange(10, 500, 5 ); k=0;
```

Видно, що частота закладки знаків випадкова та коливається у діапазоні від 10 до 500 пікселів з кроком 5. Кожний знак інформаційної закладки розбивається на три приблизно рівні порції. Цим досягається мінімізація порції корекції кольору. Відбувається перевірка на величину закладки. Розмір інформаційної закладки разом з числовим значенням базового кольору не повинен перевищувати 255. Частина умови, що забезпечує цю перевірку, виглядає наступним чином.

```
R+kod[n]//3<255 and G+kod[n]//3<255 and B+kod[n]//3+kod[i]%3<255
```

Відбувається також перевірка на довжину повідомлення та на частоту інформаційних закладок.

```
len(kod)>n and rnd<=k
```

Сам процес закладки інформаційного повідомлення виглядає наступним чином.

```
R=R+kod[n]//3; G=G+kod[n]//3; B =B+kod[n]//3+kod[n]%3; draw.point((i, j), (R, G, B))
```

Базові кольори R та G коректуються на величину результату ділення націло мінімізованого коду поточного знаку повідомлення $R=R+kod[n]//3$; $G=G+kod[n]//3$. Базовий колір B коректується на величину результату ділення націло та залишку від ділення $B=B+kod[n]//3+kod[n]\%3$. Далі відбувається впровадження в картинку скоректованих кольорів поточного пікселя $draw.point((i, j), (R, G, B))$.

Дія циклів перебору пікселів відбувається до тих пір, поки не завершиться повне сканування картинки по висоті і ширині. Інформаційні закладки відбуваються до завершення кінця повідомлення. Через змінну «n» реалізується перебір букв у повідомленні в процесі їх приховування, через змінну «k» втілюється підрахунок випадково вибраних проміжків між закладками букв.

Далі відбувається вивід зображення картинки-контейнера разом з повідомленням на екран та закриття текстового файлу.

```
image.show();image.save("lis- inf.png", " PNG ") # запис в файл картинки контейнера разом з повідомленням  
file.close()  
del draw
```

Візуальний перегляд зображень не виявляє відмінностей. Такі відмінності, очевидно, можна зафіксувати при проведенні аналізу тонів картинки математичними засобами. Якщо картинка-контейнер переобтяжена об'ємом інформаційного повідомлення, то, очевидно, можна виявити факт закладки повідомлення в картинку.

Програма вилучення повідомлення з картинки-контейнера. Вилучення інформаційного повідомлення з картинки-контейнера відбувається відніманням значень базових кольорів відповідних окремих пікселів заповненого і порожнього контейнерів.

Програма вилучення повідомлення так само, як і програма приховування, починається з під'єднання потрібних бібліотек та завантаження заповненого та порожнього контейнера.



Рис.1 Вигляд порожнього графічного картинка-контейнера



Рис.2 Вигляд графічного картинка-контейнера разом з повідомленням

```
import random  
from PIL import Image, ImageDraw  
image1 = Image.open("C:\prog\lis.png") # завантаження картинка-контейнера  
image2 = Image.open("C:\prog\lis-inf.png") # завантаження картинка-контейнера разом з повідомленням
```

Далі відбувається очистка змінних, вивід на екран завантажених файлів, вимір розміру картинки за висотою та шириною.

```
dR=0; dG=0; dB=0; decod="";
image1.show(); image2.show();
draw = ImageDraw.Draw(image1)
width = image1.size[0];
height = image1.size[1];
```

Двома циклами, що перебирають пікселі по висоті та ширині картинки, скануємо одночасно дві картинки (заповнений та порожній контейнер). Якщо існує відмінність при відніманні значень кодів кольорів, то реалізуємо підрахунок величини цих відмінностей за базовими кольорами. Сума величин значень кодів відмінностей за базовими кольорами дає код знаку повідомлення.

```
n=0; pix1 = image1.load(); pix2 = image2.load()
for i in range(width):
    for j in range(height):
        dR = pix2[i, j][0]-pix1[i, j][0]; dG = pix2[i, j][1]-pix1[i, j][1]; dB = pix2[i, j][2]-pix1[i, j][2];
        if dB>0:
            n=n+1
            if dR+dG+dB>=1 and dR+dG+dB<=32: decod=decod+chr(dR+dG+dB+1071) #a-1072я-1103
            if dR+dG+dB>=33 and dR+dG+dB<=63: decod=decod+chr(dR+dG+dB) #"#$%&'()*+,-./0123456789
            if dR+dG+dB==64: decod=decod+chr(32); # пробіл
            if dR+dG+dB==66: decod=decod+chr(1108); # є
            if dR+dG+dB==67: decod=decod+chr(1110); # i-1110
            if dR+dG+dB==68: decod=decod+chr(1111); # i-1111
print(decod)
```

При специфіці приховування інформації, як це було описано вище, немає необхідності перевіряти відмінність всіх базових кольорів для кожного пікселя. Достатньо перевірити базовий колір В. Формування інформаційного додатку тут реалізується двома доданками $V=B+kod[n]/3+kod[n]\%3$. Кольори R та G мають один складник, відповідно $R=R+kod[n]/3$, а $G=G+kod[n]/3$. У тих випадках, коли ділення націло $kod[n]/3$ дає 0, остача від ділення $kod[n]\%3$ може мати ціле значення 1 або 2.

Через змінну «n», як і в попередній програмі реалізується перебір букв в повідомленні. Кінцевий фрагмент програми, що складається з послідовностей розгалужень, пов'язаний з перекодуванням повідомлення з формату мінімізованих кодів у стандартні коди, і далі в рядок знаків текстового повідомлення.

У випадку використання цієї задачі приховування інформації в навчальних цілях необхідно попередньо здійснити розв'язування кількох простіших задач з використанням бібліотеки Pillow мови Python. Мінімальний список цих задач включає перетворення кольорової картинку в картинку, де кольори замінені на градації сірого, утворення негативного зображення, контрастного чорно-білого зображення, зображення більш або менш яскравого ніж базове, перекодування файлу зображення з одного графічного формату в інший. Зрозуміло, що навчальні дії мають включати і вправи на завантаження і збереження картинок.

Висновки

- Засобами графічної бібліотеки Pillow мови Python реалізовано просту програму, що дозволяє приховувати текстову інформацію в електронній картинці. Програма може бути використана як для навчальних, так і для практичних цілей.
- Представлений підхід у приховуванні інформації використовує не спеціальну, а графічну бібліотеку Pillow. Всяка оригінальність у підході до шифрування або приховування інформації надає додаткової складності до її зламу.
- Візуальний огляд порожньої і заповненої картинку-контейнера не виявляє відмінностей. Розмір файлу контейнера і контейнера плюс повідомлення співпадає. Відмінність файлів можна зафіксувати тільки в результаті попиксельного порівняння відповідних базових кольорів.
- Факт наявності в графічному файлі текстової закладки, очевидно, можна зафіксувати при проведенні аналізу тонів картинку математичними засобами, якщо картинку-контейнер

переобтяжена розміром інформаційного повідомлення. Однак, витягнути повідомлення, маючи тільки картинку-контейнер з повідомленням, неможливо.

Список бібліографічного опису

1. Грибунин В. Г., Оков И. Н., Туринцев И. В. Цифровая стеганография. – М. : Солон-Пресс, 2002. – 272 с.
2. Конахович Г. Ф., Пузыренко А. Ю. Компьютерная стеганография. Теория и практика. – К. : МК-Пресс, 2006. – 288 с.
3. Конахович Г. Ф., Прогонов Д. О., Пузыренко О. Ю. Комп'ютерна стеганографічна обробка й аналіз мультимедійних даних [підручник]. – К. : «Центр навчальної літератури», 2018. – 558 с.
4. Рябко Б. Я., Фионов А. Н. Основы современной криптографии и стеганографии. – 2-е изд. – М. : Горячая линия – Телеком, 2013. – 232 с.
5. <https://pillow.readthedocs.io/en/stable/>

References

1. Gribunin V., Okov I., Turintsev I. Digital steganography. – M. : Solon-Press, 2002. – 272 p.
2. Konakhovich G., Puzyrenko A. Y. Computer steganography. Theory and practice. - K. : MK-Press, 2006. – 288 c.
3. Konakhovych G., Progonov D., Puzyrenko O. Computer steganographic processing and analysis of multimedia data [textbook]. – Kyiv : Center for Educational Literature, 2018. – 558 p.
4. Ryabko B., Fionov A. Fundamentals of modern cryptography and steganography. - 2nd ed. – Moscow : Hotline - Telecom, 2013. - 232 p.
5. <https://pillow.readthedocs.io/en/stable/>

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-18

УДК: 004.58 (34)

Гринюк Сергій Васильович, асистент<https://orcid.org/0000-0002-0080-3167>**Бортник Катерина Яківна**, к.т.н., доцент<http://orcid.org/0000-0001-5282-099X>**Поліщук Микола Миколайович**, к.т.н., в.о. доцента<https://orcid.org/0000-0002-1218-5925>

Луцький національний технічний університет

МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК ДЛЯ РОБОТИ КУРАТОРА ГРУПИ ЗАСОБАМИ ANDROID STUDIO

Гринюк С.В., Бортник К.Я., Поліщук М.М. Мобільний додаток для роботи куратора групи засобами **Android Studio**. Для створення програмної системи у роботі було пройдено усі етапи розробки клієнт-серверного додатку, а саме: розглянуто декілька додатків-аналогів, що реалізують схожий функціонал, на етапі проектування програмної системи розроблено архітектуру клієнта, сервера та додатку в цілому, складено загальну структуру діаграму таблиць в базі даних, на етапі програмної реалізації, з використанням об'єктноорієнтованого підходу в інтегрованому середовищі розробки програмного забезпечення **Android Studio**, реалізовано функції клієнтської системи, які написані на мові програмування **Kotlin**. В середовищі веб-програмування **PHPStorm** було розроблено набір серверного функціоналу, який спростив та покращив роботу додатку з базами даних. Розроблено інтерфейс програми.

Ключові слова: додаток, PHP, сервер, архітектура, програма.

Гринюк С.В., Бортник Е.Я., Полищук Н.Н. Мобильное приложение для работы куратора группы средствами **Android Studio**. Для создания программной системы в работе было пройдено все этапы разработки клиент-серверного приложения, а именно: рассмотрено несколько приложений-аналогов, реализующих похожий функционал, на этапе проектирования программной системы разработаны архитектуру клиента, сервера и приложения в целом, составлен общую структуру диаграмму таблиц в базе данных, на этапе программной реализации, с использованием объектноориентированного подхода в интегрированной среде разработки программного обеспечения **Android Studio**, реализованы функции клиентской системы, написанные на языке программирования **Kotlin**. В среде веб-программирования **PHPStorm** был разработан набор серверного функционала, который упростил и улучшил работу приложения с базами данных. Разработан интерфейс программы.

Ключевые слова: приложение, PHP, сервер, архитектура, программа.

Hryniuk S., Bortnyk K., Polishchuk M. Mobile application for working as a group curator by means of **Android Studio**. To create a software system, all stages of client-server application development were passed, namely: considered several analog applications that implement a similar function, at the design stage of the software system developed the architecture of the client, server and application as a whole, compiled a general structure chart tables in the database, at the stage of software implementation, using object-oriented approach in an integrated development environment **Android Studio** software, implemented the functions of the client system, which are written in the programming language **Kotlin**. In the **PHPStorm** web programming environment, a set of server functionality has been developed that simplifies and improves the application's application with databases. The program interface has been developed.

Keywords: application, PHP, server, architecture, program.

Вступ. Викладач який перебуває на посаді куратора академічної групи повинен стимулювати студентів до саморозвитку та самонавчання. Доступ до системи де знаходяться всі оцінки, кожного з його студентів дозволить краще йому орієнтуватися хто як навчається, а підтримка зв'язку з батьками студентів допоможе краще реалізовувати свої функції.

Перед як почати розробляти свій додаток потрібно проаналізувати декілька найкращих існуючих аналогів, та можливо перейняти собі деякі хороші практики його реалізації, та навпаки - уникнути поганих практик.

При розробці таких застосунків можна спочатку зробити версію з базовим функціоналом, а потім доповнювати її новими функціями і оновлювати. Особливо дієвим такий підхід буде у тому випадку, якщо реалізувати систему відгуків та пропозицій від реальних користувачів.

У межах цієї проаналізовано два додатки з функціоналом подібним до цього.

Одним з таких додатків є сервіс «Нові знання» (режим доступу: <https://nz.ua/page/support>) . Загальний вигляд головної сторінки сервісу «Нові знання» подано на рис. 1.



Рисунок 1 – Скріншот головної сторінки сайту «Нові знання»

Цей сайт є однією зі складових Всеукраїнського проекту «Курс: Освіта».

Його користувачі – це керівники загальноосвітніх навчальних закладів України (директори шкіл, їх заступники), завучі, вчителі, учні, батьки або опікуни школярів. Якщо переглянути функціонал сайту, то можна виділити основні функції, які можливо реалізувати в рамках цього проекту.

Батьки та школярі, після того як отримають у своїх вчителів дані для авторизації, можуть переглядати оцінки за весь період навчання у своєму щоденнику, та переглядати домашні завдання. Також батьки можуть проконтролювати відвідуваність занять своєю дитиною, та слідкувати за шкільними новинами.

А вчителі в свою чергу можуть керувати навчальними журналами, взаємодіяти з розкладом та журналом свого класу, створювати внутрішню звітність. При цьому адміністрація школи може керувати всіма журналами та надавати доступ до них класним керівникам.

Також на сайті можна переглянути всіх шкіл, які користуються даним сервісом та при потребі подати заявку на реєстрацію в будь-яку з них.

Серед плюсів сайту «Нові знання» можна виділити:

- Велика база навчальних закладів.
- Можливість реєстрації в навчальні заклади дошкільної та середньої освіти.
- Простота у використанні.
- Наявність технічної підтримки та детальних інструкцій використання.

Ще одним сайтом зі схожим функціоналом є «Щоденник» (рис.2) (режим доступу: <http://shodennik.ua>). Це Всеукраїнська безкоштовна освітня мережа, що формує електронне середовище для вчителів, учнів та їх батьків. Проект працює за підтримки Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, Інституту Інноваційних технологій і змісту освіти, регіональних адміністрацій, управлінь освіти. На сьогоднішній день це найбільша освітня мережа в Україні, яка надає свій функціонал на безкоштовній основі. За даними на травень 2020 року в мережі налічується більше 10 620 шкіл і понад 1 028 430 учнів, 148 514 вчителів та 253 060 батьків.

Серед функціоналу цього сервісу можна виділити:

- Особиста сторінка для кожного користувача.
- Медіатека.
- Можливість створювати групи та події.
- Словники та перекладач.



Рисунок 2 – Скріншот головної сторінки сайту «Щоденник»

Детальний огляд всіх цих сервісів дозволив прийняти рішення про те яку функціональність матиме розроблювана у межах цієї роботи система «Android-додаток для підтримки роботи куратора групи»

Постановка проблеми. Мета роботи – проаналізувати існуючі веб-сайти навчальних закладів, виділити їх основні переваги та недоліки, а також створити, на основі проведеного аналізу, Android додаток, який би включав всі плюси розглянутих сайтів, та виключав їх мінуси.

Для реалізації додатку була обрана клієнт-серверна архітектура, яка надасть змогу одночасного доступу до системи багатьох користувачів. Основною мовою програмування для клієнта буде Kotlin, а для сервера PHP з підключенням до бази даних MySQL. Середовищем розробки для клієнта було обрано Android Studio, а для сервера ліцензійна версія PHPStorm [1].

Виклад основного матеріалу. Куратором академічної групи обирається провідний фахівець, досвідчений педагог з урахуванням напрямку підготовки та профілю діяльності факультету, стажу викладацької роботи у вищому навчальному закладі. Обов'язковою умовою його перебування на цій посаді є викладання лекцій або проведення семінарсько-практичних занять в даній академічній групі.

Від куратора значною мірою залежить дисциплінованість та успішність студентів. Якщо куратор зуміє з перших днів зорганізувати студентів, зосередити їхню увагу на важливих речах, допоможе й

підтримає там, де вчорашній школяр цього потребує, то студент швидко адаптується до нових умов і вимог. У роботі куратора передбачається виховна діяльність академічної групи, створення умов для самовираження кожного студента і розвитку кожної особистості. Доступ куратора до додатку який відображає успішність кожного студента його групи, дозволить йому стимулювати їх до навчання, та контролювати їхню відвідуваність, а також при необхідності взаємодіяти з батьками студента.

Тому для підвищення ефективності роботи куратора, потрібно розробити таке програмне забезпечення, яке дозволить куратору за успішністю та відвідуванням студентів його академічної групи, та при потребі корегувати її за допомогою спілкування з самим студентом, або його батьками.

На сьогодні практично всі вик користуються смартфонами, і значна половина з них це користувачі операційної системи Android, тому було обрано саме цю платформу для розробки програмної системи. Також додаток має ряд переваг над веб-сайтами чи вебдодатками на ПК, а саме [1,2]:

1. Завжди доступний (смартфон, на відміну від ПК, ви завжди носите з собою);
2. Швидкий доступ до системи (не потрібно переходити на сайт системи в браузері, достатньо просто вибрати його на робочому столі вашого смартфона, який завжди з вами);
3. Зручний інтерфейс;
4. Оптимізоване використання інтернет трафіку, оскільки додаток завантажує тільки дані які потрібні йому для обробки (нічого лишнього, ніяких скриптів, плагінів і тд.)

Оскільки кожен куратор має одну окрему групу, то у системі будуть відбуватися такі бізнес-процеси:

1. Процес реєстрації:
 - 1.1. Заповнення всіх необхідних даних (П.І.Б., Email, номер телефону, пароль, група і тип запису).
 - 1.2. Обробка даних на клієнті.
 - 1.3. Відправка даних на сервер.
 - 1.4. Перевірка даних на сервері.
 - 1.5. Створення запису в базі даних (при успішній перевірці).
 - 1.6. Повернення в клієнт результату виконання.
2. Процес авторизації
 - 2.1. Заповнення всіх необхідних даних (Email, пароль).
 - 2.2. Обробка даних на клієнті.
 - 2.3. Відправка даних на сервер.
 - 2.4. Перевірка існування користувача з вказаною поштовою скринькою та відповідності введеного паролю.
 - 2.5. Повернення в клієнт результату виконання:
 - 2.5.1. Дані користувача та його групи при успішній авторизації.
 - 2.5.2. Повідомлення про помилку при невдалій авторизації.
3. Можливості роботи в системі:
 - 3.1. Перегляд списку студентів групи та їх успішності.
 - 3.2. Відправка повідомлень на поштову скриньку студента, або його батьків.
 - 3.3. Додавання нових користувачів.
4. Процес відправки повідомлення:
 - 4.1. Вибір адресатів.
 - 4.2. Введення тексту повідомлення.
 - 4.3. Відправка повідомлення на поштову скриньку.

Для роботи з додатком, користувач (Адміністратор/Куратор/Студент) повинен авторизуватись. Після авторизації програма виведе на екран інформацію та функції, до яких користувачу надано доступ.

В студента буде доступ тільки до власного рейтингу та можливості зв'язатись з його куратором чи кимось з групи.

Куратор зможе переглядати список групи та їх успішності, матиме всю основну інформацію про батьків кожного студента і з може написати будь-кому з ким повідомлення на емейл, або подзвонити. Також зможе реєструвати нових студентів у своїй групі.

В свою чергу користувач з правами доступу «Адміністратор» матиме повний доступ до всіх функцій, таких як: реєстрація нових користувачів в будь-якій групі та з будь-якими правами доступу, перегляд списку всіх груп, успішності студентів та інформації про них.

Додаток матиме «клієнт-серверну» архітектуру. Тобто він буде складатись з двох основних частин: клієнт та сервер. На даний момент це дві практично невід'ємні частини будь-якого додатку,

пов'язаного з роботою через мережу «Інтернет». Вони взаємодіють між собою за допомогою різноманітних мережевих протоколів, наприклад, IP-протокол, HTTP-протокол, FTP-протокол та інші. При цьому варто зазначити, що в основі цієї взаємодії лежить принцип того, що клієнт завжди перший звертається до сервера. Такі звернення називаються HTTP запити, вони також містять в собі інформацію, яка дає серверу зрозуміти як їх обробляти. В свою чергу клієнт може тільки відповідати на запити клієнта - це називають HTTP-відповіддю. Але крім основної інформації вони містять в собі ще й спеціальні коди стану, які дозволяють клієнту дізнатись те, як сервер прийняв його запит [1,3].

Цей архітектурний шаблон був розроблений в першу чергу для того, щоб розділити навантаження між учасниками обміну інформацією, а також щоб розділити код «постачальника» і «замовника» даних. Тому зазвичай клієнтське програмне забезпечення і серверне програмне забезпечення працюють на різних пристроях паралельно, хоча можуть і на одному. При цьому один сервер може обробляти одночасно багато запитів від різних клієнтів, їх максимальна кількість залежить від потужності серверної машини і від того що клієнт хоче отримати у відповідь від сервера.

Домінантна кількість мережевих протоколів побудовані на принципі «клієнт-сервер», тому в їх основі зазвичай лежать однакові, або схожі принципи взаємодії, а різниця проявляється лише в деталях, які обумовлені особливостями і специфікацією області, для якої вони розроблялись.

Конкретно у цьому проекті буде використано HTTP-протокол, так як він доволі простий у реалізації.

На рисунку 3 наведено діаграму, яка візуалізує клієнт-серверного додатку

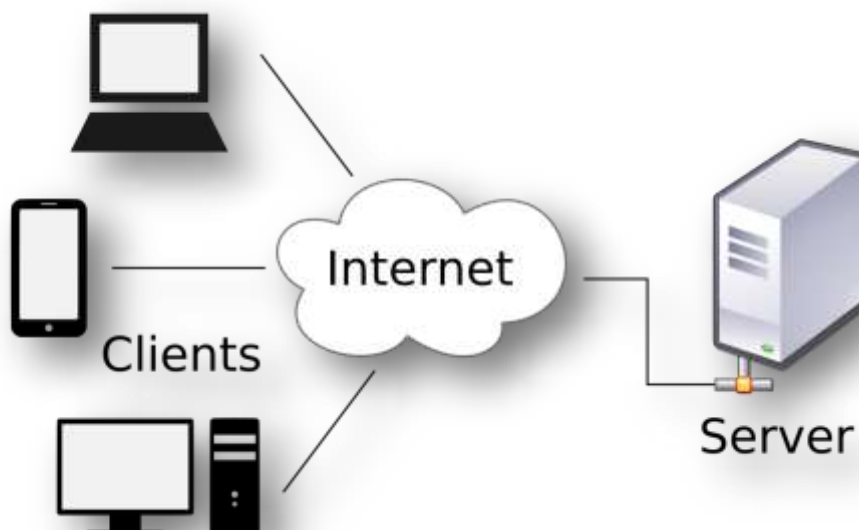


Рисунок 3 – Структура клієнт-серверного додатку

Послідовність роботи системи авторизації:

1. Клієнт вводить дані.
2. LoginViewModel відслідковує всі зміни даних на LoginActivity та виводить сповіщення при неправильності введених даних.
3. Клієнт нажимає кнопку «Авторизуватись».
4. LoginViewModel перехоплює всі дані та надсилає їх до AsyncLogin.
5. AsyncLogin в свою чергу створює новий фоновий процес в якому дані надсилаються до LoginDataSource на обробку.
6. LoginDataSource надсилає всі дані на сервер, отримує відповідь та обробляє її. Після обробки звертається назад до класу AsyncLogin та передає результат авторизації (Повідомлення про помилку, або інформацію про авторизованого користувача).
7. AsyncLogin передає результат в екземпляр класу LoginViewModel
8. A LoginViewModel сповіщає LoginActivity про те, які функції йому потрібно виконати в залежності від результату.
9. LoginActivity виводить повідомлення про помилку, чи авторизовує користувача та перенаправляє на головний екран додатку MainActivity [1,4].

На основі всіх приведених вище класів і працює практично вся система авторизації в додатку. Аналогічно до неї працюють й інші частини додатку. В тому числі система реєстрації, єдина відмінність полягає в тому, що при реєстрації доводиться обробляти більшу кількість даних.

Нижче буде наведено декілька скріншотів інтерфейсу додатку.

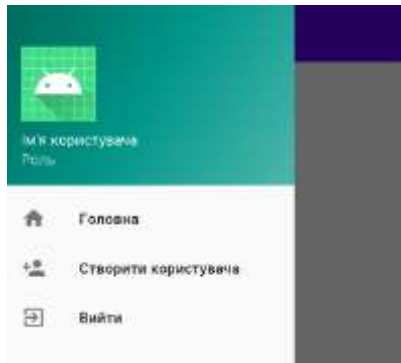


Рисунок 4 – Скріншот меню навігації додатку

Прізвище
Ім'я
По батькові
Електронна пошта
Номер телефону
Пароль
Повторіть пароль
Група
Студент

Рисунок 5 - Авторизація

Група
Студент
П.І.Б. батька
Емейл батька
Номер телефону батька
П.І.Б. матері
Емейл матері
Номер телефону матері
СТВОРИТИ КОРИСТУВАЧА

Рисунок 6 - Авторизація

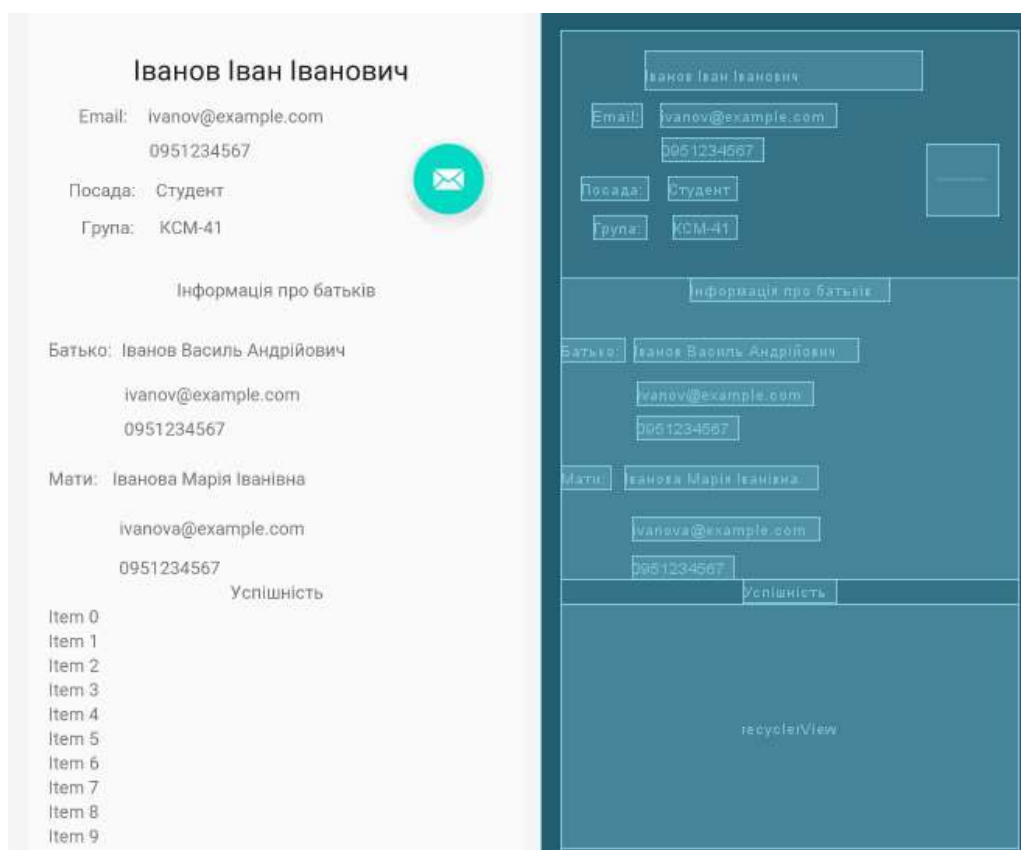


Рисунок 7 – Скріншот інформації про користувача

Висновки. Під час створення програмної системи у роботі було пройдено усі етапи розробки клієнт-серверного додатку, а саме:

1. Було розглянуто декілька додатків-аналогів, що реалізують схожий функціонал.
2. На етапі проектування програмної системи розроблено архітектуру клієнта, сервера та додатку в цілому. Також складено загальну структуру діаграму таблиць в базі даних.
3. На етапі програмної реалізації, з використанням об'єктноорієнтованого підходу в інтегрованому середовищі розробки програмного забезпечення Android Studio, реалізовано функції клієнтської системи, які написані на мові програмування Kotlin. Також в середовищі веб-програмування PHPStorm було розроблено набір серверного функціоналу, який спростив та покращив роботу додатку з базами даних. Розроблено інтерфейс програми.

Було змодельовано невелику рейтингову систему успішності студентів, щоб протестувати додаток, та наочно показати можливість роботи з рейтинговою системою. В майбутньому можливо буде удосконалити додаток та прив'язати до університетської системи оцінювання студентів. Програма дає куратору групи можливість відслідковувати в реальному часу успішність всіх його студентів, та при потребі зв'язатись з окремим студентом чи його батьками для подальшого підвищення продуктивності навчання.

Список бібліографічного опису.

1. Коновалюк Д.Ю. Мобільний додаток для роботи куратора групи засобами Android Studio: випускна кваліфікаційна робота: 123 «Комп'ютерна інженерія»/ Коновалюк Дмитро Юрійович. – Л., 2020. – 79 с.
2. Вендров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 544 с: ил.
3. Documentation for app developers [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://developer.android.com/docs?hl=ru>
4. Kotlin [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Kotlin>
5. Немного о Kotlin [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/277479/>

References.

1. Konovalyuk D.Yu. Mobile application for the work of the curator of the group by means of Android Studio: final qualifying work: 123 "Computer Engineering" / Konovalyuk Dmitry Yurievich. - L., 2020. - 79 p.
2. Vendrov AM Software design of economic information systems: Textbook. - 2nd ed., Reworked. i dop. – M.: Finansy i statistika, 2006. - 544 s: il.
3. Documentation for app developers [Electronic resource]. - Access mode: <https://developer.android.com/docs?hl=en>
4. Kotlin [Electronic resource]. - Access mode: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Kotlin>
5. A little about Kotlin [Electronic resource]. - Access mode: <https://habr.com/ru/post/277479>

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-19

УДК: 004.05(075.8)

Марценюк Василь Петрович¹, д.т.н., професор,
<https://orcid.org/0000-0001-5622-1038>

Сверстюк Андрій Степанович², к.т.н., доцент,
<https://orcid.org/0000-0001-8644-0776>

Андрушак Ігор Євгенович³, д.т.н., професор,
<https://orcid.org/0000-0002-8751-4420>

Сіваковська Олена Миколаївна³, к.т.н., доцент,
<https://orcid.org/0000-0002-9300-0039>

Потейчук Михайло Іванович³, аспірант.
<https://orcid.org/0000-0001-7263-0958>

Університет Бельсько-Бяли, Польща¹⁾

Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського, Україна²⁾

Луцький національний технічний університет, Україна³⁾

FEATURES OF MULTIFUNCTIONAL BACKDOOR TECHNOLOGY IN THE PERSONAL SPACE OF USERS

Марценюк В.П., Сверстюк А.С., Андрушак І.Є., Сіваковська О.М., Потейчук М.І. Особливості багатофункціональної технології Backdoor в особистому просторі користувачів. У статті розглядається проблема бекдору, як методу обходу стандартних процедур аутентифікації, несанкціонованого віддаленого доступу до комп'ютера, отримання доступу до відкритого тексту, і так далі, залишаючись при цьому непоміченим. Проаналізовано сучасні форми та функції вторгнення бекдору.

Ключові слова: бекдор, аутентифікація, несанкціонований доступ, криптосистема.

Марценюк В.П., Сверстюк А.С., Андрушак І.Є., Сіваковська О.М., Потейчук М.І. Особенности многофункциональной технологии Backdoor в личном пространстве пользователей. В статье рассматривается проблема бэкдора, как метода обхода стандартных процедур аутентификации, несанкционированного удаленного доступа к компьютеру, доступа к открытому тексту, и так далее, оставаясь при этом незамеченным. Проанализированы современные формы и функции вторжения бэкдора.

Ключевые слова: бэкдор, аутентификация, несанкционированный доступ, криптосистема.

Martsenyuk V.P., Sverstiuk A.S., Andrushchak I.Ye., Sivakovska O.M., Poteichuk M.I. Features of multifunctional Backdoor technology in the personal space of users. The article considers the problem of backdoor as a method of bypassing standard authentication procedures, unauthorized remote access to a computer, gaining access to plaintext, and so on, while remaining unnoticed. Modern forms and functions of backdoor invasion are analyzed.

Keywords: backdoor, authentication, unauthorized access, cryptosystem.

Formulation of the problem. A backdoor is malware that is used by cybercriminals to gain unauthorized remote access to a computer system through a security vulnerability. The backdoor runs in the background and hides from the user. It is very similar to other malicious viruses and is therefore quite difficult to detect. A backdoor is one of the most dangerous types of parasites, as it gives hackers the ability to perform any possible action on an infected computer. An attacker can use a backdoor to spy on a user, manage their files, install additional software or dangerous threats, control the entire PC system, and attack other hosts. The backdoor often has additional, destructive capabilities, such as taking screenshots, infecting and encrypting files. Such a parasite is a combination of various, secret and secure threats that work on their own and do not require control at all.

Analysis of research. We live in a society where information and access to it are very important. Personal passwords, e-mail addresses, any personal information becomes the object of increased attention and value. Many companies are interested in "live" email addresses to which you can send advertising, information about the sites you visit the most, and so on. It is clear that obtaining this kind of information can be done, for example, in the framework of sociological research. However, sometimes to get it go through the use of covert cyber espionage programs. Malicious programs are created that spy on users and send the received personal information to certain sites, or secretly open access to personal PCs to interested persons. This is a kind of spyware that belongs to such types as backdoor and spyware.

The main purpose of Backdoor is covert computer control. Backdoors can take completely different forms. For example, this may be part of a regular program that additionally has a share of malicious code. By the way, the function of saving passwords "by default" can act as a kind of Backdoor, if, of course, the user has not changed them yet.. Problems with the use of Backdoor were raised at AFIPS conferences to discuss computer sabotage. The scale of the threat grew, and this aspect of computer security was addressed separately in a RAND Corporation

report. In particular, according to media reports, Backdoor was found in a number of Samsung products on the Android system. The OS of some models of phones of this brand contained a backdoor, which opened remote access to data stored on the device itself. As for Spyware, it is used to transfer information from your PC to third parties, and you may not even know it. Such information base can also be used for selfish purposes, for example, to be sold to companies specializing in spam and advertising materials.

Presentation of the main material and the justification of the results. Most backdoors are malware that must somehow infiltrate the computer. However, some parasites do not require installation, as parts of them are already integrated into the software that runs on the remote host. Programmers sometimes leave such backdoors in their software for diagnostics and troubleshooting purposes. But in reality, hackers only use them to hack into the system. Generally speaking, backdoors are specific Trojans, viruses, keyloggers, spyware, and remote administration tools. They work in the same way as the mentioned virus applications do. However, their functions and loads are more complex and dangerous, therefore, they are grouped into one special category.

There are two types of backdoors currently most common. The first is client-server backdoors. In such a backdoor, it is possible, generally speaking, to distinguish two whole programs - the first of them is secretly installed on the affected computer, and the second, as you probably already guessed, is used to remotely control the first of them and is installed, respectively, on the attacker's computer. Backdoors of the second type use a built-in client for remote control, working via Telnet, HTTP, or IRC. To manage such a backdoor, of course, no special client software is required. Currently, cybercriminals are actively using both types of backdoors.

There are a number of hidden considerations to keep in mind when assigning responsibilities. Latent backdoors are sometimes disguised as unintentional defects (errors) for plausible denial reasons. In some cases, they may start out as a real mistake (unintentional error), which, once discovered, then deliberately remains unrecorded and not disclosed, whether it is a fraudster for reasons of personal gain or due to the knowledge and oversight of senior managers.

It is also possible that the technology base of a fully open corporation could be secretly and reliably tainted by outside agents (hackers), although this level of complexity is believed to exist primarily at the level of national state actors. For example, if a photomask received from a photomask vendor differs by several points from its photomask specification, it will be difficult for the chip maker to detect this if it is otherwise functionally silent; A hidden rootkit running in photomask etching equipment can also cause this mismatch without the knowledge of the photomask manufacturer, and thus one backdoor potentially leads to another. (This hypothetical scenario is essentially a silicon version of the undetectable compiler backdoor discussed below.) In general, the long chains of dependencies in today's highly specialized technology economy and the myriad of human-based process control points make it difficult to definitively define responsibility at a time when a hidden backdoor is discovered. Even an outright admission of responsibility must be scrutinized if the admitted party owes other influential interests. Backdoors are unable to spread and infect a system without the user's knowledge. Most of these parasites need to be installed manually in conjunction with other software.

There are four main ways these threats enter the system:

- Unknowing PC users can accidentally install typical backdoors on their computers. They can come attached to email messages or file sharing programs. The authors give them unsuspecting names and trick the user to open or run such a file.

- Backdoors are often installed by other parasites such as viruses, Trojans or even spyware. They enter the system without the knowledge and permission of the user who uses the infected computer. Some threats can be installed manually by hackers who have sufficient privileges to install software. A small proportion of backdoors can be spread through the use of remote systems with some security vulnerabilities.

- Several backdoors are already integrated into specific applications. Even legitimate programs can be tampered with by remote access functions. The attacking file must communicate with the computer through the installation of such a program in order to instantly gain access to the system or take control of certain software.

- Some backdoors infect computers by exploiting certain software vulnerabilities. They work just like worms and automatically spread without the user's knowledge. The user cannot notice anything suspicious as the threats do not display any setup wizards, dialog boxes or warnings.

The widespread distribution of backdoors mainly infects computers running the Microsoft Windows operating system. However, many of the less common parasites are designed to work in various fields, such as the Mac operating system [1].

The backdoor allows hackers to treat the infected computer as if they were their own PC and use it for various malicious purposes or even criminal activity. In most cases, it is really difficult to figure out who is controlling the parasite. In fact, backdoors are very difficult to detect. They can violate user privacy for months

or even years until the user notices them. An attacker can use a loophole to find out everything about a user, obtain and reveal invaluable information such as passwords, logins, credit card numbers, exact bank account details, valuable personal documents, contacts, interests, web browsing habits, and more. Backdoors can be used for destructive purposes. If a hacker was unable to obtain some valuable and useful information from the infected computer, or has already stolen it, in the end, he can destroy the entire system in order to destroy his tracks. This means that all hard drives will be formatted and all files on them will be permanently deleted.

When the backdoor finds the path to the system, it calls the following actions:

- allows an attacker to create, delete, rename, copy or edit any file, execute various commands, change any system settings, modify the Windows registry, launch, monitor and eliminate applications, install other software;

- allows a hacker to control the hardware devices of the computer, change the settings related to shutdown or restart of the computer without permission;

- steals personal information, valuable documents, passwords, logins, identity data, user activity logs and monitors web browsing habits;

- records button presses and takes screenshots. In addition, it sends the collected data to certain email addresses, uploads it to a specified FTP server or transmits it via an Internet connection to remote hosts;

- infects files, installed applications and damages the entire system;

- distributes infected files to remote computers with some security vulnerabilities, performs attacks against hackers on remote hosts;

- installs a hidden FTP server that can be used by malefactors for various illegal purposes [2].

There are many different backdoors. The following examples illustrate how functional and extremely dangerous these parasites can be.

FinSpy is a backdoor that allows a remote attacker to download and run any file from the Internet. The parasite reduces the overall security of the system by changing the default settings of the Windows firewall and initiates other system changes. FinSpy relies on files that use random names, so it is quite difficult to find its loophole and remove it from the system. The backdoor starts automatically every time Windows starts, and can only be stopped with updated anti-spyware software. Tixanbot is an extremely dangerous backdoor that gives a hacker full access to an infected computer. An attacker can control the entire system and files, download and install arbitrary applications, update the backdoor, change Internet Explorer home page settings, attack remote hosts, and obtain system information. Tixanbot shuts down and processes essential system services and security software, closes active spyware washes, and removes registry entries associated with firewalls, antivirus and antispyware software to prevent them from starting at Windows startup. The parasite also blocks access to reputable security-related web resources. Tixanbot is redistributable, it sends messages with specific links to all MSN contacts. By clicking on such a download link, the backdoor is installed (Pic 1).

Briba is a backdoor that gives a hacker remote and unauthorized access to an infected computer system. This parasite launches a hidden FTP server that can be used to download, update, or run malicious software. Briba's actions can lead to visible instability, computer malfunction and privacy breaches. [3]

```
#define BDOOR_CMD_GETMHZ 1
#define BDOOR_CMD_APMFUNCTION 2 /* CPL0 only. */
#define BDOOR_CMD_GETDISKGE0 3
#define BDOOR_CMD_GETPTRLOCATION 4
#define BDOOR_CMD_SETPTRLOCATION 5
#define BDOOR_CMD_GETSELLENGTH 6
#define BDOOR_CMD_GETNEXTPIECE 7
#define BDOOR_CMD_SETSELLENGTH 8
#define BDOOR_CMD_SETNEXTPIECE 9
#define BDOOR_CMD_GETVERSION 10
#define BDOOR_CMD_GETDEVICELISTELEMENT 11
#define BDOOR_CMD_TOGGLEDEVICE 12
#define BDOOR_CMD_GETGUIOPTIONS 13
#define BDOOR_CMD_SETGUIOPTIONS 14
#define BDOOR_CMD_GETSCREENSIZE 15
#define BDOOR_CMD_MONITOR_CONTROL 16 /* Disabled by default. */
#define BDOOR_CMD_GETHMVERSION 17
#define BDOOR_CMD_OSNOTFOUND 18 /* CPL0 only. */
#define BDOOR_CMD_GETUIID 19
#define BDOOR_CMD_GETMEMSIZE 20
#define BDOOR_CMD_HOSTCOPY 21 /* Devel only. */
// #define BDOOR_CMD_SERVICE_VM 22 /* Not in use. Never shipped. */
#define BDOOR_CMD_GETTIME 23 /* Deprecated -> GETTIMEFULL. */
#define BDOOR_CMD_STOPCATCHUP 24
#define BDOOR_CMD_PUTCHR 25 /* Disabled by default. */
#define BDOOR_CMD_ENABLE_MSG 26 /* Devel only. */
#define BDOOR_CMD_GOTO_TCL 27 /* Devel only. */
#define BDOOR_CMD_INITPCIOPROM 28 /* CPL 0 only. */
// #define BDOOR_CMD_INT13 29 /* Not in use. */
#define BDOOR_CMD_MESSAGE 30
```

Pic 1. Backdoor test

A site backdoor is a small, well-disguised code in existing site files that allows an attacker to gain full access to a server by downloading web shells. For more information about backdoors on the site, see the page about shells and web shells. Backdoors enter websites using Trojans. Less commonly, the Trojans themselves act as backdoors. The main purpose of backdoors is to stealthily control your computer. Typically, a backdoor allows you to copy files from an affected computer and vice versa, transfer files and programs to the affected computer. In addition, the backdoor usually allows you to remotely access the registry, perform system operations (reboot the PC, create new network resources, modify passwords, etc.).

The backdoor essentially opens a back door for the attacker to the user's computer. Backdoors are used to steal confidential information from personal computers, such as stealing mail passwords, credit card information, access to payment systems, SSH, FTP, administrative control panels, etc. The threat of Backdoor has increased recently due to the fact that many modern network worms either contain a Backdoor component or install it after infecting a PC.

There are 3 types of shell access:

- "BindShell" - the most common, works on the "client-server" architecture, that is, the backdoor is waiting for a connection.
- "Back Connect" - used to bypass firewalls, the backdoor itself tries to connect to the hacker's computer.
- "Middle Connect" - the backdoor and the hacker's computer exchange data through an additional server [4].

It is more difficult to detect backdoors that involve changing object code rather than source code — object code is much more difficult to verify because it is designed for machine readability, not human readability. These backdoors can either be inserted directly into the object code on disk, or inserted at some point during compilation, assembly linking, or boot-up - in the latter case, the backdoor never appears on disk, but only in memory. Backdoors in object code are difficult to detect by inspecting the object code, but they are easy to detect by simply checking for changes (differences), especially in length or checksum, and in some cases they can be detected or analyzed by disassembling the object code. In addition, object code backdoors can be removed (provided the source code is available) by simply recompiling from the source code.

Thus, for such backdoors to escape detection, all existing copies of the binary must be cracked, and any checksums of the check must also be compromised, and the source must be inaccessible to prevent recompilation. Alternatively, these other tools (length checker, comparison, checksum, disassemblers) can themselves be compromised to hide the backdoor, for example by discovering that the corrupted binary is computed from the checksum and returning the expected value rather than the actual value. To hide these further disruptive activities, the tools must also hide the changes in themselves - for example, a corrupted checksum must also detect if it counts itself (or other disruptive tools) and return false values. This results in extensive changes to the system and the tools needed to hide one change.

Since the object code can be regenerated by recompiling (rebuilding, re-linking) the source code, creating a permanent backdoor of the object code (without changing the source code) requires undermining the compiler itself so that when it detects that it is compiling the attacked program, it inserts the backdoor - or, alternatively, an assembler, linker, or loader. Since this requires undermining the compiler, this in turn can be fixed by recompiling the compiler by removing the backdoor embed code. This protection, in turn, can be compromised by placing the original meta-backdoor in the compiler so that when it detects that it is compiling, it then inserts that meta-backdoor generator along with the original backdoor generator for the original program that was attacked. The original meta-backdoor can then be removed and the compiler recompiled from the original source with a compromised compiler executable: the backdoor has been loaded. This attack dates from Karger & Schell and was popularized in article entitled "Reflections on Trust"; therefore, it is colloquially known as the "Trust" attack. See details on compiler backdoors below. Similar attacks can target lower levels of the system, such as the operating system, and can be inserted during the system boot process; they are also mentioned by Karger & Schell and now exist in the form of boot sector viruses.

A traditional backdoor is a symmetric backdoor: anyone who discovers a backdoor can use it in turn. The concept of an asymmetric backdoor was introduced by Adam Young and Motie Young in Proceedings of Advances in Cryptology: Crypto '96. An asymmetric backdoor can only be exploited by an attacker who injects it, even if the full implementation of the backdoor becomes publicly available (for example, through publication, discovery and disclosure through reverse engineering, etc.). In addition, it is computationally difficult to detect the presence of an asymmetric backdoor in black box requests. This class of attacks is called kleptography; they can be executed in software, hardware (eg smart cards), or a combination of both.

A sophisticated form of a black box backdoor is a compiler backdoor where not only the compiler is undermined (to insert the backdoor into some other program, such as a login program), but is further modified

to detect when it is compiled and then inserted as backdoor embed code (targeting another program) and code that alters self-compilation, similar to how retroviruses infect their host. This can be done by modifying the source code, and the resulting compromised compiler (object code) can compile the original (unmodified) source code and insert itself: the exploit was blocked on download [5].

Once a system has been compromised with a backdoor or Trojan horse such as the Trusting Trust compiler, it is very difficult for a "legitimate" user to regain control of the system - usually a clean system needs to be rebuilt and data (but not executables) transferred over. However, several practical disadvantages of the Trusting Trust scheme have been suggested. For example, a sufficiently motivated user might carefully review the machine code of an unreliable compiler before using it. As mentioned above, there are ways to hide the Trojan horse, such as undermining the disassembler; but there are ways to counter this protection too, for example, write your own disassembler from scratch.

A common method for countering trust attacks is called Diverse Double-Compiling (DDC). This method requires a different compiler and source code for the compiler under test. This source compiled by both compilers gives two different stage 1 compilers, which, however, should have the same behavior. Thus, the same source code compiled by both stage 1 compilers must then lead to two identical stage 2 compilers. Formal proof is given that the latter comparison guarantees that the intended source code and executable of the compiler under test will match under certain assumptions. In practice, such checks are not performed by end users, except in the extreme case of intrusion detection and analysis due to the rarity of such sophisticated attacks and because the software is usually distributed in binary form. Removing backdoors (including compiler backdoors) is usually done by simply restoring a clean system. However, sophisticated checks are of interest to operating system vendors to ensure that they do not propagate a compromised system, and in high-security settings where such attacks are a real problem [6-7].

Conclusion and prospects for further research

Thus, this backdoor poses a serious threat. It is not only engaged in cyber espionage, but can also be used for phishing, since it is able to display windows and notifications with any content. In addition, it can download and install any other malicious applications, as well as execute arbitrary code.

It is easy to guess that backdoors used for unauthorized access to a remote computer allow attackers to obtain all kinds of information. This information includes not only various documents that the user is working with on the infected computer, but also his conversations, messages received by e-mail, etc., etc. In addition, the backdoor allows you to stealthily control your computer, modify passwords, remotely access the system registry or application configuration files, reboot the system, etc. At the same time, the most unpleasant danger of a backdoor lies not even in the fact that it completely opens the system to the will of the attacker - ordinary users are rarely so interesting to those who work with backdoors that they seriously talk about the threat to information. Many modern network worms either contain a backdoor component or install it after infecting a computer. This backdoor is then commonly used by cybercriminals to scan for vulnerabilities and compromise the network through the infected user's computer.

References

1. Addicott J. Cyberterrorism: Legal Policy Issues / Jeffrey F. Addicott // Legal Issues in the Struggle against Terrorism / ed. by John N. Moore, Robert F. Turner. – Durham, Carolina Academic Press, 2010. – P. 592.
2. Butuzov V.M. Countering computer crime: some aspects of international experience (on the example of law enforcement agencies of the United States and Germany) / V.M. Butuzov // Information security: man, society, state. - 2009. - No 1. - P. 30–38.
3. Cyber Cold War Looming for U.S. // USA Today [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.questia.com/library/1G1-245805413/cyber-cold-war-looming-for-u-s>
4. Dubov D. Strategic aspects of cybersecurity of Ukraine / D. Dubov // Strategic priorities. - 2013. - No 4. - P. 119–126.
5. Manzhay O.V. The use of cyberspace in operational and investigative activities / O.V. Manzhay // Law and Security. Scientific journal. - 2009. - No 4. - P. 142–149.
6. Marchenko A.V. Social consequences of cyberterrorist danger in the era of information technology / A.V. Marchenko // Methodology, theory and practice of sociological analysis of modern society: collection. Science. works Kharkiv. nat. V.N. Karazin University. - 2008. - No 1. - P. 355–360.
7. Hildreth SA Cyberterrorism: Materials of the Congress Research Service // Cyberwar: Report of the Congress Research Service RL30735 / SA Hildreth [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.infousa.ru/information/bt-1028.htm>.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-20

УДК: 004.451

Мельник Василь Михайлович¹, к.ф.-м.н., доцент,

<http://orcid.org/0000-0001-8282-6639>

Каганюк Олексій Каземирович¹, к.т.н., доцент,

<https://orcid.org/0000-0003-4616-8768>

Козленко Микола Іванович², к.т.н., доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-2502-2447>

Черняшук Наталія Леонідівна¹, д.п.н., професор,

<http://orcid.org/0000-0002-3178-8377>

Щерблюк Андрій Миколайович¹, магістрант

¹Луцький національний технічний університет

²Прикарпатський університет ім. В.Стефаника

ЗАЛЕЖНІСТЬ ІНТЕНСИВНОСТІ ОБРОБКИ ДАНИХ В КЛАСТЕРІ ВІД ПРОДУКТИВНОСТІ СОКЕТІВ БЕЗ ВРАХУВАННЯ ГЕТЕРОГЕННОСТІ.

В.М. Мельник, О.К. Каганюк, М.І. Козленко, Н.Л. Черняшук, А.М. Щерблюк. Залежність інтенсивності обробки даних в кластері від продуктивності сокетів без врахування гетерогенності. В роботі розкриваються особливості функціонування та обмеження сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу, які використовують компонентну основу, створену для підтримки додатків з інтенсивною обробкою даних в момент їх виконання. Шляхом дифрагментації даних можна досягати значних покращень в продуктивності роботи таких додатків, що призводить до підвищення їх масштабованості та гарантії виконання, дозволяє здійснювати балансування розподілу навантаження та робить їх більш пристосованими до неоднорідних ресурсів. Результати досліджень доводять, що різні робочі характеристики сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу дозволяють ефективно розподіляти дані у вузлах, покращуючи на порядок продуктивність роботи додатків.

Ключові слова: сокети за архітектурою віртуального інтерфейсу, продуктивність мережі, інтенсивна обробка даних, віртуальний інтерфейс, віртуальні кластери

В.М. Мельник, А.К. Каганюк, М.І. Козленко, Н.Л. Черняшук, А.Н.Щерблюк. Зависимость интенсивности обработки данных в кластере от производительности сокетов без учета гетерогенности. В работе раскрываются особенности функционирования и ограничения сокетов по архитектуре виртуального интерфейса, которые используют компонентную базу, созданную для поддержки приложений с интенсивной обработкой данных в момент их выполнения. Путем дифрагментации данных можно достигать значительных улучшений в производительности работы таких приложений, что приводит к повышению их масштабируемости и гарантии выполнения, позволяет осуществлять балансировку распределения нагрузки и делает их более приспособленными к неоднородным ресурсам. Результаты исследований показывают, что различные рабочие характеристики сокетов по архитектуре виртуального интерфейса позволяют эффективно распределять данные в узлах, улучшая на порядок производительность работы приложений.

Ключевые слова: сокет по архитектуре виртуального интерфейса, производительность сети, интенсивная обработка данных, виртуальный интерфейс, виртуальные кластеры

V. Melnyk, A. Kahaniuk, M. Kozlenko, N. Cherniashchuk, A. Shcherbliuk. Data processing intensity dependence in the cluster on socket performance avoiding heterogeneity. The work reveals the features of the sockets functioning and limitations alighted on the virtual interface architecture, which use the component base created to support applications with intensive data processing at the time of their execution. Significant improvements in such applications performance can be achieved by message diffraction, which leads to increase in their scalability and execution guarantee, allows balancing the load distribution and makes them more adapted to heterogeneous resources. The research results show that the various performance characteristics of sockets alighted on the virtual interface architecture allow the data efficient distribution in nodes improving the performance of worked applications.

Keywords: virtual interface architecture sockets, network performance, intensive data processing, virtual interface, virtual clusters.

Вступ.

В наш час багатогранні типи досліджень, які використовують високопродуктивну обробку даних, все більше наголошують на аналітичні методи та підходи, їх втілення під час розробки мережових обчислювальних додатків. Додатки для виконання швидкісних обчислень в кластері даних застосовуються у таких галузях, як науовій, технічній, медичній, космонавтиці та інших [1,2]. Сьогодні сенсорні технології дозволяють відтворювати досить високу роздільну здатність багатовимірних даних в мікроскопічних зйомках. В такому разі виникає великий інтерес до створення пакетних додатків для інтенсивної обробки даних, які б в діалоговому режимі могли виконувати фундаментальні дослідження, узагальнювати та аналізувати великі обсяги даних [3] у різних наукових галузях.

Комп'ютерні кластери, які використовують у своїй архітектурі стандартні апаратні засоби, все більше стають провідною базою суперкомп'ютерів, призначених для різномісних додатків, які виконують інтенсивну обробку великих масивів даних і вимагають також потужної ресурсної підтримки збоку робочих та системних платформ. Така вимога ставиться в можливості ефективного переміщення великих обсягів

даних між пам'яттю об'єднаного процесора. З метою отримання високої продуктивності роботи такого кластера всі операції, які пов'язані з обміном даних та їх обробкою, також мають бути чітко керованими за допомогою засобів динаміки управління всередині кластера. З іншої сторони, такі додатки вимагають постійної підтримки високого рівня гарантій продуктивності, можливість пристосуватися до неоднорідності робочих середовищ і наявності змін в наданих системних ресурсах.

Робота мережеских додатків тісно пов'язана з базовими структурами, які, в основному, мають компонентну будову [4-6] і призначені для підтримки роботи середовища, забезпечуючи його гнучкість та продуктивність для швидкісних додатків на розподілених платформах. Беручи основу з базових структур, мережеский додаток представляє собою набір програмних взаємодіючих компонент, які розміщені разом з обчислювальними ресурсами. Таке розміщення відіграє важливу роль в прояві гнучкості роботи додатків та оптимізації їх продуктивності. Також в наш час паралельна обробка даних зазвичай виконується за допомогою мультикопіювання в околі кластера зберігання компонента та вузлів для обробки [4].

Застосування конвейєризації є ще одним зручним методом реалізації для зростання продуктивності такої системи. У додатках з високошвидкісною обробкою даних застосовується і підхід перерозподілу повного об'єму даних на субблоки, визначені користувачем наперед, обробка яких може здійснюватись конвеєрно, тобто ефективніше, враховуючи їх новоутворений розмір (розмір дифрагментації). У разі, коли обробка даних і їх доставка, тобто зв'язок між машинним процесором, можуть в ході організації роботи перекриватися, то зростання продуктивності такої системи також буде залежати від обчислювальної блоковості та об'єму повідомлень даних, тобто субблоків надсилання. Відомо [7], що невеликі за об'ємом субблоки надісланих даних ведуть до зростання балансу навантаження і покращення процесу конвеєризації. Завдяки цьому велика кількість повідомлень після процесу дифрагментації генеруються блоками малих розмірів, менших за характерний розмір повідомлення корисного навантаження. Проте, з іншої сторони, передавання даних у вигляді блоків більшого об'єму веде до зменшення кількості повідомлень надсилання. Таким чином, зростає пропускна здатність каналу передачі, проте має місце прояв дисбалансу навантаження в системі, що призводить до зниження конвеєрності передачі та обробки пакетів даних.

Аналіз останніх досліджень

Завдяки застосуванню сучасних високошвидкісних комунікаційних систем з міжкомпонентною архітектурою [4,8,9] "критична ділянка" в організації зв'язку та обміні повідомленнями для програмних додатків значно змістилася. В роботах [10,11] велися активні дослідження цієї ділянки з метою створення на рівні користувача нових потоків для систем передачі повідомлень, які б призводили до зменшення часу затримки та зростання пропускної здатності в передачі даних. Однак, деякі дослідницькі компанії активізували власні роботи зі стандартизації високопродуктивних протоколів на рівні користувача, до яких сьогодні можна віднести *архітектуру віртуального інтерфейсу*, дані досліджень про яку, наприклад, відображені в роботі [12].

В роботах [13,14] високошвидкісні додатки та їх робота були орієнтовані на базові протоколи TCP чи UDP, які використовують традиційний інтерфейс сокетів. З метою підтримки додатків і застосування їх без будь-яких змін було реалізовано специфічні підходи, які містили в собі сокетні з'єднання на користувацькому рівні з урахуванням роботи високопродуктивних протоколів. Таким чином програми, написані з урахуванням у використанні базових протоколів ядра Linux, брали звичайний TCP/IP продуктивний зв'язок за основу. Слід додати, що на відміну від сокетних зв'язків на основі ядра Linux високошвидкісні засоби володіють ще і відмінними характеристиками, що має вплив на критичну ділянку продуктивності, яка забезпечується ними. Зміна деяких впливових компонентів для діючого мережевого додатка, наприклад, розміра блоку дифрагментованих даних, утворених з загальних вихідних даних, дозволяє отримати перевагу в робочих характеристиках для підвищення продуктивності таких засобів, збільшуючи їх швидкодію обробки та адаптованість в загальній системі кластера. Дані обмеження та елементи реалізації також стосуються високошвидкісного механізму сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу саме на проміжках, де покращення обміну повідомленнями та їх параметри ведуть до підвищення продуктивності роботи і гнучкості компонентної системи. Тобто механізм дифрагментації великого блоку надісланих даних на субблоки характерного для системи об'єму в реалізації її компонентного підходу покликаний забезпечити адаптацію в роботі та вчасну підтримку прийому-передачі даних [4] для додатків з інтенсивною обробкою, інтегрованих в ній.

Як уже відомо [15], в наш час високопродуктивний сокет може бути цілком втілений в спеціальний додаток із вкладеною в нього необхідною інтерактивністю з метою досягнення гарантій продуктивної роботи системи по відношенню до кінцевого споживача через покращення адаптованості програм для інтенсивної обробки в середовищах з гетерогенними умовами. Результати літературних даних показують, що за допомогою спеціальної реорганізації компонентної системи для високошвидкісної обробки даних є можливість досягати вагомих підвищень продуктивності додатків обробки, яка, в свою чергу, буде обумовлювати гарантії виконання високошвидкісних обчислень та стимулювати високу масштабованість.

Значну роль відіграє у цьому введення в дію підходу роздільності даних та структурування навантажувального балансу, який також веде до збільшення адаптованості додатків обробки до гетерогенних середовищ і в процесі роботи знижує ресурсозмінність для них.

Зростання потужності обчислювальної техніки та дискової пам'яті привело до збільшення потенціальних можливостей створення та використання мережевих додатків та збереження блоків даних в терабайтних об'ємах. Для розуміння та аналізу збереження великомасштабних даних застосовуються коди візуалізації. Вводиться інтерактивна візуалізація, яка дає можливість заволодіти уявленнями конкретної складної системи з внутрішньої сторони, а аналіз даних та візуальне представлення об'ємних їх блоків інколи відіграють навіть і вирішальну роль у багатьох галузевих наукових дослідженнях. В наш час це в великій мірі стосується і додатків, працюючих у інтерактивному високошвидкісному режимі здійснення запитів та аналізу великих за об'ємом блоків даних, особливо в напрямках природничих наук. Широкодіючим додатком з високопродуктивною обробкою є аналіз отриманих даних з мікроскопу з метою відтворювання їх з дуже великою роздільною здатністю та оцифровуванням [16]. Подібний додаток в своїй роботі використовує такі необхідні характеристики, як екземпляр проведеного (знятого) прикладного дослідження і мотивуючий сценарій обробки отриманих даних.

Швидкісні обчислювальні додатки звжди повинні працювати в пакетному режимі роботи і мають змогу генерувати та обробляти великі за обсягами масиви даних, обробка яких залежить від зовнішніх та внутрішніх параметрів швидкодії. Такі параметральні залежності уже досліджувалися в роботі [16] на кластері віртуальних машин для високопродуктивної обробки, який проявляв бінарну сумісність для сокетних додатків зі стандартним інтерфейсом. "За допомогою введеного в систему механізму спрощеної комунікації, реалізованого на базі Xen 3.2 та ядра Linux виявлено покращення внутрішніх та зовнішніх параметрів мережевої швидкодії, який демонструє взаємодію віртуальних машин, подібно до організації зв'язку на основі UNIX DOMAIN сокетів. Встановлено, що пропускна здатність між комунікуючими машинами з використанням спрощеного зв'язку зростає приблизно на 2,11 %, ніж для традиційних TCP/IP-протоколів, а швидкодія передачі повідомлень – на 7,8–7,9 %" [16].

Досить вагомою задачею є підтримка в роботі програмного забезпечення, необхідна для пошуку, опрацювання і збереження оцифрованих слайдів досліджень з урахуванням забезпечення процесу інтерактивності під час так званих робочих інтервалів фізичного мікроскопу у стандартних проявах його поведінки [17,18]. Основна трудність, що проявляється в процесах обробки даних цифрових зображень з високою роздільною здатністю, пов'язана з величиною їх обсягів, які можуть варіативно змінюватися в межах від сотень мегабайт до гігабайт чи декількох їх сотень. Для цього базове системне та програмне забезпечення з великою точністю повинно чітко відображати поточні дані робочого мікроскопу, враховуючи безперервне маніпулювання його збільшення та послідовне кадрове слідування. Обробка клієнтських запитів потребує високороздільного проєктування даних на виділену область роздільності, враховуючи відповідний піксельний розподіл для однієї точки розділу. Відповідно, сервер для візуалізації цифрової мікроскопії повинен приймати і зберігати різноманітні типові запити, які можуть направлятися з боку клієнта. Найпоширенішими є запити повного оновлення, які під час їх виконання повинні представити абсолютно нове зображення. Також можуть мати місце і запити на типово частковому оновленні, які подають зображення в положенні дещо зміщеного або збільшеного варіану представлення. Такий сервер призначається для виконання запитів обох таких типів.

Цифрова обробка даних за допомогою додатків, від яких подаються запити і які маніпулюють набором даних наукового характеру досить часто може представлятися ациклічним грубим потоком у вигляді наперед визначених блоків даних від одного чи декількох джерел до клієнтських процесорних вузлів. Для прикладу, це може бути один чи декілька наборів даних, які витримують відповідний розподіл у відповідності до систем їх збереження. Дані, які першими представляють інтерес для такого запиту, забираються з визначених наборів і після цього проходять обробку за допомогою відповідної послідовності операцій, які виконуються на вузлах обробки. Таким чином, дані в додатку цифрової мікроскопії, які викликають науковий інтерес, проходять обробку за допомогою додавання цифрових субблоків та відповідного перегляду [4,19] і тільки після цього вони надсилаються на сторону клієнта.

Збережені дані у вигляді субблоків утворюють частинні зображення чи фрагменти індексованих даних, які необхідні для інтегрування з метою отримання блоку. Повне зображення може складатися з визначеної множини блоків. Під час виконання запиту часткового оновлення для його отримання може знадобитися лише конкретна частина блоків. Отже, з метою виконання таких запитів байтовий розмір і протяжність блоку суттєво впливають на об'ємність даних, які необхідні для операцій отримання та передавання між вузлами.

Підтримка роботи додатків з інтенсивною обробкою даних

Можна розглядати різні напрямки впливу з метою покращення продуктивності високошвидкісної системи обробки та додатків, які працюють в цій системі. Першим напрямком є застосування

редифрагментації наборів даних у системі з метою удосконалення паралелізму під час здійснення операцій вводу-виводу та отримання даних, які прямо стосуються виконання запиту. Завдяки добре розрахованій блоковій відповідності, підбору їх декластеризації, запит виконання може потрапити до максимальної кількості задіяних дисків. Другим є ефективне використання потужності обробки даних збоку системи для випадку, коли робочий додаток для обробки даних розроблений для застосування паралелізму. І, як уже згадувалося, третім напрямком покращення продуктивності в інтерактивному режимі роботи додатків для обробки дифрагментованих наборів даних є їх конвеєризація обробки. Тобто загальний витрачений час обробки додатком може бути в різній мірі зменшеним за умови розділення даних на субблоки чи порції і виконання обробки шляхом конвеєризації. Для більшості додатків конвеєрна обробка забезпечує завершальний механізм, який покроково утворює кінцевий варіант в результаті інтеграції даних після обробки. Ткаким чином, уже не потрібно очікувати на завершення запиту, а вести відслідковування результатів частково оброблених блоків. На даному етапі це не зменшує сукупний час обробки запиту, однак є досить ефективним в роботі інтерактивних додатків при умові, що під час дослідження постійно зміщується кругозір зацікавленості.

Як вище було сказано, на конвеєрне виконання обробки даних та продуктивність високошвидкісної системи великий вплив має *розподіл субблоків* та їх *розмір*. Параметр розміру субблоків повинен враховувати пропускну здатність мережі в процесі обміну та час затримки. Другий параметр враховує передавання повідомлення з повною обробкою за допомогою протоколів використання системою на повному треку його проходження від відправника і аж до кінцевих одержувачів. Як говорилося вище, кількість повідомлень, необхідна для передачі однакового об'єму даних, спадає зі збільшенням розміру субблоку дифрагментації. В такому випадку пропускну здатність як параметр продуктивності системи відіграє важливішу роль, ніж час затримки. Проте, у разі збільшення розміру субблоку час обробки на кожен з них теж зростає, система втрачає чутливість у зв'язку зі зменшенням кількості окремих чи послідовних її оновлень. Однак, якщо розмір субблоку зменшується, то реально збільшується кількість необхідних субблоків для передавання одного і того ж об'єму даних по мережі. В цьому випадку час очікування повідомлення може зайняти роль домінуючого фактора у сукупній ефективній роботі додатку. З іншої сторони, субблоки невеликих розмірів сприяють покращенню збалансованості навантаження на додаток між копіями компонентів (субблоками передавання), проте продуктивність може знижуватися через затрати на з'єднання.

Передавання даних субблоками більших розмірів приведе до покращення часу реакції системи для здійснення повного оновлення запиту, який пропорційний пропускну здатності системи. У випадку виконання часткового запиту на оновлення буде спостерігатися збільшення кількості даних та затрат на їх обробку. Зі зменшенням розміру субблоку запит на часткове оновлення не буде отримувати багато лишніх даних, як це буває під час виконання їх, проте запит на повне оновлення буде зазнавати втрат, обумовлених спадом пропускну здатності.

Збільшуючи величину діючої пропускну здатності зі зниженням часу затримки повідомлень, високопродуктивні сокети володіють і іншими можливостями [15], такими як зростання мережевої пропускну здатності у разі зменшення розміру повідомлення. Такий прояв можна зафіксувати, порівнюючи їх роботу з базовими *kernel*-сокетами, наприклад, такими як TCP/IP. В даній роботі відмічається, що зниження величини часу затримки при проходженні повідомлення сталого об'єму в байтах досить відчутне. Суттєво помітним є також зниження часу затримки, що в загальному і призводить до зростання продуктивності роботи системи.

Неоднорідність навантаження в умовах гетерогенності може аргументуватися в наступних ситуаціях. По-перше, апаратне середовище може складатися з машин різної робочої потужності і ємності пам'яті. По-друге, ресурси можуть розподілюватися між іншими додатками. В результаті, наявність ресурсів, таких як CPU і пам'ять може динамічно змінюватися. У таких випадках додаток повинен бути структурно спроектованим і пристосованим до гетерогенної природи середовища для організації його роботи. Він також повинен бути оптимізованим з точки зору використання спільних ресурсів і адаптованим до змін їх наявності та доступності до них. Це вимагає від додатка застосування механізмів адаптації, щоб збалансовувати робоче навантаження між вузлами обробки в залежності від обчислювальних можливостей кожного з них. Для можливого вирішення цього питання є планування заздалегідь вихідних даних і розрахунків додатка між вузлами обробки. Дані можуть бути розбиті на фрагменти так, щоб це могло дозволяти здійснювати і обробку даних і комунікацію в конвеєрному режимі. До того ж, призначення фрагментації даних для вузлів обробки можна зробити з урахуванням схеми попиту, так щоб швидкодіючі вузли отримували більше даних для обробки. Якщо швидкодіючий вузол сповільнюється (наприклад, через дії інших додатків), то механізм, що лежить в основі балансування навантаження, повинен бути здатним швидко виявляти зміну наявності ресурсів та зміну доступності до них.

Під час розробки додатків і підтримки їх роботи компонентно-базові засоби [5,6] можуть забезпечити ефективне середовище для вирішення проблем у високопродуктивних додатках. Компоненти можуть бути розміщені на різних обчислювальних ресурсах, а завдання і паралельна обробка даних може зазнати вдосконалення шляхом конвеєрного виконання багатьох копій цих компонентів. Таким чином, в даній роботі використовується базова компонентна інфраструктура блокового розбиття даних [4], призначена для підтримки додатків з інтенсивною обробкою даних в розподілених середовищах. Також реалізується високоефективний інтерфейс сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу, розроблений для додатків, які використовують TCP/IP, щоб надати переваги в реалізації можливостей продуктивності.

Методика дифрагментації даних на блоки

Далі коротко опишемо структуру засобу ділення даних на блоки [4], який реалізує програмну фільтр-потоківу модель для розробки додатків з інтенсивною обробкою даних. У цій моделі, структура робочого додатка реалізована у вигляді набору компонентів, названих фільтрами, що здійснюють обмін даними через абстрагування (розділення) стартового потоку. Інтерфейс для фільтра складається з трьох функцій: функції ініціалізації, в якій розміщені та ініціалізуються всі необхідні ресурси, в тому числі і такі як пам'ять для структури даних; функції обробки, в яких операції, визначені користувачем, застосовуються на елементах даних; і функції завершення, в яких проходить звільнення ресурсів, що задіяні в функціях ініціалізації.

Фільтри з'єднуються за допомогою логічних потоків – однонаправлених потоків даних від одного фільтра (відправника розсилань) до іншого (отримувача). Фільтр виконує функції читання даних з його вхідних потоків і запису даних тільки в його вихідні потоки. В роботі визначено буфер даних у вигляді масиву елементів, переданих від одного фільтра до іншого. Оригінальна реалізація логічного потоку доставляє дані в буфери фіксованого розміру і використовує TCP-з'єднання для потокової взаємодії між цими точками.

Загальна структура додатка обробки реалізується за допомогою групи фільтрів, з'єднаних між собою за допомогою логічних потоків. Коли група фільтрів запускається для обробки запиту додатка, робоча система в цей момент здійснює з'єднання сокетів між фільтрами, розміщених на різних хостах, перш ніж почати виконання запиту програми. Фільтри, розміщені на одному комп'ютері, діють як окремі нитки. Запит додатка обробляється як єдиний робочий модуль відповідною групою фільтрів. Прикладом може бути візуалізація набору даних в залежності від кута огляду. Обробка даних єдиним робчим модулем може бути здійснена в конвеєрному режимі, в якому різні фільтри можуть працювати з різними елементами даних одночасно. Обробка єдиним робчим модулем починається, коли послуга фільтрації викликає функцію ініціалізації фільтра, який знаходиться там, де можуть бути попередньо розташовані всі необхідні ресурси, наприклад, такі як пам'ять. Далі активується функція обробки, призначена для читання даних з будь-яких вхідних потоків, функція роботи з даними, що надходять і розміщуються по буферах, і функція запису даних в будь-які вихідні потоки. Після обробки останнього буфера передається спеціальний маркер від системи обробки, щоб відзначити кінець для поточного єдиного робочого модуля (рис 1,а). Функція завершення або фіналізації викликається після завершення обробки поточного єдиного робочого модуля з метою звільнення задіяних ресурсів, таких як робочий простір. З метою обробки наступного єдиного робочого модуля можуть активуватися в подальшому функції інтерфейсу.

Програмна модель надає кілька розподілень для полегшення оптимізації продуктивності. Прозора копія фільтра – це копія фільтра у групі фільтрів, схематично показана на рисунку 1,б. Вона прозора в тому розумінні, що вона розподіляє ті ж самі логічні вхідні і вихідні потоки вихідного фільтра. Прозора копія фільтра може бути зроблена, якщо відсутній вплив семантик фільтрованої групи. Тобто, вихідний вигляд робочого блоку повинен бути незмінним, незалежно від числа прозорих копій. Прозорі копії також дозволяють паралелізм даних тільки для виконання одиничного запиту, в той час як кілька груп фільтрів дозволяють паралелізм між декількома запитами.

Фільтрова система в режимі виконання підтримує ідею єдиного логічного потоку від точки до точки для організації зв'язку між логічним фільтром-відправником і логічним фільтром-отримувачем. Логічний потік відповідає за елементи планування (або буфери) в потоці даних між прозорими копіями фільтра. Для прикладу, якщо копія P1 видає операцію запису буфера в логічний потік, який виконує з'єднання від фільтра P до фільтра F, буфер може бути відправлений у вигляді копій в гост3 або гост4. Для розподілу між прозорими примірниками система виконання підтримує циклічно мігруючий механізм і механізм керування попитом на основі рівня буфера споживання. Механізм керування попитом спрямований на відправку буферів на фільтр, що найшвидше мав би обробляти їх. Коли фільтр споживача починає обробку буфера, отриманого від фільтра-відправника, він посилає повідомлення підтвердження фільтру продюсору з метою відмітити, що буфер знаходиться в процесі обробки. Фільтр-відправник вибирає фільтр використання з мінімальною кількістю непідтверджених буферів для відправки даних буферу обробки, досягаючи таким чином кращого балансу між навантаженням.

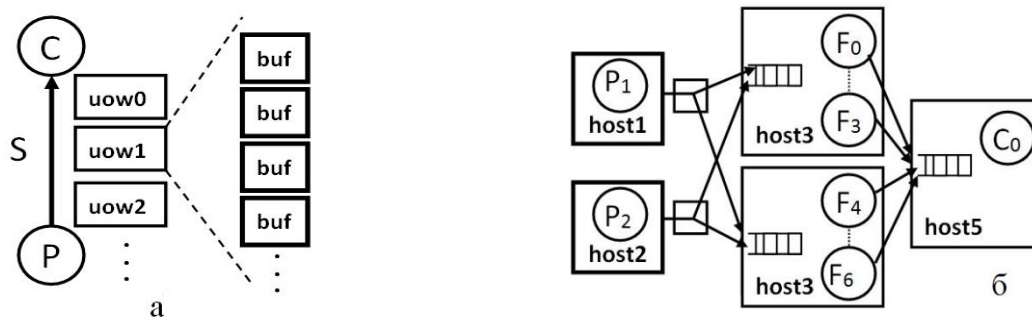


Рис. 1 – Блокове розбиття даних в потоковому абстрагуванні і підтримка копій:
 а) розміщення буферів даних і маркерів кінця роботи потоку;
 б) встановлення груп фільтрів Р, F, С при використанні прозорих копій

Мета і завдання дослідження

Метою даної роботи ставилося дослідження залежності інтенсивності обробки даних в кластері від продуктивності сокетів з урахуванням його гетерогенності та вторинного розбиття на субблоки. При цьому повинна використовуватися базова компонентна інфраструктура блокового розбиття вихідних даних, яка призначена в розподілених середовищах для підтримки високопродуктивних додатків, та високоефективний інтерфейс сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу, розроблений для TCP-додатків, з метою надання переваги в реалізації продуктивної їх роботи. Для виконання поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- на базі персональних комп'ютерів реалізувати кластерну систему з залученням традиційних сокетів TCP та сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу з механізмом перерозбиття даних та можливістю дослідження неоднорідності обробки;
- оцінити максимальну продуктивність обробки даних, використовуючи сокети за архітектурою віртуального інтерфейсу та TCP-сокети у вигляді міні-тестів на час затримки і пропускну здатність з урахуванням прямого і непрямого впливів на роботу додатків та блокового розбиття даних;
- дослідити параметр середнього часу затримки на обробку блока даних з гарантією на оновлення за кожну часову секунду;

Теоретичні основи сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу

Незважаючи на розвиток протоколів з малим часом затримки і високою пропускну здатністю на рівні користувача, багато додатків були розроблені раніше на основі *kernel*-протоколів, таких як TCP і UDP, а деякі з цих додатків потребували досить багато часу для їх розробки. Спроби переписати ці додатки на основі протоколів рівня користувача є досить трудомісткими і непрактичними. З іншого боку, інтерфейс сокетів широко використовується в різноманітних додатках, написаних на основі традиційних протоколів, таких як TCP і UDP. Мережа cLAN є апаратним втіленням архітектури віртуального інтерфейсу (в літературі – Virtual Interface Architecture). Є два типових варіанти сокетної реалізації у мережі cLAN. Один з них є для утримання сокета наслідування, TCP/UDP і IP рівнів незмінними, у той час як один додатковий рівень вводиться для з'єднання IP-рівня і *kernel*-рівня рівня віртуального інтерфейсу. Застосування LAN-емулятора на рівні сокетів – це така реалізація, яка використовує рівні від IP до віртуального інтерфейсу [10]. Завдяки вершинам системних викликів (в тому числі контекстний *kernel*-перемикч, заповнення кешу, обробка TLB, обробники пристроїв підрівнів і т.д.) і мультикопіям, введеним в цю реалізацію, додатки, що використовують LANE, не були в змозі досягти повної переваги високої продуктивності, представленої в базовій мережі. Інший тип сокетів в мережі cLAN, реалізований для забезпечення сокетного інтерфейсу, заснований на використанні бібліотек рівня користувача, які базуються на примітивах архітектури віртуального інтерфейсу рівня користувача. Реалізація в даній роботі потрапляє в цю категорію. Спочатку виконується посилення на визначений сокетний рівень, такий як сокети за архітектурою віртуального інтерфейсу, описаний в решті частини викладеного матеріалу. Так як реалізація сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу не є основною в даній статті, то результати мікро-тестів для нашого рівня сокетів будуть представлені в наступному. Для інших деталей, пов'язаних з розробкою та застосуванням сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу, можна звернутися до роботи [20].

Далі, для виконання оцінки ефективності буде представлено дві групи результатів. По-перше, буде досліджуватись максимальна продуктивність, надана через сокети за архітектурою віртуального інтерфейсу у вигляді міні-тестів на час затримки і пропускну здатність. По-друге, буде розглянуто прямий і непрямий вплив на продуктивність, представлену високопродуктивними сокетами в додатках, реалізованих з

використанням блокового розбиття даних для того, щоб оцінити обидві характеристики: час затримки і аспекти пропускної здатності на шляху контролю.

Експерименти проводилися на кластері персональних комп'ютерів, який складається з (16 виходів) 420 вузлів, з'єднаних мережами Giganet cLAN і Fast Ethernet. Використовуються гост-адаптери cLAN 1000 і кластерні свічі cLAN5300. Кожен вузол має два процесори частоти 1 ГГц типу Pentium III, побудованих навколо Intel 840 чіпсет, який має чотири 32-бітових 33 МГц PCI роз'єми. Ці вузли оснащені 512 Мбайт SDRAM і 256 К кеш-пам'яттю L2 рівня, версія ядра Linux-2.2.17.

Опис експериментальної установки

Для дослідження продуктивності були використані два типи додатків. Перший додаток (тип) був призначений для емулювання візуалізаційного сервера, тобто за допомогою даної програми реалізований чотирьохступінчатий конвеєрний механізм, в якому на останньому етапі включений фільтр візуалізації. В кожному дослідженні з метою поліпшення прикінцевої пропускної здатності з кожного фільтра виконувались три екземпляри копіювання, які знімалися в зазначеному конвеєрі. Розміщення фільтрів зображені на рисунку 2. Зображення візуалізувалося користувачем у наміченому вузлі візуалізації за допомогою включеного фільтра, після чого зі сховища зберігання вибиралися необхідні дані і передавалися для подальшої роботи на інші наступні фільтри. Кожен наступний фільтр в системі схематично розміщений на іншому вузлі, включеному у зазначений конвеєр. Будь-яке зображення, що буде розглядатися, вимагатиме дані в кількості 16 Мбайт для отримання і виконання їх обробки. Як можна зрозуміти, такі намічені дані наперед визначеного розміру будуть містити фрагменти зображення, а визначений розмір цієї пам'яті називають блоком розподілу. Однак для такого розміру блоку розподілу повне зображення буде складатися з кількох відповідних субблоків. Якщо користувач подає на виконання запит про часткове або повне оновлення зображення, то системою мають бути доставлені необхідні блоки, які повинні бути включені у відтворення даного сукупного зображення. Вимагається, щоб кожен блок доставлявся цілісний, що може вимагати ініціалізацію додатково затратних даних і навіть їх мережеве передавання до місця сукупного відтворення.

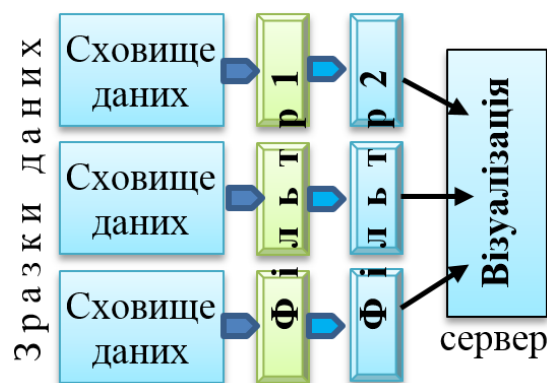


Рис. 2 – Архітектура експериментальної установки

В роботі були взяті до уваги два типи запитів, перший з яких вимагає повного оновлення зображення або первинний запит на візуалізацію нового зображення, – тобто запит вимагає повного об'єднання всіх необхідних блоків в єдине зображення, які повинні брати участь у виконанні цього запиту. В процесі виконання даний тип оновлення є чутливим до пропускної здатності і з практичної точки зору спонукає до використання блоків великих розмірів. В результаті, для виконання повного оновлення запитів з урахуванням певної швидкодії відтворення повинен би бути визначений розмір такого блоку, зберігання і передача якого б задовільняли згадані умови користувача.

Реалізація другого запиту полягає в частковому оновленні зображення, який зазвичай виконується у випадку часткового зміщення користувачем вікна візуалізації, чи намірено змінює масштаб зображення, яке візуалізується в даний момент. Для продуктивного виконання цього типу запиту потрібно лише до діючих додати додаткові блоки доповненого відображення, тобто у невеликій їх кількості в порівнянні з кількістю утворюючих повне зображення блоків. Продуктивне виконання такого запиту є залежним в основному від часу затримки в ході їх передавання. В даному випадку фрагменти відображення зазвичай витягуються чи звужуються в ході відновлення, а, отже, було б краще задіювати в цю процедуру невеликі за об'ємом блоки даних.

У випадках, коли розмір блоку є досить великим за об'ємом, часткове оновлення зображення займе більший час експозиції, тому що блок має тенденцію видозмінюватися, навіть і у випадку, коли у загальному відображенні задіяна його невелика частка. З використанням занадто малих розмірів блоків

виконання запитів на повне оновлення займатиме значно довший час, так як має бути видозмінено досить немало менших додаткових блоків за розміром. Одже, для додатку, який спроможний обробляти два згадані типи запитів, необхідно встановлювати спеціальне узгодження на їх виконання. В наступних проведених експериментах виявлено покращення продуктивності додатку та його масштабованості з використанням сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу та гарантій виконання запитів для кожного типу оновлення, порівнюючи з TCP сокетом, результати яких будуть нижче викладені. Інший підхід реалізації в додатку включає в себе механізм балансування розподілу навантаження на програмне забезпечення через використання засобу розбиття даних на блоки. Якщо виконується обробка даних кількома робочими вузлами, то їх покращена конвеєризація буде досягнута тоді, коли потрібний для механізму балансування навантаження час є достатнім для надсилання одного блоку даних обробки до вузла і дорівнює затратному часу обробки блоку даних на даному вузлі. Типово розрахований розмір блоку для такого додатка вибирається з метою досягнення необхідної збалансованості в процесі конвеєризації блоків з урахуванням часових інтервалів обробки і комунікації. В експерименті береться до уваги те, що потужність обчислювальних вузлів є незмінною на протязі всього процесу виконання додатка.

Результати та їх обговорення

Представимо дані дослідження параметра середнього часу затримки блока даних з гарантією на оновлення за кожну секунду часу. Результати першої групи експериментальних даних стосуються серії тих досліджень, в яких користувач старається удосконалити наперед заданий рівень покадрової обробки. Він залежить від кількості заново згенерованих зображень чи повних оновлень, які були виконані за часову секунду. В околі дії такого обмеження проводиться дослідження середнього значення часу затримки, який отримується під час виконання запиту на часткове оновлення зображення. На **рисунках 3 і 4** представлені залежності ефективності роботи додатка від величини оновлення за часову секунду. В залежності від заданої кадрової частоти для запиту з новими зображеннями TCP-сокет ставить певну вимогу про встановлення відповідного розміру блоку даних для досягнення наміченої пропускної здатності.

Залежність часу затримки для виконання запиту часткового оновлення з фрагментованими даними на частини відповідно до вказаної вимоги для TCP-протоколів мала би відповідати значенню часу затримки для даного фрагменту повідомлення. Залежність для того ж розміру фрагментації даних і використання сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу забезпечує більш високий рівень продуктивності системи. Однак з метою досягнення відповідно високої пропускної здатності для запитів повних оновлень дані сокети ставлять вимогу про суттєве зменшення розміру субблоку даних. Так, під час перерозподілу даних на субблоки з урахуванням часу затримки, обернено пропорційному пропускній здатності для сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу, даний параметр може бути помітно зменшений. На **рисунку 3** наведено експериментальні залежності продуктивності (усередненого часу затримки) без будь-якої можливої обробки даних для всіх трьох згаданих ситуацій. Експериментальні результати підтверджують очевидну перевагу в продуктивності, яка досягається у випадку використання сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу без присутності будь-яких обчислювальних затрат на вузлах обробки даних. Як видно із наведеної залежності для випадку використання сокетів TCP не може бути досягнутим більше обмеження на оновлення, як 3,25 повних оновлень за часову секунду. Проте сокети за архітектурою віртуального інтерфейсу з перерозподілом даних на субблоки без помітного зниження продуктивності роботи здатні досягти вказаного кадрового рівня. Дані досліджень, отримані в експериментах без змін в перерозподілі субблоків, демонструють поліпшення продуктивності більше ніж в 3,5 рази, а для випадку з наявним блоковим перерозподілом даних (нижня залежність) – більше ніж в 10 разів. Можна зробити висновок, що в умовах використання сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу та перебудовою деяких компонентів (наприклад, розмір субблоку) для додатка спостерігається суттєве покращення продуктивності його роботи, яке дає можливість досягати йому очевидних переваг як в роботі, так і в масштабованості з дотриманням продуктивних гарантій.

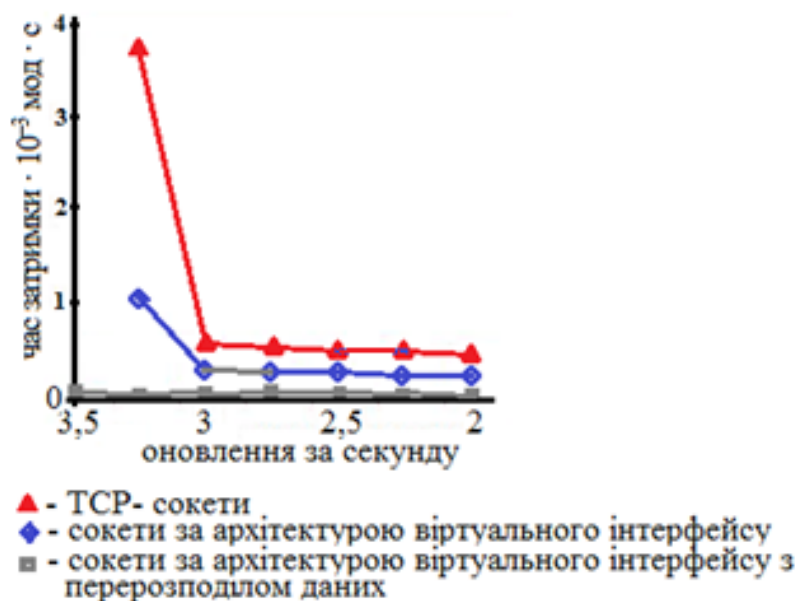


Рис. 3 – Вплив продуктивності сокетів на середній час затримки з гарантіями оновлень за секунду без обчислення затрат

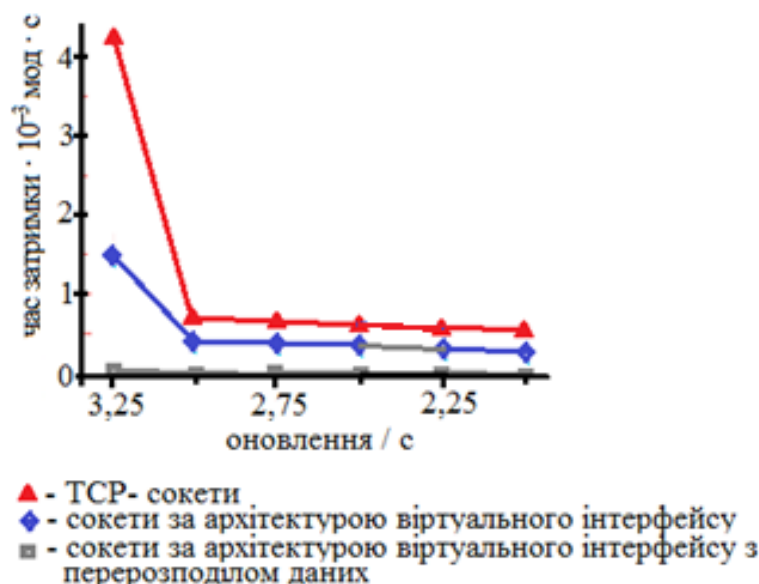


Рис. 4 – Вплив продуктивності сокетів на середній час затримки з гарантіями оновлень за секунду з проведеним лінійним обчисленням затрат

Наведені на рисунку 4 експериментальні залежності демонструють продуктивність роботи додатка з присутніми затратами обробки даних на вузлах, яка лінійно пропорційно залежна від розміру субблоку обробки. Здійснювалося вимірювання величини часу обробки, який потрібний для візуалізації частини зображення додатка цифрової мікроскопії [17] з залученням процедури блокового розбиття даних. Встановлено, що дана часова величина становить ~ 18 пс на один байт даних. Подібні додатки, призначені для перегляду цифрованих слайдів після мікроскопічних з'йомок, володіють низькими втратами на піксель в ході обробки. В основному, сюди належать програми з перевагою в зниженні часу затримки та зростанні пропускної здатності на проміжних вузлах. Ціллю дослідження також є потреба сконцентруватися на подібного типу додатках.

Порівнюючи з даними, отриманими з попереднього експерименту, в даному випадку навіть сокети за архітектурою віртуального інтерфейсу з поділом даних на субблоки не перевершили рівень 3,25 оновлень за секунду. Такі показники обумовлені тим, що пропускна здатність у випадку сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу обмежувалася затратами обробки на кожному із вузлів. Однак, в експерименті має місце загальне покращення продуктивності, зокрема більше ніж на 3,9-4,1 рази у випадку безблокової обробки даних, і приблизно на ~ 12 разів з наявним перерозподілом даних на субблоки.

Тепер розглянемо ефект оновлення за секунду з гарантіями часу затримки, який стосується другої частини пророблених експериментів. В цій ситуації спостерігається тенденція збільшення кількості повних оновлень за секунду під час діючого конкретного значення параметра часу затримки, яке є максимальним для часткового запиту на оновлення, що виконується. На наступних рисунках наведені результати підвищення продуктивності обробки даних, досягнутої додатком для заданого часу затримки. Для протоколів TCP спостерігається залежність продуктивності від блоку даних, розмір якого не може бути більшим, ніж деяке певне значення. Під час виконання розбиття даних з урахуванням згаданої вимоги поліпшення досягнутої пропускної здатності зазнає відповідних обмежень, що і відслідковується в ході аналізу залежності для TCP, поданої на рисунку 5. В процесі дослідження з сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу і використанням таких же за розміром блоків даних досягнуто значно кращої продуктивності, що і відслідковується з аналізу відповідної залежності для цих сокетів. Проте виконання рефрагментації даних з урахуванням параметрів пропускної здатності та часу затримки за їх значеннями, про що мова велася вище в обговоренні результатів, досягається значно вищий рівень продуктивності, який теж відображений на рисунку у вигляді найнижчої кривої залежності для даних сокетів з поділом даних. Слід також нагадати, що рисунок 5 розглядає всі наведені криві продуктивності без наявності будь-якої обробки даних на вузлах. На рисунку 6 представлені експериментальні криві залежностей продуктивності з урахуванням обробки на вузлах, яка, як уже згадувалося, також лінійно залежить від розміру блоків. При відсутності затрат на обробку та з обмеженням часу затримки в межах $\sim 100 \mu s$ продуктивність обробки для сокетів TCP стрімко спадає, в той час як для сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу продуктивна робота продовжується зі значеннями характеристик, близьких до пікових. В цілому результати, отримані з експерименту для цього типу досліджень, демонструють значне поліпшення продуктивності, приблизно в 6 разів, без врахування будь-якого перерозподілу блоків повідомлень.

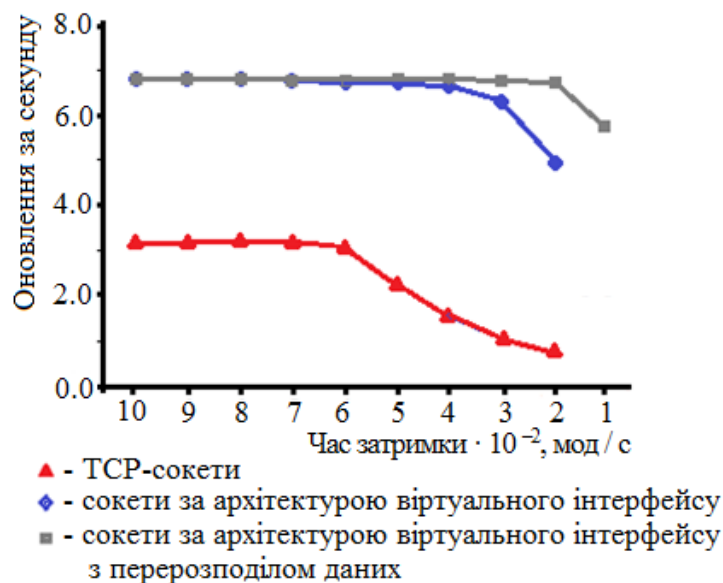


Рис. 5 – Вплив ефективності сокетів на оновлення за секунду без врахування затрат на обробку на вузлах з гарантіями часу затримки Час затримки · 10⁻², мод/с

Ще значніше зростання продуктивності, уже більше ніж у 8 разів, спостерігається під час використання дій блокового перерозподілу під час обробки для сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу (рис. 6). Якщо врахувати затрати обробки даних на вузлах, то можна помітити, що робота сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу і TCP та великою гарантією виконання для заданого часу затримки є досить подібна. Причина подібності впливає з урахування затрат на вузлову обробку та шляхів з'єднань. Наприклад, для сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу з затратами обробки 18 нс/байт, рівень обробки даних не проявляє зростання, а виходить все-таки на рівень сталої поведінки, в той час як у випадку використання сокетів TCP система передачі швидше досягає даного рівня. На відміну від сокетів TCP з тієї ж причини кадровий рівень, досягнутий сокетом за архітектурою віртуального інтерфейсу та спаданням часу затримки, змінюється незначно. Загалом результати наведеного експерименту доводять зростання продуктивності приблизно в 4 рази.

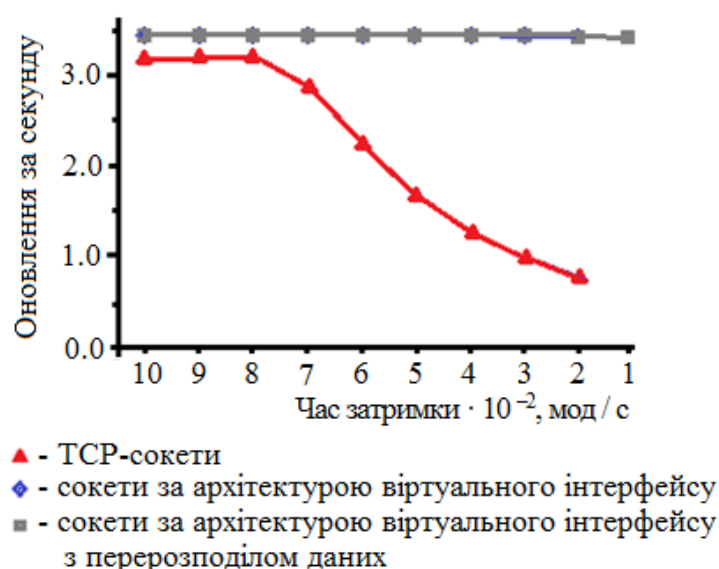


Рис. 6 – Вплив ефективності сокетів на оновлення за секунду з гарантіями часу затримки та лінійними затратами обробки на вузлах

Висновки та перспективи досліджень

В роботі реалізовано кластерну систему на базі персональних комп'ютерів з залученням традиційних TSP та сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу з механізмом перерозбиття даних та можливістю неоднорідності обробки. За результатами пророблених міні-тестів дано оцінку величині максимальної продуктивності обробки даних у випадках використання сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу та TSP-сокетів на основі експериментально отриманих значень часу затримки і пропускної здатності з урахуванням прямого і непрямого впливів на роботу додатків таблокового розбиття даних. Для сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу без врахування затрат обробки на вузлах спостерігається поліпшення продуктивності більше ніж в 3,5 рази, а для цих же сокетів з наявним блоковим перерозподілом даних – більше ніж в 10 разів. Ще значніше зростання продуктивності, уже більше ніж у 8 разів, спостерігається під час використання дій блокового перерозподілу з гарантіями часу затримки за часову секунду.

За рахунок компонентного підходу та блоковим розбиттям для забезпечення підтримки роботи додатків з інтенсивною обробкою даних отримані експериментальні результати доводять значні покращення в продуктивності за рахунок реорганізації окремих компонентів додатків, що стимулює зростання їх масштабованості з гарантіями виконання.

Дані пророблених експериментів доводять також, що параметральні характеристики роботи сокетів за архітектурою віртуального інтерфейсу та використання поділу даних на вихідних вузлах обробки веде до покращення продуктивності, а в деяких випадках аж на порядок. В ході реалізації сокети з високою продуктивністю та низькими затратами на обробку даних дозволяють у багатьох напрямках додаткам досягти значно вищих якісних показників. Отримані результати мають чітке застосовуються на сучасних кластерах та у проектуванні і реалізації високопродуктивних додатків з інтенсивною обробкою даних.

References.

1. S. Iannucci, V. Cardellini, O. D. Barba, I. Banicescu. (2020) A hybrid model-free approach for the near-optimal intrusion response control of non-stationary systems. // *Future Generation Computer Systems*. – 2020, V 109, p. 111-124.
2. D. Black, P. Jones (2015) Differentiated Services and Real-Time Communication, Informational. RFC 7657, – Nov. 2015. – IETF, ISSN 2070-1721.
3. Guerin R. and Schulzrinne H. The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure, chapter Network Quality of Service. Morgan Kaufmann, 1999.
4. Beynon M. D., Kurc T., Catalyurek U., Chang C., Sussman A., Saltz J. Distributed processing of very large datasets with DataCutter. *Parallel Computing*, 27(11):1457–1478, October 2001.
5. R. Oldfield, D. Kotz. Armada: A parallel file system for computational. In *Proceedings of CCGrid2001*, May 2001.
6. B. Plale, K. Schwan. dQUOB: Managing large data flows using dynamic embedded queries. In *HPDC*, August 2000.
7. V. Melnyk, K. Melnyk, S. Lavrenchuk, I. Burchak, O. Kaganiuk. Influence of the message direct search mechanism based on the TCP protocols to the exchange process. *East-European journal of Enterprise Technologies*. – Kharkov (Scopus DOI:10.15587/1729-4061.2019.167995). – 2019. – №3(2)99. – p. 36-42.
8. Boden N.J., Cohen D., Felderman R.E., Kulawik A.E., Seitz C.L., Seizovic J.N., Su W. K. Myrinet: AGigabitper-Second Local Area Network. <http://www.myricom.com>.
9. Petrini F., Feng W.C., Hoisie A., Coll S., Frachtenberg E. The Quadrics Network (QsNet): High-Performance Clustering Technology. In *Hot Interconnects*, 2001.
10. Myricom Corporations. The GM Message Passing System.

11. S. Pakin, M. Lauria, and A. Chien. High Performance Messaging on Workstations: Illinois Fast Messages (FM). In *Proceedings of Supercomputing*, 1995.
12. P. Buonadonna, A. Geweke, and D. E. Culler. BVIA: An Implementation and Analysis of Virtual Interface Architecture. In *Proceedings of Supercomputing*, 1998.
13. Kim J.S., Kim K., Jung S.I. SOVIA: A User-level Sockets Layer over Virtual Interface Architecture. In the *Proceedings of IEEE International Conference on Cluster Computing*, 2001.
14. Shah H.V., Pu C., Madukkarumukuma R.S. High Performance Sockets and RPC over Virtual Interface (VI) Architecture. In the *Proceedings of CANPC workshop (held in conjunction with HPCA Conference)*, pages 91-107, 1999.
15. Melnyk V., Bahniuk N., Melnyk K. High-performance sockets influence on data computing intensity. // *Scientific Journal "ScienceRise"* (DOI: 10.15587/2313-8416.2015.44380). – Kharkiv. – 2015. – Vol 6, № 2(11). – P. 38-48.
16. Melnyk V., Melnyk K., Kuz'mych O., Bahniuk N. Kravez' O. Improvement investigation of internal and external parameters for communication speed in a cluster of communicated virtual machines. // *Scientific journal "Computer-integrated technologies: education, science, production"*. – Lutsk. – 2020, №39. – p. 162-174.
17. Afework A., Beynon M.D., Bustamante F., Demarzo A., Ferreira R., Miller R., Silberman M., Saltz J., Sussman A., Tsang H. Digital dynamic telepathology - the Virtual Microscope. In *Proceedings of the 1998 AMIA Annual Fall Symposium*. American Medical Informatics Association, November 1998.
18. Catalyurek U., Beynon M.D., Chang C., Kurc T., Sussman A., Saltz J. The virtual microscope. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. To appear.
19. Beynon M., Kurc T., Sussman A., Saltz J. Design of a framework for data-intensive wide-area applications. In *Proceedings of the 9th Heterogeneous Computing Workshop (HCW2000)*, pages 116–130. IEEE Computer Society Press, May 2000.
20. Balaji P., Wu J., Kurc T., Catalyurek U., Panda D.K., Saltz J. Impact of High Performance Sockets on Data Intensive Applications. Technical Report OSU-CISRC-1/03-TR05, the Ohio State University, Columbus, OH, January 2003.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-21

УДК: 004.4 + 004.6

Мироненко Сергій Сергійович, аспірант

<https://orcid.org/0000-0001-7561-8305>

Онищенко Єлизавета Андріївна, студент

<https://orcid.org/0000-0001-6502-0406>

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ СЕНТИМЕНТ АНАЛІЗУ ТЕКСТУ

Мироненко С. С., Онищенко Є. А. Порівняльний аналіз методів для вирішення задачі сентимент аналізу тексту.

В даній статті розглядається підхід навчання з вчителем (supervised learning) для вирішення проблеми, пов'язаної з Natural Language Processing (NLP), а саме сентимент-аналіз текстових даних. В ході роботи було реалізовано 4 різних класифікатори на одній й тій самій вибірці даних та порівняно їх ефективність за часом навчання, тестування та точності класифікації. В результаті роботи було визначено, що найкращий метод серед реалізованих – 3D CNN модель, яка використовує BERT токенизатор для попередньої обробки тексту. Саме завдяки використанню BERT для препроцесінгу тексту цей метод показав кращі результати.

Ключові слова: класифікація тексту, сентимент-аналіз, машинне навчання, Natural Language Processing, поглиблене навчання.

Мироненко С. С., Онищенко Е. А. Сравнительный анализ методов для решения задачи сентимент анализа

текста. В данной статье рассматривается подход обучения с учителем (supervised learning) для решения проблемы, связанной с Natural Language Processing (NLP), а именно сентимент-анализ текстовых данных. В ходе работы было реализовано 4 различных классификатора на одной и той же выборке данных и сопоставлена их эффективность по времени обучения, тестирования и точности классификации. В результате работы было определено, что лучший метод среди реализованных – 3D CNN модель, которая использует BERT токенизатор для предварительной обработки текста. Именно благодаря использованию BERT для препроцессинга текста этот метод показал лучшие результаты.

Ключевые слова: классификация текста, сентимент-анализ, машинное обучение, Natural Language Processing, углубленное обучение.

Myronenko Serhii, Onyshchenko Yelyzaveta. Comparative analysis of methods for solving the problem of sentiment text analysis. This article discusses a supervised learning approach for sentiment analysis of text data, using NLP. The research was conducted, using four methods on the same dataset and their efficiency was compared by using the following characteristics: training time, testing time and accuracy of classification. A 3D CNN model using BERT Tokenizer for text preprocessing was selected as the best method of this comparative study, because of its text preprocessing algorithm.

Keywords: Text classification, Sentiment analysis, Machine learning, Natural Language Processing, Deep learning.

Постановка наукової проблеми. Під час прийняття рішень про купівлю певного продукту, споживач збирає та аналізує доступну для нього інформацію таку як поради консультантів в магазині або за відгуками друзів, які вже мають досвід у використанні цього продукту. А з розвитком інформаційних технологій та Інтернету можна легко прочитати сотні або навіть тисячі відгуків про товар або послугу, не виходячи з дому. Люди все більше діляться своїми думками, ставленнями, оцінками в соціальних мережах, блогах, форумах, в той самий час як інші користувачі читають ці відгуки та формують свою думку про продукт або послугу. В зв'язку з цим, менеджерам продуктів, маркетологам потрібно постійно відстежувати статистику товару. З метою економії часу та для ефективної роботи менеджерам спочатку потрібно швидко класифікувати відгук за настроєм для подальшого аналізу. Та з кожним днем кількість загальнодоступної інформації лише зростає і її неможливо обробити вручну, тому не дивно що аналіз людських емоцій щодо певної проблеми є перспективною областю дослідження, яка називається сентимент-аналіз.

Аналіз тональності тексту або як варіант сентимент-аналіз це, у першу чергу, процес виділення та встановлення емоційного забарвлення тексту, його категорійна приналежність [1]. Найчастіше, думка автора тексту щодо деякої теми, послуги, події, тощо відноситься до однієї з наступних категорій: позитивна або негативна. Також можливо додавання ще одної категорії – нейтральної, що ускладнює задачу. В цій роботі буде розглянуто лише бінарну проблему класифікації. Ця галузь стала активно розвиватися з 2000-х років з декількох причин. Перша причина – поява великої кількості комерційних додатків, що є великою мотивацією для досліджень. Друга – подальше вивчення цієї області пропонує велику кількість дослідницьких проблем, які раніше не розглядалися [1].

Отже, дослідження в напрямку сентимент – аналізу впливає не тільки на Natural Language Processing, що вивчає можливості розшифрування та осмислення людських мов, але й на політичні, соціальні та управлінські науки, бо вони всі певним чином залежать від людських емоцій та оцінок.

Аналіз досліджень. Наукові дослідження у вирішенні задачі сентимент аналізу тексту є доволі ґрунтовними. Так Н. М. Кобець та Т. В. Ковалюк [2] дослідили задачі аналізу тональності тексту як фундаментальна основа аналізу думок користувачів соціальних мереж. У науковій роботі здійснено дослідження методів, задач та математичної моделі контент-аналізу. Здійснено опис методу аналізу повідомлень та думок, а також алгоритм категоризації аспектів та визначення рейтингу думок.

Н. І. Мазниченко [3] наводить аналіз можливості застосування сучасних програмних засобів обчислювальної техніки для змістовного аналізу текстів електронних документів. Автором розглянуті можливі напрямки застосування відповідних комп'ютерних програм.

Методи автоматичного аналізу тональності контенту у соціальних мережах для виявлення інформаційно-психологічних впливів розкрили Д. В. Шингалов, Є. В. Мелешко, Р. М. Минайленко, В. А. Резніченко [4]. Дослідження включає в себе огляд лексемного методу та методів машинного навчання, окремо розглянуто процедуру попередньої обробки тексту перед аналізом та категорії словників, що використовуються для аналізу.

Н. Б. Шаховська, Х. Ю. Гірак [5] запропонували унікальну шкалу слів, які є емоційно забарвленими, описана шкала охоплює ранжування слів, також здійснюється визначення коефіцієнта важливості за допомогою методики Фішберна. Кожна окрема методика відрізняється коефіцієнтами, нормами, використанням математичних шкал, які побудовано на логарифмічній основі, однак, варто підкреслити, що завданням методик є визначення порядку слів, фраз без глибинного аналізу їхньої тональності, емоційного забарвлення і відношення між ними. За результатами проведеного дослідження авторами здійснено розробку платформи для розрахункової оцінки, яка, в свою чергу є інтегрованою, яка дасть змогу визначити думку користувача, автора тощо.

Проте, незважаючи на масштабність наукових досліджень проведення порівняльного аналізу існуючих методів аналізу тональності тексту є актуальним питанням та потребує детального опрацювання.

Мета роботи. Метою даної роботи є проведення порівняльного аналізу існуючих методів аналізу тональності тексту.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів. На сьогодні, виділяють два основні класи алгоритмів машинного навчання - це навчання з учителем (supervised learning) і навчання без вчителя (unsupervised learning). Варно зазначити, що крім цих класів виділяють також алгоритми навчання з підкріпленням (reinforcement learning) і рекомендаційні системи (recommender systems). У рамках дослідження у межах даної роботи було обрано методи які відносяться до підходу supervised learning. Алгоритм навчання з вчителем приймає марковані дані і створює модель, яка виконує передбачення, надаючи нові дані. Це можуть бути як завдання класифікації, так і завдання регресії.

На основі цих даних відбуваються процеси навчання моделі (побудова такого алгоритму, який для будь-якого об'єкту класифікації може дати найбільш точну відповідь) та її тестування.

Основою аналізу обрано датасет Large Movie Review Dataset [6]. Даний датасет включає в себе 50 000 відгуків про фільми. Окреслений набір відгуків про фільми використовується для бінарного сентимент-аналізу та містить 25000 відгуків для навчання, а також відповідну кількість для тестування. Варто зазначити, що ця вибірка є збалансованою: половина даних є позитивними відгуками, а інша – негативними.

В умовах реалізації дослідження здійснено впровадження певних класифікаторів, до складу яких варто віднести: Long short-time memory (LSTM), Naïve Bayes Classifier, Convolutional Neural Network (CNN).

Naïve Bayes Classifier (наївний байєсовський класифікатор (НБК)) – один з найбільш примітивних класифікаторів, заснованих на теоремі Байєса з умовою виконання суворої незалежності імовірнісних компонент. Дане припущення розглядає кожне слово в тексті окремо і незалежно від інших. Внаслідок цього, процес навчання НБК складний і нетривіальний в силу витрати великої кількості ресурсів для отримання мінімальної бази, придатної для подальшої класифікації тексту.

З математичного аспекту, наївний байєсовський класифікатор – це певна структурна модель машинного навчання, яка базується на теоремі Байєса:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) P(A)}{P(B)},$$

де $P(A)$ – ймовірність гіпотези A , $P(B|A)$ – ймовірність того, що подія B відбудеться при істинності гіпотези A , $P(A|B)$ – ймовірність гіпотези A при умові, що подія B відбудеться, $P(B)$ – повна ймовірність того, що подія B настане [7].

Long short-time memory (LSTM) є різновидом рекурентних нейронних мереж (РНМ), яка здатна вивчати довготривалі залежності [8].

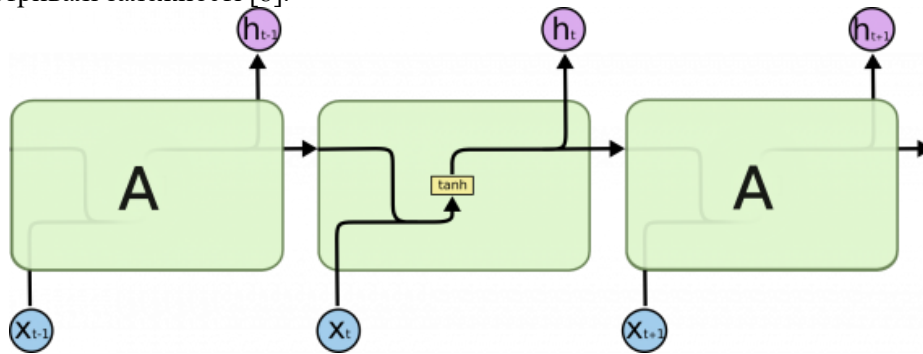


Рис.1 Архітектура LSTM з одношаровим повторюваним модулем

Загальні конструкції рекурентних нейронних мереж мають форму відмінного від аналогів ланцюжка модулів нейронної мережі, що повторюються з певною динамічною моделлю. У стандартних РНС цей повторюваний модуль має просту структуру, наприклад, один шар повторюваного модуля. Архітектура LSTM з одношаровим повторюваним модулем наведена на рисунку 1.

Ключовим поняттям LSTM є стан осередку: горизонтальна лінія, що проходить через верхню частину діаграми. Стан осередку нагадує конвеєрну стрічку. Яка проходить через весь ланцюжок, піддаючись незначним лінійним перетворенням. У LSTM кількість інформації в стані осередку є не стабільною та постійно змінюється, в залежності від потреб. Для цього використовуються певні структури, які ретельно настроюються, окреслені структури мають назву гейт. Гейт – це «ворота», які дають можливість пройти інформації, або навпаки не пропускають останню. Гейти складаються з сигмовидного шару нейронної мережі і операції поточного множення.

На виході сигмовидного шару наведено низку чисел, формат яких походить від нуля до одиниці, даний формат дозволяє визначити, яка кількість відсотків кожної окремої заявленої одиниці інформації пропустити далі. Значення «0» означає «не пропустити нічого», значення «1» – «пропустити все».

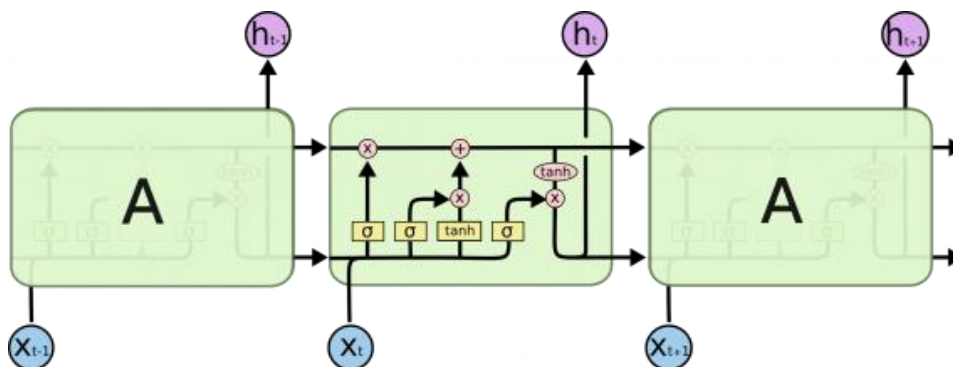


Рис.2 Архітектура LSTM, що складається з чотирьох шарів, які взаємодіють один з одним

Архітектура LSTM, що складається з чотирьох шарів, які взаємодіють один з одним наведена на рисунку 2, на наведений діаграмі кожна лінія є вектором. Рожеве коло означає поточну операцію, наприклад, підсумовування векторів. Під жовтими осередками розуміються шари нейронної мережі. Поеднання ліній є об'єднанням векторів, а знак розгалуження – копіювання вектора з подальшим зберіганням в різних місцях.

Convolutional Neural Networks (CNN) – архітектура штучних нейронних мереж, яка базується на чергуванні шарів згортки та шарів-агрегаторів [9].

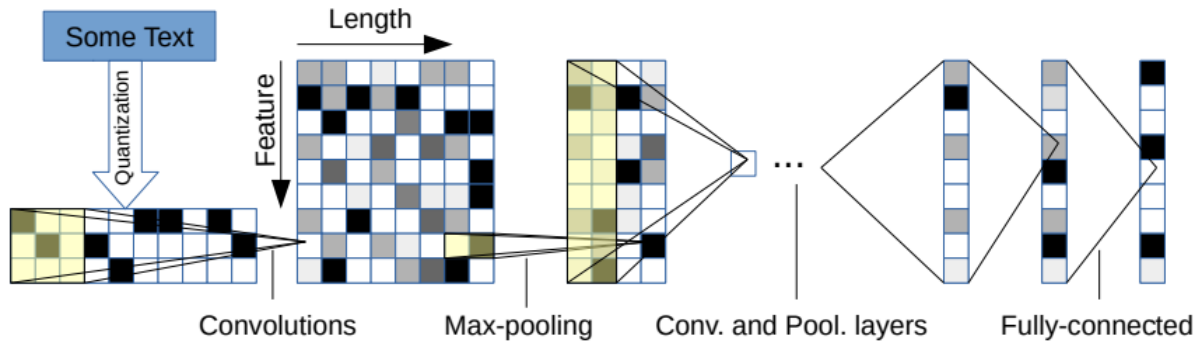


Рис. 3 Архітектура згорткової нейронної мережі

Згорткові нейронні мережі [2], спочатку не призначалися для роботи з текстом, вони використовувалися в «комп'ютерному зорі» і розпізнаванні образів. Згорткова нейронна мережа – це особливий вид нейронних мереж прямого поширення (рис. 3). Під прямим поширенням розуміється те, що поширення сигналів по нейронах йде по порядку, від першого шару до останнього. Прихованих шарів в мережі може бути досить багато, все залежить від кількості даних і складності завдання.

Основною особливістю таких мереж є наявність шарів, що чергуються по типу «згортка – субдискретизація», яких може бути безліч. Операція згортки (рис. 4) має на увазі, що кожен фрагмент входу по-елементно множиться на невелику матрицю ваг (ядро), а результат підсумовується. Ця сума є елементом виходу, який називається картою ознак. Зважена сума входів пропускається через функцію активації.

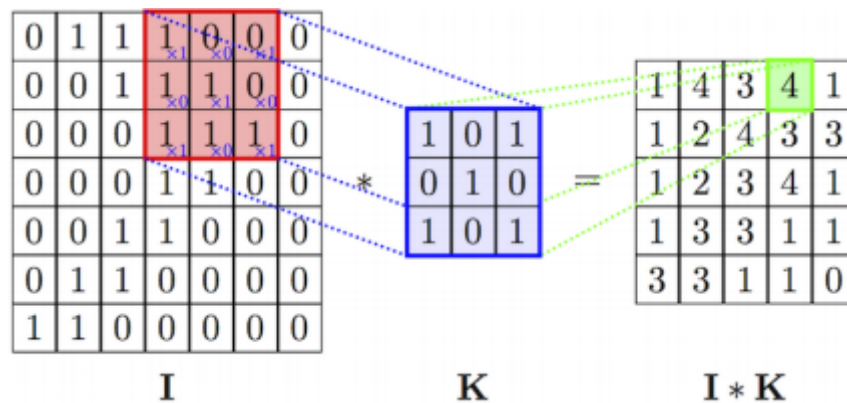


Рис. 4 Операція згортки

Для того щоб здійснити реалізацію таких класифікаторів як Long short-time memory, Naïve Bayes Classifier, Convolutional Neural Network необхідно обов'язково залучити низку бібліотек, які використовуються для машинного навчання : Keras та TensorFlow.

Keras - відкрита нейромережева бібліотека, написана на мові **Python** [10].

TensorFlow - це програмна бібліотека з відкритим вихідним кодом для високопродуктивних чисельних розрахунків, розроблена компанією Google [11].

Отже, для порівняння було реалізовано наступні класифікатори:

1. Naïve Bayes Classifier
2. LSTM + Keras framework
3. 1D CNN + Keras framework
4. 3D CNN + TensorFlow + Bert Tokenizer

Для того, щоб здійснити порівняння описаних класифікаторів та алгоритмів, доцільним є використати такі параметри як: час тренування, час тестування та точність класифікації. У рамках даної наукової роботи за точність будемо приймати відсоткове співвідношення кількості правильних передбачень класифікатора до розміру вибірки. В таблиці 1 представлено отримані результати:

Таблиця 1. Результати роботи

Класифікатор	Час тренування, сек	Точність тренування, %	Час тестування, с	Точність тестування, %

Naïve Bayes Classifier	~ 1 сек	98,0 %	~ 1 сек	88,06 %
LSTM + Keras	2 829 сек	95,03 %	97 сек	75,32 %
1D CNN + Keras	461 сек	99,0 %	21 сек	88,57 %
3D CNN + Tensorflow + Bert Tokenizer	2 304 сек	99,27 %	4 сек	89,72 %

На основі проведеного дослідження та у відповідності до отриманих результатів, які наведені у таблиці 1 варто зазначити, що найбільш негативні результати за всіма параметрами показала Long short-time memory мережа. Даний факт є можливість пояснити тим, що набір даних, який був обраний є доволі малий, аби повною мірою продемонструвати переваги рекурентних нейронних мереж.

У відповідності до параметру, який підкреслив час тренування та тестування найбільш привабливий результат показав класифікатор Байєса, однак варто зазначити, що окрім часового параметру він незначно поступається в точності класифікаторам, які є побудованими на основі згорткових нейронних мереж. Проте, варто зробити наголос, що максимальним недоліком баєсівського класифікатора є те, що якщо в тестовому наборі наявне слово, яке, в свою чергу, не знайдене у базі тренувальних даних, цей факт негативно вплине на ефективність класифікатора.

Під час проведення, порівняння класифікаторів на згорткових нейронних мережах, можна зробити висновок, що збільшення кількості шарів згорткової нейронної мережі та використання Bert Tokenizer збільшує час на навчання мережі, проте, це максимально зменшує час, який відводиться на тестування та максимально підвищує точність класифікації, що є беззаперечним позитивним фактом.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. В ході виконання даної роботи було реалізовано декілька класифікаторів для проведення sentiment-аналізу та порівняно їх за ефективністю та часом навчання та тестування. Здійснено порівняння якості роботи за чотирма класифікаторами: Naïve Bayes Classifier; LSTM + Keras framework; 1D CNN + Keras framework; 3D CNN + TensorFlow + Bert Tokenizer. Доведено, що класифікатор Naïve Bayes Classifier демонструє результати краще, ніж інші методи. Так як вирішення задачі sentiment аналізу тексту пов'язано з обробкою великої кількості текстів, застосування згорткових нейронних мереж буде ефективніше з точки зору обчислювальної складності, ніж LSTM. Важливо відзначити, що в даній роботі розкрита проста архітектура згорткової нейронної мережі. Поліпшення параметрів моделі та по символічній передпідготовки даних [12], а також збільшення розміру початкового корпусу текстів дозволить значно підвищити характеристики класифікатора.

Список бібліографічного опису.

1. Bing Liu. Sentiment Analysis and Opinion Mining, Morgan & Claypool Publishers, May 2012.
2. Кобець Н.М., Ковалюк Т.В. Задачі sentiment-аналізу як інструмент моніторингу міркувань користувачів соціальних мереж.//Матеріали наукової конференції студентів, магістрантів та аспірантів 23 – 24 квітня 2018 року «Інформатика та обчислювальна техніка» – ІОТ-2018, Київ, 2018. С.151-153.
3. Мазниченко Н. І. Автоматичний аналіз текстів електронних документів. Сучасні тенденції розвитку української науки : матеріали Всеукр. наук. конф., 6–7 трав. 2017 р.. Переяслав-Хмельницький, 2017. Вип. 2. С. 136–139.
4. Шингалов Д. В. Методи автоматичного аналізу тональності контенту у соціальних мережах для виявлення інформаційно-психологічних впливів / Д. В. Шингалов, Є. В. Мелешко, Р. М. Минайленко, В. А. Резніченко // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. 2017. Вип. 30. С. 196-202. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znptu_2017_30_29.
5. Шаховська Н. Б. Шкалювання емоційно забарвлених слів для використання у методах класифікації тональності / Н. Б. Шаховська, Х. Ю. Гірак // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Інформаційні системи та мережі. 2017. № 872. С. 195-203. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPICM_2017_872_23.
6. Large Movie Review Dataset [Електронний ресурс]. - URL: <https://www.kaggle.com/lakshmi25npathi/imdb-dataset-of-50k-movie-reviews>
7. Stuart J. Russell and Peter Norvig. Artificial Intelligence: A Modern Approach, Prentice Hall, 2003.
8. Understanding RNN and LSTM [Електронний ресурс]. - URL: <https://towardsdatascience.com/understanding-rnn-and-lstm-f7cdf6dfc14e>
9. Применение свёрточных нейронных сетей для задач NLP [Електронний ресурс] - URL: <https://habr.com/ru/company/ods/blog/353060/>
10. TensorFlow [Електронний ресурс] - URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/TensorFlow>
11. Keras [Електронний ресурс] - URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Keras>
12. Understanding of Convolutional Neural Network (CNN) — Deep Learning [Електронний ресурс] - URL: <https://medium.com/@RaghavPrabhu/understanding-of-convolutional-neural-network-cnn-deep-learning-99760835f148>

13. Sentiment Analysis: Concept, Analysis and Applications [Електронний ресурс] – URL: <https://towardsdatascience.com/sentiment-analysis-concept-analysis-and-applications-6c94d6f58c17>
14. Dalibor Bužić. Sentiment Analysis on Text Documents. URL: https://www.researchgate.net/publication/336716648_Sentiment_Analysis_of_Text_Documents

References

1. Bing Liu. (2012) Sentiment Analysis and Opinion Mining, *Morgan & Claypool Publishers*, May 2012.
2. Kobec N.M., Kovalyuk T.V. (2018) Zadachi sentiment-analizu yak instrument monitoringu mirkuvan koristuvachiv socialnih mrezh.*Materiali naukoyi konferenci studentiv, magistrantiv ta aspirantiv 23 – 24 kvitnya 2018 roku «Informatika ta obchislyvalna tehnika» – IOT-2018*, Kiyiv. S.151-153.
3. Maznichenko N. I. (2017) Avtomatichnij analiz tekstiv elektronnih dokumentiv. *Suchasni tendenciya rozvitku ukrayinskoyi nauki : materialy Vseukr. nauk. konf.*, 6–7 trav. 2017 r.. Pereyaslav-Hmelnickij. Vip. 2. S. 136–139.
4. Shingalov D. V. (2017) Metodi avtomatichnogo analizu tonalnosti kontentu u socialnih mrezhah dlya viyavleniya informacijno-psihologichnih vpliviv / D. V. Shingalov, Ye. V. Meleshko, R. M. Minajlenko, V. A. Reznichenko // *Zbirnik naukovih prac Kirovogradskogo nacionalnogo tehnicnogo universitetu. Tehnika v silskogospodarskomu virobnictvi, galuzeve mashinobuduvannya, avtomatizaciya*. Vip. 30. S. 196-202. Rezhim dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpkntu_2017_30_29.
5. Shahovska N. B. (2017) Shkalyuvannya emocijno zabarvlenih sliv dlya vikoristannya u metodah klasifikaciya tonalnosti / N. B. Shahovska, H. Yu. Girak // *Visnik Nacionalnogo universitetu "Lvivska politehnika". Informacijni sistemi ta mrezhhi*. № 872. S. 195-203. Rezhim dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPICM_2017_872_23.
6. Large Movie Review Dataset [Elektronij resurs]. - URL: <https://www.kaggle.com/lakshmi25npathi/imdb-dataset-of-50k-movie-reviews>
7. Stuart J. (2003) Russell and Peter Norvig. Artificial Intelligence: A Modern Approach, Prentice Hall.
8. Understanding RNN and LSTM [Elektronij resurs]. – URL: <https://towardsdatascience.com/understanding-rnn-and-lstm-f7cdf6dfc14e>
9. Primenenie svyortochnyh nejronnyh setej dlya zadach NLP [Elektronij resurs] – URL: <https://habr.com/ru/company/ods/blog/353060/>
10. TensorFlow [Elektronij resurs] – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/TensorFlow>
11. Keras [Elektronij resurs] – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Keras>
12. Understanding of Convolutional Neural Network (CNN) — Deep Learning [Elektronij resurs] – URL: <https://medium.com/@RaghavPrabhu/understanding-of-convolutional-neural-network-cnn-deep-learning-99760835f148>
13. Sentiment Analysis: Concept, Analysis and Applications [Elektronij resurs] – URL: <https://towardsdatascience.com/sentiment-analysis-concept-analysis-and-applications-6c94d6f58c17>
14. Dalibor Bužić. Sentiment Analysis on Text Documents. URL: https://www.researchgate.net/publication/336716648_Sentiment_Analysis_of_Text_Documents

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-22

УДК: 004.056.5

Терейковська Людмила Олексіївна, к.т.н., доц.

<http://orcid.org/0000-0002-8830-0790>

Київський національний університет будівництва і архітектури

МЕТОД НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙ ПО ЗОБРАЖЕННЮ ОБЛИЧЧЯ

Терейковська Л.О. Метод нейромережевого розпізнавання емоцій по зображенню обличчя. Стаття присвячена вирішенню задачі вдосконалення нейромережових засобів розпізнавання емоцій операторів інформаційно-управляючих систем на основі зображення обличчя. З'ясовано, що труднощі розробки таких засобів пов'язані з формуванням репрезентативної навчальної вибірки. Запропоновано нівелювати означені труднощі за рахунок застосування експертних знань. Розроблено метод нейромережевого розпізнавання емоцій по зображенню обличчя людини, який за рахунок запропонованого підходу до застосування продукційних правил для подання в нейронну мережу експертних знань, дозволяє підвищити оперативність розпізнавання та розширити множину видів складних емоцій, характеристики яких не представлені в статистичних даних. Проведені експериментальні дослідження показали, що використання розробленого методу дозволяє забезпечити помилку розпізнавання емоцій на рівні кращих сучасних систем подібного призначення.

Ключові слова: розпізнавання емоцій, інформаційно-управляюча система, зображення обличчя, нейронна мережа, захист інформації, продукційне правило.

Терейковская Л.А. Метод нейросетевого распознавания эмоций по изображению лица. Статья посвящена решению задачи совершенствования нейросетевых средств распознавания эмоций операторов информационно-управляющих систем на основе изображения лица. Выяснено, что трудности разработки таких средств связаны с формированием репрезентативной обучающей выборки. Предложено нивелировать указанные трудности за счет применения экспертных знаний. Разработан метод нейросетевого распознавания эмоций по изображению лица человека, который за счет предложенного подхода к применению продукционных правил для подачи в нейронную сеть экспертных знаний, позволяет повысить оперативность распознавания и расширить множество видов сложных эмоций, характеристики которых не представлены в статистических данных. Проведенные экспериментальные исследования показали, что использование разработанного метода позволяет обеспечить ошибку распознавания эмоций на уровне лучших современных систем подобного назначения.

Ключевые слова: распознавание эмоций, информационно-управляющая система, изображение лица, нейронная сеть, защита информации, продукционное правило.

Tereikovska L.A. Neural network emotion recognition method based on facial images. The article is devoted to solving the problem of improving neural network means of recognizing emotions of operators of information control systems based on a face image. It was found that the difficulties in developing such tools are associated with the formation of a representative training sample. It is proposed to neutralize these difficulties through the use of expert knowledge. A method for neural network recognition of emotions based on the image of a person's face has been developed, which, due to the proposed approach to the application of production rules for supplying expert knowledge to the neural network, allows increasing the recognition efficiency and expanding many types of complex emotions, the characteristics of which are not presented in statistical data. Experimental studies have shown that the use of the developed method makes it possible to provide an error in emotion recognition at the level of the best modern systems for such a purpose.

Keywords: emotion recognition, information management system, face image, neural network, information security, production rule.

Постановка наукової проблеми. В даний час засоби автоматичного розпізнавання емоцій (ЗАРЕ) набувають все більшого поширення в інформаційно-управляючих системах (ІУС) як загального так і спеціалізованого призначення. Наприклад, такі інструменти використовуються в деяких китайських школах для автоматичного виявлення учнів, які відволікаються від навчальних завдань [3, 4]. Також подібний інструментарій успішно використовується в медицині, індустрії розваг, системах управління розумним будинком та в галузі кібербезпеки для розпізнавання емоційного стану операторів критично важливих інфраструктурних об'єктів, ведення інформаційних війн та виявлення потенційних правопорушників в громадських місцях [2, 5].

У більшості відомих випадків розпізнавання емоцій реалізується на основі аналізу зображення обличчя людини. У той же час важливим напрямом підвищення ефективності ЗАРЕ є "інтелектуалізація" методів розпізнавання за допомогою використання нейромережових рішень [1, 7]. Крім літературних джерел [8-11, 17-22], перспективність даного напрямку підтверджується успішним застосуванням нейромережових ЗАРЕ в проектах «Oxford» (azure.microsoft.com/en-gb/services/cognitive-services/), «Noldus» (www.noldus.com/human-behavior-research/products/facereader) та «Eyeris» (www.eyeris.ai). Разом з тим велика кількість хибних спрацювань, довготривалий термін та нестабільність навчання, недостатня адаптація до багатьох особливостей сучасного стану ІУС, що пов'язана в першу з методологічними недоліками, значно обмежують їх практичну цінність.

Отже терміново слід вирішити проблему, викликану з одного боку необхідністю та перспективністю використання існуючих нейромережових засобів розпізнавання емоцій, а з іншого - недосконалістю методів розробки та застосування таких засобів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В результаті аналізу науково-практичних робіт [8, 18, 19], присвячених дослідженню апробованих рішень в області розпізнавання емоцій, визначено, що відомі методи розпізнавання можливо класифікувати на холистичні і локальні. Холистичні методи передбачають розпізнавання емоцій на підставі аналізу всього зображення в цілому. В локальних методах - емоції визначаються за сукупністю окремих контрольних точок або окремих частин зображення обличчя особи. При цьому в обох випадках найчастіше використовуються або засоби розпізнавання на основі логічних правил, або нейромережові засоби, що базуються на класичних типах нейромережових моделей (НММ). Крім того визначено, що в ІУС загального призначення використовуються ЗАРЕ, що функціонують на основі аналізу статичного зображення обличчя, тобто динаміка зображення обличчя в часі не враховується. Це пояснюється труднощами реалізації безперервного відеоконтролю за обличчям конкретної людини. Також розглянуто ряд робіт, що присвячені сучасним ЗАРЕ на базі логічних правил. Так, в роботах [5, 14, 17] наведено приклади використання теорії нечітких множин для розпізнавання базових емоцій. Вказано, що типовий набір нечітких логічних правил являє собою ряд різних варіантів реалізацій емоцій, складений на основі системи кодувань рухів обличчя (Action Units, AU), розробленої П. Екманом. Для кожної ознаки експериментально вибирають мінімальний поріг позитивної чи негативної вираженості, а потім складається логічне правило. Типовий приклад логічного правила визначається виразом:

$$v = x_{1+} \wedge x_{2+} \wedge x_{14+} \wedge x_{20+}, \quad (1)$$

де $\wedge$ - логічний оператор «і»; $|$ - логічний оператор «або»; $!$ - логічний оператор «ні», v - вид розпізнаної емоції, x_{i+} - i -ий AU, позитивна вираженість якого перевищує мінімальне порогове значення.

Вказується, що для класифікації з використанням методів теорії нечіткої логіки першочергове значення має налаштування параметрів функцій приналежності, а також повнота експертних правил. Так, в [21] для настройки параметрів функцій приналежності пропонується використовувати покращений алгоритм Principal Component Analysis. Наведено результати експериментальних досліджень, відповідно до яких середня точність розпізнавання семи емоцій становить 98,32%. Подібний підхід до класифікації запропонований в [15]. В цьому випадку ступінь вираженості AU перетворюється в маркери наявності емоцій за допомогою логічних дерев рішень, специфічних для різних етнічних груп. Разом з тим вказується, що значною перешкодою в розробці подібних засобів є необхідність створення представницьких баз даних нечітких експертних правил, що враховують різноманіття умов розпізнавання. Для подолання вказаної перешкоди використовуються нейромережові ЗАРЕ, для аналізу яких використано роботи [1, 8-13, 26-28]. Так, в [1] запропонований варіант реалізації засобів розпізнавання емоційного стану для підвищення ергономічності системи підтримки спілкування людини з сервісами антропоморфних роботів. Вказується, що суттєвою перешкодою при розробці систем розпізнавання емоцій є обмеженість доступних баз даних, а також висока частка індивідуальних особливостей в прояві тієї чи іншої емоції у різних людей. Це істотно підвищує вимоги до узагальнюючих можливостей використаних методів машинного навчання. Крім цього на точність розпізнавання суттєво впливає зміна положення особи на зображенні, наявність окулярів, макіяжу або зачіски, яка закриває брови. Для нівелювання цих труднощів пропонується використовувати різні алгоритми локальної фільтрації зображення при визначенні інформативних ознак особи, а оцінку ступеня вираженості емоцій - розраховувати за допомогою мультикласифікатора. Розроблена в [12] система дозволяє розпізнавати 7 базових емоцій на основі відфільтрованих локальних ознак ступеня вираженості 20 AU. До вказаних базових емоцій відносять радість, злість, смуток, відразу, страх та здивування. Отримані значення нормують відповідно нейтрального виразу обличчя, а потім розраховували ступінь вираженості кожної з базових емоцій класифікаторами трьох типів: класифікатором Байеса, двохшаровим перцептроном і блоком логічних правил. Підсумкова ступінь вираженості емоції розраховується як сума відгуків класифікатором Байеса і нейронної мережі. Логічні правила використовуються тільки для вирішення ситуацій, коли кілька емоцій отримують однакову високу оцінку ступеня вираженості. Експериментально доводиться, що сам по собі блок логічних правил не дозволяє досягти достатньої точності розпізнавання. Тому самостійне використання такого блоку в роботі [12] вважають недоцільним. Вказано, що досягнута точність класифікації емоцій системи в цілому складає 85%. Автори [21] декларують можливість значного підвищення точності розпізнавання за рахунок використання в якості ознак просторово-часової модифікації локальних бінарних шаблонів. В [9, 18]

продемонстровано алгоритм розрахунку інтенсивності АУ і нейромережевого зіставлення ефективності різних груп ознак і їх об'єднань.

Результати проведеного аналізу дозволяють стверджувати, що в області нейромережевого розпізнавання емоцій основна увага сконцентрована на оптимізацію структурних параметрів НММ та на створення засобів попередньої фільтрації зображень. При цьому базою сучасних рішень є згорткові нейронні мережі різної архітектури. Інші типи апробованих НММ менш ефективні як з точки зору точності розпізнавання, так і з точки зору ресурсоемності. Також вважається, що важливою передумовою ефективного розпізнавання емоцій за допомогою НММ є наявність відкритих і представницьких баз даних, які можуть бути використані для навчання і тестування мережі. Найбільш відомими із них є OMG-Emotion challenge, EmotiW challenge, AffectNet, AFEW-VA, EmotioNet challenge, EmoReact, Cohn-Kanade. У зазначених базах кількість представлених емоцій варіюється від 6 до 17. Разом з тим в більшості із проаналізованих робіт [12-17, 23-28] вказується на недостатню репрезентативність баз даних, що не дозволяє проводити ефективне навчання НММ для розпізнавання емоцій при негативному впливі завад, характерних для ІУС (поворот обличчя та розмитість зображення обличчя). В результаті втрачається оперативність створення нейромережевих засобів розпізнавання. виправити вказаний недолік можливо по аналогії з [2, 5], де недостатня повнота баз даних параметрів кібератак нівелюється за рахунок подання в НММ експертних правил. Ще одним позитивним моментом навчання НММ на експертних даних є можливість розпізнавання складних емоцій, статистика яких недостатньо представлена в відомих базах даних.

Мета дослідження. Розробка методу нейромережевого розпізнавання емоцій по зображенню обличчя оператора інформаційно-управляючої системи, що за рахунок використання експертних знань забезпечить підвищення оперативності розпізнавання та дозволить розширити множину видів складних емоцій, характеристики яких не представлені в статистичних даних.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів.

Концептуально теорія нейронних мереж об'єднує багато різнотипних моделей. Спільною рисою НММ є методологія обробки даних, яка полягає в отриманні зовнішнього сигналу, його передачі до штучних нейронів по синаптичним зв'язкам, обробці в штучному нейроні отриманого сигналу шляхом застосування активаційної функції. При цьому кожен синаптичний зв'язок може мати свій унікальний ваговий коефіцієнт, попередньо визначений при навчанні НММ в процесі подання навчальних прикладів. Саме багатоітераційна процедура подання деяким типам НММ навчальних прикладів (статистичних даних) є підґрунтям для їх інтерпретації як аналізатора статистичної інформації. До цих типів НММ передусім відносяться багат шаровий перцептрон, карта Кохонена, згорткова та рекурентна нейронна мережа. Однак достатньо відомі та апробовані інші типи НММ, котрі навчаються методом "з вчителем" шляхом запам'ятовування представлених навчальних прикладів, які в певному сенсі можна вважати аналогом продукційних правил типу (1). Адже по своїй суті навчальний приклад - це комбінація продукційних правил:

$$\text{If } X_1 = a_1 \wedge X_2 = a_2 \wedge \dots \rightarrow Y, \quad (2)$$

де X_i - i -ий вхідний параметр (атрибут), Y - вихід НММ, a_i - задане значення i -го параметру.

Таким чином, в НММ, що навчаються шляхом запам'ятовування навчальних прикладів, можливо подати експертні знання у вигляді продукційних правил.

Найбільш відомим типом таких НММ є ймовірнісна нейронна мережа (PNN – Probabilistic Neural Network). Класифікація невідомих прикладів реалізується мережею PNN на основі оцінок їх схожості з навчальними прикладами за допомогою методу Байєса [3, 5, 25]. Невідомий приклад відноситься до класу, у якого щільність розподілу в області даного прикладу є найбільшою. Для оцінки щільності розподілу в області певного навчального прикладу використовується функція Гауса з центром в точці, якій відповідає даний приклад. Класична мережа PNN складається із чотирьох шарів нейронів - вхідного, образів, додавання та вихідного. Кількість нейронів вхідного шару (L_{in}) дорівнює кількості контрольованих параметрів. Кількість нейронів шару образів (L_o) дорівнює кількості навчальних прикладів, а кількість нейронів шару додавання (L_s) дорівнює кількості класів, які розпізнаються. Шари L_{in} та L_o складають повнозв'язну структуру, а кожен нейрон шару L_o пов'язаний тільки з тим нейроном шару L_s , якому відповідає клас образу. Для зв'язків, що входять в нейрон L_o , вагові коефіцієнти встановлюються такими ж, як нормалізовані складові частини відповідного навчального прикладу. Вагові коефіцієнти зв'язків, що входять до нейронів L_s та до нейрону вихідного шару (L_{out}) дорівнюють 1. Таким чином, структура і вагові коефіцієнти зв'язків мережі PNN безпосередньо визначаються навчальними даними. Структура мережі PNN, призначеної для класифікації двох абстрактних класів показана на рис. 1. Нейрони шару L_o з номерами від A_1 до

A_N відповідають навчальним прикладам, які співвідносяться з класом A , а нейрони з номерами від B_1 до B_N - з класом B . Вихідний сигнал j -го нейрону шару образів розраховується так:

$$\theta_j^o = \sum_{i=1}^N \exp\left(\frac{-(w_{i,j} - x_i)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (3)$$

де x_i - i -а компонента невідомого образу, $w_{i,j}$ - ваговий коефіцієнт зв'язку між i -им входним нейроном та j -им нейроном шару образів, N - кількість компонент входного вектора-образу, σ - радіус функції Гауса.

Вихідний сигнал j -го нейрону в шарі L_s (θ_j^s) розраховується так:

$$\theta_j^s = \sum_{i=1}^N \theta_i^o, \quad (4)$$

де N - кількість нейронів L_o , пов'язаних з j -им нейроном L_s , θ_i^o - активність i -ого нейрону шару образів, пов'язаного з j -им нейроном L_s .

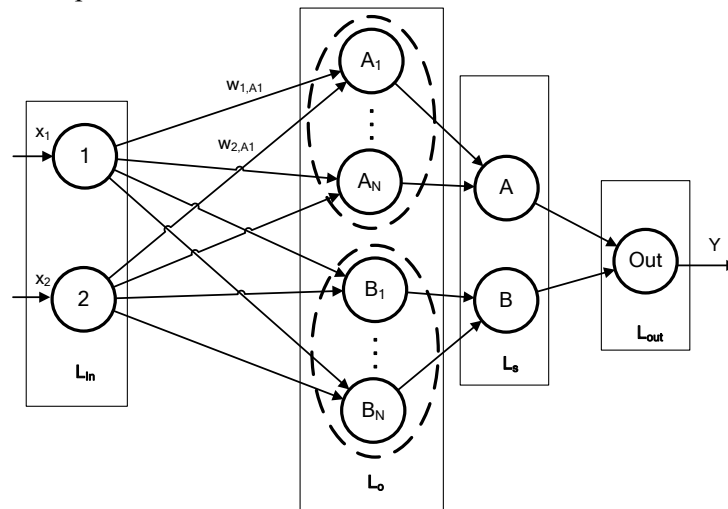


Рис. 1. Структура мережі PNN, що призначена для розпізнавання двох класів

Вихідний сигнал нейрону шару L_s дорівнює ймовірності віднесення входного образу до класу, що відповідає даному нейрону. Задачею вихідного нейрону є тільки визначення нейрону L_s з максимальною активністю. В багатьох випадках вихідний нейрон відсутній, а визначення нейрону L_s з максимальною активністю реалізують засобами, які не входять до складу НМ.

Зазначимо, що відповідно [3, 5] для підвищення ефективності процесу розрахунку вихідного сигналу мережу PNN доцільно представити в матричній формі. При цьому елементами матриць будуть вагові коефіцієнти зв'язків між сусідніми шарами нейронів. Якщо ж зв'язок між нейронами не передбачено, то вважається, що його ваговий коефіцієнт дорівнює 0. Єдиним емпіричним параметром такої моделі мережі PNN є величина радіуса функції Гауса, що використовується у виразі (3) для розрахунку вихідного сигналу нейрону шару образів. При цьому для багатьох практичних випадків можна прийняти $\sigma = 1$.

На основі результатів [2, 25] можливо стверджувати, що особливості структури та навчання НММ дозволяють реалізувати внесення в неї нового продукційного правила (навчального прикладу), використовуючи підхід:

- Співвіднести входні нейрони PNN з атрибутами продукційних правил.
- Співвіднести нейрони шару додавання з класами, до яких може бути віднесений невідомий приклад.
- Співвіднести результат нового продукційного правила з одним із нейронів шару додавання.
- Додати в шар образів новий нейрон, що відповідає новому продукційному правилу.
- Задати для цього нейрону величини вагових коефіцієнтів входних зв'язків рівними значенням атрибутів даного продукційного правила.
- Встановити для нового нейрону вихідний зв'язок з відповідним нейроном шару додавання.

Базуючись на наведеному підході та з урахуванням теоретичних робіт [1, 23-25], запропоновано метод нейромережевого розпізнавання емоцій по зображенню обличчя, що складається з наступних етапів:

1. Використовуючи технології обробки експертної інформації визначити:
 - Множину параметрів, що описують геометрію обличчя.
 - Множину емоцій, яку повинна розпізнавати НММ. В найпростішому випадку НМ буде розпізнавати сім базових емоцій.
 - Множину продукційних правил вигляду (2).
 2. Визначити множину вхідних параметрів НММ, що співвідносяться з параметрами, що описують геометрію обличчя. При цьому можливо застосувати запропонований в [1] метод кодування рухів обличчя.
 3. Визначити в шарі додавання стільки нейронів, скільки класів (емоцій) повинна розпізнавати НММ.
 4. Використовуючи наведений підхід визначити структуру та вагові коефіцієнти зв'язків.
- Запропонований метод верифіковано експериментальним шляхом. Проведені комп'ютерні експерименти, спрямовані на нейромережеве розпізнавання семи базових емоцій на основі аналізу 46 AU. Структура побудованої НММ типу PNN показана на рис. 2.

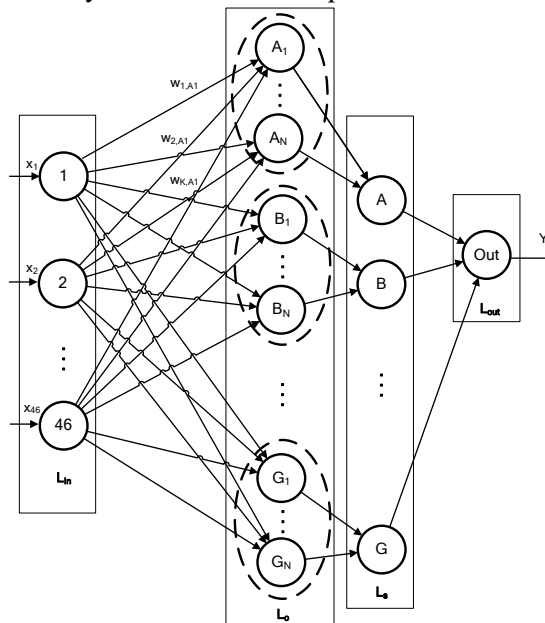


Рис. 2. Структура мережі PNN, призначеної для класифікації базових емоцій

В даній мережі нейрони вхідного шару відповідають окремим AU. Так в шарі додавання нейрон A відповідає емоції радість, B - гніву, C - огиді, D - смутку, E - страху, F - здивуванню, а нейрон G – нейтральності. Для навчання розроблено продукційні правила виду:

$$\begin{aligned}
 &\text{If } X_1 = 0 \wedge \dots \wedge X_4 = 1 \wedge X_5 = 1 \wedge X_6 = 0 \\
 &\wedge X_7 = 1 \wedge X_8 = 0 \dots \wedge X_{17} = 1 \wedge X_{18} = 0 \dots, \\
 &\wedge X_{23} = 1 \wedge X_{24} = 0 \dots \wedge X_{46} = 0 \rightarrow \text{Радість}
 \end{aligned} \quad (5)$$

де $X_i = 0$, коли інтенсивність i -го AU не перевищує пороговий рівень, $X_i = 1$, коли інтенсивність i -го AU більша порогового рівня.

Зазначимо, що кожній емоції співставлено 6 продукційних правил. Відповідно кількість нейронів у шарі образів дорівнює 42. В якості джерела експертних даних використано роботи [12, 19, 27]. Апробація розробленої моделі на даних БД Fer2013-images (www.kaggle.com) показала точність розпізнавання на рівні 85%. При цьому всі зображення, що були використані для формування навчальних прикладів, розпізнані з точністю 100%. Не зважаючи на можливості подання експертних знань, широкому застосуванню запропонованого методу дещо заважає використання в ньому мережі PNN, характерний недолік якої полягає у низькій здатності узагальнювати навчальну інформацію. Це заважає використовувати запропонований метод для однієї із найбільш актуальних задач в області біометрії - одночасного оперативного розпізнавання емоцій багатьох людей [2, 25]. Тому доцільно співвіднести шляхи подальших досліджень з вдосконаленням запропонованого методу в напрямку застосування НММ з високими узагальнюючими можливостями.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проблематика статті пов'язана з вдосконаленням засобів розпізнавання емоційного стану операторів інформаційно-управляючих систем. Показано, що з позицій ергономічності, продуктивності та захищеності впровадження

вказаних засобів дозволить підвищити ефективність як універсальних, так і інформаційно-управляючих систем, котрі використовуються на об'єктах критичної інфраструктури. Визначено перспективність засобів розпізнавання емоційного стану на основі нейромережевого аналізу зображення обличчя оператора. З'ясовано, що труднощі розробки таких засобів пов'язані з формуванням репрезентативної навчальної вибірки. Запропоновано нівелювати означені труднощі за рахунок застосування експертних знань. Для цього запропоновано оригінальний підхід застосування продукційних правил для подання в нейронну мережу експертних знань. На базі запропонованого підходу побудовано метод нейромережевого розпізнавання емоцій по зображенню обличчя людини, який дозволяє підвищити оперативність розпізнавання та розширити множину видів складних емоцій, характеристики яких не представлені в статистичних даних. Проведені експериментальні дослідження показали, що використання побудованого методу дозволяє забезпечити помилку розпізнавання емоцій на рівні відомих розробок аналогічного призначення. Запропоновано співвіднести шляхи подальших досліджень з розробкою рішень, що дозволили б одночасно оперативно розпізнавати емоції багатьох людей.

Список бібліографічних посилань.

1. Бобе А.С., Конышев Д.В., Воротников С.А. Система распознавания базовых эмоций на основе анализа двигательных единиц лица. Инженерный журнал: наука и инновации, 2016, вып. 9. pp. 1-16.
2. Корченко А., Терейковский И., Карпинский Н., Тынымбаев С. Нейросетевые модели, методы и средства оценки параметров безопасности интернет-ориентированных информационных систем. [Монография] - К.: Наш Формат, 2016. – 273 с.
3. Михайленко В. М., Терейковська Л. О., Терейковський І. А., Ахметов Б. Б. Нейромережеві моделі та методи розпізнавання фону в голосовому сигналі в системі дистанційного навчання: [Монографія] - К.: ЦП «Компринт», 2017.– 252 с.
4. Михайленко В. М., Терейковская Л.А. Парадигмы нейросетевого распознавания эмоций. Управление развитием сложных систем. 2019. №39. сс. 179-186.
5. Терейковський І. Нейронні мережі в засобах захисту комп'ютерної інформації.-К.: ПоліграфКонсалтинг, 2007.–209 с.

References.

1. Akhmetov B., Tereikovskiy I., Tereikovska L., Adranova A. Neural Network User Authentication by Geometry of the Auricle. Recent Developments in Data Science and Intelligent Analysis of Information Proceedings of the XVIII International Conference on Data Science and Intelligent Analysis of Information, June 4–7, 2018, Kyiv, Ukraine, pp.11-19.
2. Akhmetov B., Tereikovskiy I., Doszhanova A., Tereikovskaya L. (2018). Determination of input parameters of the neural network model, intended for phoneme recognition of a voice signal in the systems of distance learning. International Journal of Electronics and Telecommunications. Vol 64, No 4 (2018), pp. 425-432.
3. Anderson K., McOwan Peter W. A realtime automated system for the recognition of human facial expressions // Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, IEEE Transactions on , vol.36, no.1, pp.96-105, 2006.
4. Batista J., Albiero V., Bellon O., Silva L. Aumpnet: simultaneous action units detection and intensity estimation on multipose facial images using a single convolutional neural network. In Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2017), 2017 12th IEEE International Conference on, pages 866–871. IEEE, 2017.
5. Chandrani S., Washef A., Soma M., Debasis M. Facial Expressions: A Cross-Cultural Study. Emotion Recognition: A Pattern Analysis Approach. Wiley Publ., 2015, pp. 69–86.
6. Dychka I., Tereikovskiy I., Tereikovska L., Pogorelov V., Mussiraliyeva S. (2018). Deobfuscation of computer virus malware code with value state dependence graph. Advances in Intelligent Systems and Computing, pp. 370-379, 2018.
7. Ertugrul O., Jeni L., Cohn J. FACSCaps: Pose-Independent Facial Action Coding with Capsules. 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), Salt Lake City, UT, 2018, pp. 2211-221109.
8. Ghosh S., Laksana E., Scherer S., Morency L.-P. A multi-label convolutional neural network approach to crossdomain action unit detection. In Affective Computing and Intelligent Interaction, 2015 International Conference on, pages 609–615. IEEE, 2015.
9. Goodfellow J., Erhan D., Carrier L. (2015). Challenges in representation learning: A report on three machine learning contests, Neural Networks 2015, vol. 64, pp. 59–63.
10. Gudi A., Tasli H., Den Uyl T., Maroulis A. Deep learning based faces action unit occurrence and intensity estimation. In Automatic Face and Gesture Recognition (FG), 2015 11th IEEE International Conference and Workshops on, vol. 6, pp. 1–5.
11. He J., Li D., Yang B., Cao S., Sun B., Yu L.. Multi view facial action unit detection based on cnn and blstmnn. In Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2017), 2017 12th IEEE International Conference on, pages 848–853. IEEE, 2017.
12. Hu Z., Tereikovskiy I., Tereikovska L., Zhibek A. Optimization of convolutional neural network structure for biometric authentication by face geometry. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018. Volume 754, pp 567-577.
13. Ilbeygi M., Shah-Hosseini H. A novel fuzzy facial expression recognition system based on facial feature extraction from color face images. Engineering Applications of Artificial Intelligence 25, 2012, pp. 130–146.
14. Erik L., Gary B., RoyChowdhury A., Haoxiang L. Labeled Faces in the Wild: A Survey. In Advances in Face Detection and Facial Image Analysis, Springer, pages 189-248, 2016.
15. Seyed M., Marjan A., Face emotion recognition system based on fuzzy logic using algorithm improved Particle Swarm, International Journal of Computer Science and Network Security, V. 16 No.7, July 2016, pp. 157-166.
16. Tariq U., Lin K., Li Z., Zhou Z., Wang Z., Le V., Huang T.S., Lv X., Han T.X. Emotion Recognition from an Ensemble of Features. Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, IEEE Transactions, 2012, vol. 42 (4), pp. 1017–1026.

17. Tereikovska L., Tereikovskiy I., Mussiraliyeva S., Akhmed G. Recognition of emotions by facial Geometry using a capsule neural network. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCET). Vol. 10, Issue 04, April 2019, pp. 270-279
18. Tereikovska L., Tereikovskiy I., Ayt Khozhaeva E., Tynymbayev S., Imanbayev A. (2017). Encoding of neural network model exit signal, that is devoted for distinction of graphical images in biometric authenticate systems. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, Volume 6, Number 426, pp. 217 – 224, 2017.
19. Tereikovskaya L., Petrov O., Aleksander M. Prospects of neural networks in business models. TransComp 2015. 30 November – 3 December, 2015, Zakopanem, Poland. – P. 1539–1545.
20. Toliupa S., Tereikovskiy I., Dychka I., Tereikovska L., Trush A. The Method of Using Production Rules in Neural Network Recognition of Emotions by Facial Geometry. 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT). 2019, 2-6 July 2019, Lviv, Ukraine, Page(s): 323 - 327
21. Toser Z., Jeni L., Lorincz A., Cohn F. Deep learning for facial action unit detection under large head poses. In European Conference on Computer Vision, pages 359–371. Springer, 2016.
22. Wang Z., Li Y., Wang S., Ji Q.. Capturing global semantic relationships for facial action unit recognition. In Computer Vision (ICCV), 2013 IEEE International Conference on, pages 3304–3311. IEEE, 2013.
23. Zhao K., Chu W., Zhang H.. Deep region and multilabel learning for facial action unit detection. 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, 2016, pp. 3391-3399.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-23

УДК: 681-31.001.8

Христинець Наталія Анатоліївна, ст.викладач

<https://orcid.org/0000-0002-4836-7632>

Міскевич Оксана Іванівна, асистент

<https://orcid.org/0000-0002-5009-2391>

Мазуренко Владислав Вікторович, студент

Луцький національний технічний університет

ТЕХНОЛОГІЇ BLOCKCHAIN ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ДОКУМЕНТООБІГУ

Христинець Н.А., Міскевич О. І., Мазуренко В.В. Технології Blockchain для оптимізації процесів документообігу. Розглянуті особливості технології Blockchain та її використання. Створення безпечних, надійних та стійких систем електронного документообігу, які зможуть зменшити витрати часу користувачів на обробку документів, опрацювання завдань, архівацію даних.

Ключові слова: Blockchain, розподілена база даних, сервер, хеш, закритий ключ, транзакції, фіксатори, одержувачі, електронний документообіг.

Христинець Н.А., Мискевич О. И., Мазуренко В.В. Технологии Blockchain для оптимизации процессов документооборота. Рассмотрены особенности технологии Blockchain и ее использования. Создание безопасных, надежных и устойчивых систем электронного документооборота, которые смогут уменьшить затраты времени пользователей на обработку документов, обработки задач, архивацию данных.

Ключевые слова: Blockchain, распределенная база данных, сервер, hash, закрытый ключ, транзакции, фиксаторы, получатели, электронный документооборот.

Khrystynets N., Miskevych O. Mazurenko V. Technology of Blockchain to optimize document management processes. The features of Blockchain technology and its use are considered. Creating secure, reliable and stable electronic document management systems that can reduce the time spent by users on document processing, task processing, data archiving.

Keywords: Blockchain, distributed database, server, hash, private key, transactions, latches, recipients, electronic document management.

Постановка проблеми:

Розглянуто нову технологію Blockchain яка лягла в основу створення криптовалют (біткоїн), допомагає здійснювати різноманітні транзакції, вести облік, зберігати дані та оптимізувати процеси документообігу.

Аналіз досліджень.

Застосування технології блокчейн та перспективи її використання, визначення переваг та існуючих недоліків для електронного документообігу Державного земельного кадастру нашої країни.

Автором технології блокчейн вважається Сатоши Накамото (Satoshi Nakamoto), який у 2008 році у [1] розповів про основні принципи побудови децентралізованої системи платежів.

Блокчейн являє собою структуровану базу даних, «ланцюжок блоків», де кожен блок пов'язаний з попереднім. Блок містить в собі набір записів (інформацію). Кожен новий блок з інформацією додається в кінець ланцюжка. Таким чином, створюється своєрідний «реєстр» даних, у який дані вносяться у суворій послідовності. Кількість блоків є необмеженою. Змістовно блок може містити будь-яку інформацію: про дії, людей, об'єкти, транзакції, серійні номери, видані кредити тощо. Іншим словами, блокчейн – це розподілений публічний реєстр, заснований на сучасних криптографічних алгоритмах, що містить базу даних про всі раніше здійснені операції, який носить децентралізований характер, і що міститься в публічних джерелах Мережі. Це структурована система з певними правилами побудови ланцюжків транзакцій і доступу до інформації.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів.

Навколишній світ стрімко змінюється, перетворюючись на світ електронного бізнесу, електронної комерції та електронного документообігу. Інформаційний бум привів до збільшення даних. Основними джерелами яких є: мобільні пристрої, Інтернет речей, соціальні мережі, веб-журнали, та геоінформаційні системи, яку будуть розглядатися у даній статті.

На сьогоднішній день інформація про технологію блокчейн є дуже поширеною і стрімко обговорюється в Україні. 16 червня 2017 р. в Києві відбулося підписання Меморандуму про співпрацю в сфері впровадження новітніх інформаційних технологій, де основним було презентація нового земельного кадастру та його електронне урядування, а сам 2017 рік – був оголошений роком blockchain (рис.1).

У статті звернено увагу на застосування технології блокчейн, яка може оптимізувати процеси документообігу (фіксації подій, роботи з великими масивами даних і підтвердженням достовірності джерел) та може бути використано майже в будь-якій сфері, а саме – страхування, інформаційні бази у медицині, договори про нерухомість, логістичні послуги, державні реєстри, судові реєстри, сфері захисту авторського права, захисту патентів. Розробляються системи ідентифікації, браузері, системи зберігання даних, месенджери, соцмережі.

Україна на даний момент увійшла до першої п'ятірки країн, які стрімко працюють над цією технологією та використовують у різних сферах, наприклад майнові реєстри. Земельна реформа стала дуже перспективною, а основне її завдання – захистити дані державного земельного кадастру.



Рисунок 1 – Україна – у складі лідерів

Суть роботи блокчейна як ланцюжка даних можна порівняти із пазлом. Блок – масив даних, у нього вноситься інформація про транзакції, які потрапили в мережу після створення попереднього блоку (це приблизно останні 10 хв). Кожний новий блок прикріплюється до попереднього за допомогою складних математичних алгоритмів, що дає змогу скріпити ці блоки. Щоб створити новий блок, необхідно обчислити його криптографічний відбиток (хеш), що задовільняє певні умови.

Цей процес реалізує велика кількість різних комп'ютерів, що працюють в одній мережі, які розв'язують складну задачу, а для цього потрібно розрахувати хеш (вихідні дані) заголовка блока в блокчейні. Інакше кажучи відібрати особливий код, який дасть змогу отримати хеш.

Дана система виключає крадіжку, шахрайство, порушення майнових прав тощо. Факти, що зберігаються в блокчейн, не втрачаються – це і кінцевий та попередні стани. Кожен може перевірити усе від самого початку до кінця.

Блокчейн працює зі складною системою шифрування (ключів). Кожен блок має свій унікальний ключ. Неможливість «розірвати ланцюг», тобто внести правки у блок або додати блок між іншими – забезпечується тим, що коди (хеши) попереднього і наступного блоків пов'язані між собою і внесення змін в один блок одразу робить його та усі інші блоки, які йдуть за ним, недійсними, що автоматично висвічується на екрані.

Хеш (hash) – це унікальний код, який змінюється при зміні навіть одного символу в тексті, розраховується за складною математичною формулою завжди буде однаковим для однієї і тієї ж інформації. Отже, не може бути два різних хеша для абсолютно однакової інформації. Використовується така система, зокрема, з метою захисту своєї ін-формації, грошей, адже видно що з ними відбувається. Тут діє принцип: неможливо витратити більше коштів, ніж в тебе є, що також дає можливість контролювати абсолютно всі операції, які відбуваються, куди, коли і в якій кількості витрачаються кошти. Зокрема, є пропозиції використовувати хешкодування для гарантування безпечної роботи, наприклад, кардіостимуляторів, роботів, літаків, автономних автомобілів, що передбачає неможливість їх зламу. Адже, як зазначають прихильники впровадження даної системи: легше зламати центральний сервер та отримати доступ до всієї інформації разом, змінити або

видалити її, аніж зламати децентралізовану систему. В такій системі кожен хвилину оновлюються дані. Тут присутні три групи дійових осіб: джерело подій (транзакцій), джерело блоків (фіксатори транзакцій), одержувачі (читачі) блоків і зафіксованих транзакцій.[2]

Розглянемо переведення Держземкадастру на технологію блокчейн, яка була запропонована у 2017 році Міністерством аграрної політики та продовольства (на даний момент воно ліквідовано) спільно з Державним агентством електронного урядування України. Держземкадастр – це єдина база України про землі, їх розташування та призначення. Тут можна знайти власників та користувачів а також розподіл земель між ними.

Технологія на даний момент забезпечує надійність даних, не дає підмінити результати ззовні, є досить прозорими і контроль за системою можна здійснювати суспільно разом.

Перша організація - Українське представництво міжнародного руху Transparency International, яка працює та виконує безперервний аудит транзакцій мережі блокчейн державного земельного кадастру. Голова цього ж агентства Олександр Риженко високо оцінив новий інструмент, де основним пріоритетом є довіра населення України до цих даних. Якщо виникають помилки, то вони швидко виправляються у поточній роботі.

Для того, щоб перевірити онлайн чи Ваша земельна ділянка зареєстрована та її місцезнаходження, при наявності кадастрового номеру, необхідно зробити наступне:

набрати кадастровий номер, використовуючи сайт - <http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta>[8] “Публічна Кадастрова карта України” і система видає усю інформацію про власність (державна, комунальна, приватна) та цільове призначення.

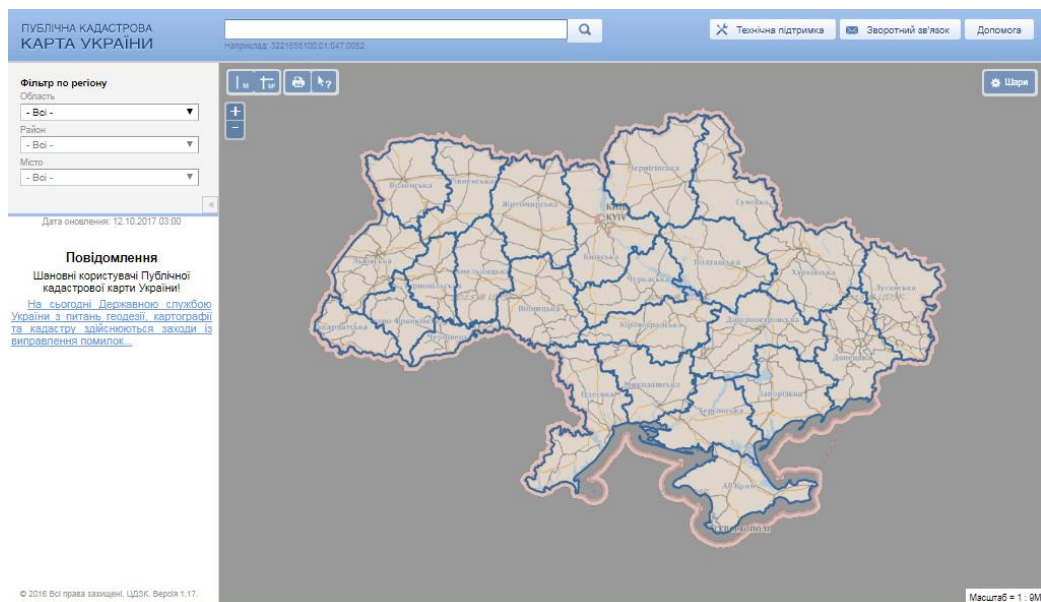


Рисунок 2 – Публічна кадастрова карта України

Якщо потрібно знайти прізвище власника земельної ділянки – є відомості “Інформація про право власності та інші речові права” на веб-сайті

Зробити це дуже легко і швидко.

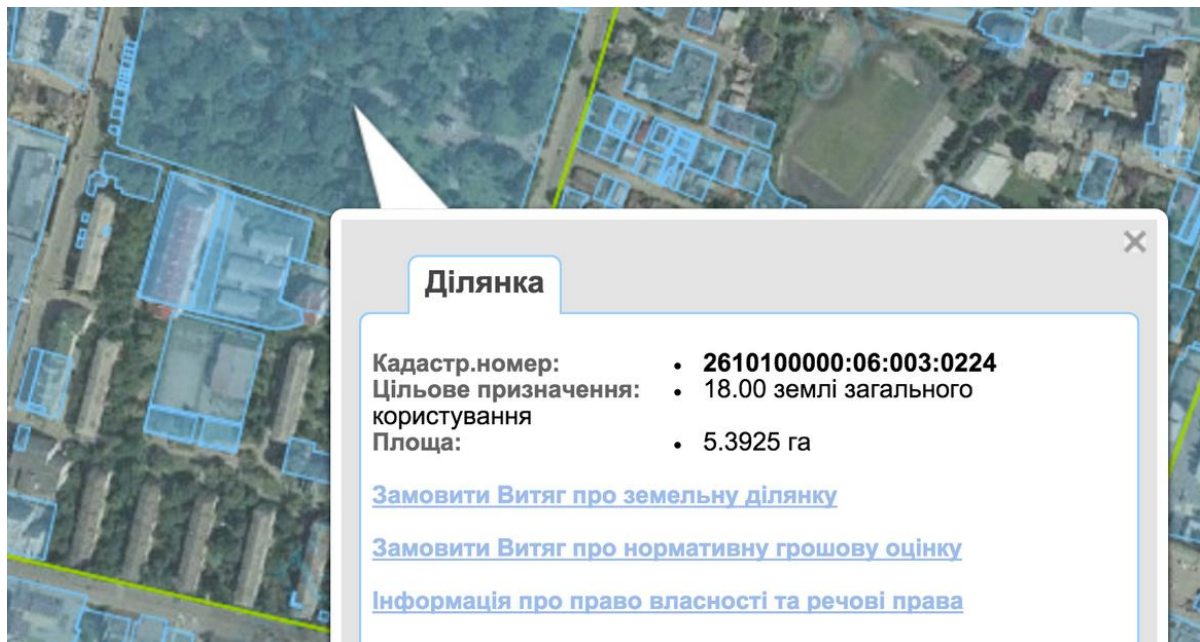


Рисунок 3 – Інформація про право власність

За допомогою блокчейн-технології можна скоротити витрати власників, які мають права на об'єкт та оплату послуг нотаріусів і це витіснить традиційну модель записів у реєстрах.

Що стосується земельного кадастру то ситуація наступна, ця система дає лише можливість перевірки, чи витяг був виданий і чи є він достовірним. Очевидним є те, що у майбутньому буде заміна топографів геодезістам і картографам на сучасне програмне забезпечення з використанням супутникових систем. Основними перспективами в кадастровій діяльності є: точковий кадастр та супутникові знімки.

Напрямки, де сьогодні актуальні блокчейн-технології:

медицина – для ведення реєстрів пацієнтів, де генерується велика кількість даних, які мають бути приватно збережені та аналізу медичних даних, які дають можливості знайти відомості про медичні наслідки та методи лікування;

банківський сектор – для ведення реєстрів банківських гарантій;

енергетика – для ведення реєстрів енергії між користувачами мережі.

аграрний сектор - для ведення реєстру ідентифікації тварин.

приватний та державний електронний документообіг.

опитування суспільної думки та ін.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Сьогодні за рівнем розвитку та впровадження у всі сфери життя ця технологія порівнюється з розвитком Інтернету в 90-ті роки минулого століття і знаходиться на початковому рівні, як колись Інтернет. Прогнози у сфері IT, що стрімко розвивається, річ невідчужима, і процес може значно прискоритися. Своєрідні «випробовування» впровадження технології блокчейн у нашої країні зараз відбуваються у різних галузях, і від їхнього успіху залежать загальні перспективи. Технологія блокчейн – це спосіб більш надійного зберігання інформації.

Як і кожна нова технологія, застосування блокчейн має свої недоліки: відсутність знань та навиків персоналу у роботі; обмеження з юридичної сторони; готовність держави у підтримці; висока вартість. І тому сама технологія повинна вдосконалюватися з кожним роком.

На сьогодні технологія не вирішує усіх проблем держави. Зараз Україна лише прагне бути в світовому інформаційному тренді. Блокчейн підвищує довіру до інформації, і у цьому сьогодні є велика потреба у громадян і світової спільноти.

Список бібліографічного опису

1. Nakamoto S. A Peer-to-Peer Electronic Cash System [Електронний ресурс] // Bitcoin. – Режим доступу: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
2. В.А.Павлиш, Л.К.Гліненко, Н.Б.Шаховська. Основи інформаційних технологій ті систем. Підручник. – Львів, 2018.

3. Блокчейн в Україні: Що це за технологія і чим вона корисна? [Електронний ресурс] / Ніна Глущенко // 112.ua. – 2017. – 24 жовт., 10.09. – Режим доступу: <https://ua.112.ua/statji/blokchein-v-ukraini-shcho-tse-za-tekhnohiiia-i-chym-vona-korysna-417161.html>.
4. D. & A. Tapscott. Blockchain revolution: How the Technology Behind Bitcoin is Changing Money, Business, and the World. URL : <http://dontapscott.com/books/blockchain-revolution>.
5. Гольдштейн К. Что такое блокчейн? – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=08kBvfs4GPK>
6. 2017-й – год blockchain в мире. Просто о технологии и ее применении в отрасли. – Режим доступу: <http://my-trade-group.com/index.php/mneniya/item/9251-2017-j-god-blockchain-v-mire-prosto-o-tekhnologii-i-ee-primenenii-v-otrasli>
7. Чернишов Д. У майбутньому Україна переведе всю цифрову державну інформацію на блокчейн-платформу. – Режим до-ступу: <http://www.pravove-pole.info/novini/u-majbutnomu-ukraina-perevede-vsju-cyfrovu-derzhavnu-informaciju-na-blokchein-platformu-denysh-chernyshov/>
8. <http://www.map.land.gov.ua/kadastrova-karta> - Публічна Кадастрова карта України
9. Міскевич О. І., Кокоша М. С. Додаток «Системний монітор» засобами бібліотеки QT. // Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво" – Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 26. – 2017. – С. 138-142.
10. Міскевич О. І., Сичов Д.І., Христинець А.О. Про модернізацію локально-обчислювальної мережі ПрАТ «Волинсьобленерго» на основі Gre-Tunnel з використанням IPSEC. // Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво" – Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 30-31. – 2018. – С. 100-103
11. S.V. Grynyuk, K.Ya. Bortnik, O.I. Miskevych, D.I. Palivoda An overview of tools for creating games on Android. / Computer-integrated technologies: education, science, production. No. 35, Art. 124-128, 2019.
12. N. A. Khrystynets, A. A. Sakhnyuk, E. A. Sviridyuk, O. I. Miskevich. Use of 6em-blocks when creating a site. / Computer-integrated technologies: education, science, production. №35., Art. 206-210, 2019
13. Miskevich O., Bagniuk, N., Khrystynets, N., Marchevska O. Automation of detection of defective products by machine learning methods. Computer-integrated technologies: education, science, production, №39, 175-180. 2020
14. Христинець , Н., Михалик А., & Міскевич О. Продуктивність технології CrossFire X при навантаженні відеоадаптерів мікропроцесорів AMD. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво, №39, 213-217, 2020.

References

1. Nakamoto S. A Peer-to-Peer Electronic Cash System [Electronic resource] // Bitcoin. - Access mode: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
2. V. Pavlysh, L. Glinenko, N.Shakhovska. Fundamentals of information technology and systems. Textbook. - Lviv, 2018.
3. Blockchain in Ukraine: What is this technology and how is it useful? [Electronic resource] / Nina Glu-shchenko // 112.ua. - 2017. - October 24, 10.09. - Access mode: <https://ua.112.ua/statji/blokchein-v-ukraini-shcho-tse-za-tekhnohiiia-i-chym-vona-korysna-417161.html>.
4. D. & A. Tapscott. Blockchain revolution: How the Technology Behind Bitcoin is Changing Money, Business, and the World. URL: <http://dontapscott.com/books/blockchain-revolution>.
5. Goldstein K. What is a blockchain? - Access mode: <https://www.youtube.com/watch?v=08kBvfs4GPK>
6. 2017 is the year of the blockchain in the world. Just about technology and its application in the industry. - Access mode: <http://my-trade-group.com/index.php/mneniya/item/9251-2017-j-god-blockchain-v-mire-prosto-o-tekhnologii-i-ee-primenenii-v-otrasli>
7. Chernyshov D. In the future, Ukraine will transfer all digital government information to the blockchain platform. - Access mode: <http://www.pravove-pole.info/novini/u-majbutnomu-ukraina-perevede-vsju-cyfrovu-derzhavnu-informaciju-na-blokchein-platformu-denysh-chernyshov/>
8. <http://www.map.land.gov.ua/kadastrova-karta> - Public Cadastral Map of Ukraine
9. Miskevich O, Kokosha M Application "System Monitor" by means of the QT library. // Scientific journal "Computer-integrated technologies: education, science, production" - №26. - 2017. - P. 138-142.
10. Miskevich OI, Sychov DI, Khrystynets AO On the modernization of the local area network of PJSC "Volynoblenergo" based on Gre-Tunnel using IPSEC. // Scientific journal "Computer-integrated technologies: education, science, production" - №30-31. - 2018. - P.100-103
11. S.V. Grynyuk, K.Ya. Bortnik, O.I. Miskevych, D.I. Palivoda An overview of tools for creating games on Android. / Computer-integrated technologies: education, science, production. No. 35, Art. 124-128, 2019.
12. N. A. Khrystynets, A. A. Sakhnyuk, E. A. Sviridyuk, O. I. Miskevich. Use of 6em-blocks when creating a site. / Computer-integrated technologies: education, science, production. №35., Art. 206-210, 2019
13. Miskevich O., Bagniuk, N., Khrystynets, N., Marchevska O. Automation of detection of defective products by machine learning methods. Computer-integrated technologies: education, science, production, №39, 175-180. 2020
14. Khrystynets, N., Mykhalyk A., & Miskevych O. Productivity of CrossFire X technology at loading of video adapters of AMD microprocessors. Computer-integrated technologies: education, science, production, №39, 213-217, 2020.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-24

УДК 004.272.4

Христинець Наталія Анатоліївна, ст.викладач<https://orcid.org/0000-0002-4836-7632>**Черняшук Наталія Леонідівна**, д.п.н., професор,<http://orcid.org/0000-0002-3178-8377>**Міскевич Оксана Іванівна**, асистент<https://orcid.org/0000-0002-5009-2391>**Повстяна Ю.С.**, к.т.н., доцент<https://orcid.org/0000-0001-5426-4157>**Довгонюк Микола Вікторович**.

Луцький національний технічний університет.

ТЕХНОЛОГІЇ АПАРАТНОЇ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ МІКРОПРОЦЕСОРІВ INTEL

Христинець Н.А., Черняшук Н.Л., Міскевич О. І., Повстяна Ю.С., Довгонюк М.В. Технології апаратної віртуалізації мікропроцесорів Intel. Розглянуті особливості структури мікропроцесорів архітектури Nehalem: контролер пам'яті, ієрархію кешу, TLB та організацію доступу до пам'яті. Подано технічні характеристики процесорів на сокеті LGA1156 в межах одного модельного ряду як результати тестів даної архітектури та досліджено методи організації віртуальної пам'яті.

Ключові слова: архітектура мікропроцесорів, Nehalem, Conroe, кеш, доступ до пам'яті, LGA1156, віртуалізація пам'яті.

Христинець Н.А., Черняшук Н.Л., Міскевич О. И., Повстяна Ю.С., Довгонюк Н.В. Технологии аппаратной виртуализации микропроцессоров Intel. Рассмотрены особенности структуры микропроцессоров архитектуры Nehalem: контроллер памяти, иерархию кэша, TLB и организации доступа к памяти. Поданы технические характеристики процессоров на сокетe LGA1156 в пределах одного модельного ряда как результаты тестов данной архитектуры и исследованы методы организации виртуальной памяти.

Ключевые слова: архитектура микропроцессоров, Nehalem, Conroe, кэш, доступ к памяти, LGA1156, виртуализация памяти.

Khrystynets N., Cherniashchuk N., Miskevych O., Yu. Povstiana., Dovgonyuk M. Technology of hardware virtualization of microprocessors Intel. The features of the Nehalem architecture of microprocessors are considered: memory controller, cache hierarchy, TLB and memory access organization. The technical characteristics of the processors on the LGA1156 socket within one model range are presented as the results of tests of this architecture and the methods of virtual memory organization are investigated.

Keywords: microprocessor architecture, Nehalem, Conroe, cache, memory access, LGA1156, memory virtualization.

Постановка проблеми:

У сучасній стрімкій індустрії ІТ велика кількість досліджень присвячена перспективним технологіям, що дозволяють забезпечити енергоощадність комп'ютерної техніки, тим більше питання екології і збереження енергоресурсів сьогодні є дуже популярним і актуальним.

Однією з технологій, яка сьогодні набула широкого використання та має позитивні відгуки світової спільноти як в комерційній сфері, так і у навчальному процесі, є віртуалізація. Досліджено розробку компанії Intel, яка включає в себе на даний час можливість віртуалізації ЦП, віртуалізації пам'яті, функції віртуалізації введення-виводу, технології Intel GVT, віртуалізації систем безпеки та мережних функцій на прикладі тестового стенду. На даний момент, це потрібні та корисні інструменти для користувачів ПК.

Аналіз досліджень.

Серед вбудованих технологій мікропроцесорів явище віртуалізації висвітлене у багатьох сучасних і зарубіжних дослідженнях [1-3], обговорюється на світових форумах та конференціях [4-5]. Американські ІТ-фахівці Werner Fisher, Thomas Krenn у своїх роботах зазначають, що сучасна віртуалізація Intel здійснює абстрагування обладнання, що має спільний доступ до ресурсів комп'ютерної системи у випадку робочого навантаження. Офіційно компанія Intel заявляє, що «на загальному віртуалізованому обладнанні можна поєднувати різні робочі навантаження при збереженні повної ізоляції один від одного, вільної міграції по інфраструктурі і масштабування в міру необхідності».

Розрізняють програмну, апаратну та серверну віртуалізацію.

Прикладом програмної віртуалізації може бути усім відома пісочниця антивірусних програм, яка фактично використовується для захисту локальної системи під час виконання невідомого або шкідливого коду. Вона забезпечує цей захист, блокуючи критичні операції, або виконуючи підозрюваний код у віртуальному середовищі. Таке віртуальне середовище дозволяє користувачу безперешкодно контролювати зловмисне програмне забезпечення і запобігати його наслідків.

З ростом прогресуючих серверних технологій багато компаній досліджували роботу серверних процесорів. Вони виявили, що переважаюча частина серверів використовують процесор та пам'яті менше 20%. Таким чином, у ІТ-світі назріло питання віртуалізації сервера. Ця технологія надає можливість запускати декілька ізольованих операційних систем на одній частині серверного обладнання, що дозволяє підняти рівень розумного і ощадного використання ресурсів усієї мережі.

Для роботи апаратних технологій віртуалізації, які саме і розглянуті у роботі, важливі параметри комп'ютерної системи (обов'язкова наявність):

- процесор
- набір мікросхем
- BIOS
- операційна система
- драйвери пристроїв.

Технологія обробки віртуальної пам'яті в процесорі призначена для багатозадачності операційних систем [6]. Коли ця методика використовується для кожної програми, застосовується незалежна схема адресації пам'яті для відображення її за фізичною адресою в пам'яті ПК. Організувавши набір незалежних адресних просторів, можна підвищити ефективність використання пам'яті кількома програмами, що працюють одночасно, та забезпечити захист пам'яті між різними програмами. Завантажуючи невикористані сторінки на вторинний накопичувач, можна використовувати більше пам'яті, ніж встановлено на комп'ютері.

Використання повної потужності центрального процесора із злагодженою безперебійною роботою прикладного програмного забезпечення – це важливий напрямок досліджень, які можна проводити на процесорах різних архітектур, починаючи від Nehalem.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів.

Найяскравіше, на нашу думку, можна продемонструвати апаратну віртуалізацію Intel VT можна від архітектури Nehalem на ядрах Conroe, бо вона бере початок саме з цього покоління процесорів.

Процесори сімейства Core і Series працюють у виконанні Socket LGA1366 в той час, як більш масові моделі призначені для установки в Socket LGA1156. Для підтримки Intel VT ці моделі містять інтегрований двоканальний контролер пам'яті DDR3, графічний інтерфейс і інтегрований відеоадаптер. Оскільки базова функціональність північного моста у них вже інтегрована, процесори у виконанні Socket LGA1156 використовують для взаємодії з південним мостом на системній платі більш повільну версію інтерфейсу шини DMI з пропускнуною спроможністю 2 Гбайт/с. Представниками сімейства Core і Series є процесори Core i5 і Core i7. Надалі до них «приєдналися» процесори Core i3 і Core i9, що дозволило охопити весь діапазон від початкового до високого рівня. У цих процесорах міститься до трьох контролерів пам'яті DDR3. Якщо встановити пам'ять DDR3-1333, яку також підтримує Nehalem, в деяких конфігураціях вона забезпечить пропускну здатність до 32 ГБ/с. Але, перевагою вбудованого контролера пам'яті є не тільки пропускну здатність. Це значно скорочує затримку доступу до пам'яті, що не менш важливо, оскільки для кожного доступу потрібні сотні циклів. У разі використання настільних ПК скорочена затримка вбудованого контролера пам'яті вітається, наявна повна перевага масштабованої архітектури в конфігурації багатостороннього сервера. Раніше, при додаванні процесорів (ядер), доступна пропускну здатність залишалася незмінною, а з цією технологією кожен новий додатковий процесор збільшує пропускну здатність, оскільки кожен процесор має свою пам'ять. Схема апаратної віртуалізації подана на рисунку 1:

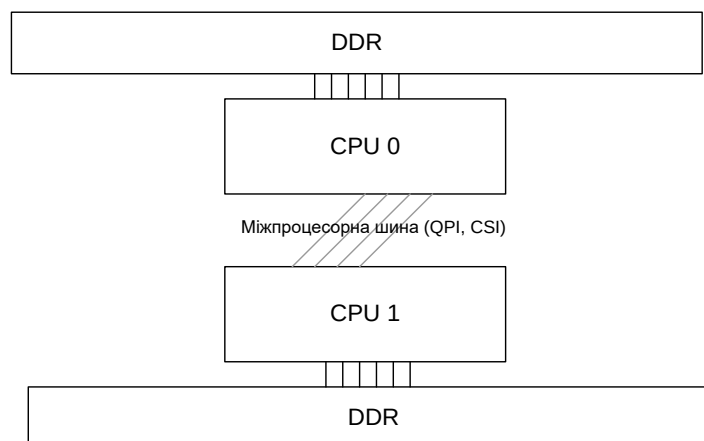


Рисунок 1 – Віртуалізація при зверненні до пам'яті

Вплив на продуктивність кожної архітектури передбачити важко, оскільки він повністю залежить від ППЗ та операційної системи. Intel стверджує, що порівняно з локальним доступом погіршення продуктивності віддаленого доступу затримує приблизно на 70%, а пропускна здатність зменшується вдвічі. За даними Intel [6], навіть віддалений доступ через інтерфейс QPI має меншу затримку, ніж попередні покоління процесорів, де контролер розташований на Північному мосту. Однак, це стосується лише серверних додатків.

Щодо пам'яті, то Intel зосереджується на роботі спільних кешів L2, і це стає найкращим рішенням для архітектур, які спрямовані на багатоядерні конфігурації. Але, що стосується Nehalem, інженери почали з нуля і прийшли до того ж висновку, що і їхні конкуренти (маємо на увазі конкуруючу компанію AMD): весь кеш L2 не дуже підходить для чотирьохядерної архітектури. Ядра часто «стирають» дані, необхідні для інших ядер, що призводить до надмірних проблем із внутрішньою шиною та арбітражем, намагаючись забезпечити достатню пропускну здатність для всіх чотирьох ядер, зберігаючи при цьому достатньо низьку затримку. Щоб вирішити ці проблеми, інженери обладнали кожне ядро власним кешем другого рівня (рис. 2). Оскільки він виділений кожному ядру, він може забезпечити дуже високоефективний кеш, зокрема, затримка була значно покращена.

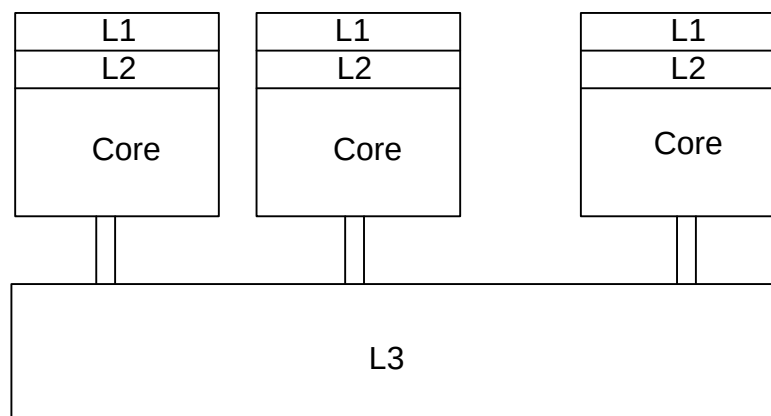


Рисунок 2 – Трирівнева ієрархія кешу

З перенесенням контролера пам'яті з північного моста в тіло CPU зменшилася залежність процесора від постійного збільшення обсягу кеш-пам'яті. Ієрархія кеша в Core i7 цілком підпорядкована багатопотоковим обчислень: уніфікований L2 кеш урізаний на кожне ядро, а основний акцент зроблений на кеш третього рівня. Останній містить всі інструкції і дані з L1/L2 cache для зменшення трафіку запитів.

Протягом багатьох років процесори використовували не фізичну адресу пам'яті, а віртуальні адреси. Серед інших переваг, цей метод дозволяє програмі виділяти більше пам'яті, ніж комп'ютер, зберігати лише ті дані, які в даний час необхідні у фізичній пам'яті, а також зберігати все інше на жорсткому/твердотільному диску. Це означає, що кожен доступ до віртуальної пам'яті повинен бути переведений на фізичну адресу, і для підтримки відповідності потрібно використовувати величезні таблиці структури пам'яті. Проблема полягає в тому, що таблиці занадто великі, а щоб більше зберігати їх на мікросхемі – вони поміщаються в основну пам'ять і навіть можуть бути скинуті на жорсткий диск (втратитися в пам'яті та скинутись на HDD може тільки частина таблиці).

Якщо кожна операція з пам'яттю вимагає такого етапу перекладу адреси, то все буде працювати занадто повільно. Тому, згодом інженери повернулися до принципу фізичної адреси та безпосередньо додали невеликий кеш до процесора, який підтримував кореспонденцію декількох нещодавно запитуваних адрес. Цей кеш називається трансляційним буфером перегляду (TLB).

Доступ до пам'яті призводить до багатьох обмежень продуктивності. Процесор оптимізований для доступу до пам'яті, вирівняної по 64-байтовій межі, що є розміром рядка кешу. Для нестандартних даних доступ не тільки повільний, але і дорожчий у виконанні (розробці). Причина полягає в тому, що ці інструкції призводять до декількох мікрооперацій на декодері, що зменшує пропускну здатність таких інструкцій. В результаті компілятор уникає створення такого типу інструкцій, а замість цього використовує низку більш повільних інструкцій. Інженери Intel оптимізували це, щоб зробити доступ

швидшим. Реалізовано підхід, коли дані вирівнюються в пам'яті, продуктивність не знижується при використанні нерівних інструкцій читання чи запису. В інших випадках, Intel також оптимізувала дозволи доступу та зменшила погіршення продуктивності порівняно з архітектурою Core.

В архітектурі Intel на ядрах Conroe суттєвим є апаратне прогнозування. Як відомо, блок прогнозування є механізмом моніторингу характеру доступу до пам'яті. Він передбачає, які дані знадобляться за кілька циклів. Мета його – попередньо завантажувати дані в кеш, який буде розташований ближче до процесора, при цьому максимізуючи наявну пропускну здатність, коли процесор не потрібен.

Ця технологія може забезпечити відмінні результати в більшості настільних додатків, але в серверному середовищі вона зазвичай викликає погіршення продуктивності. Причин цієї неефективності багато. По-перше, часто важко передбачити доступ до пам'яті в серверних додатках. Наприклад, доступ до бази даних ніколи не є лінійним – якщо елемент даних запитується в пам'яті, це не означає, що наступним буде наступний елемент. Це обмежує ефективність роботи попереднього відбору проб. Але головна проблема – пропускну здатність пам'яті в конфігурації декількох слотів. Як ми зазначали раніше, це вже «вузьке місце» для декількох процесорів, і крім того, блок попередньої вибірки викликає рівень додаткового навантаження. Якщо мікропроцесор не має доступу до пам'яті, зазвичай вмикається блок попереднього відбору проб і використовується пропускну здатність, яку вони вважають непрацюючою. Однак, ці блоки не можуть знати, чи потрібен другий процесор цієї пропускну здатності. Це означає, що блок попередньої вибірки може «займати» пропускну здатність процесора, що в цій конфігурації вже є «вузьким місцем». Для вирішення цієї проблеми Intel не знайшла кращого способу, ніж відключення блоку попередньої вибірки. Хоча, в літературі зустрічаються міркування, що це навряд чи найкраще рішення.

За даними Intel, це питання було вирішено, але компанія не надала жодних деталей щодо роботи нового механізму попереднього відбору проб. Однак, навіть якщо Intel не вніс жодних змін, переваги нової організації пам'яті та більша пропускну здатність повинні компенсувати негативний вплив попереднього зрзска.

Conroe стало міцною основою для нових процесорів, і Nehalem заснований на ньому. Він використовує таку ж ефективну архітектуру, але тепер він має більш високу модульність та масштабованість, що має забезпечити успіх у різних ринкових секторах. Е можна напевно 100% стверджувати, що Nehalem змінив архітектуру Core, але зрозуміло, що новий процесор з технологією віртуалізації змінив платформу Intel.

Глобальний підхід до віртуалізації Intel призвів до створення декількох технологій апаратної підтримки на платформі, які спрощують віртуалізацію та роблять її більш надійною та, як правило, зменшують витрати на програмне забезпечення, пов'язані з віртуалізацією.

Удосконалена технологія Intel Virtualization (забезпечує апаратну підтримку для керування таблицею сторінок, що полегшує гостьовій ОС доступ до обладнання. Це зменшує кількість запитів на програмне забезпечення, бо перетворення, здійснені менеджером VM, споживають багато ресурсів процесора.

Програмний метод віртуалізації вводу-виводу забезпечує гнучкість у прозорості вводу-виводу та прозорості обладнання. Віртуалізація програмного вводу/виводу (I/O) не дозволяє контролювати прямий доступ пристроїв вводу-виводу до фізичної пам'яті, що може спричинити проблеми при ізоляції віртуальних машин та їх пристроїв вводу-виводу. Однак, поєднання апаратної підтримки та системного програмного забезпечення може забезпечити необхідні засоби ізоляції операцій прямого доступу до пам'яті.

Апаратна підтримка віртуалізації вводу-виводу (рис. 3) дозволяє системному програмному забезпеченню безпечно призначати конкретні пристрої вводу-виводу безпосередньо віртуальним машинам. Прямий розподіл за допомогою апаратної підтримки дозволяє позбутися рівня емуляції VM, тим самим збільшуючи пропускну здатність віртуальної машини. Коли задіяні пристрої, які можуть розподіляти свої ресурси серед декількох віртуальних машин, функція прямого розподілу буде додатково розширена, оскільки на один пристрій може бути виділено більше віртуальних машин.

Технологія Intel VT-d забезпечує необхідну апаратну підтримку, щоб зробити віртуалізацію вводу-виводу більш безпечною, простою та надійною.

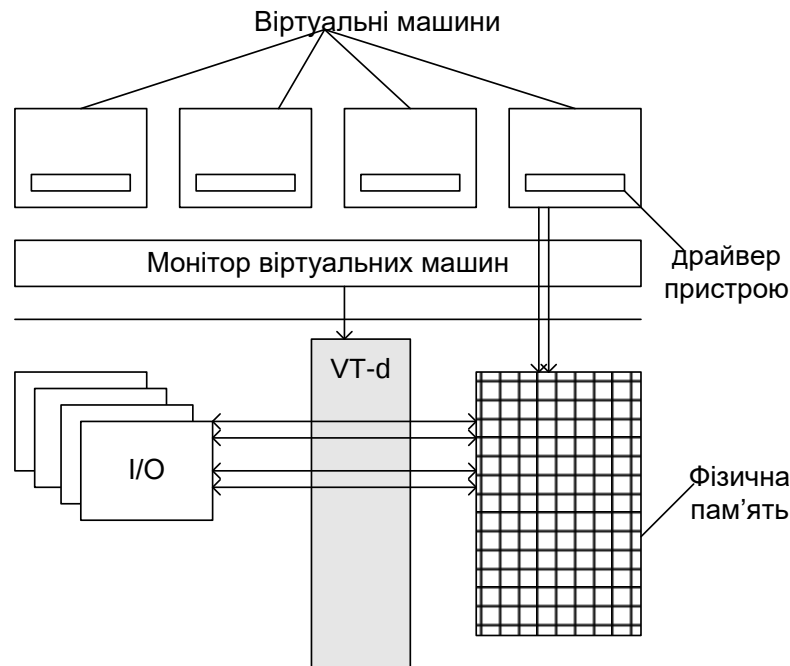


Рисунок 3 – Схема віртуалізації вводу-виводу

Технологія віртуалізації вводу/виводу є доповненням до ряду технологій віртуалізації від Intel, що забезпечують апаратну підтримку рішень для віртуалізації.

Апаратна підтримка надає функцію зміни адреси, а також може безпосередньо призначати пристрої вводу-виводу, що працюють із системним програмним забезпеченням.

Архітектура Intel VT-d дозволяє системному програмному забезпеченню (VM або операційній системі в невіртуальному середовищі) створювати один або кілька захищених доменів, це окреме середовище, в якому виділяється частина фізичної пам'яті. Захищеним доменом DMA може бути пам'ять, виділена віртуальній машині, або пам'ять DMA, виділена гостьовим драйвером ОС, що працює на віртуальній машині. Програмне забезпечення системи призначає домен безпеки кожному пристрою вводу-виводу. Всі доступи до DMA з пристрою вводу/виводу перенесені на фізичну адресу вузла відповідно до виділеного домену, тим самим перешкоджаючи доступу до пам'яті за межами виділеного домену. Зміна адреси дозволяє пристроям (і драйверам) використовувати адреси віртуальної машини замість фізичної адреси пам'яті.

Віртуалізація – це свого роду рівень абстракції, який порушує стандартну парадигму архітектури комп'ютера, відокремлює операційну систему від фізичної апаратної платформи та програм, що працюють на ній. Віртуалізація дозволяє декільком віртуальним машинам, часто з неоднорідними операційними системами, працювати ізольовано, поруч, на одній фізичній машині. Кожна віртуальна машина має власний набір віртуальної апаратури (процесор, пам'ять, мережеві інтерфейси та дискове сховище), на який завантажується операційна система та програми. Операційна система бачить набір апаратних засобів і не знає про характер спільного використання з іншими гостьовими операційними системами, що працюють на тій же фізичній апаратній платформі. Технологія віртуалізації та її основні компоненти, такі як Монітор віртуальної машини, керують взаємодією з викликами операційної системи до віртуальної апаратури та фактичним виконанням, яке відбувається на базовому фізичному обладнанні.

Сьогодні віртуалізація зростає як провідна технологія ІТ. Ця технологія допомагає підприємствам, як великим, так і малим, вирішувати свої проблеми зі масштабуванням, безпекою та управлінням їх глобальною ІТ-інфраструктурою, ефективно використовуючи, а у деяких випадках навіть зменшувати, витрати.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Технологія віртуалізації Intel дозволяє розгорнути сторонні незалежні віртуальні пристрої для виконання важливих завдань управління та безпеки для виконання таких операцій, як глибоке сканування пакетів та виконання політики на настільних комп'ютерах. Віртуальні пристрої, що мають стійкість до відмов, можуть забезпечити стабільне середовище для виконання важливих завдань та включати все необхідне програмне

забезпечення для зручності та ефективності. Технологія забезпечує ізольоване, контрольоване та безпечне середовище для підтримки клієнтських платформ, забезпечуючи захист пам'яті та оптимізацію вводу/виводу у віртуальних машинах.

Список бібліографічного опису

1. Tomsho G. MCTS Guide to Configuring Microsoft Windows Server 2008 Active Directory / Gregory Tomsho., 2009. – 635 с. – (Networking).
2. Golden B. Virtualization FOR DUMmIES / Bernard Golden. – Indianapolis: Wiley Publishing, Inc, 2011. – 75 с
3. Kappel J. Microsoft Virtualization with Hyper-V / J. Kappel, A. Velte, T. Velte., 2009. – 415 с.
4. Acquisti A. Trust and Trustworthy Computing: Third International Conference / A. Acquisti, S. Smith, A. Sadeghi. – Berlin, Germany: TRUST. – (Proceedings)
5. Proceedings of International Conference on Soft Computing Techniques and Engineering Application – Cunming, China: Springer, 2013. – 578 с.
6. Технология виртуализации Intel [Електронний ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.intel.ru/content/www/ru/ru/virtualization/virtualization-technology/intel-virtualization-technology.html>

References

1. Tomsho G. MCTS Guide to Configuring Microsoft Windows Server 2008 Active Directory / Gregory Tomsho., 2009. – 635 p. – (Networking).
2. Golden B. Virtualization FOR DUMmIES / Bernard Golden. – Indianapolis: Wiley Publishing, Inc, 2011. – 75 p.
3. Kappel J. Microsoft Virtualization with Hyper-V / J. Kappel, A. Velte, T. Velte., 2009. – 415 p.
4. Acquisti A. Trust and Trustworthy Computing: Third International Conference / A. Acquisti, S. Smith, A. Sadeghi. – Berlin, Germany: TRUST. – (Proceedings)
5. Proceedings of International Conference on Soft Computing Techniques and Engineering Application – Cunming, China: Springer, 2013. – 578 p.
6. Intel Virtualization Technology [Electronic resource] – Resource access mode: <https://www.intel.ru/content/www/ru/ru/virtualization/virtualization-technology/intel-virtualization-technology.html>

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-40-25

УДК: 681.3.093:044.3

Яременко Вадим Сергійович, аспірант

<https://orcid.org/0000-0001-8557-6938>

Материнська Софія Василівна, студент

<https://orcid.org/0000-0002-5746-4899>

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАЯВНОСТІ СЕРДЦЕВО-СУДИННИХ ХВОРОБ ТА ЗАХВОРЮВАНЬ ПЕЧІНКИ ПРИ МАЛИХ НАБОРАХ ДАНИХ

Яременко В.С., Материнська С.В. Використання штучних нейронних мереж для визначення наявності серцево-судинних хвороб та захворювань печінки при малих наборах даних. В даній роботі проведено аналіз ефективності застосування штучних нейронних мереж для вирішення задачі класифікації для невеликих наборів медичних даних із сфери діагностування. Для дослідження було обрано два набори даних: дані про серцево-судинні захворювання та про хвороби печінки. Отримані результати було порівняно з результатами точності для стандартних методів машинного навчання, що використовуються в задачах класифікації. Для проведення дослідження було обрано модель багатошарового перцептрона. Програмним засобом для реалізації став Python, що надає можливість використовувати допоміжні бібліотеки при роботі з методами машинного навчання.

Ключові слова: штучна нейронна мережа, класифікація даних, медичні дані, Python, багатошаровий перцептрон.

Яременко В. С., Материнская С. В. Использование искусственных нейронных сетей для определения наличия сердечно-сосудистых болезней и заболеваний печени при малых наборах данных. В данной работе проведен анализ эффективности применения искусственных нейронных сетей для решения задачи классификации для небольших наборов медицинских данных из сферы диагностики. Для исследования были выбраны два набора данных: данные о сердечно-сосудистых заболеваниях и о болезнях печени. Полученные результаты были сопоставлены с результатами точности для стандартных методов машинного обучения, используемых в задачах классификации. Для проведения исследования была выбрана модель многослойного перцептрона. Программным средством для реализации стал Python, что позволяет использовать вспомогательные библиотеки при работе с методами машинного обучения.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, классификация данных, медицинские данные, Python, многослойный перцептрон.

Yaremenko V. S., Materynska S. V. Use of artificial neural networks to determine the presence of cardiovascular diseases and liver diseases in small data sets. In this paper was conducted the analysis of the effectiveness of the use of artificial neural networks to solve the problem of classification for small sets of medical data in the field of diagnosis. Two data sets were selected for the study: data on cardiovascular diseases and on liver diseases. The obtained results were compared with the accuracy results for standard machine learning methods used in classification problems. A multilayer perceptron model was chosen for the study. Python has become a software for implementation, which provides the ability to use auxiliary libraries when working with machine learning methods.

Keywords: artificial neural network, data classification, medical data, Python, multilayer perceptron.

Постановка проблеми. У відкритому доступі знаходяться набори медичних даних, що можна використовувати для вирішення задач класифікації. Специфіка наборів полягає також у їх невеликому розмірі. Проте, поруч із розвитком програмних та апаратних засобів, дану проблему – обробки медичних даних вирішуючи задачу класифікації – всеще вирішують в основному за допомогою стандартних методів машинного навчання з вчителем, отримуючи при цьому не надто ефективні результати. Використання штучних нейронних мереж для задач класифікації медичних даних допоможе виявити, чи можна покращити наявні результати та наскільки ефективним є застосування нейронних мереж для невеликих наборів даних при вирішенні задачі класифікації. Для дослідження обрано два невеликі набори медичних даних: про серцево-судинні захворювання та про хвороби печінки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для оцінки стану області з точки зору досліджень, проведених на медичних даних, що вирішують задачу класифікації, було проаналізовано наступні роботи.

Дослідження [2], що аналізувало 453 документи, які представляли методи машинного навчання для визначення хронічних захворювань показали, що дослідники в основному використовували SVM, модель k-найближчого сусіда, метод наївного Баєса (баєсівські мережі), логістичну регресію, random forests та дерева рішень.

Підходи до машинного навчання зі вчителем застосовують у найбільшій кількості досліджень із інтеграцією легкого та простого прогнозного моделювання. Тим не менше, в дослідженнях досить ефективно застосовують також глибоке навчання, а саме – штучні нейронні мережі.

У роботі [12] використовували для побудови моделей такі методи, як SVM, “randomforest”, дерево рішень, “extratreeclassifier”, “gradientboosting” та модель штучної нейронної мережі.

У дослідженні [4] для прогнозування хворіб використовували наступні методи: к-найближчих сусідів та згорткової нейронної мережі. І отримали значно кращі результати при використанні штучної нейронної мережі, ніж з використанням методу к-найближчих сусідів.

У статті [1] для визначення хвороби Паркінсона використовували багатосаровий перцептрон, Баєсівські мережі, “randomforest” та “boostedlogicalregression”.

Робота [11] полягала в порівнянні ефективності дерева рішень, методу наївного Баєса, к-найближчих сусідів та застосування штучної нейронної мережі для прогнозування захворювань. В результаті найбільш ефективним виявився метод дерева рішень.

Дослідження [5] використовувало методи опорних векторів, наївного Баєса та дерева рішень. За його результатами дійшли висновку, що метод опорних векторів значно краще оцінює дані, ніж два інші, і є досить ефективним при невеликих об'ємах вхідних даних.

Із дослідження [9], що порівнює роботу алгоритмів дерева рішень, логістичної моделі та “random forest”, можна дійти висновку найкраще на конкретному наборі проявила себе логістична модель із найменшою похибкою на тестовому наборі даних. В роботі [6] використовують методи наївного Баєса та опорних векторів.

На основі проаналізованих публікацій можна зробити висновки, що, як і припускалось, в основному проблему класифікації медичних даних вирішують стандартними методами машинного навчання. Короткі результати найчастіше застосовуваних методів представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

Частота застосування найпопулярніших методів в проаналізованих публікаціях

Скорочення	Повна назва методу	Кількість застосувань в проаналізованих публікаціях
SVM	Метод опорних векторів	5
NB	Метод наївного Баєса	5
DT	Дерево рішень	5
LR	Логістична регресія	4
RF	“Random forest”	4
ANN	Штучна нейронна мережа	4
KNN	Метод к-найближчих сусідів	3

Для більш детального огляду, зокрема аналізу точності моделей, отриманих різними методами, розглянемо детально деякі роботи.

Що стосується **даних про серцево-судинні захворювання**, то в дослідженні [9] було застосовано методи логістичної регресії, “randomforest” та дерево рішень з результатами точності – 76%, 80% та 83% відповідно, а в роботі [7] використовували модель ШНМ, а саме багатосарового перцептрона зі зворотнім поширенням і при розподілі тренувального і тестового наборів як 60:40, отримали точність моделі на тестових даних в 80.17%.

Для набору **даних про захворювання печінки** в дослідженні [3] використовували методи к-найближчих сусідів, дерева прийняття рішень, “randomforest” та наївного Баєса, а найкращий отриманий результат 74.2% методом “randomforest”. Також результати [8] показують 68% точність

методом логістичної регресії. Згідно з результатами [10] методи SVM, наївного баєса та дерево рішень дали точність 71%, 56% та 66% відповідно.

Окрім проведеного аналізу важливим є коректне проведення кожного з етапів моделювання, які схематично зображені на рис. 1.

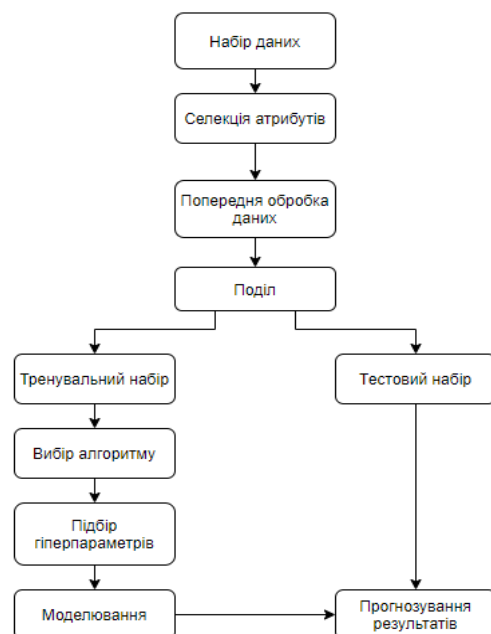


Рис. 1. Алгоритм моделювання за допомогою методів машинного навчання

Якщо коротко описати процес створення моделі, то він буде мати такий вигляд:

- 1) Збір/вибір набору даних
- 2) Селекція інформативних атрибутів
- 3) Обробка набору даних
- 4) Розподіл на тренувальний та тестовий набори
- 5) Вибір функції
- 6) Підбір гіперпараметрів для вибраної функції
- 7) Навчання моделі на тренувальному наборі
- 8) Перевірка ефективності на тестовому наборі
- 9) Застосування отриманої моделі для класифікації нових даних

Зазвичай пункти 5-8 повторюються ітеративно з метою вибору найкращого варіанту для вибраного набору даних.

Мета статті. Метою є побудувати моделі методами машинного навчання з вчителем, що використовуються для вирішення задачі класифікації. Окрім того поставлено ціль покращити точність результатів класифікації медичних даних за допомогою використання штучних нейронних мереж як альтернативного варіанту та порівняти з попередньо отриманими результатами. Для реалізації штучної нейронної мережі використовувати саме модель багатошарового перцептрона зі зворотним поширенням.

Результати дослідження. Для моделювання було застосовано мову Python та її допоміжні бібліотеки, зокрема для машинного навчання та візуалізації, а саме *sklearn*, *numpy*, *pandas*, *seaborn* та *matplotlib*.

Вхідні дані включають два набори: набір даних про серцево-судинні захворювання, що містить 303 елементи і 13 атрибутів і позначені наявність та відсутність проблем з серцево-судинною системою та набір даних про хвороби печінки, що містить 583 елементи та 10 атрибутів з аналогічними відмітками про наявність проблем з печінкою.

В процесі моделювання для отримання ефективного результату важливо провести всі етапи попередньої обробки даних та самого процесу, оскільки вони безпосередньо впливають на точність отриманих моделей.

У випадку, якщо набір включає велику кількість рис(атрибутів), необхідно провести вибір інформативних за допомогою статистичного аналізу, це дасть змогу побудувати точну модель. В нашому випадку кількість атрибутів була невеликою, тож цей етап був необов'язковим.

Подальші етапи передбачають:

- 1) перевірку на відсутність значень, що знижує точність моделі: їх можна замінити на значення за замовчуванням, середні з вибірки, або видаляти рядок запису
- 2) нормалізацію даних, що покращує ефективність – зведення всіх значень до діапазону 0-1.

Наступний крок – розподіл на тренувальний, валідаційний та тестовий набори даних, адже після побудови моделі на тренувальних даних ми хочемо перевірити її ефективність на тестових даних, які до цього для неї були невідомі таким чином перевіряючи її упередженість. Валідаційний набір використовується для підбору гіперпараметрів, але у випадку невеликих об'ємів вхідних даних, такий поділ здійснювати не доцільно.

Обрані дані було розподілено у співвідношенні 70%:30% відповідно на тренувальний та тестовий набори. Підбір гіперпараметрів здійснено на основі тестового набору, оскільки через невеликий об'єм вхідних даних додаткове виділення валідаційного набору може негативно вплинути на результати. Крім того при розподілі варто враховувати початкове співвідношення класів, що дасть можливість точніше оцінити ефективність моделі.

Після розподілу вхідних даних необхідно вибрати алгоритм, за яким буде навчатись модель. Було обрано такі алгоритми, як метод опорних векторів, логістична регресія, дерево рішень, метод к-найближчих сусідів, "random forest", метод наївного Баєса та штучну нейронну мережу.

Для проведення моделювання деякі з алгоритмів потребують визначення гіперпараметрів. Ми повинні вказати їх значення вручну – алгоритм навчання не вивчає гіперпараметри(вільні параметри) з навчальних даних на відміну від фактичних параметрів моделі. До прикладу проводимо підбір гіперпараметру k для методу k -найближчих сусідів як зображено на рис. 2. Ми підбираємо параметр, при якому алгоритм показує найкращий результат на тестовому наборі. В нашому випадку це $k=18$.

Оскільки набори даних невеликі за мірками машинного навчання, ми можемо динамічно підбирати гіперпараметри для побудови нейромереж, такі як кількість нейронів в прихованих шарах, функції активації та зворотного поширення. Для навчання було використано моделі багат шарового перцептрона з одним та двома прихованими шарами. У таблиці 2 представлені результати отриманих гіперпараметрів для найефективніших з моделей для кожного із наборів даних.

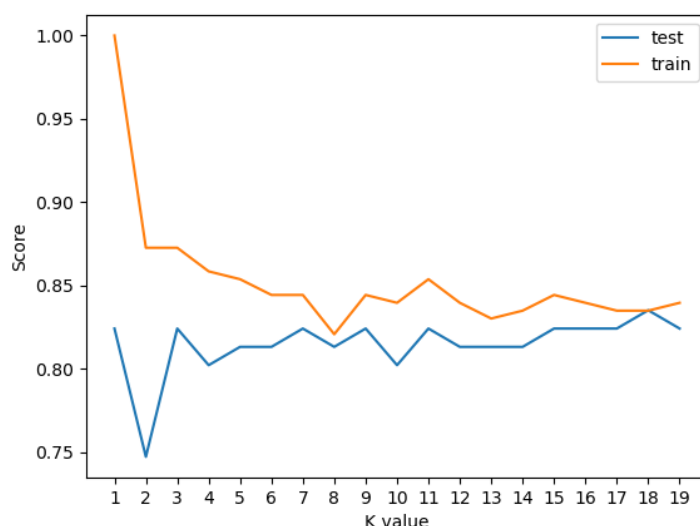


Рис. 2. Підбір параметра k для методу k -найближчих сусідів

Таблиця 2

Підібрані гіперпараметри для багатошарового перцептрона

Гіперпараметри багатошарового перцептрона	Серцево-судинні захворювання	Хвороби печінки
Кількість прихованих шарів і нейронів в них	4 – в 1-му шарі 7 – в 2-му шарі	2 – в 1-му шарі 8 – в 2-му шарі
Функція активації	Relu	Tanh
Функція зворотного поширення	lbfgs	lbfgs

Після підбору гіперпараметрів було проведене навчання моделі на тренувальних даних та оцінка точності на тестових. Отримані результати показали, що модель з двома прихованими шарами дає точніші результати, а більша кількість шарів (3 і більше) не покращує точність, а тільки збільшує час навчання. Результати точності для перцептронів з одним та двома прихованими шарами представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

Точність моделі багатошарового перцептрона у %

	1 прихований шар	2 приховані шари
Серцево-судинні захворювання	90.11	91.21
Хвороби печінки	74.86	75.43

Провівши навчання і оцінивши точність для кожного із алгоритмів, отримано наступні результати, що відображено в таблиці 4. Можна зрозуміти, що як і було припущено, застосування штучної нейронної мережі дало точніші результати, ніж стандартні методи машинного навчання, що застосовуються для класифікації.

Таблиця 4

Результати точності для кожної з моделей

Повна назва методу	Отримана точність, %	
	Серцево-судинні захворювання	Хвороби печінки
Метод опорних векторів	86,83	72
Метод наївного Баєса	85,71	50,29
Дерево рішень	70,33	62,29
Логістична регресія	85,71	73,14
“Random forest”	82,42	68
Штучна нейронна мережа	91,21	75,43
Метод к-найближчих сусідів	83,52	71,43

Висновки. В ході проведеного дослідження було оброблено два набори даних [13][14]. Було виявлено, що модель багатошарового перцептрона зі зворотним поширенням із двома прихованими шарами показала ефективніші результати не тільки в порівнянні із попередньо застосованими методами машинного навчання, а і з результатами попередньо проаналізованих сторонніх досліджень, що можна зрозуміти з таблиці 5.

Таблиця 5

Порівняння отриманих результатів для обох наборів вхідних даних

	Нейронна мережа	Стандартні методи машинного навчання		Результати отримані зі сторонніх досліджень	
Серцево-судинні захворювання	91.21	86.83%	SVM	83%	DT
Хвороби печінки	75.43	73.14%	LR	74.2%	RF

Таким чином показники ефективності моделі були підвищені за допомогою нейронних мереж на 4.38% – від 86.83% для методу опорних векторів до 91.21% для перцептрона з 2 прихованими шарами – для даних про серцево-судинні захворювання і на 2.29% – від 73.14% для логістичної регресії до 75.43% для аналогічної штучної нейронної мережі. А в порівнянні з точністю проаналізованих досліджень – точність моделі для першого набору збільшилась на 8,2%, а для другого – на 1,2%.

Отримані результати доводять ефективність застосування штучних нейронних мереж для вирішення задач класифікації, зокрема що стосується невеликих наборів вхідних даних, що продемонстровано на практиці.

Перспективи подальших досліджень. Тема ефективності класифікації малих об'ємів вхідних даних, залишається актуальною, тож подальші дослідження на основі даного можуть проводитись у різних площинах. Вони можуть включати в себе аналіз інших моделей нейронних мереж та доцільності їх застосування для вирішення даної проблеми, яка стосується саме задачі класифікації медичних даних. Окрім того, можливе проведення узагальнення для аналізу наборів, що подібні невеликими розмірами для визначення продуктивного підходу для покращення точності моделей, побудованих на їх основі.

References.

- Challa, K. N. R., Pagolu, V. S., Panda, G., & Majhi, B. (2016, October). An improved approach for prediction of Parkinson's disease using machine learning techniques. In *2016 International Conference on Signal Processing, Communication, Power and Embedded System (SCOPEs)* (pp. 1446-1451). IEEE.
- Battineni, G., Sagaro, G. G., Chinatalapudi, N., & Amenta, F. (2020). Applications of Machine Learning Predictive Models in the Chronic Disease Diagnosis. *Journal of Personalized Medicine*, 10(2), 21. URL: <https://www.mdpi.com/2075-4426/10/2/21/html> (Last accessed: 17.03.2020).
- Muthuselvan, S., Rajaprakash, S., Somasundaram, K., & Karthik, K. (2018). Classification of Liver Patient Dataset Using Machine Learning Algorithms. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(3.34), 323. doi:10.14419/ijet.v7i3.34.19217
- Dahiawade, D., Patle, G., & Meshram, E. (2019, March). Designing Disease Prediction Model Using Machine Learning Approach. In *2019 3rd International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)* (pp. 1211-1215). IEEE.
- Kanchan, B. D., & Kishor, M. M. (2016, December). Study of machine learning algorithms for special disease prediction using principal of component analysis. In *2016 international conference on global trends in signal processing, information computing and communication (ICGTSPICC)* (pp. 5-10). IEEE.
- Parthiban, G., & Srivatsa, S. K. (2012). Applying machine learning methods in diagnosing heart disease for diabetic patients. *International Journal of Applied Information Systems (IJ AIS)*, 3(7), 25-30.
- Khemphila, A., & Boonjing, V. (2011, August). Heart disease classification using neural network and feature selection. In *2011 21st International Conference on Systems Engineering* (pp. 406-409). IEEE.
- Indian Liver Patients - Logistic Predictions. URL: <https://rpubs.com/bpoulin-CUNY/338004>. (Last accessed: 17.03.2020).
- Patel, J., TejalUpadhyay, D., & Patel, S. (2015). Heart disease prediction using machine learning and data mining technique. *Heart Disease*, 7(1), 129-137.
- Kumar, K., Sreedevi, M., & Padmanabha Reddy, Y. C. A. (2018). Survey on machine learning algorithms for liver disease diagnosis and prediction. *Int. J. Eng. Technol. (IJET (UAE))*, 7(18), 99-102.
- Bhatla, N., & Jyoti, K. (2012). An analysis of heart disease prediction using different data mining techniques. *International Journal of Engineering*, 1(8), 1-4.
- Wroge, T. J., Özkanca, Y., Demiroglu, C., Si, D., Atkins, D. C., & Ghomi, R. H. (2018, December). Parkinson's disease diagnosis using machine learning and voice. In *2018 IEEE Signal Processing in Medicine and Biology Symposium (SPMB)* (pp. 1-7). IEEE.
- Indian Liver Patient Dataset. 2012. URL: <https://www.kaggle.com/jeevannagaraj/indian-liver-patient-dataset> (Last accessed: 17.03.2020)
- Heart Disease Data Set / A.Janosi, W. Steinbrunn, M. Pfisterer, R. Detrano. 1988. URL : <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Heart+Disease>. (Last accessed: 17.03.2020)

CONTENTS

AUTOMATION AND MANAGEMENT

V. V. Bulatetskyi, L.V Bulatetska. Yu. S. Pavlenko. Organization of the teacher's workplace by means of the operating system and cloud services.	5
Hnatchenko D. A. Automated design systems as one of the innovative directions in the creation of electronic equipment.	10
Holovina N.A., Holovin M.B., Fedonyuk A.A. Applications in computer physics in Visual Python on the example of simulation of force interaction.	16
Yershov V. V., Izvalov O. V., Nedilko S. M., Nedilko V. M. Concept of systematized flight control of unmanned aircraft	23
Zahorodnii O. V. Principles of medical diagnostics of malignant human skin cancer using artificial neural networks.	31
Zdolbitska N.V., Kostiuchko S.M., Kovalchuk P.E., Pashchuk V.Yu. Manipulator robot control system.	37
Koliada K., Romankevich V., Orlova M., Markovskiy O. Method for data recovery in their distributed storage on remote memory nodes.	44
A. Martynenko, B. Moroz, I. Hulina, O. Syrotkina. Conceptual model of an intelligent decision support system to identify cultural values.	51
Myroniuk L. P., Royko L. L. Wolfram Alpha as a way of the optimization the learning process of the course «Higher Mathematics».	58
Pavlenko Vyacheslav, Pidopryhora Yuriy, Kuzmenko Tetiana. Electronic microscope as one of modern 3d measurements.	65
Pahalchuk E. System of adaptive search for the optimal storerer's route for dispensing goods on the way.	70
Pekh Petro, Hrabynskiy Bohdan. Testing the hypothesis about the nature and parameters of the distribution of random variables.	76
Radzikhovska L.M., Husak L.P. Applying of the tabular MS EXCEL processor in the system analysis teaching.	84
Topchii Natalia, Shornikova Svitlana, Alkhovyk Olga. Innovative mechanisms of non-destructive control in the production conditions.	90
Tchaikovsky Sergiy. Promising directions of application of measuring equipment for product testing in accredited laboratories of Ukraine.	97
<i>INFORMATICS AND COMPUTER SCIENCE</i>	
Hlynchuk L. Y., Hryshanovych T. O., Kuzmych E., Bahniuk N. Effective using of programming and tuning methods of graphic on C++ for educational aims.	104

Holovin N.B., Holovina N.A., Yatsiuk S.M., Sachuk Yu.V. Protection of information steganographically in Python by means of the Pillow graphic library.	110
Hryniuk S., Bortnyk K., Polishchuk N. Mobile application for working as a group curator by means of Android Studio.	116
Martsenyuk V.P., Sverstiuk A.S., Andrushchak I.Ye., Sivakovska O.M., Poteichuk M.I. Features of multifunctional Backdoor technology in the personal space of users	123
V. Melnyk, A. Kahaniuk., M. Kozlenko, N. Cherniashchuk, A. Shcherbliuk. Data processing intensity dependence in the cluster on socket performance avoiding heterogeneity.	128
Myronenko Serhii, Onyshchenko Yelyzaveta. Comparative analysis of methods for solving the problem of sentiment text analysis.	140
Tereikovska L.A. Neural network emotion recognition method based on facial images.	146
Khrystynets N., Miskevych O. Mazurenko V. Technology of Blockchain to optimize document management processes.	153
Khrystynets N., Cherniashchuk N., Miskevych O., Yu. Povstiana., Dovgonyuk M. Technology of hardware virtualization of microprocessors Intel.	158
Yaremenko V. S., Materynska S. V. Use of artificial neural networks to determine the presence of cardiovascular diseases and liver diseases in small data sets.	164

ВИМОГИ ДО СТРУКТУРИ ТА ОФОРМЛЕННЯ МАТЕРІАЛУ СТАТЕЙ

➤ Наукова стаття обов'язково повинна мати наступні необхідні елементи:

- 1) **постановка проблеми** у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями;
 - 2) **аналіз останніх досліджень і публікацій**, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор,
 - 3) **виділення невирішених раніше частин загальної проблеми**, котрим присвячується означена стаття;
 - 4) **формулювання мети дослідження** (постановка завдання);
 - 5) **виклад основного матеріалу дослідження** з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;
- висновки** з даного дослідження, у тому числі з науковою новизною і
- 6) **перспективи подальших досліджень** у даному напрямку.
- Статтю можна подавати українською, російською або англійською мовами. Вона повинна бути набрана у текстовому редакторі MS WORD 03/07/10 і надрукована на лазерному або струменевому принтері на білих листах формату A4 (297×210 мм). **Нумерацію сторінок** не виконувати. **Обсяг статті** 5-10 сторінок (не менше).
 - **Параметри сторінки**. Верхнє, нижнє та праве поле –1,5 см, лівє – 2 см. Від краю до верхнього колонтитула – 1,25 см, нижнього – 1,25 см.
 - **Шапка статті**. УДК, ORCID (якщо є), автори (ім'я та прізвище повністю), місце роботи кожного автора. Назва організації та назва статті набираються з нового рядка шрифтом Time New Roman Суг розміром 11 пт з одинарним міжрядковим інтервалом та вирівнюються по лівому краю. Назва статті розміщується через один рядок нижче назви організації (розмір шрифту 11 пт з напівжирним виділенням та вирівнюванням по центру).
 - **Анотації** (українською, російською та англійською мовами) повинні містити прізвища та ініціали авторів, назву статті та короткий її зміст і розміщуються через один рядок нижче назви статті та набираються з абзацного відступу 1 см шрифтом Time New Roman Суг розміром 9 пт з одинарним міжрядковим інтервалом і вирівнюються по ширині. Нижче анотацій обов'язково вказуються **ключові слова**.
 - **Основний текст** розміщується на через один рядок нижче анотацій, набирається з абзацного відступу 1 см шрифтом Time New Roman розміром 11 пт з одинарним міжрядковим інтервалом та вирівнюється по ширині.
 - **Формули** набираються у редакторі формул MS WORD (використовувати шрифти: Symbol, Time New Roman Суг; розміри шрифтів: звичайний 12 пт, крупний індекс 7 пт, дрібний індекс 5 пт, крупний символ 18 пт, дрібний символ 12 пт). Формула вирівнюється по центру і не повинна займати більше 5/6 ширини рядка.
 - **Ілюстрації**, що присутні у статті, необхідно розташовувати у тексті по центру, вирівнюючи підписи по центру (Рис. 1. Назва). Другий екземпляр ілюстрації необхідно подати на окремому листі. Ілюстрації повинні бути чіткими та контрастними.
 - **Таблиці** потрібно розташовувати у тексті по центру, причому їх ширина повинна бути на 1 см менша ширини рядка. Над таблицею ставиться її порядковий номер і назва (Таблиця 1. Назва) та вирівнюється по центру.
 - **Посилання** на ту чи іншу роботу повинні позначатися в тексті у квадратних дужках за порядковим номером у списку літератури в кінці статті; посилання на джерела статистичних даних обов'язкові; посилання на публікації дослідників обов'язкові; посилання на підручники, навчальні посібники, газети і ненаукові журнали – небажані; посилання на власні публікації допускаються тільки у випадку крайньої необхідності; роботи авторів, на прізвища яких є посилання в тексті, мають бути в списку літератури до цієї статті.
 - **Список бібліографічного опису** та **References**. Список літератури («References») потрібно приводити повністю окремим блоком, повторюючи список літератури, який подається українською / російською мовою, незалежно від того, є в ньому іноземні джерела чи ні. Тобто, після статті подається 2 списки: «Список бібліографічного опису» (звичайний список літератури) і «References» (список для міжнародних БД). Необхідно в опис джерела вносити всіх авторів, не скорочуючи їх до трьох, як це рекомендовано діючими у нас державними стандартами. References - повинен бути укладений англійською мовою або транслітерований. Оформлювати згідно з одним із найбільш уживаних у світі стандартів: APA – American Psychological Association; CBE – Council of Biology Editors, Citation-Sequence; Chicago (Author-Date System); Harvard; Harvard – British Standard; MLA (Modern Language Association) – Single Spaced Reference List; NLM – National Library of Medicine; Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals. У жодному з перелічених стандартів не використовуються розділові знаки: «//», «–». Назва джерела та вихідні дані відокремлюються від авторів і заголовка статті типом шрифту, найчастіше, курсивом (italics), крапкою або комою. Існує багато безкоштовних програм для створення бібліографічних описів у романській абетці, що дають можливість автоматично створювати посилання за одним із світових стандартів наприклад: <http://www.easybib.com/>, <http://www.bibme.org/>, <http://www.sourceaid.com/>, <https://vak.in.ua/>.
 - До статті обов'язково додається дві **рецензії**: зовнішня і внутрішня. Редакція залишає за собою право направляти статті на додаткову рецензію та відхиляти їх в разі відсутності рецензій.
 - Стаття обов'язково подається на лазерному диску. Її також можна переслати електронною поштою за адресою: cit@lntu.edu.ua.
 - В кінці статті обов'язково вказуються ПІБ, посада, науковий ступінь, вчене звання рецензентів статті.
 - Рукописи, що не відповідають вище вказаним вимогам, не розглядаються і до друку не приймаються.

ЗРАЗОК ОФОРМЛЕННЯ СТАТТІ
(поля верхнє, нижнє -1.5 см, ліве та праве 2см. дзеркальні поля)

ЗРАЗОК

УДК 621.391

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

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

Антіпов Олександр Андрійович, аспірант,

Журавльов Володимир Сергійович, аспірант.

<https://orcid.org/0000-0002-7366-9552>

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

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДОСТАВКИ МЕДИКАМЕНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ (МУЛЬТИКОПТЕРІВ) ЗА ЗАПИТОМ СПОЖИВАЧА

Мороз Б. І., Антіпов О.А., Журавльов В. С. Автоматизована система доставки мед безпілотних літальних апаратів (мультикоптерів) за запитом споживача. Представлено концепт системи доставки медикаментів за допомогою безпілотних літальних апаратів. Запропоновано архітектуру системи автоматичної диспетчеризації замовлень від споживача, зберігання замовлень, та планування доставки дронами. Також було розглянуто юридичні обмеження роботи запропонованої системи.

Ключові слова: мультикоптер, дрон, доставка, клієнт-серверна архітектура, RSA, APM, HTTPS, Mission Planner.

Мороз Б. И., Антипов А.А., Журавлев В. С. Автоматизированная система доставки медикаментов с помощью беспилотных летательных аппаратов (мультикоптеров) по запросу потребителя. Представлен концепт системы доставки медикаментов с помощью беспилотных летательных аппаратов. Предложена архитектура системы автоматической диспетчеризации заказов от потребителя, хранения заказов, и планирование доставки дронами. Также были рассмотрены юридические ограничения работы предложенной системы.

Ключевые слова: мультикоптер, дрон, доставка, клиент-серверная архитектура, RSA, APM, HTTPS, Mission Planner.

Moroz B., Antipov A., Zhuravlev V. Automated system for the delivery of medical supplies using unmanned aerial vehicles (multicopter) at the request of the consumer. The concept of medical supplies delivery system using unmanned aerial vehicles is presented. The architecture of the system of automatic dispatching orders from the consumer, storage of orders, and scheduling delivery by drones are proposed. The legal limitations of the proposed system were also considered.

Keywords: multicopter, drone, delivery, client-server architecture, RSA, APM, HTTPS, Mission Planner.

Постановка наукової проблеми.

.....

Аналіз досліджень.

.....

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження.

.....

Висновки та перспективи подальшого дослідження.

.....

Список бібліографічного опису

1. Сін Лю, Цінъян Сяо, Віджай Гопалакришнан, Маттео Варвелло (2017) Дослідження 360 ° Інновації для панорамного відеопотоку, С. 50-55. ACM.
2. Б. Хань, Ф., Цянь, Л. Джі та В. Гопалакришнан. (2017) MP-DASH: Адаптивна відео-трансляція через перевагу, орієнтовану на багатофункціональність. У матеріалах 12-ї Міжнародної конференції з нових мережних експериментів та технологій, С. 129–143. ACM.

References

1. Xing Liu, Qingyang Xiao, Vijay Gopalakrishnan, Matteo Varvello (2017) Research 360° Innovations for Panoramic Video Streaming, P. 50-55. ACM.
2. Han, B., Qian, F., Ji, L. & Gopalakrishnan, V. (2017) MP-DASH: Adaptive Video Streaming Over Preference-Aware Multipath. In Proceedings of the 12th International on Conference on emerging Networking Experiments and Technologies, P. 129-143. ACM.

Довідки з питань публікації та прийому матеріалів у науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво» можна отримати у відповідального секретаря – Свиридюк Катерини Анатоліївни за тел. (0332) 74-61-15, або (063)-940-69-42.

Адреса: 43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75, ауд. 141

Автор статті отримує 1 примірник збірника. Вартість друку однієї сторінки становить **40 – грн.** (для працівників Луцького НТУ), **50 грн – для інших ЗВО.**

Окремо, кожній статті, буде присвоєний **DOI (digital object identifier)** - ідентифікатор цифрового об'єкту, що веде за собою додаткову оплату **45грн.**

Кошти можна перерахувати на рахунок:

Луцький національний технічний університет
43018 м.Луцьк, вул.Львівська, 75
р/р **UA86 820172 0 3132 4 1 002 2 02 017820**

З призначенням платежу: РВВ ЛНТУ. «За інформаційно-аналітичне забезпечення видання «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво» від _____ (ПБ)»