

*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.*

**№38 2020**

*м. Луцьк  
Видавництво Луцького національного технічного університету*

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

**№38 2020р.**

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

<b>Головний редактор:</b>	
професор д.ф.-м.н., Пастернак Я.М.	(м. Луцьк)
<b>Заступники головного редактора:</b>	
проф., д.т.н. Андрушак І.Є.	(м. Луцьк)
доц., к.т.н. Пех П.А.	(м. Луцьк)
<b>Відповідальний секретар:</b>	
мол.наук.співробітник Свиридюк К.А.	(м. Луцьк)
<b>Члени редакційної колегії:</b>	
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](http://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 №8 засідання від 30.04.2020)**

Журнал рішенням МОН України  
наказом №515 від 16.05.2016р,  
включено в перелік наукових фахових видань.

**Видання індексується у  
наукометричних та реферативних базах:**

[Index Copernicus Journal Master List](#)  
[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

<b>АВТОМАТИКА ТА УПРАВЛІННЯ</b>	
<b>Ліщина Н.М., Ліщина В.О., Повстяна Ю.С.</b> Підходи та алгоритми обробки та розпізнавання зображень складної структури.	<b>5</b>
<b>Повстяна Ю.С., Ящук А.А., Ліщина В.О., Поліщук М.М., Потейчук М.І.</b> Система радіоелектронної боротьби на базі Arduino UNO R3.	<b>10</b>
<b>Журило А.Г.</b> Про коефіцієнти спотворення при виконанні креслеників в аксонометричних проєкціях.	<b>17</b>
<b>Zaiats V.M., Rybyska O.M., Majewski J., Marciniak T., Zaiats M.M.</b> Methods of fuzzy sets theory for statistical analysis of mass service systems. (Заяць В.М., Рибицька О.М., Маевский Я., Марціняк Т., Заяць М.М. Методи теорії нечетких множин для аналізу систем масового обслуговування.)	<b>23</b>
<b>Ісмаїлова Н. П., Елісєєв І. П.</b> Моделювання спряжених кінематичних поверхонь за допомогою метода гвинтового перетворення в системі MATLAB.	<b>33</b>
<b>Кукунін С. В.</b> Розробка цілісної методології організації систем типу «розумний будинок» в рамках парадигми «інтернету речей».	<b>40</b>
<b>В. Moroz, O. Syrotkina, A. Marochko.</b> Recognition system for increasing business potential from in-store customers. (Мороз Б.І., Сироткіна О.І., Марочко А.М. Система розпізнавання для підвищення ефективності бізнесу при роботі з покупцями в магазині.)	<b>46</b>
<b>Пахолок З. О., Миронюк Л. П.</b> Методика опрацювання хмарних сервісів Google Slides та Sites для створення презентацій про рідну країну і розміщення їх на сайті в курсі «Українська мова як іноземна».	<b>51</b>
<b>Романюк Л. А. Чихіра І. В.</b> Аеродинамічна модель групи безпілотних літальних апаратів у просторі з перешкодами.	<b>59</b>
<b>ІНФОРМАТИКА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА</b>	
<b>Головін М.Б., Головіна Н.М., Гузачов Д.М., Головіна Н.А.</b> Метод моментів як інструмент комп'ютерної діагностики навчальної діяльності (на прикладі вивчення програмування).	<b>67</b>
<b>Martsenyuk V.P., Didmanidze I.Sh., Andrushchak I.Ye., Kradinova T.A., Rud K.I.</b> Information security: anti-virus protection technologies. (Марценюк В.П., Дідманідзе І.Ш., Андрущак І.Є., Крадінова Т.А., Рудь К.І. Інформаційна безпека: технології антивірусного захисту.)	<b>79</b>
<b>Міскевич О.І., Войтович І.В.</b> Формати зображень та доцільність їх використання в сучасному світі.	<b>85</b>
<b>ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА</b>	
<b>Терлецький Т.В., Кайдик О.Л., Ткачук А.А., Чубай Р.С., Чмирук Р.Р.</b> Ініціалізації станів шлейфу пожежної сигналізації неадресним пожежним приймально-контрольним приладом.	<b>91</b>

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-38-01

УДК: 004.93'1

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

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

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

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

Повстяна Юлія Славомирівна, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0001-5426-4157>

Луцький національний технічний університет

## ПІДХОДИ ТА АЛГОРИТМИ ОБРОБКИ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ СКЛАДНОЇ СТРУКТУРИ

**Ліщина Н.М., Ліщина В.О., Повстяна Ю.С. Підходи та алгоритми обробки та розпізнавання зображень складної структури.** У статті описані високопродуктивні алгоритми та програмне забезпечення, що виконує одну із задач обробки зображень – аналітичного описання контурів об'єктів виділених на растрових зображеннях. Показано, що запропонована методика, алгоритми та розроблене програмне забезпечення повністю вирішує розглянуту задачу для зображень як штучного так і природного походження.

**Ключові слова:** контур зображення, алгоритм, аналітичний опис об'єктів, апроксимація, час обробки.

**Ліщина Н.М., Ліщина В.А., Повстяная Ю.С. Подходы и методы обработки и распознавания изображений сложной структуры.** В статье описанные высокопроизводительные алгоритмы и программное обеспечение, выполняющее одну из задач обработки изображений – аналитического описания контуров объектов выделенных на растровых изображениях. Показано, что предложенная методика, алгоритмы и разработанное программное обеспечение полностью решает рассматриваемую задачу для изображений как искусственного так и естественного происхождения.

**Ключевые слова:** контур изображения, алгоритм, аналитическое описание объектов, аппроксимация, время обработки.

**Nataliia Lishchyna, Valeriy Lishchyna, Ju. Povstyana. Approaches and algorithms for processing and image recognition of complex structure.** In article highly productive algorithms and software are described, that executes one of tasks of the image processing – analytical description of contours of objects of selected on the raster images. It is shown, that a method, algorithms and developed software, is offered fully decides the considered task for the images as artificial so natural origin.

**Keywords:** contour of image, algorithm, analytical description of objects, approximation, time of treatment.

**Поставка проблеми.** Аналіз та розпізнавання зображень складної структури різної фізичної природи широко використовується в різних областях науки і техніки, наприклад в медицині та біології для аналізу рентгенограм, тканин клітини і хромосом; в неруйнівному контролі матеріалів і середовищ; в робототехніці при аналізі динамічних тривимірних сцен; в криміналістиці для реставрації і відновлення низькоконтрастних документів; в лазерній локації для виявлення малорозмірних і великорозмірних об'єктів й у інших галузях.

**Формування мети дослідження.** Метою роботи є розробка нового підходу до створення високопродуктивних технологій синтезу, обробки та розпізнавання зображень складної структури різної фізичної природи, який дає можливість генерувати зображення тривимірних об'єктів, здійснювати геометричні перетворення для покращення якості зображення, формувати системи інформативних ознак для опису малорозмірних і великорозмірних рухомих і нерухомих образів, і на їх основі створювати високопродуктивні розпізнавальні системи реального часу.

### Виклад основного матеріалу.

Існуючі алгоритми побудови контуру об'єктів використовують принцип трасування межі однорідних ділянок півтонових або дворівневих зображень. Основним їх недоліком є те, що при трасуванні меж ділянок, зображення неодноразово проглядається в довільних напрямках, які визначаються поведінкою межі об'єкту. А це приводить до зниження ефективності роботи програмного забезпечення, особливо, коли обробляються зображення великих розмірів. Тому доцільно розробити однопрохідний алгоритм, що позбавлений зазначених недоліків.

В основу алгоритму можна покласти принцип перевірки на парність, що застосовується в процедурах заповнення областей. Алгоритми заповнення областей, які використовують перевірку на парність, ґрунтуються на тому, що довільна пряма перетинає довільну замкнуту криву парну кількість разів.

Розглянемо суть однопрохідного алгоритму побудови контуру об'єкту на прикладі рис. 1. Нехай зображення сканується зліва-направо зверху-вниз апертурою певного розміру, доки пікселі однорідних ділянок мають однакові фіксовані значення. При досягненні межі об'єкту (точка А) породжуються дві дуги контуру об'єктів I та II ліва та права. Ці дуги заносяться у список контурів відповідних об'єктів як незамкнуті послідовності точок. Координати (x, y) точки А заносяться у списки точок цих дуг. В наступному скані при перетині меж об'єктів координати точок перетину додаються у списки точок



найближчих дуг контурів. Оскільки пікселі тіла об'єкту є чотири-зв'язними, а контури – восьми-зв'язними, то відстань між сусідніми контурними точками буде рівна одиниці. Опіраючись на принцип парності точок перетину деякої прямої лінії та замкнутого контуру, до списків дуг контурів буде добавлено однакову кількість точок. При подальшому скануванні зображення, у точці *B* буде породжено нові дуги контурів та добавлені до відповідних об'єктів. У точці *C* дуги *AC* та *BC* об'єднуються в єдиний сегмент контуру.

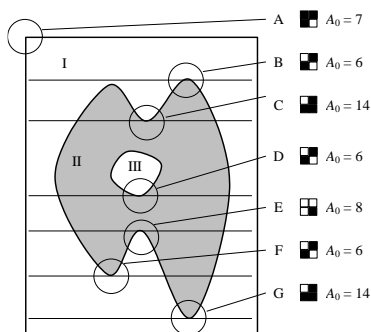


Рисунок 1 – Характерні ділянки контурів об'єктів

Продовжуючи обробку зображення за розглянутим підходом, нові дуги контурних ланцюгів будуть створені у точках *D* та *F*, а у точках *E*, *G* та *H* відповідні дуги будуть об'єднані в ланцюжки та утворять замкнуті контури ділянок.

#### Аналіз алгоритму формування контурів

Розглянутий алгоритм описання контурів об'єкта забезпечує побудову контурів (зовнішніх та внутрішніх) всіх об'єктів за один перегляд зображення з контурним препаратом. Необхідно виділити тільки дві ділянки пам'яті довжиною пропорційною ширині зображення для збереження маркування об'єктів та їх сусідства. Основні затрати внутрішньої пам'яті будуть припадати для збереження дуг та ланцюгів контурів. У процесі обробки об'єкту його контур містить тільки дуги, які поступово об'єднуються між собою. Після завершення обробки внутрішнього контуру або об'єкту в цілому всі дуги замикаються та утворюють замкнуті ланцюги.

#### Опис програм

Основою розробленого програмного забезпечення аналітичного описання контурів є функція `ObjectPtContourDescr()`. Відповідно до свого функціонування, вона викликає допоміжні підпрограми (функції), що реалізують окремі дії над інформаційними об'єктами (дугами, ланцюгами та ін.). Відповідно до інформаційних об'єктів з якими оперують програми, функція розбита на групи. Належність функції до певної групи визначається першим словом у її назві. А саме: `ObjectPt...` – функції працюють з об'єктами в цілому; `Branch...` – функції працюють з дугами контурів; `Chain...` – функції працюють з ланцюгами контурів; `Neighbourhood...` – функції відслідковують сусідство об'єктів.

Програма `ObjectPtContourDescr()` є базовою для аналітичного описання контурів об'єктів на бінарних зображеннях. Прототип функції міститься у файлі заголовків `EdgeDescription.h`, а повний текст у файлі `EdgeDescription.c`.

Основними вхідними параметрами функції є вказівник `contF` на структуру типу `FILE`, через який відбувається зчитування вхідних даних (бінарного зображення) з файлу. Зображення записано у файлі в форматі `RAW` з бітовою глибиною 8 бітів на піксель. Розміри зображення передаються через змінні `imWidth` та `imHeight`, що відповідно задають його ширину та висоту в пікселях. Для обчислення інтегральних характеристик об'єктів в процесі описання їх контурів та непохідних при класифікації, функції передаються вказівники типу `FILE` для доступу до первинного зображення та його градієнту.

Результатами роботи програми є вказівник на масив елементів `struct SObjectPt`, у якому розміщено описані об'єкти та довжина цього масиву `ObjectCount`. Після перегляду всіх рядків зображення програма звільняє використану пам'ять та повертає викликаючій програмі вказівник на масив описаних об'єктів та його розмір через формальний параметр `ObjectCount`.

Група функції `ObjectPt...` опрацювання об'єктів

Група функцій, що починається з префіксу `ObjectPt` призначена для виконання операцій над об'єктами в цілому. До неї входять функції: `ObjectPtCreate()` – створення та ініціалізації об'єкту; `ObjectPtDelete()` – знищення об'єкту; `ObjectPtConcatenate()` – об'єднання об'єктів; `ObjectPtCleaning()` – очистки порожніх об'єктів.

Функція `ObjectPtCreate()` призначена створення та ініціалізації нового об'єкту. Вона повертає нові значення вказівника на масив об'єктів, його максимальну довжину `ObjectPtMax` та індекс створеного об'єкту `ObjectPtCnt`.

```
struct SObjectPt* ObjectPtCreate(  
struct SObjectPt* pObject,  
int &ObjectPtMax,  
int &ObjectPtCnt,  
struct SBranch* pBranch);
```

У створений об'єкт переписується дуга контуру, вказівник на яку pBranch передається через формальні параметри. Пам'ять, що виділяється додатково ініціалізується нулем.

Функція ObjectPtDelete() призначена для знищення об'єкту на який вказує pObject. Спочатку переглядається внутрішня структура об'єкту та звільняється вся пам'ять, що виділена в процесі його побудови, а потім усім полям структури присвоюються нульові значення.

Функція ObjectPtConcatenate() об'єднує (зливає) об'єкти, коли у двох ділянок зображення, які оброблялися незалежно, появляється точка, що є чотирьох-зв'язною з обома ділянками. У випадку, коли "об'єднуються" об'єкти з однаковими індексами, то це значить, що замкнувся один із внутрішніх контурів.

Функція ObjectPtCleaning() призначена для видалення масиву порожніх об'єктів з метою його ущільнення.

Функція ObjectPtCleaning() повертає нову довжину щільно упакованого динамічного масиву.

Група функції Branch... опрацювання дуг контурів

У процесі побудови, контури спочатку представляються дугами, тобто незамкнутими ланцюжками контурних точок. Група функцій назви яких починаються з префіксу Branch призначена для роботи з дугами. До цього класу відносяться функції: BranchInsert() – вставлення нової дуги в об'єкт; BranchAddPoint() – додавання точки до біжучої дуги; BranchGrow() – нарощення вказаної дуги точками з інших дуг; BranchMove() – переміщення дуг з одного об'єкту в інший; BranchNext() – циклічний інкремент індексу біжучої дуги; BranchMove2Chain() – замикання дуг та переміщення в масив ланцюгів.

Функція BranchInsert() добавляє нові дуги до об'єкту. Вхідними параметрами функції є pObject вказівник на об'єкт до якого добавляються дуги на які вказує pBranch.

```
void BranchInsert(struct SObjectPt* pObject, struct SBranch* pBranch);
```

Функція BranchAddPoint() добавляє нову точку контуру з абсолютними координатами зображення (n, m) у біжучу дугу об'єкту pObject та переміщує індикатор біжучої дуги на наступну, якщо Next - істина.

```
void BranchAddPoint(struct SObjectPt* pObject, int, int);
```

Функція BranchGrow() призначена для нарощення дуги контуру точками з двох інших дуг.

```
void BranchGrow(struct SBranch* pDestBranch,  
struct SBranch* pSrcBranchOne,  
struct SBranch* pSrcBranchTwo, bool bFree);
```

У кінець дуги приймача pDestBranch добавляються точки з дуг джерел pSrcBranchOne та pSrcBranchTwo послідовно і, якщо bFree – істина, дуги джерела знищуються. Останній параметр добавлено для коректного опрацювання службового нульового об'єкту дуги якого не повинні знищуватися. Функція BranchGrow() використовується при об'єднанні об'єктів.

Функція BranchMove() переміщує Number послідовних дуг з динамічного масиву на який вказує pSourBranch у біжучу позицію масиву дуг об'єкту pObject.

```
void BranchMove(struct SObjectPt* pObject,  
struct SBranch* pSourBranch,  
int);
```

Функція використовується у програмах об'єднання об'єктів. Вона переміщає незамкнуті дуги контурів з одного об'єкту в інший. Спочатку перевіряється максимальний розмір масиву дуг об'єкту приймача і при необхідності розширюється. Потім розсувається існуючий масив дуг на Number елементів та у порожнє місце переносяться дуги. Індикатор біжучої дуги інкрементується на Number.

Функція BranchMove2Chain() об'єднує дві сусідні дуги об'єкту pObject утворюючи внутрішній чи зовнішній контурний ланцюг та переміщує його в масив ланцюгів.

```
void BranchMove2Chain(struct SObjectPt* pObject);
```

Функція BranchNext() призначена для циклічного переходу на наступну дугу об'єкту pObject.

```
void BranchNext(struct SObjectPt* pObject);
```

Функція збільшує на одиницю індикатор біжучої дуги, якщо біжуча дуга є останньою в масиві, то індикатор встановлюється в нуль.

Група функції Chain... опрацювання ланцюгів контурів

Функції з цієї групи працюють з уже завершеними (замкнутими) ланцюгами контурів. До неї входить тільки дві функції: ChainSetRect() – визначення описуючого чотирикутника; ChainMove() – переміщення масиву ланцюгів з одного об'єкту в інший.

Функція ChainSetRect() визначає описуючий чотирикутник замкнутого ланцюга на який вказує змінна pChain.

```
int ChainSetRect(struct SChain* pChain);
```

Описуючий чотирикутник представляється через абсолютні координати лівого верхнього та правого нижнього кутів. Ці координати визначаються як мінімальне та максимальні значення координат точок, що входять в ланцюг за кожною з осей.

Функція ChainMove() призначена для переміщення Number ланцюгів з позиції масиву ланцюгів на яку вказує pSourceChain у масив ланцюгів об'єкту pObject.

```
void ChainMove(struct SObjectPt* pObject,  
struct SChain* pSourceChain, int Number);
```

Оскільки, на відміну від дуг, порядок чергування внутрішніх ланцюгів не має принципового значення, то для їх перезапису використовується стандартна функція memmove(). Тільки, перед переміщення збільшується ємність масиву дуг об'єкту приймача, а після перезапису звільняється відповідна пам'ять в якій зберігалися ланцюги.

Група функції Neighbour... визначення сусідства об'єктів

Сусідство об'єктів має важливе значення на етапі маніпуляції з об'єктами, при визначенні їх взаємного положення, спільних точок контуру, об'єднання та ін. Визначення сусідства уже сформованих об'єктів є перебірковою та затратною задачею, тому сусідство доцільніше визначати на етапі формування їх контурів, коли є вся необхідна для цього інформація. До групи функцій визначення сусідства об'єктів входить: NeighbourObjAssign() – встановлення взаємного сусідства двох об'єктів; NeighbourObjChange() – заміна взаємного сусідства двох об'єктів; NeighbourObjMove() – переміщення даних про сусідство об'єкту; NeighbourObjDelete() – знищення даних про сусідство об'єкту.

Функція NeighbourObjAssign() призначена для встановлення даних про сусідство двох об'єктів, що задані індексами ObjHigher та ObjLower у масиві об'єктів pObject.

```
void NeighbourObjAssign(struct SObjectPt* pObject,  
int ObjHigher, int ObjLower, int LoPointCount, int LoHighSum);
```

Через змінні LoPointCount та LoHighSum передається кількість точок контуру, що належать обом об'єктам та сумарне значення їх яскравостей.

Функція NeighbourObjMove() призначена для переміщення даних про сусідство об'єкту pObject в нову позицію, з позиції OldObjID у позицію NewObjID.

```
void NeighbourObjMove(struct SObjectPt* pObject, int NewObjID, int OldObjID);
```

Таке переміщення необхідно для збереження порядку сортування в масиві даних про сусідство. Потреба в переміщенні виникає у випадку коли індекс об'єкту міняється. Для переміщення даних відшукуються стара та нова позиція даних в масиві про сусідство об'єктів, відповідно до індексів OldObjID та NewObjID.

Функція NeighbourObjChange() призначена для вилучення даних про сусідство об'єкту, з індексом SourceObj, з масиву pObject та призначення об'єктам, які були сусідніми з SourceObj, сусідства з об'єктом з індексом DestinObj.

```
void NeighbourObjChange(struct SObjectPt* pObject, int DestinObj, int SourceObj);
```

Функція застосовується у випадках коли сусідні об'єкти об'єднуються (зливаються) і природно новоутворений об'єкт (DestinObj) перебирає до себе сусідство з об'єктами, що були суміжними з об'єктом (SourceObj), що приєднався до нього. Вона працює за простим алгоритмом. Спочатку знищуються дані про взаємне сусідство об'єктів DestinObj та SourceObj за допомогою функції NeighbourObjDelete(). Пізніше організується цикл, у якому переглядаються всі сусідні з SourceObj об'єкти. В кожному з них функцією NeighbourObjDelete() знищується сусідство з об'єктом SourceObj а за допомогою функції NeighbourObjAssign() призначається сусідство з об'єктом DestinObj.

Функція NeighbourObjDelete() призначена для вилучення даних про сусідство об'єкту заданого індексом ObjDelete з об'єкту заданого вказівником pObject.

```
void NeighbourhoodObjDelete(struct SObjectPt* pObjDest, int ObjDelete);
```

Функція переглядає масив з даними про сусідство об'єктів, знаходить та вилучає дані про сусідство з об'єктом ObjDelete шляхом стискання масиву, зменшує на одиницю лічильник об'єктів сусідів та встановлює індекс наступного за останнім сусіда в -1. Встановлення індексу, наступного за останнім сусідом в масиві, в -1, забезпечує коректну зупинку алгоритму пошуку об'єктів сусідів у впорядкованому за не спаданням масиві.

Для тестування програмного забезпечення розроблено технологічні програми, на які поклалися функції забезпечення інтерфейсу з користувачем, відображення та аналізу результатів роботи розроблених програм.

Завантажувальний модуль інтерфейсної програми називається ContourDescribe.exe. У тому ж каталозі повинен бути ініціалізаційний файл ContourDescribe.ini в якому прописано завдання на обробку. Ініціалізаційний файл має наступну структуру:

```
ContourDescribe.imWidth=256  
ContourDescribe.imHeight=256  
ContourDescribe.InputFile=c:\HouseRoofs\Roofs\Test9\Test_1.raw
```

де ContourDescribe – кодове, що визначає належність ключів, що йдуть після крапки саме до цієї програми;

imWidth, imHeight – ширина та висота зображення в пікселях;  
InputFile – повна назва файлу зі зображенням у RAW форматі.

Інтерфейсна програма читає ініціалізаційний файл та перевіряє повноту та коректність вхідних даних. Якщо перевірка завершилася успішно, викликаються функції аналітичного описання контурів, в іншому випадку видається повідомлення про помилку та виконання програми переривається.

Для виводу результатів описання контурів об'єктів розроблено дві функції imDrawContourPoint() та ObjectPtTestPrint(). Перша відтворює бінарне зображення на основі аналітичного описання контурів та служить для візуальної оцінки роботи програми, а друга аналізує коректність контурних ланцюгів та виводить інформацію про об'єкти та їх контури в текстовому вигляді. За її допомогою можна точно оцінити коректність роботи програм описання контурів.

Прототип функції відтворення бінарних зображень об'єктів за їх контурами має вигляд:  
void imDrawContourPoint(FILE \*outF, int imWidth, int imHeight,  
struct SObjectPt\* pObject, int ObjectCount,  
int ObjectDraw)

де outF – вказівник на відкритий файл, у який виводитиметься зображення;

imWidth, imHeight – ширина та висота зображення;

pObject – вказівник на масив об'єктів;

ObjectCount – довжина масиву об'єктів;

ObjectDraw – індекс об'єкту який необхідно вивести, якщо індекс є від'ємним числом, то виводяться всі об'єкти.

Функція аналізу та виводу структури об'єктів у текстовій формі викликається з параметрами

```
void ObjectPtTestPrint(FILE *logF,  
struct SObjectPt* pObject, int ObjectCount,  
int nObject, int bSquare, int bNeighbors,  
int bChains, int bPoints, int bPointDiff)
```

де logF – вказівник на відкритий файл у який виводитиметься текстова інформація;

pObject – вказівник на масив об'єктів;

ObjectCount – довжина масиву об'єктів;

nObject – індекс об'єкту який необхідно вивести, якщо індекс є від'ємним числом, то виводяться всі об'єкти.

bSquare, bNeighbors, bChains, bPoints, bPointDiff – ключі, ненульове значення яких забезпечує друк у файл: площі об'єкту; списку сусідніх об'єктів та параметри їх спільних ділянок контурів; списку ланцюгів та їх описуючих чотирикутників; точок контуру; різниці між координатами сусідніх точок контуру, якщо вона перевищує одиницю.

Висновки. Відомі алгоритми обходу та аналітичного описання контурів вимагають багаторазового перегляду контурних точок зображення. На зображеннях складної структури це приводить до багаторазового поглядання зображення, що опрацьовується. Якщо, вихідне зображення має досить великі розміри і його не вдається повністю розмістити в оперативній пам'яті, то підчитування фрагментів зображення буде вимагати інтенсивної роботи із зовнішнім запам'ятовуючим пристроєм. Оскільки операція роботи із зовнішніми пристроями є повільною, то розглянуті алгоритми будуть критичними за часом виконання.

#### Список бібліографічного опису.

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
2. Фисенко В.Т., Фисенко Т.Ю. Компьютерная обработка и распознавание изображений. СПб.: 2008.

#### References.

1. Honsales R., Vuds R. Tsyfrovaia obrabotka yzobrazheniy. M.: Tekhnosfera, 2005. 1072 s.
2. Fysenko V.T., Fysenko T.Iu. Kompiuternaia obrabotka y raspoznavanye yzobrazheniy. SPb.: 2008.

DOI: 6775-2524-0560-2020-38-02

УДК 623.623

**Повстяна Юлія Славомирівна**, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0001-5426-4157>

**Ящук Андрій Анатолійович**, к.т.н., доцент

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

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

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

**Поліщук Микола Миколайович**, к.т.н., старший викладач

<https://orcid.org/0000-0002-1218-5925>

**Потейчук Михайло Іванович**, асистент

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

Луцький національний технічний університет

## СИСТЕМА РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ НА БАЗІ ARDUINO UNO R3

**Повстяна Ю.С., Ящук А.А., Ліщина В.О., Поліщук М.М., Потейчук М.І.** Система радіоелектронної боротьби на базі Arduino UNO R3. В дослідженні запропоновано систему радіоелектронної боротьби на базі Arduino UNO R3 для протидії безпілотним літальним апаратам. Розглянуто структурну схему та проаналізовано параметри системи та окремих її складових. Здійснено порівняльну характеристику запропонованого зразка та існуючих аналогів.

**Ключові слова:** безпілотний літальний апарат, радіоперешкода, Arduino UNO R3, Wi-Fi, магнетрон, універсальний звуковий модуль.

**Повстяна Ю.С., Ящук А.А., Ліщина В.О., Поліщук Н.Н., Потейчук М.І.** Система радиоэлектронной борьбы на базе Arduino UNO R3. В исследовании предложена система радиоэлектронной борьбы на базе Arduino UNO R3 для противодействия беспилотным летательным аппаратам. Рассмотрено структурную схему и проанализированы параметры системы и отдельных ее составляющих. Осуществлено сравнительную характеристику предложенного образца и существующих аналогов.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, радиопомех, Arduino UNO R3, Wi-Fi, магнетрон, универсальный звуковой модуль.

**Ju. Povstyana, A. Yashchuk, N. Lishchyna N. Polischuk, M. Poteychuk.** Arduino UNO R3 radio electronic control system. The study proposed an Arduino UNO R3 based electronic warfare system to counteract unmanned aerial vehicles. A structure scheme was submitted and the parameters of the system and its components were analyzed. A comparative characteristic of the proposed prototype and its analogs was carried out.

**Keywords:** unmanned aerial vehicle, radio interference, Arduino UNO R3, Wi-Fi, magnetron, universal sound module

### Вступ

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) уже давно стали нормою на більшій частині планети, та й за її межами. Вони мають можливість доставляти вантажі, виконувати аерофотозйомку, досліджувати склад атмосфери та погодні умови, використовуються кореспондентами, науковцями, рятувальниками та військовими для доступу у віддалені місця, навігації на місцевості, тощо.

Але разом зі зростанням попиту зросла і пропозиція дешевих літальних апаратів з малою вантажопідйомністю, які знаходяться у вільному доступі і використання яких, як і вимоги до безпеки майже не регулюється. Немає ніяких гарантій, що під час їхнього використання випадково чи зумисно не постраждають випадкові перехожі чи не постраждає майно. А занепокоєння використання БПЛА в терористичних актах нависає над спецслужбами уже кілька десятиліть. Зі зменшенням габаритів і збільшенням мобільності безпілотників знаряддям протидії БПЛА необхідно бути ще і більш мобільними та компактними [5].

В даній статті досліджується спосіб боротьби з безпілотними літальними апаратами шляхом використання системи контролю спрацювання датчиків, що у свою чергу повинно забезпечити достатньо точне використання без значного впливу на радіочастоти і сторонні пристрої.

Метою роботи – є опис налагодження та дослідження системи протидії безпілотним літальним апаратам.

### Методи дослідження

Історія використання саме безпілотних літальних апаратів налічує уже більше сотні років. Цивільні безпілотні літальні апарати використовуються не настільки давно та і характеристики у них скромніші. Класифікуються вони у відповідності до розмірів по діагоналі від двигуна до двигуна, без систем захисту від перешкод та без урахування висоти, тому що розмір зазвичай відповідає функціональним можливостям [1].

Для прикладу у США Федеральне авіаційне відомство забороняє безпілотним літальним апаратам, в тому числі непрофесійним, літати вище 400 футів.

Звичайно ж такі жорсткі правила унеможливають комерційне використання БПЛА, наприклад доставка товарів не може здійснюватись більше як за 500 метрів від складу. А тому розпочався пошук альтернативних варіантів врегулювання цього конфлікту інтересів. Так британська асоціація пілотів (BALPA) виступає за те, щоб дрони програмували так, щоб вони не могли залітати у певний повітряний простір – йдеться про так зване "встановлення геозон". Серія дронів Phantom, які виробляє DJI, вже має таку функцію. У систему GPS безпілотників внесені координати тисяч аеропортів у всьому світі. Вони не можуть залітати в ці зони.

Втім залишаються старіші моделі без даної функції, моделі, що не використовують GPS чи обходять захист, а також саморобні безпілотники від аматорів-радіолюбителів.

Визначена послідовність стадій протидії дронам: виявити, розпізнати і знищити. Для спрощення та доведення до автоматизму будь-який об'єкт що потрапив у поле зору сенсорів системи вважається безпілотником. Отже, в подальшому система для зручності розробки і тестування поділяється на 2 підсистеми, а саме – сенсорну, що відповідає за знаходження БПЛА та систему, що відповідає за створення радіоперешкод [3].

Сенсорну систему найпростіше побудувати на базі Arduino (рис.1) – платформи, котра підтримує більшість принципів та підходів вільного та відкритого програмного забезпечення (рис.2).

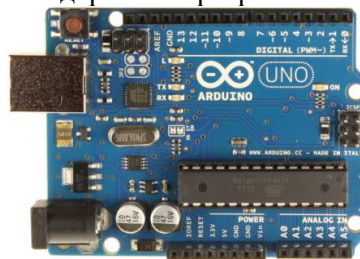


Рис. 1 – Arduino Uno R3

Основними компонентами є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки Processing/Wiring на мові програмування, що є спрощеною підмножиною C/C++. Arduino може використовуватися як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і підключатися до програмного забезпечення, яке виконується на комп'ютері (наприклад: Processing, Adobe Flash, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider).

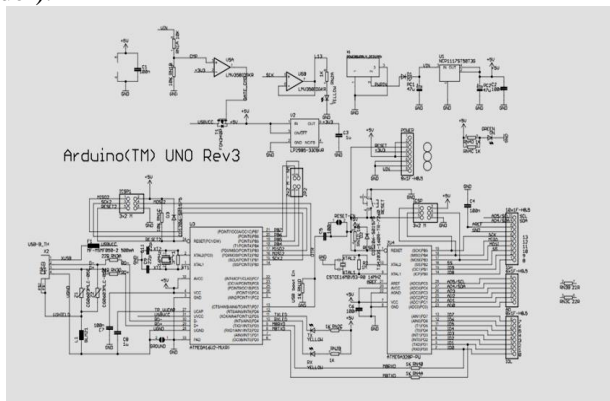


Рис. 2 – Схема Arduino uno Rev3

Платформа випускає у вільний доступ своє обладнання у вигляді файлів дизайну Eagle CAD, ліцензовані за ліцензією Creative Commons Attribution Share-Alike, яка дозволяє використовувати як особисті, так і комерційні похідні роботи, якщо вони акредитуються у Arduino та випускають свої проекти за тією ж ліцензією. Програмне забезпечення Arduino також є відкритим вихідним кодом. Вихідний код для середовища Java випущений під GPL, а бібліотеки мікроконтролерів C / C ++ знаходяться під LGPL створеної для швидкої і легкої розробки різноманітних електронних пристроїв.

Мікроконтролер на платі програмується за допомогою мови програмування Arduino та інтегрованого середовища розробки Arduino IDE. Для програмування не потрібно програматор, програма зашивається через порт USB.

Сам фреймворк є похідною від Wiring – open-source фреймворку що дозволяє писати крос-платформове програмне забезпечення для керування пристроями, прикріпленими до широкого кола плат мікроконтролерів, для створення інтерактивних об'єктів. Фактично, мова Arduino – це лише набір функцій C/C++, які можна викликати з прямо з коду, хоч ескіз зазнає незначних змін, а потім передає безпосередньо в компілятор C/C++ (avr-g++).

Arduino Uno – це пристрій на основі мікроконтролера ATmega328, який у свою чергу являється мікроконтроллером, створеним Atmel та належить до сім'ї megaAVR. Вона має модифіковане 8-розрядне ядро процесорів в RISC. Reduced Instruction Set Computing – архітектура процесорів зі скороченим набором команд, також відома як “Load/Store архітектура”, позаяк система команд такої архітектури не включає арифметико-логічних операцій з операндами у пам'яті. Для будь-якого оброблення даних їх спочатку слід завантажувати (Load) в регістр, виконувати необхідні операції, а тоді зберегти (Store) назад у пам'ять [2].

З використанням функцій pinMode(), digitalWrite() і digitalRead() кожен з 14 цифрових виводів може працювати в якості входу або виходу. Рівень напруги на виводах обмежений 5В. Максимальний струм, який може віддавати або споживати один вивід, становить 40 мА.

Система Arduino підтримує обробку аналогових сигналів. Для вхідних сигналів система має АЦП (аналогово-цифровий перетворювач), в разі вихідного сигналу – можлива модуляція ШІМ (широтно-імпульсна модуляція).

В Arduino, серцем якої є мікроконтролер Atmega, є один 10-бітний АЦП. Це означає, що лічений значення напруги може перебувати в діапазоні від 0 – 1023. В залежності від опорного напруги 1024 значень будуть розподілені на відповідний діапазон. В результаті ми можемо отримати різну точність і різний діапазон напруг, зчитувальних аналого-цифровим перетворювачем.

Arduino Uno надає ряд можливостей для здійснення зв'язку з комп'ютером, ще одним Ардуіно або іншими мікроконтроллерами. У ATmega328 є приймач UART, що дозволяє здійснювати послідовну зв'язок за допомогою цифрових виводів 0 (RX) і 1 (TX). Мікроконтролер ATmega16U2 на платі забезпечує зв'язок цього приймача з USB-портом комп'ютера, і при підключенні до ПК дозволяє Ардуіно визначитися як віртуальний COM-порт. Прошивка мікросхеми 16U2 використовує стандартні драйвера USB-COM, тому установка зовнішніх драйверів не потрібно. На платформі Windows необхідний тільки відповідний .inf-файл. У пакет програмного забезпечення Ардуіно входить спеціальна програма, що дозволяє зчитувати і відправляти на Ардуіно прості текстові дані [2].

Бібліотека SoftwareSerial дозволяє реалізувати послідовний зв'язок на будь-яких цифрових виводах Arduino Uno.

### **Результати**

Загалом більшість безпілотних літальних апаратів використовують частоти Wi-Fi. Сигнал Wi-Fi відносять до радіохвиль, відповідно, він має такі ж властивості, характеристики і поведінку. Радіохвилі, в свою чергу, підпорядковуються практично тим же фізичним законам, що і світло: поширюються в просторі з такою ж швидкістю, схильні до дифракції, поглинання, загасання, розсіюванню, тощо. Основні характеристики радіохвиль, а значить і сигналу Wi-Fi – це її довжина і частота (частотний діапазон) [6].

На даний момент найчастіше застосовуються точки доступу Wi-Fi і антени Wi-Fi 2,4 ГГц і 5ГГц. На відміну від 5ГГц, у 2,4 ГГц довжина хвилі становить 12,5 см. Серед плюсів – відмінне подолання невеликих перешкод, наприклад, густих лісових масивів, завдяки хорошій проникаючій здатності і оминанню перешкод. Серед мінусів – додаткова зашумленість ефіру іншими пристроями, що працюють на цій же частоті [4].

Глушіння сигналу джеммером не являється повністю законним методом боротьби з БПЛА, проте можна використовувати інші пристрої що працюють на тій же частоті. Найбільш сумісним з точки зору накладань частоти є використання генератора високочастотних електромагнітних хвиль мікрохвильового діапазону [5].

Магнетрон є електровакуумною лампою спеціальної конструкції, в якій електрони рухаються у додатковому магнітному полі.

Недолік магнетронів – плавання частоти, перевага – значна потужність. В радарях, наприклад, нестабільність частоти компенсують підлаштовуючи приймач на частоту випромінювання, що є технічно простішою задачею ніж утримання сталої частоти передавача.

Сам по собі магнетрон являється лише частиною системи, зокрема він мінімально потребує наявності трансформатора, конденсатора і діодів для забезпечення себе напругою.



Трансформатор – статичний електромагнітний пристрій, що має дві або більше індуктивно зв'язані обмотки і призначений для перетворення за допомогою електромагнітної індукції однієї або кількох напруг змінного струму в одну або декілька інших напруг змінного струму без зміни частоти напруги змінного струму.

Конденсатор – пристрій для накопичення заряду та енергії електричного поля. Конденсатор є пасивним електронним компонентом. В найпростішому варіанті конструкція складається з двох електронів у вигляді пластин (обкладок), розділених діелектриком, товщина якого менша в порівнянні з розмірами обкладок. Конденсатори для практичного застосування володіють багатьма шарами діелектрика та багатошарові електроди, або чергування діелектриків та електродів, згорнені в циліндр або паралелепіпед із чотирма скругленими ребрами. Зв'язок між підсистемами здійснюється шляхом передачі сигналу на кероване реле (рис.3). Дане реле керується напругою 5V і здатне комутувати до 10A 30V DC і 10A 250V AC.

Реле має два окремі ланцюги: ланцюг управління, представлений контактами A1, A2 і керований ланцюг, контакти 1, 2, 3. Ланцюги ніяк не пов'язані між собою.

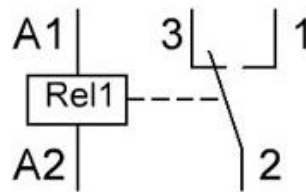


Рис. 3 Схема внутрішньої будови перемикача

Між контактами A1 і A2 встановлений металевий сердечник, при протіканні струму по якому до нього притягується рухливий якорь (2). Контакти же 1 і 3 нерухомі.

Для управління реле є такі деталі: резистор (R1), р-п-р транзистор (VT1), діод (VD1) і, безпосередньо саме реле (Rel1). Два світлодіоди встановлені для індикації. LED1 – індикація подачі живлення на модуль, загоряння LED2 свідчить про замикання реле.

При включенні контролера виводи знаходяться в високоомному стані, транзистор не відкритий. Так як у нас транзистор р-п-р типу, то для його відкриття потрібно подати на базу мінус. Для цього використовуємо функцію digitalWrite (pin, LOW). Тепер транзистор відкритий і через керуючий ланцюг тече струм і реле спрацьовує. Для відключення реле слід закрити транзистор, подавши на базу плюс, викликавши функцію digitalWrite (pin, HIGH).

Модуль має 3 виведення (стандарту 2.54 мм): VCC: «+» живлення, GND: «-» живлення, IN: вивід вхідного сигналу.

Підключення модуля теж доволі просте: VCC на + 5 вольт на Ардуіно, GND на будь-який з GND контактів Ардуіно, IN на будь-який з цифрових входів / виходів Ардуіно.

В якості датчика використовуватиметься універсальний звуковий модуль призначений для виявлення звуку і визначення порогового значення звуку. Поріг спрацьовування компаратора регулюється потенціометром.

Процес практичної реалізації розпочинається з побудови принципових схем роботи двох підсистем. Модель проектування сенсорної підсистеми з перемикачем складено у середовищі Virtual Breadboard. Представлена на рисунку 4.

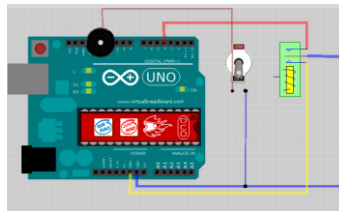


Рис.4 – Схема перемикача між підсистемами

Наступною підсистемою є мікрохвильовий випромінювач (рис. 5), який, як уже було сказано, і має спричинити перешкоди у зв'язку безпілотного літального апарату з пристроєм пілотування.



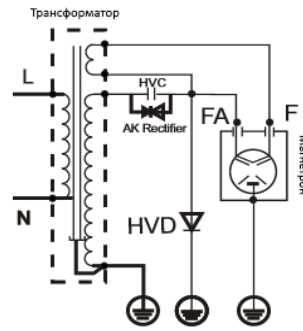


Рис. 5 – Схема електричного кола підсистеми №2

Як уже було зазначено підсистема мінімально має складатися з високовольтних трансформатора котрий перетворює струм, конденсатора, що накопичує заряд та діода а також магнетрона, котрий і матиме створювати радіоперешкоди [2].

Керуватиметься підсистема програмно керованим реле сенсорної підсистеми.

Для практичної реалізації сенсорної підсистеми для початку необхідно обрати номери контактів. Так універсальний звуковий модуль буде підключатися крім роз'ємів 5В та GND цифровим виходом до заздалегідь визначеного і прописаного контакту 7. Схему підключення універсального звукового модуля показано на рисунку 6.

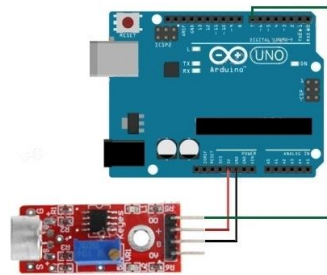


Рис. 6 – Схема підключення універсального звукового модуля

П'єзоелемент має лише 2 контакти та не потребує додаткового живлення. Тому підключається до визначеного в програмному коді контакту 8 та стандартного виводу GND.

Реле підключається до контактів 5В, GND та оголошеного у програмному коді контакту 13. З протилежного боку до реле приєднується на середній контакт так званий провід L, та вивід на трансформатор.

Сенсорна підсистема (у проміжному варіанті) окрім датчика звуку і контролера попередньо включає макетну плату, конектори типів male to female та male-to-male, кабель живлення/програмування USB type та блок живлення. При попередній (на макетній платі) послідовній збірці підсистема матиме вигляд показаний на рисунку 7.

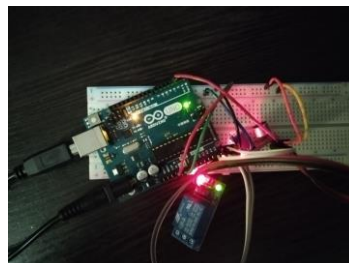


Рис. 7 – Зібрана сенсорна (керуюча) підсистема на макетній платі

При послідовній збірці компонентів підсистема №2 матиме вигляд показаний на рисунку 8.

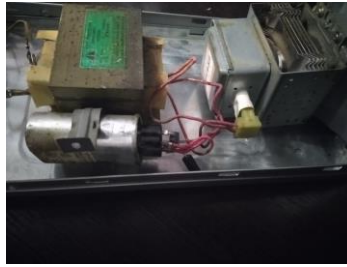


Рис. 8 – Послідовно зібрана підсистема №2

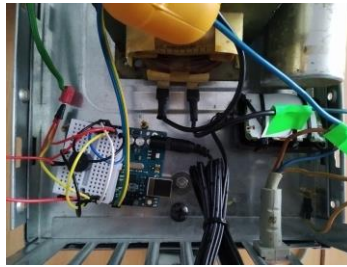


Рис. 9 – Системи протидії БПЛА, вид зсередини

На сам кінець, система живиться від мережі 220V з паралельним під'єднанням обох підсистем. Спосіб живлення включає електричні вилки із контактом для заземлення класу захисту I від ураження електричним струмом, тобто передбачається, що пристрій відділятиме всі доступні до дотику частини від струмопровідних робочою ізоляцією, а металеві частини, які доступні до дотику приєднуюватимуться до затискача або контакту заземлення розташованого всередині приладу. Заземлення металевих не струмопровідних частин забезпечується приєднанням вилки приладу до спеціальної розетки з заземлювальним контактом.

Для програмування необхідно лише встановити середовище розробки та драйвери пристрою, під'єднати плату, розробити текст програми приєднавши за потреби необхідні бібліотеки. Після введення коду за потреби необхідно вибрати назву/модель плати з випадного списку у меню Інструменти\Плата, а також номер COM-порту та вивантажити скетч.

Тестування проводилося на відповідність заявленим виробником параметрам системи RAYSUN MD1. Додатково буде проведено налагоджувальне тестування для узгодження роботи всіх компонентів, наприклад, тестування таймінгів відклику та повторного опитування датчиків.

Тестування та налагодження датчика звуку відбувається в двох напрямках: регулювання фізичного резистора для збільшення/зменшення чутливості мікрофону та редагування таймінгів паузи та відклику (у скетчах).

Результатом проведеного експериментального дослідження висунутих гіпотез моделей і методів стала побудова системи протидії безпілотним літальним апаратам. Оброблені результати занесено до таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняння ефективності з відомими комплексами

Назва параметра	RAYSUN MD1	Досліджуваний зразок
Клас захисту від ураження електричним струмом	2	1
Вартість компонентів	-	2 тис. грн
Окрема вартість повного циклу виготовлення та тестування	-	1,5 тис грн
Штат розробників	-	1
Довжина	116 см x 33 см x 190 см	56 x 35 x 48
Вага	~6 кг	~10 кг
Напруга переносного джерела живлення	DC 24V	-
Ємність акумулятора	6400 м / Ах	-
Робоча температура	10 – 55 градусів	10 – 60 градусів
Відносна вологість	95%	95%
Клас захисту	IP33	IP21

Час автономної роботи	60 хв	-
Час заряду акумулятора	4 години	-
Діапазон частот	1560 – 1600 ГГц 2395 – 2490 ГГц 5710 – 5920GHz	2395 – 2490 ГГц
Ширина променя (діапазон)	15 градусів	45 градусів
Вихідна потужність антени	12 – 15 dBi	-
Ефективний діапазон	Більше 1100 метрів	Близько 3-х метрів

\* “-” – інформація у вільному доступі або компоненти чи характеристики відсутні

Практичне використання обмежується технічними характеристиками даної системи, зокрема серйозним недоліком може стати вага та відсутність автономного живлення.

### Висновки

У процесі експерименту виявились проблеми з тепловідводом у підсистемі спричинення радіоперешкод, тому в подальшому рекомендується вирішити цю проблему встановленням вентиляційного виводу та системи термозапобіжників. Серед інших нововведень може бути встановлення автономних акумуляторів (і відповідно розробка системи їхнього обслуговування) для забезпечення більшої мобільності. Рекомендується також заміна трансформатора напруги на більш сучасний.

### Список бібліографічного опису.

1. Повітряний кодекс України 19.05.2011 No 3393-VI (Редакція 04/12/2014) <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17> (Доступ 1.06.2019).
2. Arduino Uno, <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno> (Доступ 1.06.2019).
3. Dougherty M.: Drones, the First Illustrated Drones Guide. Eksmo, 2016.
4. Ганин С.М., Карпенко А.В., Колногород В.В., Петров Г.Ф. Беспилотные летательные аппараты. Санкт-Петербург, Невский бастион, 1999, 160 с.
5. Іщенко Д. А. Методологічні засади досягнення переваги в застосуванні безпілотних авіаційних комплексів / Д. А. Іщенко, С. І. Болобан // Проблеми створення, випробовування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем : зб. наук. праць. – Житомир : ЖВІ, 2016. – Спецвип. 3. – С. 42–57.
6. Павлушенко М. Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития./ М. Павлушенко, Г. Евстафьев, И. Макаренко – М.: Права человека, 2005. – 612 с

### References.

1. Povitryanyy kodeks Ukrainy 19.05.2011 No 3393-VI (Redaktsiya 04/12/2014) <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17> (Dostup 1.06.2019).
2. Arduino Uno, <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno> (Dostup 1.06.2019).
3. Dougherty M.: Drones, the First Illustrated Drones Guide. Eksmo, 2016.
4. Hanyn S.M., Karpenko A.V., Kolnohorov V.V., Petrov H.F. Bespylotnye letatel'nye apparaty. Sankt-Peterburh, Nevskyy bastyon, 1999, 160 s.
5. Ishchenko D. A. Metodolohichni zasady dosyahnennya perevahy v zastosuvanni bezpilotnykh aviatsiynykh kompleksiv / D. A. Ishchenko, S. I. Boloban // Problemy stvorenniya, vyprovovuvannya, zastosuvannya ta ekspluatatsiyi skladnykh informatsiynykh system : zb. nauk. prats'. – Zhytomyr : ZHVI, 2016. – Spetsvyp. 3. – С. 42–57.
6. Pavlushenko M. Bespylotnye letatel'nye apparaty: ystoryya, prymenenye, uhroza rasprostranenyua y perspektyvy razvytyua./ M. Pavlushenko, H. Evstaf'ev, Y. Makarenko – M.: Prava cheloveka, 2005. – 612 s

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-38-03

УДК 514.181.6 + 514.182

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

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

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

## ПРО КОЕФІЦІЄНТИ СПОТВОРЕННЯ ПРИ ВИКОНАННІ КРЕСЛЕНИКІВ В АКСОНОМЕТРИЧНИХ ПРОЕКЦІЯХ

**Журило А.Г. Про коефіцієнти спотворення при виконанні креслеників в аксонометричних проекціях.** У статті розглянуто основні положення щодо спотворення розмірів при побудові аксонометричних проекцій за вимогами ЕСКД. Пояснюються причини зростання об'єму аксонометричних проекцій у порівнянні з ортогональними проекціями. Показано практичне застосування побудови аксонометричних проекцій. Наведено приклади розрахунку спотворення розмірів при побудові аксонометричних проекцій за вимогами ЕСКД.

**Ключові слова:** аксонометрія, об'єм, спотворення, формула Сімпсона, практичне застосування.

**Журило А. Г. О Коэффициентах искажения при выполнении чертежей в аксонометрических проекциях.** В статье рассмотрены основные положения по искажению размеров при построении аксонометрических проекциях по требованиям ЕСКД. Объясняются причины увеличения объема аксонометрических проекций по сравнению с исходными ортогональными проекциями. Показано практическое применение построения аксонометрических проекций. Приведены примеры расчёта изменения размеров при построении аксонометрических проекций в соответствии с требованиями ЕСКД.

**Ключевые слова:** аксонометрия, объем, искажение, формула Симпсона, практическое применение.

**Zhurilo A. G. On distortion coefficients when performing drawings in axonometric projections.** The article deals with the basic provisions on size distortion in the construction of axonometric projections according to the requirements of ESCD. The reasons for the increase in the volume of axonometric projections compared to the original orthogonal projections are explained. Practical application of construction of axonometric projections is shown. Examples of calculation of size changes in the construction of axonometric projections in accordance with the requirements of ESCD are given.

**Keywords:** axonometry, volume, distortion, Simpson's formula, practical application.

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

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

Серед імен, з якими пов'язаний розвиток наукової праці в області аксонометричних проекцій, можна згадати видатних вітчизняних вчених: Н. М. Бескіна, О. О. Вольберга, Н. О. Глаголева, Є. А. Глазунова, А. І. Добрякова, Д. І. Каргіна, І. І. Котова, М. О. Риніна, С. О. Смирнова, М. Ф. Четверухіна [2, 3].

У даний час теорія аксонометрії розроблена докладно і висвітлена в численних працях з нарисної геометрії. Питання ж практики побудови аксонометричних зображень висвітлені в літературі недостатньо. У практиці побудови аксонометричних зображень часто виникають значні труднощі, обумовлені не тільки недостатньою підготовкою виконавця, але і складністю окремих задач, що вимагають спеціального роз'яснення [4-8].

Положення ускладнюється ще й тому, що за останні 20..30 років практично не публікувалося робіт із практики побудови аксонометричних зображень та її основних законів. Ті ж роботи, що були опубліковані раніше, у більшості випадків розглядають аксонометричні проекції, не передбачені ГОСТ 2.317 – 69 або ДСТУ ISO 5456-3:2006 [9, 10].

**Невирішені частини проблеми.** Метою статті є визначення причин широкого розповсюдження аксонометричних проекцій, обґрунтування значень коефіцієнту спотворення та різниці, що виникає при

порівнянні зображень в аксонометричних проекціях та аналогічних їм, але виконаним в ортогональних проекціях [11, 12].

#### Мета дослідження.

Для практичної побудови аксонометричного кресленика потрібно знаходити аксонометричні координати точок по їх натуральних координатах та відкласти їх у певному порядку паралельно аксонометричним вісям.

На практиці доцільно вимагати спрощення у визначенні аксонометричних координат за рахунок деякої зміни розмірів кресленика, що зберігає, зрозуміло, його вигляд, але, практично завжди, призводить для зростання об'єму.

У ГОСТі 2.317 - 69 для ізометричних проекцій наведено коефіцієнти спотворення по осях  $X'$ ,  $Y'$ ,  $Z'$ , що дорівнюють 0,82. Для спрощення побудов пропонується виконувати ізометричні проекції з коефіцієнтами спотворення по осях  $X'$ ,  $Y'$ ,  $Z'$ , що дорівнюють 1 (тобто без змінювання). Іншими словами, при побудові ізометричних проекцій по всіх осях відкладаються натуральні величини.

Чи справедливе таке рішення?

Так, помножуючи праві частини формул

$$K_x = \frac{x'_a}{x_a};$$

$$K_y = \frac{y'_a}{y_a};$$

$$K_z = \frac{z'_a}{z_a}$$

на деякий множник  $m$ , отримаємо нові вирази для аксонометричних координат:

$$x_a'' = m \cdot x_a' = m \cdot K_x \cdot x_a$$

$$y_a'' = m \cdot y_a' = m \cdot K_y \cdot y_a$$

$$z_a'' = m \cdot z_a' = m \cdot K_z \cdot z_a.$$

Ці формули з легкістю доводять, що нові аксонометричні координати пропорційні первісним. Така зміна відповідає перетворенню гомотетії (подібності) з центром на початку  $O'$  і з коефіцієнтом гомотетії, що дорівнює  $m$ .

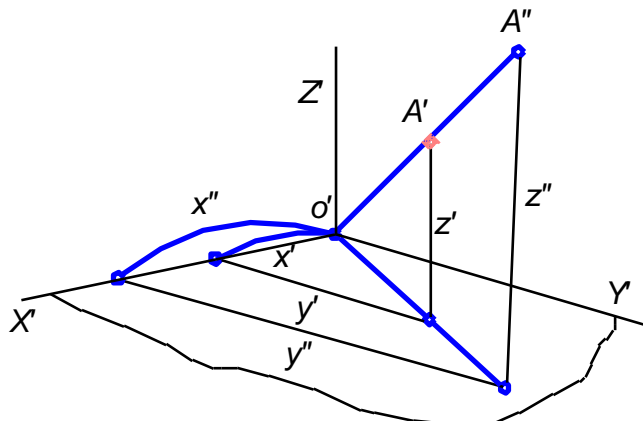


Рис. 1. Перетворення гомотетії з центром на початку координат  $O'$

Дійсно, як видно з рис. 1, у випадку зміни аксонометричних координат у  $m$  раз точка  $A'$  перетвориться в точку  $A''$ , причому пряма  $A'A''$  проходить через початок координат аксонометрії  $O'$ , і

відношення  $\frac{O'A''}{O'A'} = m$ . Таким чином, таке перетворення аксонометричних координат веде до подібного (гомотетичного) перетворення всього кресленника. Отже, вигляд зображення не змінюється, а змінюються лише його розміри. Такий аксонометричний кресленник називається приведеним, на відміну від первісного аксонометричного зображення, що є точним.

Якщо застосувати відому формулу Сімпсона з метою оцінки об'єму, можна записати:

$$\int_a^b f(x)dx \approx \int_a^b S_2(x)dx = \frac{b-a}{6} (f(a) + 4f(\frac{b+a}{2}) + f(b))$$

де  $f(a)$  – значення функції в точці  $a$ ;

$f(\frac{b+a}{2})$  - значення функції в точках  $a$  і  $b$ ;

$f(b)$  - значення функції в точці  $b$ .

Просте перетворення вказаної формули призводить до отримання досить простого варіанту цієї формули, яку можна використовувати для визначення об'єму, як мінімум семи простих тіл та їхніх об'єднань: призми, піраміди (повної та зрізаної), циліндра, конуса (повного та зрізаного), сфери.

Таким чином, об'єм вказаної фігури можна визначити, як:

$$V = \frac{h}{6} (S_H + 4S_C + S_B)$$

де  $h$  – висота тіла;

$S_H$  – площа нижньої основи;

$S_C$  - площа середнього перерізу;

$S_B$  - площа верхньої основи;

Особливо важливим є користування приведеною аксонометрією в тих випадках, коли завдяки цьому перетворенню вдається отримати аксонометричні координати, що збігаються з натуральними, і тим самим позбавити себе від стомливої праці знаходити аксонометричні координати за допомогою множення натуральних координат на показники спотворення. З введенням у дію ГОСТ 2.317 - 69 ця задача майже втратила своє значення, але навіть і сьогодні доводиться виконувати кресленники, й особливо ескізи, в ізометриях, не передбачених ГОСТом, прив'язуючи аксонометричні координати до розташування фігури.

Якщо розглянути, як приклад, ортогональну ізометричну проекцію. То, у цій проекції показники спотворення по всіх трьох осях рівні і виражаються формулою:

$$K_x = K_y = K_z = \sqrt{\frac{2}{3}} \approx 0,82.$$

Таким чином, для визначення аксонометричних координат через натуральні довелося б щораз змінювати останні в 0,82 рази. Замість цього можна користуватися приведеною аксонометрією (що і передбачено в ГОСТ 2.317 - 69), для чого треба, щоб у формулі добуток  $m \cdot K_x = m \cdot K_y = m \cdot K_z = 1$ . Тоді приведені аксонометричні координати будуть дорівнювати натуральним:

$$x_a'' = x$$

$$y_a'' = y$$

$$z_a'' = z.$$

Це надзвичайно полегшує побудову аксонометричного зображення.

Отриманий кресленик за своїм виглядом не відрізняється від точної аксонометрії, але розмір його

змінюється у відношенні  $m = \frac{1}{0,82} = 1,22$ .

Раніше, до введення в дію ГОСТ 2.317 - 69, на практиці вимагали перетворення в одиницю хоча б одного показника, що завжди можливо, переходячи з ізометрії в триметрію або диметрію. З введенням у дію цього ГОСТу такі проєкції звичайно не використовують.

Звичайно, об'єм є множенням значення трьох координат. Якщо кожна з них буде більше відповідної координати на ортогональному кресленнику в 1,22 рази, то об'єм зросте кубічно, тобто, в 1,816 разів.

На рис. 2 зображені для зрівняння нормальна і збільшена ізометричні проєкції куба з ребром, рівним одиниці натурального масштабу. Як видно з кресленика, нормальне і збільшене зображення відрізняються одне від одного лише розмірами, зберігаючи всі інші властивості, у тому числі і наочність. А трудомісткість побудови суттєво знижується, що важливо для початківців.

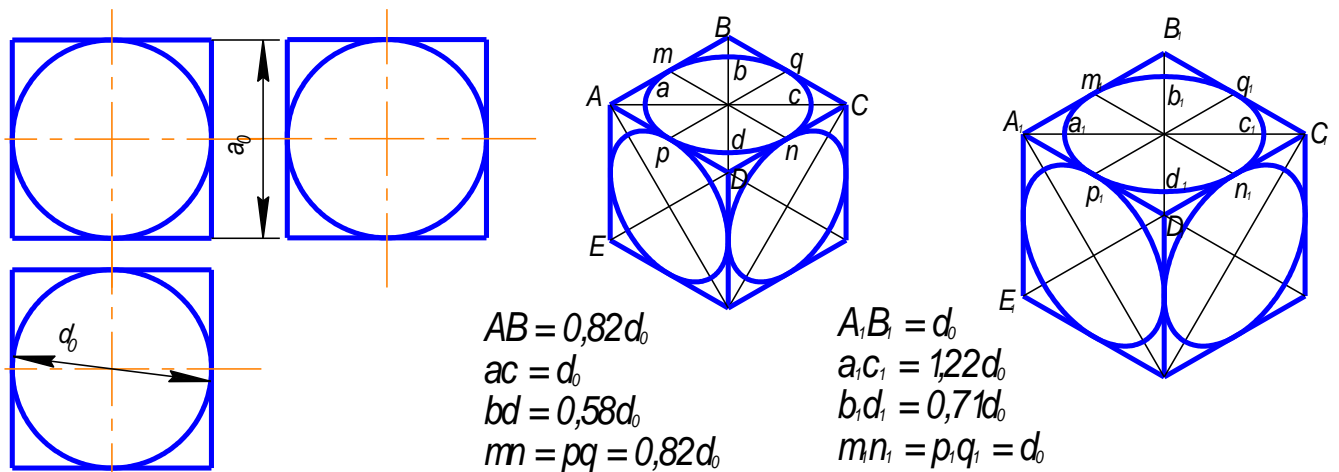


Рис 2. Нормальна і збільшена ізометричні проєкції куба з ребром, що дорівнює одиниці натурального масштабу [7]

Якщо коло в аксонометрії зображується еліпсом, цікаво визначити різницю між площинами еліпса та кола.

Площина кола дорівнює<sup>^</sup>

$$S = \pi * R^2 = \frac{1}{4} \pi * D^2$$

Визначимо площину еліпса  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ .

Параметричне рівняння такого еліпса дорівнює:

$$x = a * \cos t$$

$$y = b * \sin t$$

де  $a$  і  $b$  – напіввісі еліпса.

$$S_E = 4 \int_{\pi/2}^0 b \sin t (-a \sin t) dt = 4ab \int_{\pi/2}^0 \sin^2 t dt = 4ab \int_{\pi/2}^0 \frac{1 - \cos^2 2t}{2} dt = \\ = \frac{1}{2} 4ab (t - \frac{1}{2} \sin 2t) \Big|_0^{\pi/2} = 4ab \frac{\pi}{2} = \pi ab$$

Якщо підставити у формулу значення напіввісей еліпса, вважаючи діаметр кола рівним одиниці, отримаємо:

$$S_{E1} = \pi * \frac{1}{2} * 0,58 * \frac{1}{2} * 1 = 0,145\pi$$

$$S_{E2} = \pi * \frac{1}{2} * 0,71 * \frac{1}{2} * 1,22 = 0,216\pi$$

У порівнянні з колом діаметром 1:

$$S_K = \pi * 0,5^2 = 0,25\pi$$

Таким чином, використання збільшеної ізометричної проєкції дозволяє отримати наглядне зображення еліпсу, більш наближене до кола, ніж при використанні нормальної ізометрії.

Чи дивно, що об'ємне зображення, об'єм якого більше початкового об'єму в 1,8 рази, є більш наглядним? Зрозуміло, що нічого дивного немає. Це положення дуже наглядно ілюструє не лише використання аксонометричних проєкцій, а й відоме положення, що з метою отримання наочності не треба використовувати об'ємні діаграми. Треба використовувати діаграми стовбчасті. Бо вони набагато краще (при виконанні масштабу) ілюструють різні залежності, ніж об'ємні діаграми.

**Висновки та перспективи подальшого дослідження.** Визначено, чому аксонометричні проєкції отримали широке розповсюдження, обґрунтовано значення коефіцієнту спотворення та показана різниця, що виникає в порівнянні зображень в аксонометричних проєкціях та в аналогічних в ортогональних проєкціях, насамперед в зміні об'ємів зображення.

Доведено, що використання збільшеної ізометричної проєкції дозволяє отримати наглядне зображення еліпсу, більш наближене до кола, ніж при використанні нормальної ізометрії.

#### Література

1. Гордон В. О. Курс начертательной геометрии: учебник / В. О. Гордон, М. А. Семенов - Огиевский. – М.: Наука, 1976. – 432 с.
2. Ланюк А. В. Аксонометрические проекции: учебник / А. В. Ланюк. — М. : Гос. изд - во лит - ры по строительству и архитектуре, 1956. – 176 с.
3. Порсин Ю. Я. Аксонометрические изображения машиностроительных деталей: учебник / Ю. Я. Порсин. – М.-Л. : Машгиз, 1973. – 188 с.
4. Журило А. Г. Методика построения аксонометрических проекций тел вращения на примере изометрической проекции цилиндра / А. Г. Журило // Вестн. НТУ «ХПИ». — 2007. – № 11. – С. 78 – 81.
5. Журило А. Г. Методика построения аксонометрических проекций тел вращения на примере изометрической проекции конуса / А. Г. Журило // Вестн. НТУ «ХПИ». — 2005. – № 57. – С. 65 – 68.
6. Журило А. Г. Побудова деяких геометричних тіл у диметрії / А. Г. Журило // Вестн. НТУ «ХПИ». — 2008. – № 43. – С. 128 – 131.
7. Журило А. Г. Основна теорема аксонометрії – теорема Польке-Шварца та її практичне використання / А. Г. Журило, Є. М. Сивак, І. Ю. Адашевська // Комп'ютерно - інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. — 2015. - №19. - С. 198-202. Видавництво Луцького національного технічного університету.
8. Журило А. Г. Построение аксонометрических изображений без вторичных проекций / А. Г. Журило, Е. М. Сивак, И. Ю. Адашевская // Сборник трудов XI Международной заочной конференции «Развитие науки в XXI веке» Харьков. — 2016. Ч. 1. Стр. 95-101.
9. ЕСКД. ГОСТ 2.317-69 Единая система конструкторской документации. Аксонометрические проекции. М.: Издательство стандартов, 1969. – 8 с.
10. ДСТУ ISO 5456-3:2006. Кресленики технічні. Методи проєціювання. Частина 3. Аксонометричні проєкції. К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 12 с.
11. Журило А. Г. Теоретичні та практичні основи аксонометрії [Текст] / А. Г. Журило. Навч. посібник. Х.: НТУ «ХПІ». — 2010. - 196 с.
12. Каменев В. И. Аксонометрические проекции : Альбом чертежей / В. И. Каменев. — Москва–Свердловск : Гос. изд - во машиностроит. лит., 1946. – 72 с.



13. Журило А. Г. Деякі питання щодо креслення кіл при побудові аксонометричних проєкцій / А. Г. Журило, Є. М. Сівак // Комп'ютерно - інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. — 2017. - №26. - С. 93-98. Видавництво Луцького національного технічного університету.

#### References

1. Hordon V. O. Kurs nachertatelnoi heometryy: uchebnyk / V. O. Hordon, M. A. Sementsov - Ohryevskiy. – M.: Nauka, 1976. – 432 s.
2. Laniuk A. V. Aksonometrycheskye proektsyy: uchebnyk / A. V. Laniuk. — M. : Hos. yzd - vo lyt - ry po stroytelstvu y arkhytekture, 1956. – 176 s.
3. Porsyn Yu. Ya. Aksonometrycheskye yzobrazheniya mashynostroytelnykh detalei: uchebnyk / Yu. Ya. Porsyn. – M.- L. : Mashhyz, 1973. – 188 s.
4. Zhurylo A. G. Metodyka postroyeniya aksonometrycheskykh proektsiy tel vrashcheniya na primere yzometrycheskoy proektsiy tsylindra / A. G. Zhurylo // Vestn. NTU «KhPY». — 2007. – № 11. – S. 78 – 81.
5. Zhurylo A. G. Metodyka postroyeniya aksonometrycheskykh proektsiy tel vrashcheniya na primere yzometrycheskoy proektsiy konusa / A. G. Zhurylo // Vestn. NTU «KhPY». — 2005. – № 57. – S. 65 – 68.
6. Zhurylo A. G. Pobudova deiakyykh heometrychnykh til u dymetrii / A. G. Zhurylo // Vestn. NTU «KhPY». — 2008. – № 43. – S. 128 – 131.
7. Zhurylo A. G. Osnovna teorema aksonometrii – teorema Polke-Shvartsa ta yii praktychne vykorystannia / A. G. Zhurylo, E. M. Sivak, I. Yu. Adashevska // Kompiuterno - intehrovani tekhnolohii: osvita, nauka, vyrobnytstvo. — 2015. - №19. - S. 198-202. Vydavnytstvo Lutskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu.
8. Zhurylo A. G. Postroyeniye aksonometrycheskykh yzobrazheniy bez vtorychnyykh proektsiy / A. G. Zhurylo, E. M. Syvak, I. Yu. Adashevskaia // Sbornyk trudov XI Mezhdunarodnoi zaochnoi konferentsiy «Razvytye nauky v KhKhI veke» Kharkov. — 2016. Ch. 1. Str. 95-101.
9. ESKD. HOST 2.317-69 Edynaiya sistema konstruktorskoi dokumentatsiy. Aksonometrycheskye proektsyy. M.: Yzdatelstvo standartov, 1969. – 8 s.
10. DSTU ISO 5456-3:2006. Kreslennyky tekhnichni. Metody proetsiuvannia. Chastyna 3. Aksonometrychni proektsii. K.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2008. – 12 s.
11. Zhurylo A. G. Teoretychni ta praktychni osnovy aksonometrii [Tekst] / A. G. Zhurylo. Navch. posibnyk. Kh.: NTU «KhPI». — 2010. - 196 s.
12. Kamenev V. Y. Aksonometrycheskye proektsyy : Albom chertezhei / V. Y. Kamenev. — Moskva–Sverdlovsk : Hos. yzd - vo mashynostroyt. lyt., 1946. – 72 s.
13. Zhurylo A. G. Deiaki pytannia shchodo kreslennia kil pry pobudovi aksonometrychnykh proektsii / A. G. Zhurylo, E. M. Sivak // Kompiuterno - intehrovani tekhnolohii: osvita, nauka, vyrobnytstvo. — 2017. - №26. - S. 93-98. Vydavnytstvo Lutskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-38-04

UDC: 004.93.1; 681.142

<sup>1,2</sup>Заяць Василь Михайлович, д.т.н., професор;

<https://orcid.org/0000-0001-7150-1070>

<sup>3</sup>Рибицька Ольга Мар'янівна., к.ф.-мат.н., доцент;

<https://orcid.org/0000-0002-2394-355X>

<sup>1</sup>Маєвський Яцек, PhD, доцент;

<https://orcid.org/0000-0001-7715-6415>

<sup>1</sup>Марціняк Томаш, PhD, доцент;

<https://orcid.org/0000-0003-1801-1624>

<sup>3</sup>Заяць Марія Михайлівна, старший викладач.

<https://orcid.org/0000-0002-9015-0138>

<sup>1</sup>Університет Технологічно-Природничий (УТР), м. Бидгощ, Польща.

<sup>2</sup>Національний університету водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна.

<sup>3</sup>НУ "Львівська політехніка", м. Львів, Україна.

## METHODS OF FUZZY SETS THEORY FOR STATISTICAL ANALYSIS OF MASS SERVICE SYSTEMS

Zaiats V.M., Rybytska O.M., Majewski J., Marciniak T., Zaiats M.M. **Methods of fuzzy sets theory for statistical analysis of mass service systems.** Approaches to the processing of fuzzy information are proposed in the conditions of incomplete determination of the vector of input characteristics, which are based on the theory of fuzzy sets and fuzzy measures. Their analysis have been carried out, the limits of their use, and areas of effective application, in particular, regarding mass service systems.

**Keywords:** fuzzy sets, fuzzy logic, measures theory, systems of mass service, methods of pattern recognition theory, logical and functional programming.

Заяць В.М., Рибицька О.М., Маєвський Я., Марціняк Т., Заяць М.М. **Методи теорії нечітких множин для аналізу систем масового обслуговування.** Запропоновано підходи до обробки нечіткої інформації в умовах неповного визначення вектора вхідних характеристик, які базуються на теорії нечітких множин та нечітких мір. Проведено їх аналіз, визначено межі їх використання та сфери ефективного застосування, зокрема, щодо систем масового обслуговування.

**Ключові слова:** нечіткі множини; нечітка логіка; теорія мір; методи теорії розпізнавання; системи масового обслуговування, логічне і функціональне програмування.

Заяць В.М., Рибицька О.М., Маєвський Я., Марціняк Т., Заяць М.М. **Методы теории нечетких множеств для анализа систем массового обслуживания.** Предложены подходы к обработке нечеткой информации в условиях неполного определения вектора входных характеристик, основанные на теории нечетких множеств и нечетких мер. Проведен их анализ, определены границы их использования и сферы эффективного применения, в частности, касательно систем массового обслуживания.

**Ключевые слова:** нечеткие множества; нечеткая логика; теория мер; методы теории распознавания; системы массового обслуживания, логическое и функциональное программирование.

**I. Introduction.** The significance of theoretical results, as a rule, is based on their practical value in applied applications that directly or indirectly confirm the feasibility of their application and do not violate the logic of reasoning. Newly introduced terms or analytical or descriptive formulas that are not operational and do not have practical value over time are excluded from scientific consideration.

The purpose of the work is to show the universality of the approach to statistical analysis of the value of information fuzzy on the basis of the theory of images and fuzzy logic, to compare it with existing methods and approaches to assessing the value of information, to indicate the limits of practical applications, to determine the advantages and disadvantages, the directions of further research.

**II. The approach based on the fuzzy sets and measures theory.** The aforementioned disadvantages are eliminated in the approach based on the application of methods of recognition theory and operates with the notion of information, the quantity and value of information that are different from the classical definitions obtained on the basis of probability theory.

The problems of mathematical and computer modeling today lie, in particular, in the impossibility of applying precise logic rules and models of tasks with clearly defined input parameters in cases where, for some reason, there are contradictions, uncertainties or uncertainties of information about the object being studied, system or phenomenon [1].

Uncertainty is known to arise due to a lack of knowledge relating to a specific event [10]. She is present to the experiment. The mathematical model of uncertainty is based on the theory of probabilities, the theory of possibilities, confidence measures, theory calculate of predictions and functions, and a number of others.

The phenomenon of fuzziness arises in the process of combining into one whole objects that have a common property  $\varphi$  :

$$X = \{x \mid x \text{ owns } \varphi\}$$

where  $x$  all the elements of a certain universal set run.

Given that there are always elements  $x$  in the reality that it is unclear whether they possess the specified property or not,  $X$  it is not a plural in the classical sense. Any attempt to interpret the general description leads to fuzzy concepts, since the exact description contains an excess of details. Increasing the accuracy of the description leads to an increase in the amount of information, the content of which decreases until the time when the accuracy and meaningfulness do not become mutually exclusive. For the first time, LA stressed the need for uncertainty for the transmission of content Zade [5]. It was the ideas of this American scientist who pushed for the development of "fuzzy mathematics" [6], which, along with the apparatus of fuzzy sets, contains other methods of work with uncertainty.

The application of the theory of fuzzy sets and measures is a step towards the convergence of the precision of classical mathematics with a false inaccuracy of the environment, an attempt to overcome the linguistic barrier between a person whose judgment and evaluation are approximate and fuzzy, and technical means which can only carry out precise instructions [7].

A device that allows you to work with fuzzy logic, "blurred" parameters of models, is a *Fuzzy*-technology device. The *Fuzzy*-Technology division has fuzzy expert systems.

Linguistic (descriptive) variables extend the ability to represent knowledge. They are determined by fuzzy sets whose values are established by membership functions. Membership functions can be obtained through subjective expert assessments [8], or by analyzing fuzzy clusters. According to [8], fuzzy expert systems can be implemented when the cost of acquiring accurate information, that is, information in absolute terms, exceeds the maximum revenue from the restructuring of a model or is virtually impossible.

It is known that the initial stage of constructing artificial intelligence on the basis of the use of natural language is based on ambiguous logic and the mechanism of output with rigid rules.

The modern or second generation of expert systems possesses at least two peculiarities: fuzzy presentation of knowledge and fuzzy deductions. One of the most common problems of logical derivation in the conditions of fuzziness can be formulated as follows:

*Given (fuzzy) logical rule "If A, then B" .*

*Observed A' (A to some extent). What should be B?*

After receiving the fuzzy set of conclusions, find a specific numerical match (conduct dephasing). Consider the object with one output and  $n$  inputs of the form

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \tag{1}$$

where the set of values  $x_1, \dots, x_n$  – of input variables;  $y$  – output variable.

To construct a mathematical model on the basis of establishing the relationship between input and output variables in accordance with experimental data, by conducting a phasing operation, quantitative and qualitative variables are translated into linguistic terms

$$U_i = [\underline{u}_i, \overline{u}_i], \quad i = \overline{1, n}, \tag{2}$$

$$Y = [\underline{y}, \overline{y}], \tag{3}$$

where  $\underline{u}_i, \overline{u}_i$  - the smallest and the highest possible value of the variable  $x_i$ ;  $\underline{y}, \overline{y}$  - the smallest and the highest possible value of the output variable  $y$ .

To solve the problem (8), it is necessary to apply a method of making a decision by which the fixed vector of input variables  $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ ,  $x_i^* \in U_i$  would unambiguously be placed in accordance with the solution  $y^* \in Y$ . For the formal establishment of this dependence we shall consider the input  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  and output  $y$  parameters as linguistic variables given on universal sets (9), (10). To evaluate linguistic variables  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  and  $y$ , we will use qualitative terms from the following term sets:

$A_i = \{a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^{p_i}\}$  – term-set of input variable  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ ;  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$  – term set of output variable  $y$ . To construct term sets it is possible to apply, for example, the method proposed in [7].

For each term of each linguistic variable, based on expert knowledge, the memberships functions  $\mu^{a_i^p}(x)$  and  $\mu^{d_j}(y)$  (trapezoidal, triangular, rectangular, sinusoidal, parabolic, etc.) [7] are constructed based on expert knowledge, where  $\mu^{a_i^p}(x)$  - the degree of belonging of the element  $x \in U_i$  to the term  $a_i^p \in A_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ ;  $p = \overline{1, p_i}$ ;  $\mu^{d_j}(y)$  – the degree of belonging of the element  $y \in Y$  to the term  $d_j \in D$ ,  $j = \overline{1, m}$ .

The definition of linguistic estimates of variables and the membership functions necessary for their formalization is the first stage in the construction of a fuzzy model of the object being studied. In the literature on fuzzy logic, he received the name of the fuzzification of variables [10].

The next step is to create a fuzzy knowledge base.

Let the object (1) know the rules that connect its inputs and output using vectors such as:

$$V_k = (x_1, x_2, \dots, x_n, y), \quad k = \overline{1, N}, \text{ else } N = k_1 + \dots + k_j + \dots + k_m, \quad (4)$$

where  $k_j$  – the number of experimental data corresponding to the same value  $d_j$  of the term-set of the output variable  $y$ ;  $m$  – the total number of terms of the output variable, and in the general case  $k_1 \neq \dots \neq k_m$ .

We will assume that the number  $N < p_1 p_2 \dots p_n$ , of available experimental data is less than the total overview of various combinations of possible terms of input variables  $p_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Then the knowledge base is a table formed according to the following rules:

1. The table's size is equal  $N \times (n + 2)$ , where  $n + 2$  – number of columns and  $N$  – the number of rows;

2. Each line of the matrix is a combination of input variables assigned by the expert to one of the possible values of the term-set of the output variable  $y$ . In this case, the first  $k_1$  lines correspond to the value of the output variable  $y = d_1$ , the following  $k_2$  lines - to the value  $y = d_2$ , etc., and the last  $k_m$  lines – to the value  $y = d_m$ ;

3. The first  $n$  columns of the matrix correspond to the input variables  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ ; the  $(n + 1)$ -th - the weight  $W_{jp}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ,  $p = \overline{1, k_j}$ , of the rule and  $(n + 2)$ -th - the value to the output term-set  $d_j$  of the variable  $y$ ,  $j = \overline{1, m}$ , corresponding to the combination of values in the first  $(n + 1)$  - th columns.

4. The element  $a_i^{jp}$ , located at the intersection of the  $i$ -th column and the  $j_p$ -line corresponds to the linguistic evaluation of the parameter  $x_i$  in the row of knowledge matrix with the number  $j_p$ . In this case, the linguistic assessment  $a_i^{jp}$  is chosen with the term-set corresponding to the variable  $x_i$ , i.e.  $a_i^{jp} \in A_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ ;  $j = \overline{1, m}$ ;  $p = \overline{1, k_j}$ .

When an expert creates linguistic rules such as "IF - THEN" that form the basis of fuzzy knowledge about a particular object, the expert's confidence in each rule may be different. If one rule in the opinion of an expert can serve as an undeniable truth, then according to another rule in the same expert there may be some doubts.

In order to reflect these different degrees of confidence in the base of fuzzy knowledge, the weighting of the rules is introduced - these are numbers from the interval [0, 1] that characterize the expert's confidence in each particular rule chosen by him to make a decision. The general view of the knowledge base is given in Table. 1.

Table 1. General view of the fuzzy knowledge base

Incoming combination number	Input variables				Weight	Output variables
	$x_1$	$x_2$	$\dots x_i \dots$	$x_n$	$w$	$y$
11	$a_1^{11}$	$a_2^{11}$	$a_i^{11}$	$a_n^{11}$	$w_{11}$	$d_1$
12	$a_1^{12}$	$a_2^{12}$	$a_i^{12}$	$a_n^{12}$	$w_{12}$	
...	...	...	...	...	...	
$1k_1$	$a_1^{1k_1}$	$a_2^{1k_1}$	$a_i^{1k_1}$	$a_n^{1k_1}$	$w_{1k_1}$	
...	...	...	...	...	...	...
$j_1$	$a_1^{j1}$	$a_2^{j1}$	$a_i^{j1}$	$a_n^{j1}$	$w_{j1}$	$d_j$
$j_2$	$a_1^{j2}$	$a_2^{j2}$	$a_i^{j2}$	$a_n^{j2}$	$w_{j2}$	
...	...	...	...	...	...	
$jk_j$	$a_1^{jk_j}$	$a_2^{jk_j}$	$a_i^{jk_j}$	$a_n^{jk_j}$	$w_{jk_j}$	
...	...	...	...	...	...	...
$m_1$	$a_1^{m1}$	$a_2^{m1}$	$a_i^{m1}$	$a_n^{m1}$	$w_{m1}$	$d_m$
$m_2$	$a_1^{m2}$	$a_2^{m2}$	$a_i^{m2}$	$a_n^{m2}$	$w_{m2}$	
...	...	...	...	...	...	
$mk_m$	$a_1^{mk_m}$	$a_2^{mk_m}$	$a_i^{mk_m}$	$a_n^{mk_m}$	$w_{mk_m}$	

After building the knowledge base, you need to carefully check in Table 1 the presence of the opposite in the content of the lines, that is, rules that the same input variables have different output values. The introduced matrix of knowledge defines a system of logical utterances such as "IF - THEN, ELSE", which associate the values  $x_1, \dots, x_n$  of input variables with one of the possible output values  $d_j, j = \overline{1, m}$ :

**IF**  $(x_1 = a_1^{11})$  **AND**  $(x_2 = a_2^{11})$  **AND** ... **AND**  $(x_n = a_n^{11})$  (with weight  $w_{11}$ ),  
**OR**  $(x_1 = a_1^{12})$  **AND**  $(x_2 = a_2^{12})$  **AND** ... **AND**  $(x_n = a_n^{12})$  (with weight  $w_{12}$ ),  
**OR** ...

**OR**  $(x_1 = a_1^{1k_1})$  **AND**  $(x_2 = a_2^{1k_1})$  **AND** ... **AND**  $(x_n = a_n^{1k_1})$  (with weight  $w_{1k_1}$ ),  
**THEN**  $y = d_1$ , **OTHERWISE**  
**IF**  $(x_1 = a_1^{21})$  **AND**  $(x_2 = a_2^{21})$  **AND** ... **AND**  $(x_n = a_n^{21})$  (with weight  $w_{21}$ ),  
**OR** ...  
**OR**  $(x_1 = a_1^{2k_2})$  **AND**  $(x_2 = a_2^{2k_2})$  **AND** ... **AND**  $(x_n = a_n^{2k_2})$  (with weight  $w_{2k_2}$ ),  
**THEN**  $y = d_2$ , **OTHERWISE** ...  
**IF**  $(x_1 = a_1^{m1})$  **AND**  $(x_2 = a_2^{m1})$  **AND** ... **AND**  $(x_n = a_n^{m1})$  (with weight  $w_{m1}$ ),  
**OR** ...  
**OR**  $(x_1 = a_1^{mk_m})$  **AND**  $(x_2 = a_2^{mk_m})$  **AND** ... **AND**  $(x_n = a_n^{mk_m})$  (with weight  $w_{mk_m}$ ),  
**THEN**  $y = d_m$ .

A similar system of logical expressions is called a fuzzy knowledge base. Using the operations (**OR**) and (**AND**) described system of logical statements can be rewritten in a more compact form:

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \left[ \bigcap_{i=1}^n (x_i = a_i^{jp}) \right] \rightarrow y = d_j, \quad j = \overline{1, m}. \quad (5)$$

Thus, the input relation (1), which establishes the connection between the input parameters  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  and the output variable, is formalized in the form of a system of fuzzy logical statements (5) based on the created matrix of knowledge. The rules of the described fuzzy system, in which the degree of truth is different from zero, is considered to be active.

In [7], a method is proposed to use fuzzy logic equations that are based on a knowledge matrix or isomorphic system of logical expressions (5) and allow us to calculate the values of the membership functions of the output variable for the fixed values of the inputs of the object.

Linguistic estimates  $a_i^{jp}$  of the variables  $x_1, \dots, x_n$ , contained in the logical statements (5) will be considered as fuzzy sets defined on universal sets (3). We introduce the following notation:

$\mu^{a_i^{jp}}(x_i)$  – the membership function of the parameter  $x_i$  to the fuzzy term  $a_i^{jp}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ,  $p = \overline{1, k_j}$ ;  $\mu^{d_j}(x_1, x_2, \dots, x_n)$  – membership function of the vector of the input variables  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  of the term of the output variable  $y = d_j$ ,  $j = \overline{1, m}$ .

Thus, we have two types of functions, the relationship between which is determined by the base of fuzzy knowledge (5), on the basis of which you can output a system of logical equations, which can be submitted in a compact form:

$$\mu^{d_j}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \bigvee_{p=1}^{k_j} \left( w_{jp} \left[ \bigwedge_{i=1}^n \mu^{a_i^{jp}}(x_i) \right] \right), \quad j = \overline{1, m}. \quad (6)$$

where  $\bigvee$  – is the logical “**OR**”;  $\bigwedge$  – logical “**AND**”.

The decision  $d^* \in D\{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ , that corresponds to a fixed vector of the values of input variables  $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$  will be carried out in accordance with the following algorithm constructed using the apparatus of the fuzzy (blurry) logic [9]:

1. The possible range of change of controlled parameters is determined, a knowledge base is created with the use of expert data and a system of fuzzy logic equations is derived (6).
2. The vector of the values of the input variables  $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$  is fixed.
3. Specifies the function of fuzzy term membership for different controlled parameters.

4. Using logical equations (6), the values of many parametric membership functions  $\mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$  of vector  $X$  for all values  $d_j, j = \overline{1, m}$  of the output variable  $y$ . are calculated. In this case, the logical operations  $\vee$  (OR) and  $\wedge$  (AND) over the membership functions are replaced by the operations *max* and *min*:

$$\mu(a) \vee \mu(b) = \max[\mu(a), \mu(b)], \quad (7)$$

$$\mu(a) \wedge \mu(b) = \min[\mu(a), \mu(b)], \quad (8)$$

That is, first find the minimum values of belonging functions in each rule, and then among them they choose the highest value of the membership function among all rules for each value  $d_j, j = \overline{1, m}$ , which corresponds to the original variable  $y$ . Thus, the conclusion is made that the origin variable  $y$  belongs to a term  $d_j^*$ , whose membership function is maximal.

The proposed algorithm uses the idea of identifying the linguistic term by the maximum of membership function and generalizes this approach to the entire knowledge matrix. The computational part of this algorithm is easily realized by simply applying operations *max* and *min*.

To obtain a clear number from an interval  $[y, \bar{y}]$  that corresponds to a fuzzy value of the output variable, it is necessary to apply a dephasing operation. You can define this clear number, for example, by the gravity method

$$y^* = \frac{\int_{Min}^{Max} y\mu(y)dy}{\int_{Min}^{Max} \mu(y)dy}, \quad (9)$$

where *Min* and *Max* is the left and right points of the interval of the fuzzy set of the source variable  $y$ .

**II. Results of statistical analysis on an example of a system of mass service.** The task of forecasting the value of unrealized goods of a certain type at the end of the trade season of a trading firm dealing with chemical protection products of plants is considered in the paper. Obviously, minimizing the balance from unrealized goods will increase the efficiency (productivity) of the trading firm.

The experts found that the weighting factors that affect the current balance  $Y$  are:  $x_1$  ("balance") - the balance of the previous trading season (in US dollars);  $x_2$  - "New purchases") - the cost of new purchases (in US dollars);  $x_3$  ("Margin") - the average value of trade margins (in percentages);  $x_4$  ("the duration") - the duration of the sale of this drug (in years). The universal sets for the described variables are defined as follows:  $U_1 = [0; 600000]$ ;  $U_2 = [20000; 1500000]$ ;  $U_3 = [0; 50]$ ;  $U_4 = [0; 10]$ . The universal set for the predicted value coincides, obviously, with  $U_1$ .

For each input and for output variables, term-sets are constructed:

$$A_1 = \{ \text{"small" "medium" "large" "critical"} \} = \{S, M, L, C\};$$

$$A_2 = \{ \text{"small" "medium" "large"} \} = \{S, M, L\};$$

$$A_3 = \{ \text{"small" "medium" "large"} \} = \{S, M, C\};$$

$$A_4 = \{ \text{"short" "medium", "long lasting"} \} = \{S, M, L\};$$

$$D = \{ \text{"small" "medium" "large" "critical"} \} = \{S, M, L, C\}$$

Based on the information provided by the expert, the following membership functions are constructed for the terms of input and output variables

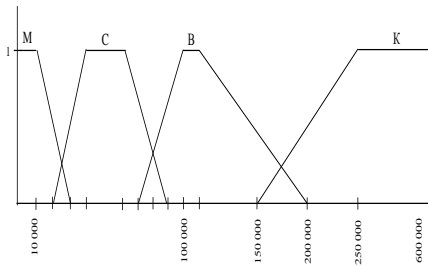


Figure 1. Membership function of linguistic variable "balance"

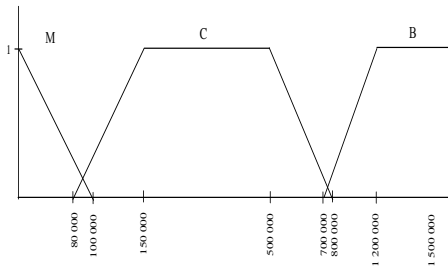


Figure 2. Membership function of linguistic variable "new purchases"

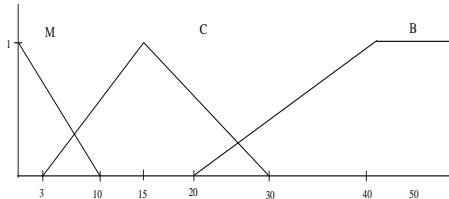


Figure 3. Membership function of linguistic variable "margin"

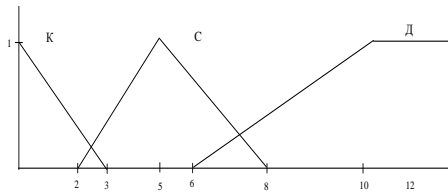


Figure 4. Membership function of linguistic variable "the duration"

The next step is to build a fuzzy knowledge base:

Table 2. The basis of the fuzzy knowledge of the problem

Incoming combination number (logical rule)	Input variables				Weight	Output variable
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$w$	$y$
11	M	M	M	K	1	$d_1$
12	B	M	M	C	0,9	
13	B	M	M	Д	1	
14	K	M	M	C	1	
15	M	M	B	Д	0,7	
16	M	C	B	C	0,7	
17	C	M	C	C	0,8	
18	C	M	C	Д	0,8	
19	C	C	C	C	0,7	
20	B	M	C	Д	0,9	
21	B	M	B	Д	0,5	
23	C	M	B	Д	1	$d_2$
24	M	C	C	C	1	
25	M	Е	B	C	0,8	
26	C	C	M	C	0,8	
27	C	Е	M	B	0,7	
28	C	Е	C	C	0,7	
29	B	C	C	C	0,7	$d_3$
30	B	C	C	Д	0,5	
31	B	C	B	Д	0,3	
32	K	C	B	Д	0,8	
33	M	Е	C	C	0,9	
34	M	Е	C	K	1	
35	C	Е	M	K	1	



36	С	В	С	Д	0,8	$d_4$
37	М	В	В	С	0,8	
38	М	В	В	Д	0,9	
39	С	В	В	С	0,9	
40	С	В	В	Д	1	
41	В	В	В	Д	1	

The following calculations were made for the trading company data for the 2011 sales season  $x_1^* = 80000$ ;  $x_2^* = 36000$ ;  $x_3^* = 22$ ;  $x_4^* = 9$ . In this case, the variable  $x_1$  refers to the terms "medium" (with the degree of affiliation  $\mu(x) = 1 - \frac{1}{30000}(x - 60000)$ ) or "high" (with the degree of affiliation  $\mu(x) = \frac{1}{30000}(x - 70000)$ );  $x_2$  - the term "small" (with the degree of belonging  $\mu(x) = 1 - \frac{1}{100000}x$ ); - to the terms "average" (with degree of affiliation) or "high" (with degree of affiliation);  $x_3$  - to the term "long-term" (with the degree of belonging  $\mu(x) = \frac{1}{4}(x - 6)$ ). By simple comparison it is easy to see that the active rules will be rules 18, 20, 21 (lead to the output  $d_1$ ) and 23 (leads to the output  $d_2$ ).

The quantitative value of the output value (the result of defuzzification) was calculated by the method of the center of gravity (16). Finally, the value of the forecast value of the balance of the commodity mass  $y^* = \frac{353865180}{13588,5} \approx 26041,5$  is equal to that which is sufficiently close to the real balance of the goods 23200 by the end of the 2016 season, namely US dollars.

It should be noted that the predicted values can be more closely approximated to the actual observed (taking into account data for several previous years) by reviewing the established weight coefficients, adjusting membership functions, etc. You can also increase the number of input quantities. However, with their too large numbers, the construction of a fuzzy knowledge base about the unknown dependence becomes a difficult task. This is due to the fact that in the memory of the average statistician at the same time can hold no more than  $7 \pm 2$  the notions-signs. In such cases, it is expedient to carry out the classification of input variables and, in accordance with it, construct a derivation tree that defines the system of embedded statements in each other [1, 7].

One can propose a different approach to processing large volumes of fuzzy data under conditions of incomplete certainty of the vector of input variables (primary characteristics). The essence of the approach is based on conducting a simulation of the behavior of the investigated system and an expert assessment of the addition of the existing knowledge base to the new informative data and the establishment of the vector of input characteristics. Obviously, such an approach is iterative and it is necessary to take care of the convergence of the calculation process to achieve the goal with minimal cost and limited error.

When dealing with non-physical data in artificial intelligence problems, the construction of recognition systems, expert systems, medical and parametric diagnostics, the creation of logical-linguistic models, the most successfully adapted declarative programming languages, which in the language of logical statements and functional-logical dependencies provide the opportunity to describe the problem with fuzzy formulated data and obtaining solutions in the form of logical sequences, new functional dependences or probabilistic characteristics with definite mathematical By hope and dispersion of the input sign. Ultimately, the initial vector of primary attributes should be refined, which will ensure reliable processing of fuzzy data.

Therefore, the processing of incomplete or unclear information is, on the one hand, the application of the theory of blurry logic (in particular, the theory of fuzzy sets and measures) and the construction of logic trees or, on the other hand, the formation of logical rules from the functional-logical dependencies with indeterminate variables, which can take both deterministic and probabilistic values [11-19]. In the process of processing a priori information and selecting appropriate criteria of likelihood, you can replenish the insufficient data, providing the formation of new knowledge.

Obviously, for implementing the described approach to calculating the value of information, it is advisable to use declarative programming languages (Lisp, Prolog or their modifications depending on a

specific objective problem) [1], which are most successfully adapted for the functions of the form (5), (6). These languages can be both analytical and descriptive (functional, logic rules, fuzzy sets), which allows solving problems associated with qualitative recognition and analysis of objects of complex structure (handwriting recognition, handwriting, psychophysiological state of a person, construction and analysis of storage, processing, information security, automated theorizing, environmental monitoring and decision-making) and implementation of the target functions relevant to a specific applied or scientific task.

**IV. Conclusions.** Approaches to the processing of fuzzy information under conditions of incomplete definition of the vector of input characteristics based on the theory of fuzzy sets and fuzzy measures, construction of membership functions and application of declarative programming languages are proposed.

The further development of the proposed approaches can be achieved by conducting specific statistical studies related to the need to assess the quantity and value of information based on a figurative approach.

The proposed approach is advisable to use in applied problems, where the mathematical description is difficult or completely impossible. This approach will contribute to the development, in fact, of the methods of recognition theory and identification, and the theory of information and coding.

#### References

1. Zaiats V.M., Zaiats M.M. *Logical and functional programming*. Tutorial. Grief of Ministry of Education and Science of Ukraine (list №1 / 11-16135 for 13 October 2014). Kamyanets-Podilsky: "Ruta". 2016. ISBN 978-617-738-138-8.
2. Erich Gamma, Richard Helm, Ralih Johnson, John Vlissides. *Wzorce projektowe*. Warszawa, Hellion, 2010. 376 p
3. Zaiats V.M., Rybyska O. M *The hidden possibilities of mathematics for the statistical processing of information*. Materials International scientific and technical conf. "System Analysis and Information Technologies" (SAIT-2013), May 27-31, 2013, NTUU "KPI". Kiev: 2013. P. 317-318.
4. Novak V., Perfiliev I., Mochkorzh. I. *Mathematical Principles of Fuzzy Logic*. M: Fiz. mat. lit, 2006.
5. Zadeh L.A. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE. Trans. Syst. Man and Cybern.* 1973. Vol. 3, N 1. C. 28-44.
6. Konyseva L.K., Nazarov D.M. *Fundamentals of the theory of fuzzy sets*. M: Peter 2011. 190 p.
7. Syavalko M. *Mathematics of hidden possibilities*. Ostrog: Publishing "Ostroh Academy", 2011.
8. Turksen I.B. *Fuzzy expert systems*. Ed. M. Zheleny. Petersburg: Peter. 2002. 1120 p.
9. Rothstein O.P., Rottshstein O.P., Zhupanova M.O., Sheverda V.M. *Differential diagnosis of coronary heart disease on the basis of fuzzy logic*. Herald VPI. 1994. №3, pp.32 -38.
10. Zimmermann H.J. *Fuzzy Set Theory and its Applications*. Kluner Academic Publishers, Dordrecht, Boston, MA, 2<sup>nd</sup>, 1991.
11. V.M. Zaiats, "Constraction and analyses of model discrete oscillation systems", *Cybernetics and Systems Analysis*, vol. 2., Kiev, NAS of Ukraine, 2000, pp. 161-165.
12. V.M. Zaiats, *The Models Discrete Oscillation Systems*, Computer Tegnology of Print, Lviv,UAP, 2011, pp.37-39.
13. J. Vlach and K. Singhall. *Computer Methods for Circuit Analysis and Design*, New York, VNRC, 1980, 560 p.
14. L. Feldman, A. Petrenko and O. Dmitrieva. *Numerical Methods in informatic*, Kiev, BHV, 2006, 480 p.
15. G. Holl and J.M. Watt. *Modern Numerical Methods for Ordinary Differential Equations*,. Clarendon press, Oxford, 1979, 312 p.
16. D. Forsait, H.Malkom, K. Mouler. *Computer Methods of Mathematics Calculations*. Moscow, Peace,1980, 282.p.
17. X. Shtetter. *Analises Descretization for Original Differencial Equations*. Moskow, Peace,1978, 462 p.
18. V.M. Zaiats. *Discrete Models of Oscillatory Systems for the Analysis of their Dynamics*. Lviv, UAP, 2011, 284 p.
19. V.M. Zaiats, *Methods, Algorithms and Software for Simulation and Analysis of the Dynamics of Complex Objects and Systems Based on Discrete Models*. Lviv: New World, 2009, 400 p.

#### Список бібліографічного опису

1. Заяць В.М., Заяць М.М. *Логічне та функціональне програмування*. Навчальний посібник. Гриф надало Міністерство освіти і науки України (лист №1 / 11-16135 за 13 жовтня 2014 року). Кам'янець-Подільський: «Рута». 2016. ISBN 978-617-738-138-8. 4.
2. Еріх Гамма, Річард Хелм, Раліх Джонсон, Джон Віссайдс. *Шаблони проектів*. Варшава, Геліон, 2010. 376 с.
3. Заяць В. М., Рибицька О. М. *Приховані можливості математики для статистичної обробки інформації*. Матеріали Міжнародна науково-технічна конф. "Системний аналіз та інформаційні технології" (SAIT-2013), 27-31 травня 2013 р., НТУУ "КПІ". Київ. 2013. С. 317–318.
4. Новак В., Перфілієв, І., Мочкорж І. *Математичні засади нечіткої логіки*. М: Фізмаліт, 2006.
5. Zadeh L.A. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE. Trans. Syst. Man and Cybern.* 1973. Vol. 3, N 1. C. 28-44.
6. Конишева Л.К., Назаров Д.М. *Основи теорії нечітких множин*. М: Пітер 2011. 190 с.
7. Сявалко М. *Математика прихованих можливостей*. Острог: Видавництво НУ «Острозька академія». 2011.

8. Турксен І.Б. *Нечіткі експертні системи*. За ред. М. Желены. Петербург: Пітер. 2002. 1120 с.
9. Ротштейн О. П., Жупанова М.О., Шеверда В.М. *Диференціальна діагностика ішемічної хвороби серця на основі нечіткої логіки*. Вісник ВПП. 1994. №3. С.32 -38.
10. Zimmermann H.J. *Fuzzy Set Theory and its Applications*. Kluner Academic Publishers, Dordrecht, Boston, MA, 1991.
11. В.М. Заяць. *Побудова та аналіз моделей конкретних коливальних систем*. Кібернетика та системний аналіз, т. 2., Київ, НАН України, 2000, с. 161-165.
12. В.М. Заяць *Дискретні моделі коливальних систем*, Комп'ютерні технології друкарства, Львів, УАД, 2011, с. 37-39.
13. Дж. Влах, К. Сингал, *Комп'ютерні методи аналізу та проектування ланцюгів* ", Нью-Йорк, ВНРК, 1980, 560 с.
14. Л. Фельдман, А. Петренко та О. Дмитрієва, *Числові методи в інформатиці*, Київ, ВНУ, 2006, 480 с.
15. Г. Холл та Дж. М. Ватт, *Сучасні чисельні методи звичайних диференціальних рівнянь*, Оксфорд, 1979, 312 с.
16. Д. Форсайт, Х.Малком, К. Мюллер, *Комп'ютерні методи математичних обчислень*, Москва, Мир, 1980, 282.п.
17. Х. Штетгер, *Аналіз декретних оригінальних диференціальних рівнянь*, Москва, Мир, 1978, 462 с.
18. В.М. Заяць. *Дискретні моделі коливальних систем для аналізу їх динаміки*, УАД, 2011, 284 с.
19. В.М. Заяць. *Методи, алгоритми та програмне забезпечення для моделювання та аналізу динаміки складних об'єктів і систем на основі дискретних моделей*. Львів, Новий Світ, 2009, 400 с.

Стаття надійшла 02 березня 2020 р.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-38-05

УДК: 515.2

Ісмаїлова Неллі Петрівна<sup>1</sup>, д. т. н., доцент

<https://orcid.org/0000-0003-0181-4420>

Елісеєв Ігор Петрович<sup>2</sup>, здобувач

<https://orcid.org/0000-0002-1106-7230>

Військова академія (м. Одеса)<sup>1</sup>

Національний університет "Одеська морська академія"<sup>2</sup>

## МОДЕЛЮВАННЯ СПРЯЖЕНИХ КІНЕМАТИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДА ГВИНТОВОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ В СИСТЕМЕ MATLAB

Ісмаїлова Н. П., Елісеєв І. П. Моделювання спряжених кінематичних поверхонь за допомогою метода гвинтового перетворення в системі MATLAB. Запропоновано комп'ютерне моделювання спряжених поверхонь еліптичний параболоїд і осі - конічна гвинтова лінія в системі MATLAB.

**Ключові слова:** спряжені кінематичні поверхні, еліптичний параболоїд, конічна гвинтова лінія, система MATLAB.

Исмаилова Н. П., Елисеев И. П. Моделирование сопряженных кинематических поверхностей с помощью метода винтового преобразования в системе MATLAB. Предложено компьютерное моделирование сопряженных поверхностей - эллиптический параболоид и оси - коническая винтовая линия в системе MATLAB

**Ключевые слова:** сопряженные кинематические поверхности, эллиптический параболоид, коническая винтовая линия, система MATLAB

N. Ismailova, I. Yelisyeyev. Design of the attended kinematics surfaces by means of method of spiral transformation to the system MATLAB. Computer simulation of mating surfaces is proposed - an elliptical paraboloid and axes - a conical helix in the MATLAB system.

**Keywords:** mating kinematic surfaces, elliptical paraboloid, conical helix, MATLAB system.

**Постановка наукової проблеми.** У роботі пропонується геометричне моделювання спряжених кінематичних поверхонь методом гвинтового перетворення, для практичного використання обробки деталей, що мають просторово-складну поверхню тісно пов'язану з утворенням взаємно-огиначаючих спряжених поверхонь. [1]. Комп'ютерне геометричне моделювання складних спряжених кінематичних поверхонь підвищує продуктивність розрахунково-конструкторських робіт.

**Аналіз досліджень.** Комп'ютерне моделювання спряжених поверхонь деталей в машинобудуванні складної форми вирішує проблему підвищення точності профілювання та продуктивності праці конструктора. Метою даного дослідження є розробка комп'ютерного моделювання за допомогою метода гвинтового перетворення в системі MATLAB, спряжених поверхонь деталей в машинобудуванні.

**Основна частина.** У методі гвинтового перетворення окрім кута повороту задається шаг зрушення. При реалізації методу кругового перетворення шукана поверхня  $\Sigma$ , була отримана за допомогою ліній рівнів, що не дозволяє виконувати над ними ніяких дій, окрім повороту. Таким чином (Теорема 1), спочатку виконується переміщення початкової поверхні  $\Phi$  на заданий шаг  $h$ , а потім виконується кругове перетворення отриманої внаслідок переміщення поверхні  $\Phi^*$ . При виконання послідовності дій, криволінійна вісь також має бути переміщена на шаг  $h$ .

### Теорема 1.

*Поверхня  $\Sigma$  отримана узагальненим гвинтовим перетворенням поверхні  $\Phi$  відносно кривої  $t$  ( $u$ ) з функціями  $\varphi(\sigma, \tau)$  і  $h(\sigma, \tau)$ . Тоді існує така поверхня  $\Phi$ , яка при узагальненому круговому перетворенні навколо тієї ж кривої  $t$  ( $u$ ) з тією ж функцією  $h(\sigma, \tau)$  формує поверхню  $\Sigma$ .*

Розглянемо реалізацію методу гвинтового перетворення, ґрунтованого на методі кругового перетворення [4], стосовно поверхні - еліптичний параболоїд, заданий параметричним рівнянням (1) і осі - конічна гвинтова лінія, задана параметричним рівнянням (2).

$$\begin{cases} x = a \cdot u \cdot \cos v \\ y = b \cdot u \cdot \sin v, \\ z = 0.5 \cdot u^2 \end{cases} \quad (1)$$

где  $0 \leq u \leq 5, 0 \leq v \leq \pi, a = 3, b = 2$

$$\begin{cases} x = x_0 + t \cdot \sin t \\ y = y_0 + t \cdot \cos t, \\ z = z_0 + c \cdot t \end{cases} \quad (2)$$

где  $c = \frac{H}{2 \cdot \pi}, 0 \leq t \leq 2\pi, H = 5, x_0 = 5, y_0 = -25, z_0 = -2$

Значення шага гвинтового перетворення  $h=10$ , кут повороту  $\varphi=45^\circ$ . З урахуванням шага гвинтового перетворення переміщений еліптичний параболоїд заданий параметричним рівнянням (3), а переміщена кінцева гвинтова лінія параметричним рівнянням (4).

$$\begin{cases} x = a \cdot u \cdot \cos v \\ y = b \cdot u \cdot \sin v, \\ z = h + 0.5 \cdot u^2 \end{cases} \quad (3)$$

где  $0 \leq u \leq 5, 0 \leq v \leq \pi, a = 3, b = 2$

$$\begin{cases} x = x_0 + t \cdot \sin t \\ y = y_0 + t \cdot \cos t, \\ z = h + z_0 + c \cdot t \end{cases} \quad (4)$$

где  $c = \frac{H}{2 \cdot \pi}, 0 \leq t \leq 2\pi, H = 5, x_0 = 5, y_0 = -25, z_0 = -2$

Змінюючи синтаксис побудови кругового перетворення, приведений нижче, отримуємо результат, показаний на рис. 1-4.

```

h=10;
% Завдання параметрів початкового еліптичного параболоїда
ap=3;
bp=2;
up = (0:0.05:5)';
vp = [0:0.05*pi:pi];
Xp = ap*up*cos(vp);
Yp = bp*up*sin(vp);
Zp = 0.5*up.^2*ones(size(vp));
% Завдання параметрів початковій кінчній гвинтовій лінії
Hv=15;
cv=Hv/(2*pi);
x0v=5;
y0v=-25;
z0v=-2;
tv=0:pi/50:2*pi;
Xv=x0v+tv.*sin(tv);
Yv=y0v+tv.*cos(tv);
Zv=z0v+tv.*cv;
% Завдання параметрів переміщеного еліптичного параболоїда

```

```

Xph = ap*up*cos(vp);
Yph = bp*up*sin(vp);
Zph = h+0.5*up.^2*ones(size(vp));
% Завдання параметрів переміщеній конічній гвинтовій лінії
Xvh=x0v+tv.*sin(tv);
Yvh=y0v+tv.*cos(tv);
Zvh=h+z0v+tv.*cv;
% Висновок на екран початкових і переміщених еліптичного параболоїда і конічної гвинтової лінії
в цьому ж вікні
Figure('Color','w')
ElPar=mesh(Xp,Yp,Zp);
xlabel('x'); ylabel('y'); zlabel('z')
hold on
KonVin=plot3(Xv,Yv,Zv);
grid on
hold on
ElParh=mesh(Xph,Yph,Zph);
hold on
KonVinh=plot3(Xvh,Yvh,Zvh);
    
```

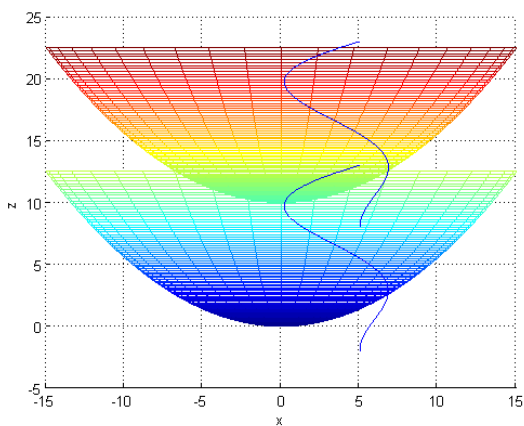


Рис.1. Проекція на площину XZ

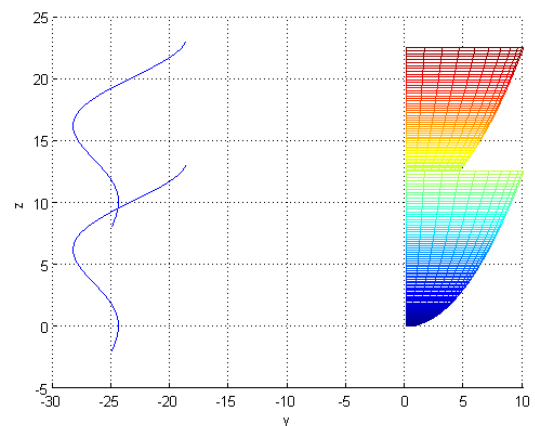


Рис.2. Проекція на площину YZ

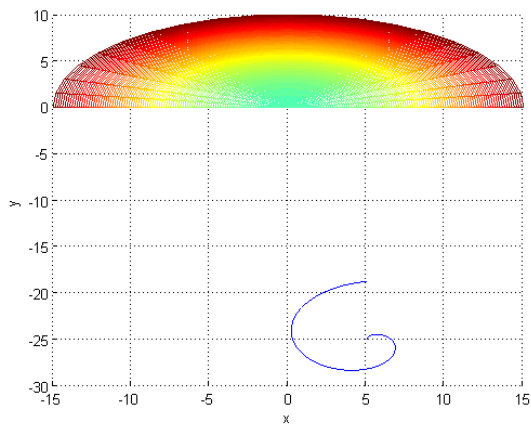


Рис.3. Проекція на площину XY

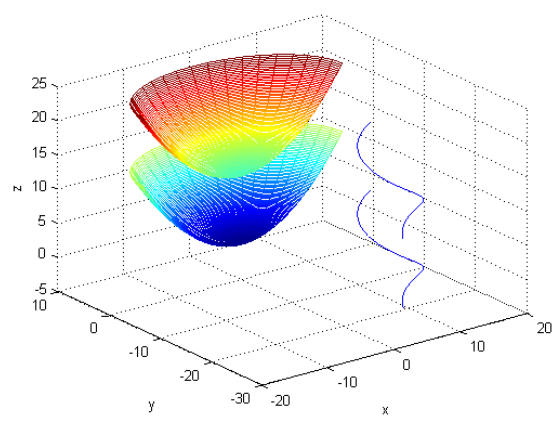


Рис.4. Тривимірне представлення

Визначимо максимальне і мінімальне значення z для переміщеної криволінійної поверхні

```
miPh=min(Zph);
minZph=miPh(1);
maPh=max(Zph);
maxZph=maPh(1);
Побудовані лінії рівня для криволінійної поверхні.
[ur]=[minZph:0.1:maxZph];
hold on
[contEP, hEP]=contour3(Xph, Yph, Zph, ur);
Визначена довжина масиву ur.
lenUr=length(ur);
```

Визначимо точки перетину переміщеної кінчної гвинтової лінії з горизонтальними площинами, відповідним рівням [ur]. Для цього підставимо в параметричне рівняння (2) значення  $z=[ur]$  і вчислимо значення  $x_{pp}$  і  $y_{pp}$ .

```
[t0]=([ur]-z0v-h)/cv;
xpp=x0v+sin(t0).*t0;
ypp=y0v+cos(t0).*t0;
```

Повернемо кожен ліній рівня на кут  $45^\circ$  навколо відповідної точки перетину криволінійної осі відносно осі Z. Для цього скористаємося функцією Rotate Different Center (lines, xC, yC, zC, length, angle), створеною при розробці методу кругового перетворення, де lines - набір ліній рівня, xC, yC, zC - координати точок перетину криволінійної осі з горизонтальною площиною рівня, length - довжина масиву, angle - кут повороту.

```
function Rotate Different Center( lines, xC, yC, zC, length, angle )
for i=1:length
    rotate(lines(i), [0 0 1], angle, [xC(i) yC(i) zC(i)])
end
end
```

У вікні Command Window викликана функція повороту.  
 Rotate Different Center (hEP,xpp,ypp,ur,lenUr,45)  
 Результат перетворення (Рис.5-10).

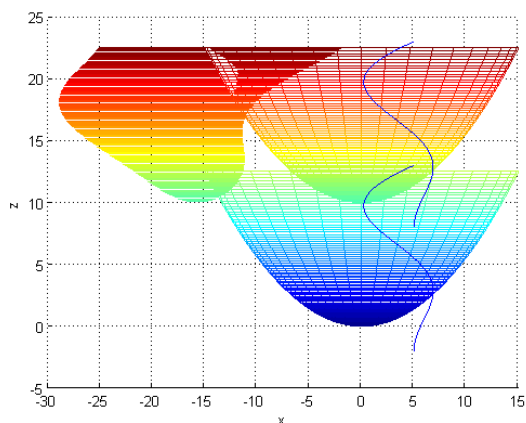


Рис.5. Проекція на площину XZ

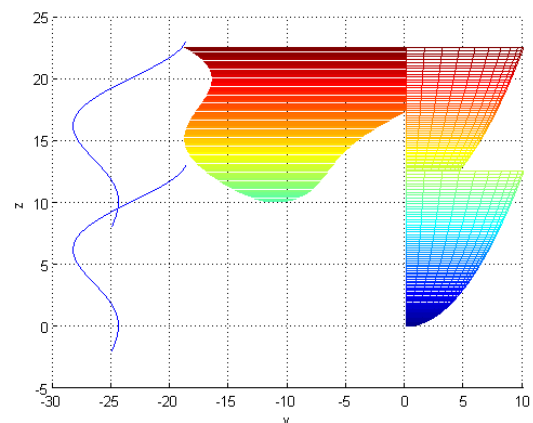


Рис.6. Проекція на площину YZ



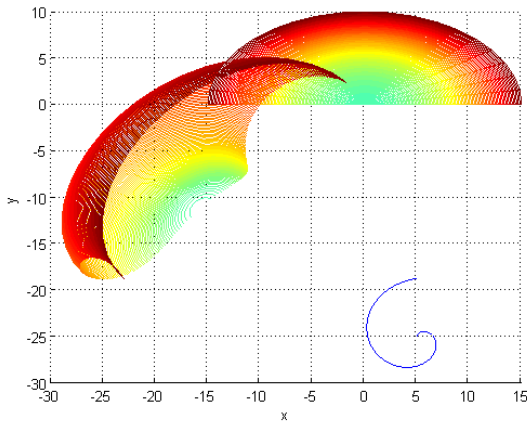


Рис.7. Проекція на площину ХУ

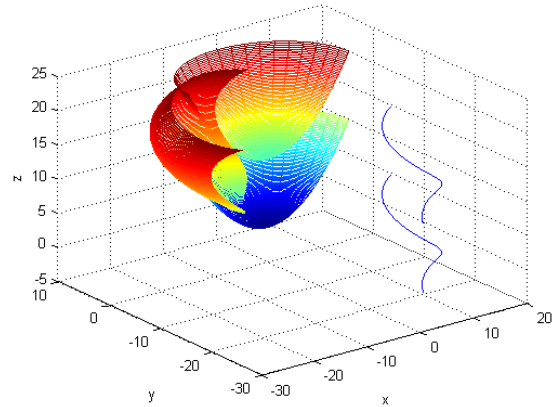


Рис.8. Тривимірне представлення

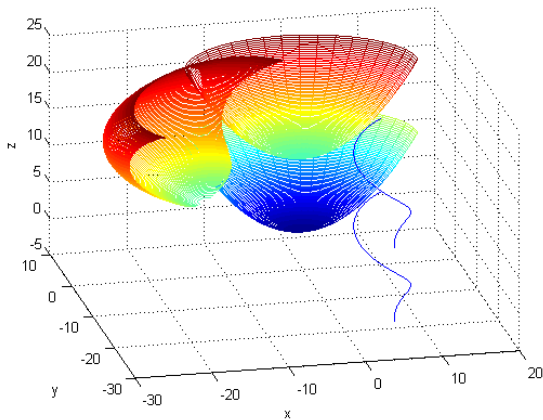


Рис.9. Тривимірне представлення

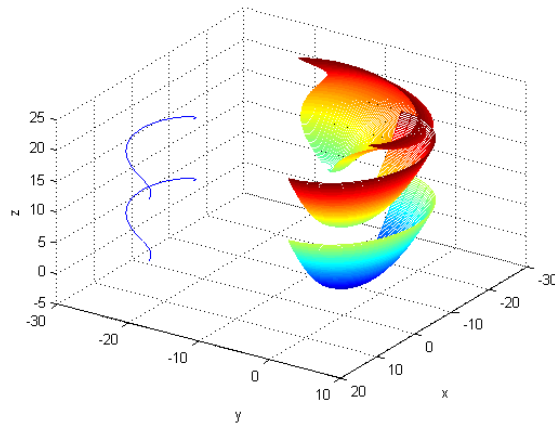


Рис.10. Тривимірне представлення

Для наочного представлення початкових даних і отриманого результату створимо новий графік (Рис.11-16).

%Відображення початкових даних і результату.

Figure ('Color','w')

ElPar=mesh(Xp,Yp,Zp);

xlabel ('x'); ylabel('y'); zlabel('z')

hold on

KonVin=plot3 (Xv,Yv,Zv);

hold on

[contEP, hEP]=contour3(Xph, Yph, Zph, ur);

Rotate Different Center (hEP,xpp,ypp,ur,lenUr,45)



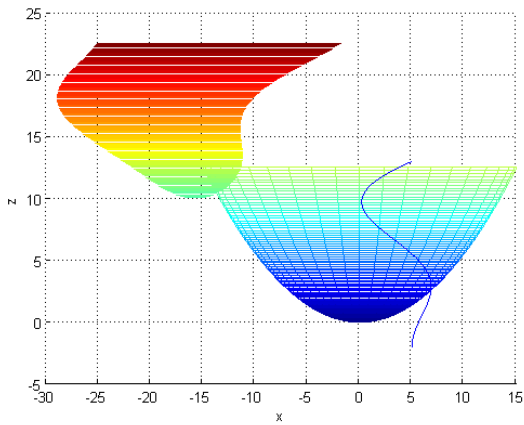


Рис.11. Проекція на площину XZ

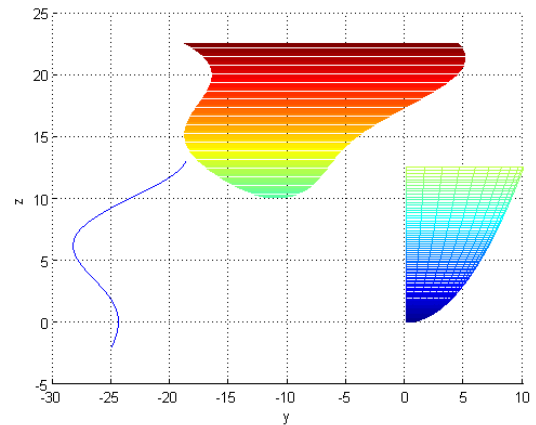


Рис.12. Проекція на площину YZ

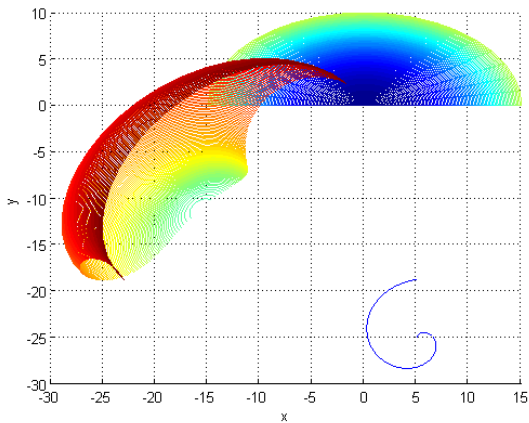


Рис.13. Проекція на площину XY

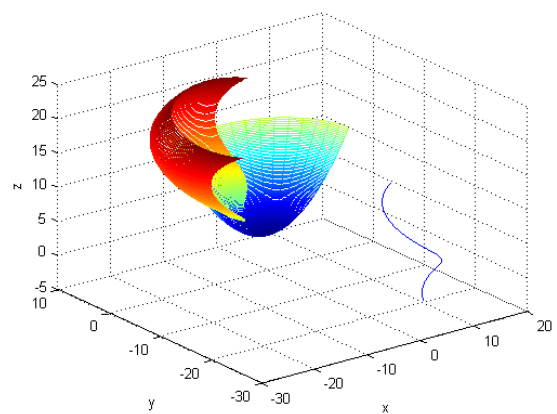


Рис.14. Тривимірне представлення

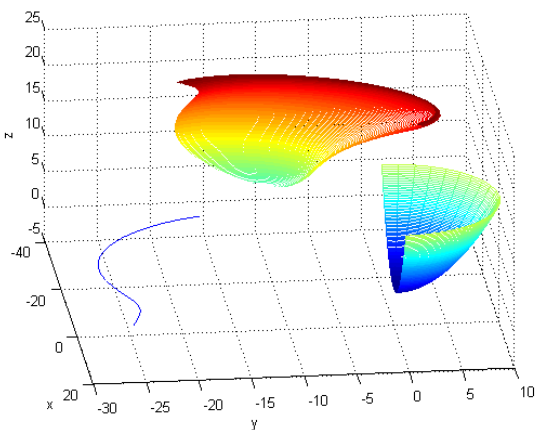


Рис.15. Тривимірне представлення

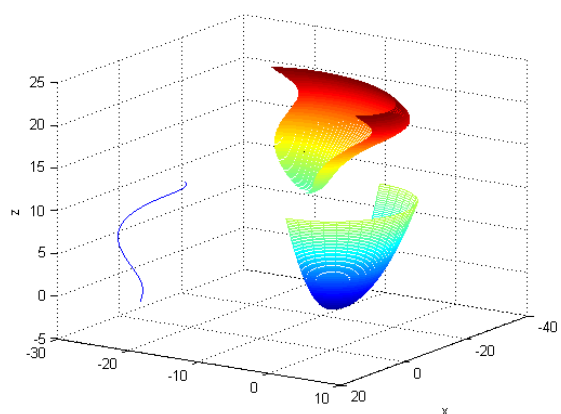


Рис.16. Тривимірне представлення

Рисунки 5-10 служать для наочної демонстрації методу гвинтового перетворення, а, отже, немає необхідності відображати їх надалі. Таким чином, синтаксис методу гвинтового перетворення, не включає відображення допоміжних криволінійної поверхні і криволінійної осі.

У цей час, практично всі проектні рішення виконуються за допомогою САПР. Це дозволяє істотно скоротити час на проектування. Але не завжди за допомогою стандартних засобів комп'ютерного моделювання можна вирішити поставлене завдання. У зв'язку із цим виникає необхідність у створенні

спеціальних підпрограм для побудови методів проектування спряжених поверхонь, тому що в них є криволінійна вісь, напрямна, і утворююча.

Розроблений геометричний метода гвинтового перетворення за допомогою комп'ютерного моделювання дозволяє вирішити складні завдання конструювання спряжених поверхонь, підвищити точність і продуктивність інженерної праці і створювати конкурентно-здатні вироби в машинобудуванні, літакобудуванні, кораблебудуванні.

**Висновки та перспективи подальшого дослідження.** У результаті проведених досліджень ми розробили підпрограму для визначення кругового і гвинтового перетворення спряжених поверхонь до рішення проблеми конструкторських робіт в машинобудуванні яка має можливість підвищення точності профілювання та продуктивності. Подальші дослідження які розроблені у напрямі розробки кругового та гвинтового перетворення спряжених поверхонь є узагальнений метод, який наблизиться до вирішення проблеми виключення інтерференції при профілювання деталей в машинобудуванні.

#### Список бібліографічного опису.

1. Подкоритов А.Н., Исмаилова Н.П., Дюкре Л.Г. Метод формирования сопряженных винтовых нелинейчатых поверхностей семейством огибающих геликоидов. Геометричне та комп'ютерне моделювання. – Вип..17. – ХДУХТ. – Харків, 2007. – С.12-15.
2. Ісмаїлова Н. П. Твердотільне моделювання спряжених поверхонь на базі параметричного кінематичного гвинта [Текст] /Ісмаїлова Н. П. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – Луцьк, 2015. – С. 69–74.
3. Ісмаїлова Н.П., Трушков Г.В. Геометричне моделювання просторового параметричного кінематичного гвинта/ Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. Луцький національний технічний університет. Науковий журнал. №30-31 2018. Луцьк – 2018. С. 187-195
4. Ісмаїлова Н.П., Єлісеєв І.П. Моделювання спряжених кінематичних поверхонь за допомогою метода гвинтового перетворення в системі MATLAB /Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. Луцький національний технічний університет. Науковий журнал. №37 2019. Луцьк – 2019. С. 66-71.

#### References

1. Podkoritov AN, Ismailova NP, Ducret LG Method of forming conjugate helical nonlinear surfaces by a family of envelope helicoids. Geometric and computer modeling. - Issue 17. - CDHD. - Kharkiv, 2007. - P.12-15.
2. Ismailova NP Solid state modeling of conjugate surfaces based on parametric kinematic screw [Text] / Ismailova NP Computer-integrated technologies: education, science, production. Lutsk, 2015, pp. 69–74.
3. Ismailova NP, Trushkov GV Geometric modeling of spatial parametric kinematic screw /Computer-integrated technologies: education, science, production. Lutsk National Technical University.Scientific journal. №30-31 2018. Lutsk - 2018. P. 187-195
4. Ismailova NP, I. Yelisveyev. Model of conjugated kinematic surfaces on top of the helical rebuild method in the MATLAB system/ Computer-integrated technologies: education, science, production. Lutsk National Technical University.Scientific journal. №37 2019. Lutsk - 2019. P. 66-71.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-38-06

УДК 621.31

Кукунін Сергій Володимирович, магістр комп'ютерних наук,

<https://orcid.org/0000-0001-5243-495X>

Principal Full Stack Software Engineer at Spotlight Media Labs, Inc

## РОЗРОБКА ЦІЛІСНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМ ТИПУ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» В РАМКАХ ПАРАДИГМИ «ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ»

**Кукунін С. В. Розробка цілісної методології організації систем типу «розумний будинок» в рамках парадигми «інтернету речей».** Досліджено сучасні підходи, що використовуються у апаратно-програмних платформах домашньої автоматизації систем типу «розумний будинок» в рамках загальної концепції «Інтернету речей». Для організації взаємодії між елементами платформи домашньої автоматизації було запропоновано використати імовірно-часові моделі, зокрема розрізнявальну модель умовного випадкового поля та нейромережеві алгоритми прогнозування. Побудована універсальна схема організації, контролю та управління датчиків, контролерів та актуаторів системи «розумний будинок». Запропоновані базові підходи впровадження розрізнявальних імовірно-часових моделей при побудові нейромережевих алгоритмів домашньої автоматизації. Побудовано математичну модель роботи нейромережевого алгоритму класифікації шаблонів вхідних інформаційних сигналів, що отримуються від мережі датчиків.

**Ключові слова:** розумний будинок, домашня автоматизація, нейромережеві алгоритми, імовірно-часова модель, розрізнявальна модель умовного випадкового поля, клімат-контроль.

**Кукунін С. В. Разработка целостной методологии организации систем типа «умный дом» в рамках парадигмы «интернета вещей».** Исследованы современные подходы, используемые в аппаратно-програмных платформах домашней автоматизации систем типа «умный дом» в рамках общей концепции «Интернета вещей». Для организации взаимодействия между элементами платформы домашней автоматизации было предложено использовать вероятностно-временные модели, в частности модель условного случайного поля и нейросетевые алгоритмы прогнозирования. Построена универсальная схема организации, контроля и управления датчиков, контроллеров и актуаторов системы «умный дом». Предложенные базовые подходы внедрения вероятностно-временных моделей при построении нейросетевых алгоритмов домашней автоматизации. Построена математическая модель работы нейросетевого алгоритма классификации шаблонов входных информационных сигналов, получаемых от сети датчиков.

**Ключевые слова:** умный дом, домашняя автоматизация, нейросетевые алгоритмы, вероятностно-временная модель, модель условного случайного поля, климат-контроль.

**Kukunin S. Development of a holistic methodology for the organization of smart home systems in the framework of the "Internet of Things" paradigm.** The modern approaches used in the hardware and software platforms of home automation systems such as smart home in the framework of the general concept of the "Internet of Things" are discussed. To organize the interaction between elements of the home automation platform, it was proposed to use probabilistic-temporal models, in particular, a conditional random field model and neural network prediction algorithms. A universal scheme for the organization, control and management of sensors, controllers and actuators of the smart home system has been built. The proposed basic approaches for the introduction of probability-time models for the construction of home automation neural network algorithms. A mathematical model of the neural network algorithm for classifying of the input information signals patterns received from a network of sensors is constructed.

**Keywords:** smart home, home automation, neural network algorithms, probability-time model, conditional random field model, climate control.

**Постановка наукової проблеми.** На сьогоднішній день система типу «розумний будинок» [1-5] розглядаються на рівні одного ключових елементів загальної концепції «Інтернету речей» (Internet of things, IoT), що вказує на значимість даного дослідження як фундаментального в області інформаційних технологій (ІТ). З іншого боку, **актуальність дослідження** також підтверджується практичними результатами, що мають бути отримані при побудові комплексної методології оптимізації платформ домашньої автоматизації. **Аналіз наукових публікацій**, що було проведено у рамках даного дослідження, охоплює моделі глибинного аналізу даних [6, 7], алгоритми на базі чіткої логіки [8, 9] та імовірно-часові моделі [10-15]. Окремо було розглянуто підходи, засновані на впровадженні моделі умовного випадкового поля, зокрема розрізнявальних імовірно-часових моделей [14, 15]. З метою визначення продуктивності запропонованої методологічної бази при побудові нейромережевих алгоритмів домашньої автоматизації було окремо розглянуто публікації присвячені автоматизованим системам клімат-контролю, статистичні дані яких надалі використовувалися при апробації методологічних рекомендацій [16-23]. Проведений аналіз вказав на відсутність цілісної методологічної бази у даній галузі, що було представлено як **невирішену частину загальної проблеми**.

Таким чином, метою дослідження є побудова цілісної методології впровадження розрізнявальних імовірісно-часових моделей при побудові нейромережових алгоритмів домашньої автоматизації.

**Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження.**

**1. Загальні принципи організації системи типу «розумний будинок»**

Взаємодія середовища хмарного сервісу та системи розумного будинку здійснюється на рівні взаємозв'язку вузла IoT та контролерів домашньої автоматизації, як це показано на рис. 1.

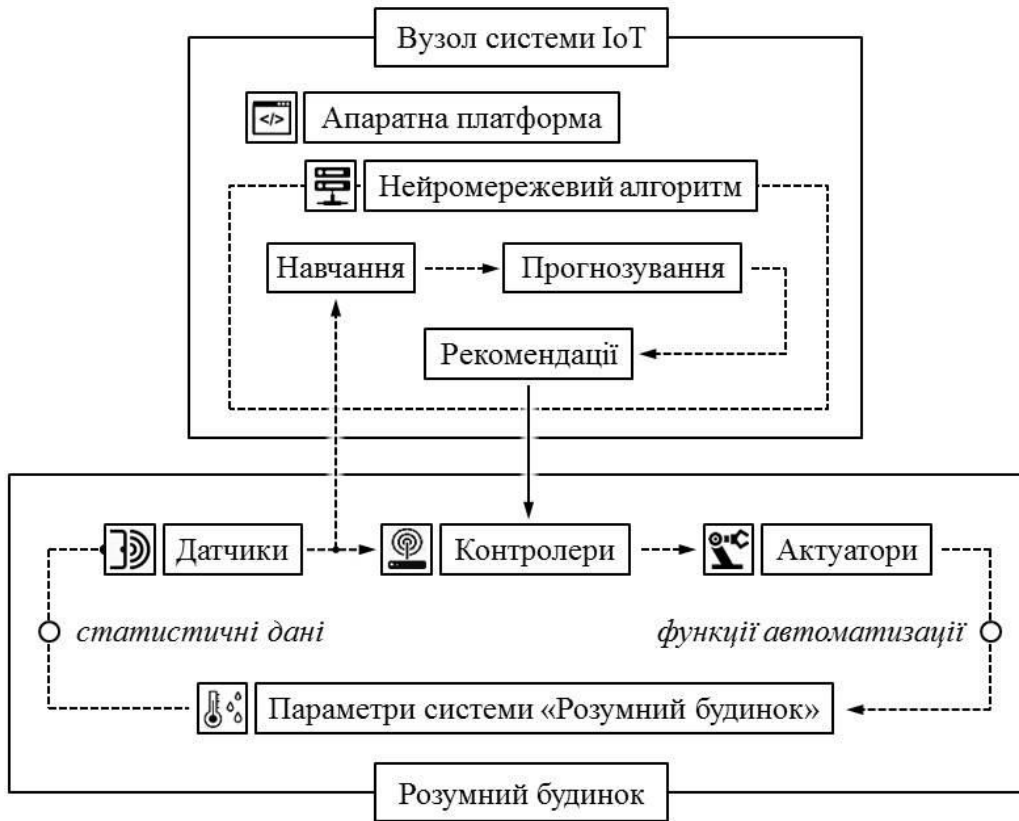


Рис. 1. Універсальна схема організації функціональних елементів системи «розумний будинок»

На рівні універсальної схеми функціонування системи, параметри середовища розумного будинку збираються системою датчиків та надалі передаються до контролерів, які передають отримані дані до вузла IoT, де блок даних використовується для навчання нейромережових алгоритмів, що надає можливість для прогнозування подальшої зміни параметрів середовища розумного будинку і організації роботи актуатора, який здійснює функції автоматизації, що надалі, знов таки, передається через команди контролера.

Набір функцій домашньої автоматизації є надзвичайно широким, які можна поділити на три базові групи: контроль освітлення, клімат-контроль і охорона будинку. Як показано на рис. 2 окрім спеціалізованих датчиків та актуаторів система включає у себе елементи, що використовується одночасно для виконання кількох функцій домашньої автоматизації.

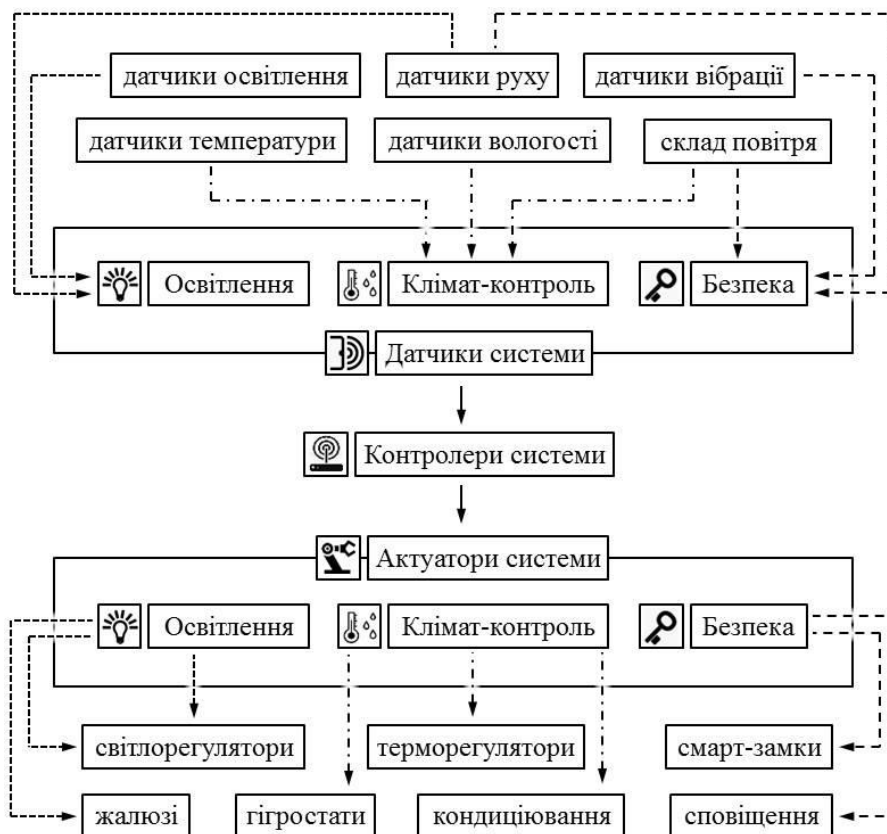


Рис. 2. Базова модель виконання функцій домашньої автоматизації що базується на системі датчиків, контролерів та актуаторів

Схеми представлені на рис. 1 та рис. 2 вказують на те, що задача оптимізації взаємодії функціональних елементів системи домашньої автоматизації має просте рішення, тому актуальним завданням є розробка програмного середовища, яке обробляє сигнали від датчиків, прогнозує поведінку системи «розумний будинок» та приймає рішення, щодо плану роботи актуаторів. В рамках даного дослідження найбільш ефективним підходом оптимізації функціонування системи розумного будинку вважається методика, що базується на використанні нейромережових алгоритмів та ймовірнісних моделей побудови алгоритмів пошуку і прийняття рішення.

## 2. Побудова нейромережових алгоритмів на базі розрізняльної ймовірнісно-часової моделі

Вибір для аналізу ймовірнісно-часових моделей пов'язаний з тим, що відповідний математичний апарат надає можливість провести оцінку ефективності та точності розпізнавання нейромережовими алгоритмами інформаційних шаблонів за умов невизначеності. Алгоритми на основі ймовірнісно-часових моделей працюють за наступною схемою: на вхід подається блок даних, що відповідає послідовності сигналів, отриманих від датчиків системи домашньої автоматизації протягом певного проміжку часу (так зване, часове вікно), а на виході, відповідно, формуються послідовності прихованих станів, які відповідають командам, що мають бути передані на входи актуаторів.

Нехай поточний час системи дорівнює  $t$ , частоту передачі даних від датчиків до контролерів визначимо через мінімальний проміжок часу  $\Delta t$ , а часове вікно — як  $t + \Delta T = t + N \cdot \Delta t$ . Відповідно, для множини  $k \in [1; K]$  датчиків можна отримати вираз для матриці вхідних значень нейромережового алгоритму розпізнавання інформаційних шаблонів:

$$X = \begin{bmatrix} x_1(t) & x_1(t + \Delta t) & \dots & x_1(t + n \cdot \Delta t) & \dots & x_1(t + N \cdot \Delta t) \\ x_2(t) & x_2(t + \Delta t) & \dots & x_2(t + n \cdot \Delta t) & \dots & x_2(t + N \cdot \Delta t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_k(t) & x_k(t + \Delta t) & \dots & x_k(t + n \cdot \Delta t) & \dots & x_k(t + N \cdot \Delta t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_K(t) & x_K(t + \Delta t) & \dots & x_K(t + n \cdot \Delta t) & \dots & x_K(t + N \cdot \Delta t) \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Аналогічним чином матриця вихідних значень нейромережевого алгоритму, елементи якої можуть приймати значення з набору  $[a_1, a_2, \dots, a_j, \dots, a_J]$ , визначається як (рис. 3):

$$Y = \begin{cases} \begin{bmatrix} y_1(t) & y_1(t + \Delta t) & \dots & y_1(t + n \cdot \Delta t) & \dots & y_1(t + N \cdot \Delta t) \\ y_2(t) & y_2(t + \Delta t) & \dots & y_2(t + n \cdot \Delta t) & \dots & y_2(t + N \cdot \Delta t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_k(t) & y_k(t + \Delta t) & \dots & y_k(t + n \cdot \Delta t) & \dots & y_k(t + N \cdot \Delta t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_K(t) & y_K(t + \Delta t) & \dots & y_K(t + n \cdot \Delta t) & \dots & y_K(t + N \cdot \Delta t) \end{bmatrix} \\ y_k(t + n \cdot \Delta t) \in [a_1, a_2, \dots, a_j, \dots, a_J] \text{ для } \forall k \in [1; K] \text{ і } \forall n \in [1; N] \end{cases}. \quad (2)$$

Як можна побачити для кожного моменту часу блок даних від повного набору датчиків  $k \in [1; K]$  являє собою вектор  $\bar{x}(t)$ , що будується на основі множини сигналів  $x_k(t)$ :

$$\bar{x}(t) = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_k(t), \dots, x_K(t)\} \quad (3)$$



Рис. 3. Математична модель роботи нейромережевого алгоритму класифікації системи «Розумний будинок»

Відповідно, загальна функція може бути описана через систему рівнянь, що визначає вектори вхідних і вихідних значень:



$$\begin{cases} \hat{x}_{[t;t+N\cdot\Delta t]} = \{\bar{x}(t), \dots, \bar{x}(t+n\cdot\Delta t), \dots, \bar{x}(t+N\cdot\Delta t)\} \\ \hat{y}_{[t;t+N\cdot\Delta t]} = \{y(t), \dots, y(t+n\cdot\Delta t), \dots, y(t+N\cdot\Delta t)\} \end{cases} \quad (4)$$

Запропоновану методологічну базу побудови нейромережових алгоритмів, що можуть працювати у рамках системи розумного будинку, надалі можна використати для розробки алгоритмів на основі наївної баєсівської моделі, прихованої марковської моделі та моделі умовного випадкового поля.

**Висновки.** В результаті проведеної роботи було досліджено сучасні підходи, що використовуються у апаратно-програмних платформах домашньої автоматизації системи «розумний будинок» в рамках загальної концепції «Інтернету речей». Для організації взаємодії між елементами комплексу домашньої автоматизації було запропоновано взяти за основу імовірнісно-часові моделі, зокрема розрізнявальну модель умовного випадкового поля та нейромережові алгоритми прогнозування. Побудована універсальна схема організації, контролю та управління датчиків, контролерів та актуаторів системи «розумний будинок». Запропоновані базові підходи, що можуть бути використані при виконанні функцій домашньої автоматизації що базується на системі датчиків, контролерів та актуаторів. Результатом роботи стала розробка математичної моделі роботи нейромережового алгоритму класифікації шаблонів вхідних інформаційних сигналів, що отримуються від мережі датчиків.

#### References

1. Carreiro, A., Antunes, C., & Jorge, H. (2012). Energy smart house architecture for a smart grid. *2012 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology (ISSST)*. doi: 10.1109/issst.2012.6403804.
2. Yoza, A., Uchida, K., Yona, A., & Senju, T. (2018). Optimal Operation Method of Smart House by Controllable Loads based on Smart Grid Topology. *Energvo*. doi: 10.1515/energvo.0034.00170.
3. Li, Y., Zhang, F., & Yang, Y. (2019). Smart House Control System Controlled by Brainwave. *2019 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS)*. doi: 10.1109/icitbs.2019.00134.
4. Alquthami, T., & Meliopoulos, A. P. S. (2018). Smart House Management and Control Without Customer Inconvenience. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 9(4), 2553–2562. doi: 10.1109/tsg.2016.2614708.
5. Radu, M. (2016). Reliability analysis of smart house system. *2016 International Energy and Sustainability Conference (IESC)*. doi: 10.1109/iesc.2016.7569503
6. Bhaduri, K., & Stolpe, M. (2012). Distributed Data Mining in Sensor Networks. *Managing and Mining Sensor Data*, 211–236. doi: 10.1007/978-1-4614-6309-2\_8.
7. Yates, D. J., & Xu, J. (2010). Sensor Field Resource Management for Sensor Network Data Mining. *Intelligent Techniques for Warehousing and Mining Sensor Network Data*, 280–304. doi: 10.4018/978-1-60566-328-9.ch013.
8. Wu, Y., & Rowe, A. (2011). Logic-Based Programming for Wireless Sensor-Activator Networks. *2011 IEEE/ACM Second International Conference on Cyber-Physical Systems*. doi: 10.1109/iccps.2011.31.
9. Autexier, S., & Hutter, D. (2015). SHIP - A Logic-Based Language and Tool to Program Smart Environments. *Logic-Based Program Synthesis and Transformation Lecture Notes in Computer Science*, 313-328.
10. Ahmadi, H., & Bouallegue, R. (2015). Comparative study of learning-based localization algorithms for Wireless Sensor Networks: Support Vector regression, Neural Network and Naïve Bayes. *2015 International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)*. doi: 10.1109/iwcmc.2015.7289314.
11. Jing, C., & Jingqi, F. (2012). Fire Alarm System Based on Multi-Sensor Bayes Network. *Procedia Engineering*, 29, 2551–2555.
12. Qihua, W., Ge, G., Lijie, C., & Xufeng, X. (2015). Scheduling strategy for Hidden Markov Model in wireless sensor network. *2015 34th Chinese Control Conference (CCC)*. doi: 10.1109/chicc.2015.7260879.
13. Zhang, C., & Zhang, L. (2013). Activity Recognition in Smart Homes Based on Second-Order Hidden Markov Model. *International Journal of Smart Home*, 7(6), 237-244. doi:10.14257/ijsh.2013.7.6.23
14. Luo, R., Min, H., & Lin, S. (2011). Joint Conditional Random Fields for Multi-object Tracking with a Mobile Robot. *Robot*, 33(3), 279–286. doi: 10.3724/sp.j.1218.2011.00279.
15. Junejo, I. (2010). Learning Self-Similarities for Action Recognition Using Conditional Random Fields. *Bayesian Network*. doi: 10.5772/46965.
16. Liu, X., Jiang, Y., & Zhang, T. (2016). *Temperature and Humidity Independent Control (Thic) of Air-conditioning System*. Berlin: Springer Berlin.
17. Bruno, F. (2010). Testing of an Evaporative Cooling System That Supplies Air Near the Dew Point Temperature. *Proceedings of the EuroSun 2010 Conference*. doi: 10.18086/eurosun.2010.10.09.
18. Kareem, B. (2018). Experimental and Theoretical Study of Dew Point Evaporative Cooling System Suitable for Erbil Climate. *Polytechnic Journal*, 8(2), 102–118. doi: 10.25156/ptj.2018.8.2.205.
19. Dean, J., Herrmann, L., Kozubal, E., Geiger, J., Eastment, M., & Slayzak, S. (2012). Dew Point Evaporative Comfort Cooling: Report and Summary Report. doi: 10.2172/1060597.

20. Simic, D., Kral, C., & Pirker, F. (2005). Simulation of the cooling circuit with an electrically operated water pump. 2005 *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*. doi: 10.1109/vppc.2005.1554567.
21. Balasubramanian, K., & Cellatoglu, A. (2010). Selected Home Automation and Home Security Realizations: An Improved Architecture. *Smart Home Systems*. doi: 10.5772/8408.
22. Domb, M. (2019). Smart Home Systems Based on Internet of Things. *IoT and Smart Home Automation [Working Title]*. doi: 10.5772/intechopen.84894.
23. Papadopoulos, H., Andreou, A. S., Iliadis, L., & Maglogiannis, I. (2016). Artificial Intelligence Applications and Innovations *9th IFIP WG 12.5 International Conference, AIAI 2013, Paphos, Cyprus, September 30 -- October 2, 2013*, Proceedings. Berlin: Springer Berlin.



DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-38-08

UDC 621.391

<sup>1</sup>Мороз Борис Іванович, Dr. Sc. (Tech.), Prof.;

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

<sup>1</sup>Сироткіна Олена Ігорівна, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.;

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

<sup>1</sup>Марочко Артем Миколайович, Postgraduate Student.

<sup>1</sup>Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine.

## RECOGNITION SYSTEM FOR INCREASING BUSINESS POTENTIAL FROM IN-STORE CUSTOMERS

Мороз Б.І., Сироткіна О.І., Марочко А.М. Система розпізнавання для підвищення ефективності бізнесу при роботі з покупцями в магазині. В даній роботі представлено комплексний алгоритм створення системи розпізнавання користувача з метою ідентифікації покупців, а також збору, складування, аналізу і досліджень торгової організації з синхронізацією і виводом в програму, встановлену на ПК або смартфон.

**Ключові слова:** Аналітична система, ефективність торгової організації, алгоритм аналізу і досліджень, моделювання і прогнозування результатів.

Мороз Б.И., Сироткина Е.И., Марочко А.Н. Система распознавания для повышения эффективности бизнеса при работе с покупателями в магазине. В данной работе представлен комплексный алгоритм создания системы распознавания пользователя с целью идентификации покупателей, а также сбора, хранения, анализа и исследований торговой организации с синхронизацией и выводом в приложение, установленным на ПК или смартфон.

**Ключевые слова:** Аналитическая система, эффективность торговой организации, алгоритм анализа и исследований, моделирование и прогнозирование результатов.

**B. Moroz, O. Syrotkina, A. Marochko. Recognition system for increasing business potential from in-store customers.**

This paper presents a comprehensive algorithm for creating a user recognition system to identify customers as well as collect, store, analyze and research data from a business. Its main features include synchronization with, and output to, an application installed on a PC or smartphone.

**Keywords:** Analytical system, effectiveness of the trade organization, algorithm analysis and research, modeling and forecasting results.

**Introduction and formulation of the problem.** Any analytics begins with collecting initial data. Therefore, only after receiving all the data can we begin the analytical part. In our case, the following items are input data:

1. The number of potential buyers who enter the shop;
2. Their movement along the area of the outlet (heat map);
3. Focus on specific goods (the time they spend at a counter or in a given area);
4. Total time spent and time zones of the store (hours in which most customers visit);
5. The amount of money spent to purchase the goods within certain hours, from certain counters and in general.

**Aim of the article.** The aim of the paper is to describe the concept of collecting information, taking into account different conditions. We would like to offer an effective algorithm and methodology for collecting information about the work of a business organization.

**Analysis of previous experience in the development of similar systems.** There are currently enough ideas to recognize the number of visitors entering the store:

3D-ASSIS [1] is a video system used to collect information and further analyze attendance data at shopping venues, and theme clubs. It can also be used in public transportation.

FindFace [2] is face recognition technology developed by NtechLab specializing in neural network solutions. Based on this technology, the company presents a number of solutions for various industries across the country.

NeoFace [3] is high performance face recognition software that delivers the most accurate results in the quickest way possible for the most demanding use of face recognition in real time. It can also be used following a specific event.

However, in spite of the technologies already implemented, the question of creating a unified system of tracking and identifying users (with the subsequent transfer of information to the processing base) remains open and requires improvement for specific situations.

**Disadvantages of identification systems:**

1. Dependence on high quality, expensive equipment;
2. High cost when using different systems to increase efficiency;
3. The need to retrofit doors to accommodate monitoring equipment;
4. It is an imperfect system operating at less than 100% efficiency;
5. The inability to screen out non-customers (such as employees).

**Advantages of the automated system:**

1. Unity of the system;
2. More than 90% efficiency;
3. Wide variation of parameters (the algorithm is not affected by age differences, lighting, head position, etc.);
4. In the future, it is possible to increase the indicators and therefore increase the efficiency of business activities;
5. Identifying people from the "Black List" at the entrance to the outlets.

**Main part**

In order to create a user authentication system, it is necessary to complete the following tasks:

1. What technical means to use;
2. How to distinguish between users and employees of the store and other staff;
3. How to determine the focus of buyers (by time-of-stay or by the number of people in certain areas);

As a solution to the first problem, we can use the following user-identification scheme. The first element of our hierarchy will be sensors mounted on doors or frames.

Sensors capable of calculating user entrance / exit is shown in Fig. 1.

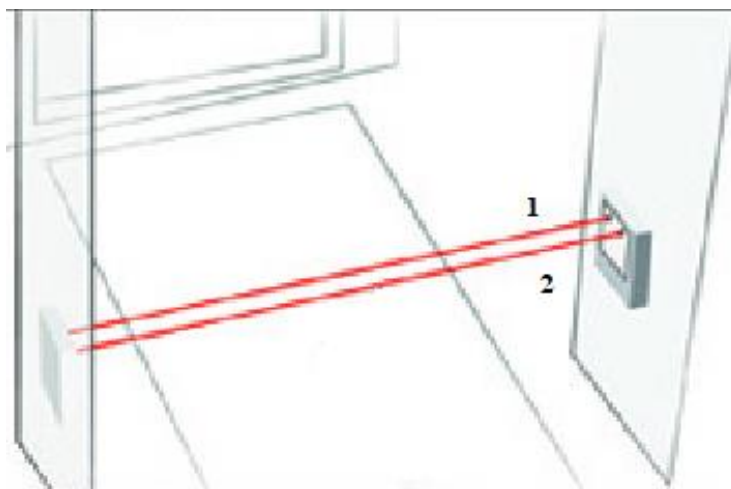


Fig. 1. User entrance / exit sensors

These sensors are able to recognize the entrance and exit of users when they cross an infrared ray. When the first ray and the second one are crossed, the system registers "entrance" of a customer, otherwise it registers "exit". These sensors have several disadvantages [4]. First, there may be a situation where the customer first crosses the second ray, such as swinging his arm or bag over the top. Secondly, with a large flow of customers, the efficiency of the sensors decreases. Therefore, the second stage of our scheme will be a 3D sensor mounted directly above the entry/exit area, which in turn can differentiate the number of customers in that area. The 3D sensor mounted above the zone is shown in Fig. 2.

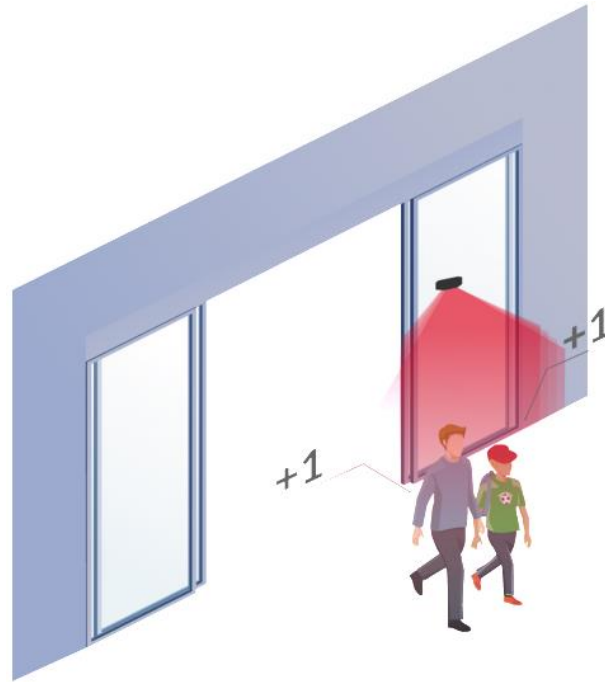


Fig. 2. 3D sensor above the entrance area

Thanks to this sensor, recognition efficiency increases to about 95%, but this indicator can be improved, because under some circumstances this sensor may not be very effective when customers walk in with an umbrella or small children [8]. Therefore, in order to reach greater efficiency, we can go to the third element called “cameras”, which are capable of recognizing images. In order to effectively identify the customer, we need two cameras, one on the left and the other on the right [9]. In this case, when the customer comes in with his head turned or with his hat on and the camera is unable to recognize him, it goes to zero. The location of the cameras in space is shown in Fig. 3.

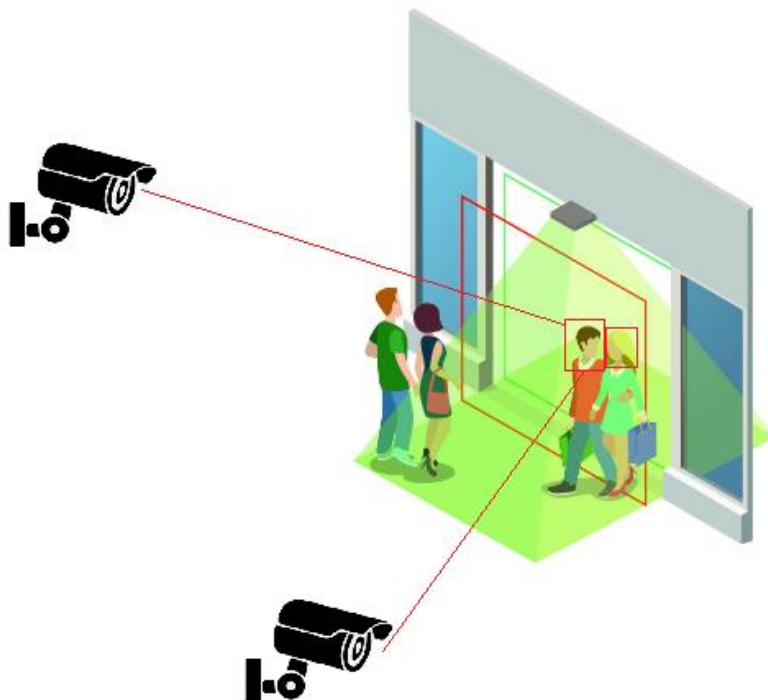


Fig. 3. Location of cameras in space for maximum identification efficiency

The second task of distinguishing between customers and employees can be solved by using one of the following solutions:

1. Put a special ID badge on the outerwear of employees, such as a symbol on a T-shirt that will lock the camera and ignore these images;
2. Create a system of "smart gestures" that can be used by employees at the entrance to correctly identify them [5];
3. Enter employees in the database so they will be recognized correctly at the entrance [6];
4. Provide them with special cards that will work as keys and be recognized by sensors when putting them at a certain distance;
5. Track movements, and in case of crossing "service areas", ignore them and record them into the "employees" category [7].

The solutions with the keycard and ID badge are shown in Fig. 4. The analysis of the zone and the identification of the person as an employee is related to his position in the space and being in a special zone are shown in Fig. 5.

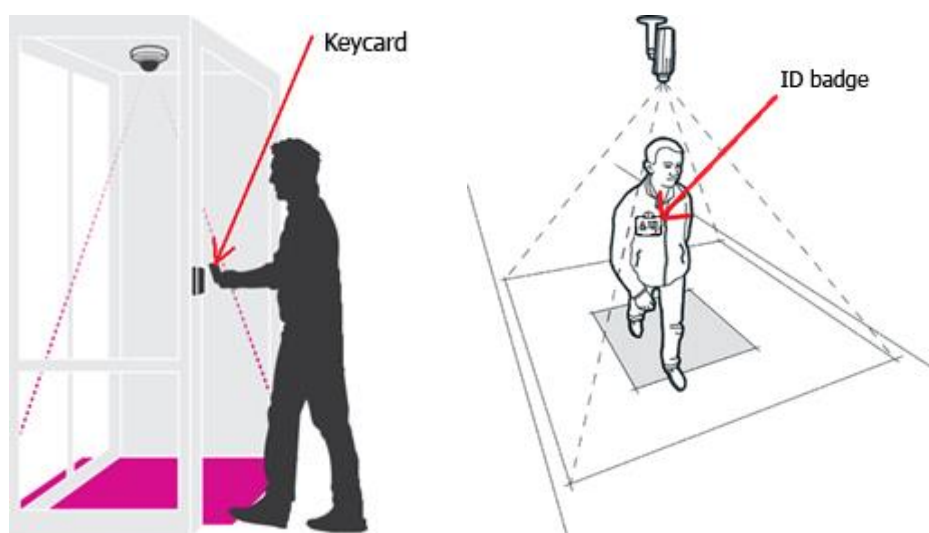


Fig. 4. Key card and ID badge to correctly identify employees



Fig. 5. Analysing the checkout zone and recording the administrator to the "employee" group

Customers' focus on the product will also be determined by thermal cameras. Their indication will be based on the time the customer was near the counter and the number of customers in the area. The redder the area, the more people were there [10]. This is shown in Fig. 6.

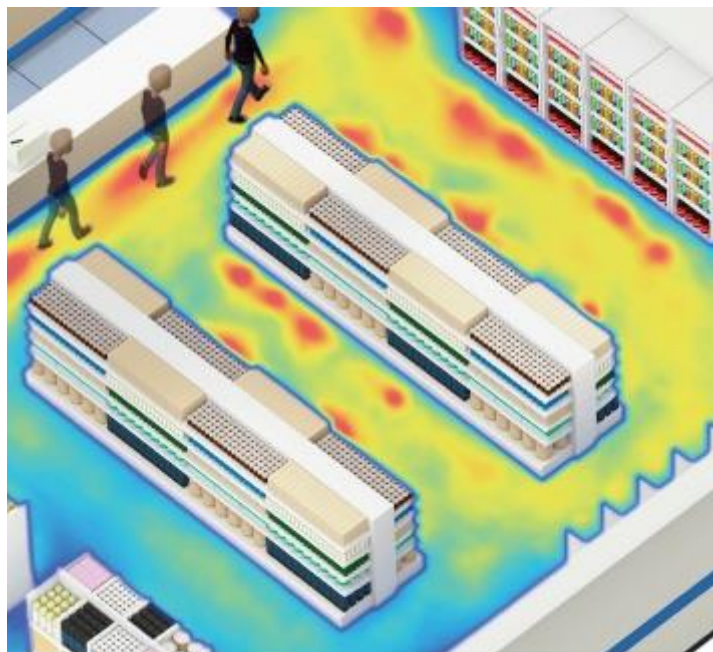


Fig. 6. Thermal zones indicating the most popular areas in the store

**Conclusions and prospects for further development.** We considered the concept of information collection taking into account various possible scenarios. There are several options for implementing a camera system that can identify users and their preferences.

#### References

1. 3D ASSIS. [Electronic resource] // URL <https://megacount.ru/3dassis.html>
2. Deductor. [Electronic resource] // URL <https://findface.pro>
3. Amazon GO. [Electronic resource] // URL [https://www.nec.com/en/global/solutions/safety/face\\_recognition/NeoFaceWatch.html](https://www.nec.com/en/global/solutions/safety/face_recognition/NeoFaceWatch.html)
4. Asit Kumar Datta, Madhura Datta, Pradipta Kumar Banerjee: Face Detection and Recognition: Theory and Practice, 2016. – P. 152-159.
5. Manisha Omprakash: implementing face recognition in matlab, 2018. – P. 120-130.
6. Federica Marcolin: Neural Networks and Deep Learning, 2018. – P. 100-120.
7. Kelly Gates: Our Biometric Future: Facial Recognition Technology and the Culture of Surveillance, 2011. – P. 62-70.p.
8. Laura E. Miller, Ray Miller: That's Customer Focus!: The Overworked and Underappreciated Manager's Guide to Creating a Customer-Focused Organization, 2008. – P. 69-74.
9. Face++. [Electronic resource] // URL: <https://www.faceplusplus.com/>
10. DeepFace. [Electronic resource] // URL: <https://deepface.ir/>

Reader: Oleg Bajbuz, Dr. Sc. (Tech.), Prof., head of the Department of Mathematical Support of Calculating Machines at Oles Honchar Dnipro National University.



DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-38-09

УДК 004.9:[378.016:811.161.2'243

**Пахолук Зінаїда Олександрівна**, д.ф.н., професор

<https://orcid.org/0000-0002-8911-5909>

Луцький інститут розвитку людини Університету «Україна», Луцьк, Україна

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

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

Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки, Луцьк, Україна

## МЕТОДИКА ОПРАЦЮВАННЯ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ GOOGLE SLIDES ТА SITES ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРЕЗЕНТАЦІЙ ПРО РІДНУ КРАЇНУ І РОЗМІЩЕННЯ ЇХ НА САЙТІ В КУРСІ «УКРАЇНСЬКА МОВА ЯК ІНОЗЕМНА»

**Пахолук З. О., Миронюк Л. П. Методика опрацювання хмарних сервісів Google Slides та Sites для створення презентацій про рідну країну і розміщення їх на сайті в курсі «Українська мова як іноземна».** На сучасному етапі розвитку освіти в Україні пріоритетним напрямом є впровадження інформаційних технологій. Провідною тенденцією світових інформаційних технологій є хмарні технології віддаленого збереження даних. Оскільки під час іспиту «Українська мова як іноземна» слухачі мають представити презентацію про рідну країну, то було запропоновано вмотивовану модель презентації та її створення в Google Slides. Сервіс Google Slides обрано на підставі таких характеристик: безкоштовність, простота використання, можливість застосування з будь-якого пристрою за наявності Інтернету, легкий зв'язок чи розміщення документу на веб-сторінці, сумісність користувачів у доступі та редагуванні документів через Інтернет, незалежно від того, на якому пристрої вони працюють; импорт файлів із Microsoft. Для розміщення важливої та цікавої інформації про країни, в яких проживають слухачі-іноземці, було створено сайт за допомогою Google Sites.

**Ключові слова:** інформаційно-комунікаційні технології, хмарні сервіси, Google Slides, Google Sites, заклад вищої освіти, слухачі-іноземці, українська мова як іноземна, презентація, країнознавство.

**Пахолук З. А., Миронюк Л. П. Методика обработки облачных сервисов Google Slides и Sites для создания презентаций о родной стране и размещения их на сайте в курсе «Украинский язык как иностранный».** На современном этапе развития образования в Украине приоритетным направлением является внедрение информационных технологий. Ведущей тенденцией мировых информационных технологий является облачные технологии удаленного хранения данных. Поскольку во время экзамена «Украинский язык как иностранный» слушатели должны представить презентацию о родной стране, то было предложено обоснованную модель презентации и ее создание в Google Slides. Сервис Google Slides избран на основании следующих характеристик: бесплатность, простота использования, возможность применения с любого устройства при наличии Интернета, легкая связь или размещения документа на веб-странице, совместимость пользователей в доступе и редактировании документов через Интернет, независимо от того, на каком устройстве они работают; импорт файлов из Microsoft. Для размещения важной и интересной информации о странах, в которых проживают слушатели-иностранцы, был создан сайт с помощью Google Sites.

**Ключевые слова:** информационно-коммуникационные технологии, облачные сервисы, Google Slides, Google Sites, высшее учебное заведение, слушатели-иностранцы, украинский язык как иностранный, презентация, страноведение.

**Pakholok Z. O., Myroniuk L. P. Methods of treatment of Google Slides cloud processing services and Sites to make homepage presentations and placing them on the site in the course «Ukrainian language as foreign».** The introduction of information technologies that would completely meet the needs of users is the main field at the present stage of education development in Ukraine. The leading trend in the world of information technology is cloud-based remote storage technologies. As students are required to submit a presentation about their home country during the «Ukrainian as a foreign language» exam, a motivated presentation model and its creation in Google Slides have been suggested. The service Google Slides is based on the following features: free, easy to use, accessible from any device on the Internet, easy to access or place a document on a web page, users' compatibility in accessing and editing documents online, notwithstanding what device they work on; import files from Microsoft. A site was created using Google Sites to provide important and interesting information about the countries of foreign listeners residence.

**Keywords:** information and communication technologies, cloud services, Google Slides, Google Sites, institution of higher education, foreign listeners, Ukrainian as a foreign language, presentation, country studies.

**Постановка наукової проблеми.** Всі аспекти життя сучасного суспільства охоплені процесом інформатизації. Згідно національної стратегії розвитку освіти в Україні на період до 2021 року, пріоритетним є впровадження інформаційно-комунікаційних технологій, що забезпечують удосконалення навчально-виховного процесу, доступність та ефективність освіти, підготовку молодого покоління до життєдіяльності в інформаційному суспільстві [7].

До різновидів інформаційно-комунікаційних технологій належать «хмарні технології» або «хмарні обчислення» (cloud computing). Їх концепція з'явилася ще в 1960 році, коли американський учений, фахівець з інформатики і теорії електронно-обчислювальних машин Джон Маккарті (John

McCarthy) висловив припущення, що у недалекому майбутньому комп'ютерні обчислення стануть надаватися подібно до комунальних послуг (public utility).

Активне використання терміну «хмарні технології» у світі починається з 2006 року. Л. С. Черняк вважає, що вперше термін «хмара» вжив та спробував витлумачити генеральний директор компанії Google Ерік Шмідт [11].

В Україні термін «хмарні технології» почали впроваджувати з 2008 року, але під «хмарою» на той час розуміли безкоштовні хостинги поштових служб для студентів та викладачів. Усі інші інструменти, які, зазвичай, пропонували для використання в «хмарі», були відсутні через недостатність інформації та брак навичок використання [8, с. 105].

Адекватного визначення цього терміну не існує й дотепер, оскільки дослідники пропонують власне бачення у контексті певної проблеми. Г. Д. Кисельов і К. В. Харченко подають таку дефініцію: «cloud computing – це програмно-апаратне забезпечення, яке доступно користувачу через Інтернет у вигляді сервісу, який надає зручний інтерфейс для віддаленого доступу до обчислювальних ресурсів (програм і даних)» [4, с. 351]. О. М. Туравініна вважає, що хмарні обчислення – це «технологія опрацювання даних, в яких програмне забезпечення надається користувачеві як Інтернет-сервіс» [9, с. 119]. К. М. Лавріщева й А. Ю. Стеняшин розуміють під хмарними обчисленнями «нові системні засоби для підтримки обчислень, якими є Google Apps, IBM-VSphere та системи Microsoft – WCloud, Azure, Amazon, Mech, WApps, SkyDriven тощо» [5, с. 201]. Згідно з документом Інституту інженерів з електротехніки та електроніки (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE), «хмарні обчислення – це парадигма, в рамках якої інформація постійно зберігається на серверах у мережі інтернет і тимчасово кешується на клієнтській стороні, наприклад, на персональних комп'ютерах, ігрових приставках, ноутбуках, смартфонах тощо» [10].

Однак більшість вітчизняних та зарубіжних авторів користується точним і універсальним формулюванням Національного Інституту Стандартів та Технологій (The National Institute of Standards and Technology, NIST). Під хмарними обчисленнями розуміється модель зручного мережевого доступу до загального фонду обчислювальних ресурсів (наприклад, мереж, серверів, файлів даних, програмного забезпечення та послуг), які можна швидко надати за умови мінімальних управлінських зусиль та взаємодії з постачальником [12, с. 30–31].

У широкому сенсі хмарні обчислення – це Інтернет-технології віддаленого збереження даних. Хмарний сервіс – послуга надання хмарних ресурсів за допомогою технологій хмарних обчислень. Хмарні технології є однією з провідних тенденцій світових інформаційних технологій, а хмарні сервіси в освіті розглядаються як найбільш перспективний розвиток упровадження хмарних технологій. Згідно М. П. Шишкіною та М. В. Попель, «хмарні сервіси широко застосовуються в навчальних закладах України, поряд з цим їх використання не є систематичним, не організовано в єдину систему, не є достатньо цілеспрямованим і зорієнтованим на певні педагогічні цілі» [13, с. 74].

На сьогодні найбільшими постачальниками програмного контенту для навчальних закладів є компанії «Microsoft» і «Google», що надають програмні та інфраструктурні сервіси школам, коледжам і університетам. Прикладами сучасних сервісів, побудованих на основі хмарних обчислень для освіти, є Live@edu від Microsoft і Google Apps Education Edition.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Останнім часом багато науковців Т. Л. Архіпова, В. Ю. Биков, Ю. В. Грицук, М. І. Жалдак, Г. Д. Кисельов, Н. Б. Копняк, Г. Р. Корицька, Ю. Г. Носенко, С. О. Семеріков, І. М. Стромило, А. М. Стрюк, М. А. Шиненко та ін. присвячують свої публікації теоретичним та практичним основам застосування хмарних технологій в освіті та навчальній діяльності.

Вагомий внесок в теорію і практику використання хмарних сервісів в освітній процес зробили зарубіжні вчені Х. Ф. Альделейай, К. Р. Аніл Кумар, Р. Гурунатх, Д. Е. Дін, Г. Л. Пратт, К. Хевіт та ін.

Теоретичні та практичні аспекти використання хмарних сервісів Microsoft Office 365 детально вивчено у дослідженнях науковців Інституту інформаційних технологій та засобів навчання Національної Академії педагогічних наук України С. Г. Литвиної, О. П. Пінчук, О. М. Спіріна, М. П. Шишкіною та ін.

Найбільш зручними й популярними сьогодні є хмарні сервіси Google, об'єднані під єдиним брендом Google Cloud, до якого входять Gmail, Google Docs, Sheets та Slides тощо. Впровадженням сервісів Google в освітній процес займалися Н. Р. Балик, А. С. Карпенко, Н. В. Кононец, Н. В. Морзе, М. В. Носкова, В. П. Олексюк, Л. В. Рождественська, О. М. Спірін, М. П. Шишкіна. Досвід інтеграції

хмарних сервісів Google Apps в інформаційний простір вищого навчального закладу описав В. П. Олексюк, а порівняльні характеристики сервісів Google – О. Д. Гуменний та І. О. Падій.

Інформаційно-комунікаційні технології – неодмінна складова навчання іноземних громадян українській мові в Східноєвропейському національному університеті імені Лесі Українки. Підготовче відділення у найбільшому навчальному закладі Волині з 2010 року закінчили не тільки англomовні та франкомовні громадяни переважно з африканського континенту (Алжир, Гана, Замбія, Зімбабве, Камерун, Лівія, Конго, Намібія, Нігерія, Сенегал, Сирія, Того), але й з Болгарії, Бразилії, Китаю, США.

В основу навчання покладена модель мовленнєвої поведінки носія української мови у сфері щоденного спілкування як орієнтир для іншомовного комуніканта. Методичне забезпечення курсу здійснюється завдяки підручникам «Вступний курс з української мови для студентів-іноземців підготовчого відділення» за редакцією Т. О. Дегтярьової [1] і Т. Є. Масицької «Українська мова як іноземна: Комунікація» [6], а також методичним розробкам Є. І. Гороть, Н. О. Данилюк, Л. К. Малімон, О. О. Рогач [2] та Н. О. Данилюк і Т. Є. Масицької [3], в яких підібрано мовний, м о в л е н н є в и й і комунікативний матеріал.

Слухачі-іноземці вивчають українську мову не тільки під час аудиторних занять, але і на дозвіллі. Процес соціокультурної адаптації пришвидшують пізнавальні екскурсії. Як правило, перша екскурсія проводиться в університетському музеї Лесі Українки. Відбувається процес інтерактивного навчання, який забезпечує внутрішню мотивацію освіти та сприяє її ефективності.

Після закінчення навчання, на випускному іспиті, який проводиться в два етапи, слухачі-іноземці мають представити розповідь про себе та свою родину, написати диктант, виконати практичне заняття з граматики, прочитати текст і відповісти на питання до нього. Якщо розповідь про свою сім'ю не викликає труднощів у слухачів-іноземців, то презентація про рідну країну є неповною, не дивлячись на попередні настанови викладача.

**Мета статті** полягає в представленні моделі презентації про рідну країну, створену за допомогою Google Slides для слухачів-іноземців підготовчого відділення Східноєвропейського національного університету ім. Лесі Українки та поширення інформації про неї на сайті Google Sites для перевірки набутих знань української мови.

Мета корелює **завдання**: запропонувати вмотивовану структуру презентації; вказати на переваги Google Slides перед Power Point; радити працювати з Google Slides для створення презентацій; вказати на перспективу використання сайту, створеного засобами Google Sites.

Дослідження проводилося на базі підготовчого відділення Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Під час роботи було використано комплекс методів і прийомів: спостереження за виконанням презентацій та їх представленням слухачами-іноземцями; створення моделі для майбутніх презентацій; теоретична і практична підготовка слухачів-іноземців для удосконалення презентації: інструктаж, який включав статистичні дані стосовно кількості слайдів та часу на виступ, ознайомлення з вже існуючими зразками презентацій, пропозиції щодо використання англomовних і українськомовних сайтів, які містять інформацію про рідну країну; звернення уваги на те, що кожен слайд має обов'язково містити коротку текстову інформацію і варто написати додаткову інформацію українською літературною мовою.

**Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів.** Досвід роботи із слухачами-іноземцями показав, що для виконання презентації необхідно, перш за все, спиратися на чіткий список слайдів, який дозволить представити країнознавчу інформацію в усій повноті. З цією метою ми запропонували слухачам-іноземцям використати метод комплексності, який полягає у всебічній характеристиці конкретної країни. Одна з особливостей підходу до країнознавчого матеріалу криється в намаганні охопити всі сторони об'єкта представлення. Наші випускники мають виступити у ролі збирачів, зберігачів і ретрансляторів даних про географію, сучасну історію, політичний розвиток, економіку, культуру рідної країни, усвідомлюючи важливість інформаційної функції країнознавства.

У процесі дослідження ми дійшли висновку, що оптимальним варіантом з точки зору інформативності є наступний перелік слайдів.

1. Країна (назва на фоні прапора).
2. Герб і девіз країни.



3. Назва гімну та музичні інструменти для його виконання.
4. Мапа континенту (збоку кількість населення).
5. Мапа країни (збоку кількість населення).
6. Столиця країни, кількість населення в місті.
7. Політичний і державний устрій країни. Валюта.
8. Президент (ім'я і прізвище, рік народження).
9. Мови та етнічні групи.
10. Традиційне вбрання чоловіків.
11. Традиційне вбрання жінок.
12. Прикраси.
13. Видатні особистості країни (від початку державності до сьогодні, ім'я і прізвище, рік народження):  
 політичний діяч (суспільний діяч), з яким асоціюється країна,  
 вчений,  
 письменник,  
 артист (актор, співак, художник),  
 спортсмен.
14. Визначні локації в місті.
15. Визначні локації поза містом.
16. Принада для мандрівників.
17. Національна кухня (вказати інгредієнти):  
 їжа,  
 напої.
18. Природні ресурси.
19. Економічні ресурси.
20. Заключний слайд з фото автора (Дякую за увагу!).

Сукупність слайдів не має перевищувати 30–35, а тривалість демонстрації 40–60 хвилин, враховуючи специфіку країни й додаткову текстову інформацію, яку виголошує випускник.

На екзамені слухач-іноземець повинен продемонструвати вміння користуватися інформаційно-аналітичною, комунікативною і репрезентативною функціями при викладенні матеріалу українською літературною мовою.

Під час виконання презентацій були непоодинокими випадки, коли слухачі не мали комп'ютера чи ноутбука з необхідним програмним забезпеченням, а використовували смартфон чи айфон. Ця обставина спонукала до пошуків нової домінанти серед сервісного програмного забезпечення – Microsoft та найбільш популярного в світі пошуковика – Google. Обидва конкуренти виступили на ринку хмарних сервісів, де лідером уже впродовж багатьох років є Amazon.

Якщо раніше популярним був Microsoft PowerPoint, згідно даних публічного web-додатку Google Trends, який показує, як часто термін шукають по відношенню до загального обсягу пошукових запитів різними мовами у різних регіонах світу, то згодом в умовах жорсткої конкуренції популярність його знизилась, поступившись відносно новим презентаціям Google Slides.

Microsoft PowerPoint входить до складу платного хмарного сервісу Office 365, а Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки підключений до нього. Оскільки слухачі-іноземці не є студентами навчального закладу, то для них не можуть бути створені облікові записи в Office 365.

При виборі додатку, необхідного випускникам для створення презентації, ми також керувалися наступними міркуваннями: безкоштовність, простота застосування, зберігання у віртуальному файл-менеджері, швидкий доступ, наявність інтеграції з іншими додатками, відсутність необхідності в офісних пакетах, можливість ділитися проміжними результатами з колегами та слухачами, в нашому випадку – викладачами, навіть за умов використання різних операційних систем.

Додаток Google Slides пропонує ряд інтуїтивних та інноваційних функцій презентації. В ньому доступні основні функції з оформлення презентацій, кілька шаблонів дизайну, різноманітні шрифти, анімаційні ефекти та інші інструменти.

Усі зазначені вище причини привели до вибору хмарного сервісу Google Slides.

Проаналізувавши можливості презентацій Google Slides, можна навести основні їх риси:

- сервіси Google в цілому, а також Google Slides, зокрема, є безкоштовними;
- простота використання, можливість застосування файлів-довідок;
- робота з Google Slides на будь-якому пристрої за наявності Інтернету;
- інтегрування в інші додатки Google;
- одночасна робота з Google Slides незалежно від пристрою, на якому працюють користувачі (іноземець-слухач, викладач української мови та викладач інформатики);
- сумісність з Microsoft PowerPoint.

Проте Google Slides має й ряд недоліків:

- необхідність забезпечення постійного з'єднання з мережею Інтернет;
- відсутність технологій гарантування збереження та конфіденційності даних;
- кількість ефектів є приблизно 15 (в Microsoft PowerPoint – приблизно 50);
- можливість імпорту лише відео YouTube (Microsoft PowerPoint імпортує аудіофайли);
- наявність облікового запису Gmail.

Варто підкреслити, що створену презентацію слухачі-іноземці можуть роздрукувати, надіслати поштою чи опублікувати в Інтернеті, зберегти на локальному комп'ютері, причому доступними є декілька варіантів збереження, в тому числі й Microsoft PowerPoint (з розширенням .pptx). Завдяки цьому викладачі здійснюють перевірку, звертаючи увагу на композицію розташування зображення і тексту та правильність написів.

Після цього викладач інформатики розміщує нову країнознавчу інформацію на сайті, створеному за допомогою Google Sites.

Вибір цього сервісу обумовлений низкою причин, оскільки, по-перше, Google Sites дозволяє безкоштовно створювати повноцінні веб-сторінки з використанням вікі-технології. По-друге, розміщувати сайти у мережі Інтернет. По-третє, уможливило доступ до роботи над сайтом декількох користувачів, в нашому випадку – викладачів.

Зауважимо відразу, що безкоштовний хостинг від Google Sites регулюється такими вимогами:

- обсяг дискового простору – до 100 Мб для зберігання інформації на сайті й 10 Гб на кожен домен для зберігання інформації при використанні Google Служб;
- не підтримуються CSS і JavaScript;
- доменне ім'я сайту має вигляд sites.google.com/site\_name.

Створення сайтів за допомогою Google Sites підпорядковується таким правилам:

- оформлення сайтів змінюється тільки по кольорах, розмірах та стилях шрифтів;
- заборона анонімних коментарів і втручання в зміст;
- відсутність стрічки RSS з оновленнями сайту.

Слід зазначити, що ці застереження для нашої роботи не принципові.

Оскільки дії по створенню сайтів Google Sites прості й докладно проінструктовані довідкою Google Sites Help, то ми не опишемо їх покроково. Разом з тим звертаємо увагу, що розробник сайту повинен бути зареєстрованим в Google, володіти акаунтом.

Для оформлення сайту доступні кілька шаблонів веб-дизайну, а саме:

- веб-сторінка – це сторінка для розміщення тексту тематичних розділів, зображень тощо;
- оголошення – сторінка для подачі текстових повідомлень, впорядкованих у хронологічному порядку, починаючи з останніх введених;
- картотека – сторінка для збереження посилань на завантажені файли, впорядкованих по папках;
- список – сторінка, на якій подаються структуровані дані як списки з кількох полів.

Важливим є розташування сайту, який корисний не тільки для розробників, але й для користувачів. Обрання місця розташування – важливий крок, який дозволить адресно послуговуватися цікавою країнознавчою інформацією. Оскільки підготовче відділення Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки має власну сторінку, то було вирішено розмістити на ній посилання на новостворений сайт «Країнознавство від слухачів-іноземців» (рис. 1). Відсилаємо користувачів до сайту <https://sites.google.com/view/country-studies/home>, на якому вміщено зразок презентації слухача 2018–2019 навчального року Амаду Діалло (рис. 2, 3).

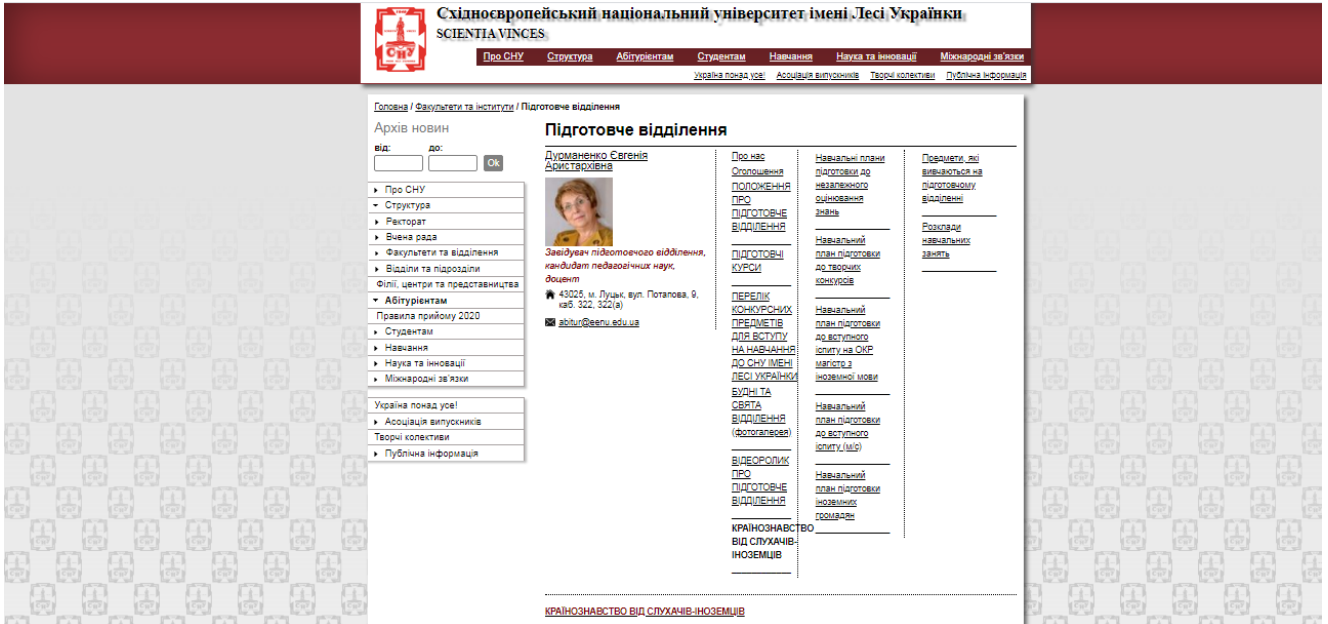


Рис. 1. Сторінка підготовчого відділення СНУ імені Лесі Українки



Рис. 2. Головна сторінка сайту, перший слайд презентації

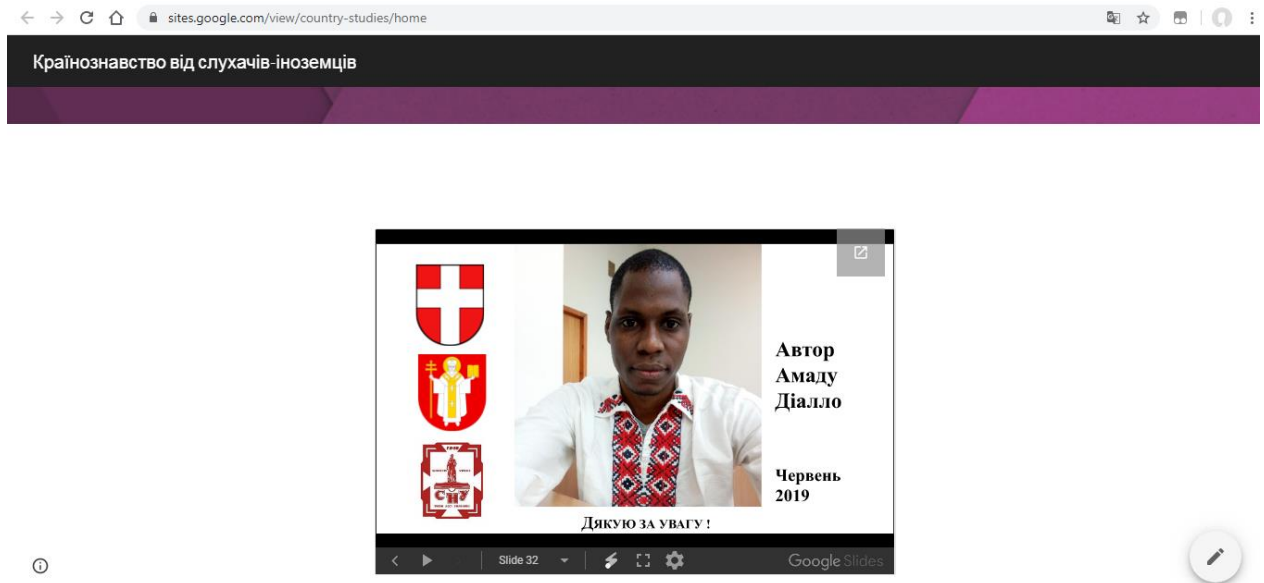


Рис. 3. Головна сторінка сайту, останній слайд презентації

**Висновки та перспективи подальшого дослідження.** Проведене дослідження дозволяє зробити такі висновки. По-перше, запропонована модель презентації виявилася продуктивною, оскільки порівняно невелика кількість слайдів містила коротку інформацію, яка супроводжувалася коментарем, дала адекватне уявлення про конкретну країну, викликала зацікавлення творців презентацій.

По-друге, під час підготовки презентації в Google Slides слухачі-іноземці під керівництвом викладачів опанували нову хмарну технологію.

По-третє, цьому сприяли технічні переваги, рушійною силою яких стала відсутність потрібного програмного забезпечення у слухачів, і зручності нової технології для них, обґрунтовані викладачами.

По-четверте, інтеграція різних додатків Google дала можливість створити засобами Google Sites сайт для розміщення презентацій про рідні країни слухачів-іноземців.

По-п'яте, створення сайту уможливить доступ до країнознавчої інформації широкого кола користувачів.

Перспективним напрямом подальшого дослідження є наповнення сайту роботами майбутніх слухачів, створення на ньому різних тематичних сторінок із метою фіксації заключного етапу перевірки знань з дисципліни «Українська мова як іноземна».

#### Список бібліографічного опису

1. Вступний курс з української мови для студентів-іноземців підготовчого відділення / за ред. Т. О. Дегтярьової. – Суми : Університетська книга, 2010. – 415 с.
2. Гороть Є. І. Notes on Ukrainian Grammar : навч.-метод. матеріали з граматики української мови для англомовних студентів-іноземців / Євгенія Гороть, Ніна Данилюк, Леся Малімон, Оксана Рогач. – Луцьк : СЛУ імені Лесі Українки, 2014. – 40 с.
3. Данилюк Н. О. Українська мова як іноземна : робоча програма нормативної навчальної дисципліни для слухачів-іноземців підготовчого відділення / Н. О. Данилюк, Т. Є. Мацицька. – Луцьк : Вежа-Друк, 2017. – 24 с.
4. Кисельов Г. Д. Застосування хмарних технологій в дистанційному навчанні / Г. Д. Кисельов, К. В. Харченко // Системный анализ и информационные технологии : XV международная научно-техническая конференция «САИТ-2013», 27–31 мая 2013, Киев. – Киев : УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ», 2013. – С. 351.
5. Лавріщева К. М. Індустріальний підхід до розробки і виконання прикладних систем в гетерогенних розподілених середовищах / К. М. Лавріщева, А. Ю. Стеняшин // International Conference «Parallel and Distributed Computing Systems», 13–14 березня 2013, Харків. – Харків, 2013. – С. 196–204.
6. Мацицька Т. Є. Українська мова як іноземна : Комунікація / Тетяна Мацицька. – Луцьк : Вежа-Друк, 2019. – 232 с.
7. Національна стратегія розвитку освіти в Україні на 2012–2021 роки // Директор школи, ліцею, гімназії. – 2011. – № 6. – С. 25–43.
8. Сейдаметова З. С. Облачные сервисы в образовании / З. С. Сейдаметова, С. Н. Сейтвелиева // Информационные технологии в образовании. – 2011. – № 9. – С. 105–111.

9. Туравініна О. М. Хмарні технології навчання студентів / О. М. Туравініна // Новітні комп'ютерні технології. – 2012. – № 10. – С. 119–121.
10. Хмарні обчислення [Електронний ресурс]. Режим доступу: [uk.wikipedia.org/wiki/Хмарні\\_обчислення](http://uk.wikipedia.org/wiki/Хмарні_обчислення).
11. Черняк Л. С. Интеграция – основа облака / Л. С. Черняк // Открытые системы. СУБД. – 2011. – № 7, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/2011/07/13010473/>.
12. Широкова Е. А. Облачные технологии / Е. А. Широкова // Современные тенденции технических наук: материалы международной заочной научной конференции. – Уфа : Лето. – 2011. – С. 30–33.
13. Шишкіна М. П. Хмаро орієнтоване освітнє середовище навчального закладу: сучасний стан і перспективи розвитку досліджень / М. П. Шишкіна, М. В. Попель // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2013. – № 5 (37). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/903>.

#### References

1. Vstupnyi kurs z ukrainskoi movy dlia studentiv-inozemtsiv pidhotovchoho viddilennia / za red. T. O. Dehtiarovoi. – Sumy : Universytetska knyha, 2010. – 415 s.
2. Horot Ye. I. Notes on Ukrainian Grammar : navch.-metod. materialy z hramatyky ukrainskoi movy dlia anhlovnykh studentiv-inozemtsiv / Yevheniia Horot, Nina Danyliuk, Lesia Malimon, Oksana Rohach. – Lutsk : SNU imeni Lesi Ukrainky, 2014. – 40 s.
3. Danyliuk N. O. Ukrainska mova yak inozemna : robocha prohrama normatyvnoi navchalnoi dystsypliny dlia slukhachiv-inozemtsiv pidhotovchoho viddilennia / N. O. Danyliuk, T. Ye. Masytska. – Lutsk : Vezha-Druk, 2017. – 24 s.
4. Kyselov H. D. Zastosuvannia khmarnykh tekhnolohii v dystantsiinomu navchanni / H. D. Kyselov, K. V. Kharchenko // Sistemnyy analiz i informatsionnyye tekhnologii : XV mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya «SAIT-2013». 27–31 maya 2013. Kiyev. – Kiyev : UNK «IPSA» NTUU «KPI». 2013. – S. 351.
5. Lavrishcheva K. M. Industrialnyi pidkhid do rozrobky i vykonannia prykladnykh system v heterohennykh rozpodilennykh seredovyschakh / K. M. Lavrishcheva, A. Yu. Steniashyn // International Conference «Parallel and Distributed Computing Systems», 13–14 bereznia 2013, Kharkiv. – Kharkiv, 2013. – S. 196–204.
6. Masytska T. Ye. Ukrainska mova yak inozemna : Komunikatsiia / Tetiana Masytska. – Lutsk : Vezha-Druk, 2019. – 232 s.
7. Natsionalna stratehiia rozvytku osvity v Ukraini na 2012–2021 roky // Dyrektor shkoly, litseiu, himnazii. – 2011. – № 6. – S. 25–43.
8. Seydametova Z. S. Oblachnyye servisy v obrazovanii / Z. S. Seydametova. S. N. Seytveliyeva // Informatsionnyye tekhnologii v obrazovanii. – 2011. – № 9. – S. 105–111
9. Turavinina O. M. Khmarni tekhnolohii navchannia studentiv / O. M. Turavinina // Novitni kompiuterni tekhnolohii. – 2012. – № 10. – С. 119–121.
10. Khmarni obchyslennia [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: [uk.wikipedia.org/wiki/Khmarni\\_obchyslennia](http://uk.wikipedia.org/wiki/Khmarni_obchyslennia).
11. Chernyak L. S. Integratsiya – osnova oblaka / L. S. Chernyak // Otkrytyye sistemy. SUBD. – 2011. – № 7. [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.osp.ru/os/2011/07/13010473/>.
12. Shirokova E. A. Oblachnyye tekhnologii / E. A. Shirokova // Sovremennyye tendentsii tekhnicheskikh nauk: materialy mezhdunarodnoy zaochnoy nauchnoy konferentsii. – Ufa : Leto. – 2011. – S. 30–33.
13. Shyshkina M. P. Khmaro oriientovane osvितnie seredovysheche navchalnoho zakladu: suchasnyi stan i perspektyvy rozvytku doslidzhen / M. P. Shyshkina, M. V. Popel // Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia. – 2013. – № 5 (37). [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu : <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/903>.

Стаття надійшла 20.02.2020 р.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-38-10

УДК 004.942:519.876.5

**Романюк Леонід Антонович**, доцент, кандидат технічних наук

<https://orcid.org/0000-0002-2538-4026>

**Чихіра Ігор Вікторович**, доцент, кандидат технічних наук

<https://orcid.org/0000-0002-8615-3635>

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

## АЕРОДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ГРУПИ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У ПРОСТОРІ З ПЕРЕШКОДАМИ

**Романюк Л. А., Чихіра І. В.** Аеродинамічна модель групи безпілотних літальних апаратів у просторі з перешкодами. У статті досліджується аеродинамічна модель групи безпілотних літальних апаратів у просторі з перешкодами, побудову моделі здійснено на основі методів формування траєкторії Dubins та просторової теореми Піфагора, щодо годографа. У статті визначено, що одна з класичних траєкторій, яка використовується для маневру безпілотного літального апарату від однієї висоти до іншої це перетин круглої спіралі, яка проектується на площину X-Y у вигляді кола. У порівнянні з теоремою Піфагора, щодо годографа, довжина траєкторії спіралі буде більше, ніж будь-яка інша та більш точна за формою траєкторії. Визначено проблему обходу перешкод та наведено схему Dubins шляхів двох безпілотних літальних апаратів у навколишньому середовищі з перешкодами. На основі зазначеної схеми описано алгоритм перепланування шляху БПЛА з регулюванням кривизни за допомогою проміжної точки, що винесено на другій схемі. Зазначається, що для застосування БПЛА, важливо, щоб безперервність кривизни була пропорційна бічному прискоренню БПЛА, як наслідок, необхідно мати контрольовану кривизну на кордонах кривих інтерполяції, а також накладати обмеження максимальної кривизни.

**Ключові слова:** безпілотний літальний апарат, перешкоди, простір, аеродинамічна модель, політ.

**Романюк Л. А., Чихіра І. В.** Аэродинамическая модель группы беспилотных летательных аппаратов в пространстве с препятствиями. В статье исследуется аэродинамическая модель группы беспилотных летательных аппаратов в пространстве с препятствиями, построение модели осуществлено на основе методов формирования траектории Dubins и пространственной теоремы Пифагора, по годографа. В статье определено, что одна из классических траекторий, которая используется для маневра беспилотного летательного аппарата от одной высоты к другой это пересечение круглой спирали, которая проецируется на плоскость X-Y в виде круга. По сравнению с теоремой Пифагора, по годографа, длина траектории спирали будет больше, чем любая другая и более точная по форме траектории. Определены проблему обхода препятствий и приведена схема Dubins путей двух беспилотных летательных аппаратов в окружающей среде с препятствиями. На основе указанной схемы описан алгоритм перепланировки пути БПЛА с регулировкой кривизны с помощью промежуточной точки, вынесен на второй схеме. Отмечается, что для применения БПЛА, важно, чтобы непрерывность кривизны была пропорциональна боковому ускорению БПЛА, как следствие, необходимо иметь контролируемую кривизну на границах кривых интерполяций, а также наложить ограничения максимальной кривизны.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, препятствия, пространство, аэродинамическая модель, полет.

**Romaniuk L. A., Chykhira I. V.** Aerodynamic model of a group of uavs in aircraft space. The article examines the aerodynamic model of a group of unmanned aerial vehicles in a space with obstacles, the model is built on the basis of the methods for forming the Dubins trajectory and the Pythagorean spatial theorem, according to the hodograph. The article determines that one of the classical trajectories that is used to maneuver an unmanned aerial vehicle from one height to another is the intersection of a circular spiral, which is projected onto the X-Y plane in the form of a circle. Compared with the Pythagorean theorem, according to the hodograph, the length of the spiral path will be longer than any other and more accurate in the shape of the path. The problem of avoiding obstacles is identified and the Dubins diagram of the paths of two unmanned aerial vehicles in an environment with obstacles is given. Based on this scheme, an algorithm for redevelopment of the UAV2 path with curvature adjustment using an intermediate point is described in the second scheme. It is noted that for the use of UAVs, it is important that the continuity of curvature is proportional to the lateral acceleration of the UAV, as a result, it is necessary to have controlled curvature at the boundaries of the interpolation curves, as well as impose restrictions on the maximum curvature.

**Key words:** unmanned aerial vehicle, obstacles, space, aerodynamic model, flight.

**Вступ та постановка проблеми.** В умовах реалізації планування шляхів групи безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які з'єднують вибрані точки, обов'язковими є обмеження, які необхідно прийняти до уваги. Основним чинником обмеження є кривизна або радіус розвороту. Це, разом з плануванням найкоротшого шляху, вимагає розробки підходів, які прийматимуть це обмеження в розрахунок загального шляху та безпечної траєкторії групи БПЛА.

Досить часто, вигідно мати короткі шляхи, для того, щоб звести до мінімуму час польоту, а також знизити витрату палива, і пов'язану з ним енергію та потужність. Методи планування можуть бути розширені для отримання короткого шляху з більш довгих маршрутів з метою обходу перешкод або для синхронізації часу прибуття БПЛА. Алгоритми для проектування найкоротших маршрутів



застосовуються в різних наукових сферах, таких як обчислювальна геометрія, дослідження операцій та логістика. Однією з добре досліджуваних проблем в обчислювальній геометрії є алгоритм знаходження найкоротшого маршруту, який було відкрито, ще у 1987 році. Задача комівояжера і китайського листоніші, широко вивчаються в галузі дослідження операцій, але вони будуються у вигляді графа і рішень не мають.

На сьогодні, при плануванні траєкторії польоту актуальними є три види шляхів: Dubins – шлях з дугами постійної кривизни; клотоїда – шляхи, які схожі з Dubins шляхами, але з дугами змінної кривизни; Піфагора – годограф (PH) шляху. Кожен з них володіє низкою переваг та недоліків однак у моделюванні шляху БПЛА застосування їх є необхідною умовою.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В поточному десятилітті спостерігається стійке зростання досліджень і розробок щодо аеродинамічного моделювання за напрямком безпілотних літальних апаратів.

Низка авторів Р.О. Беляков, Г.Д. Радзівілов, О.Д. Фесенко, В.В. Васильченко, О.Г. Цатурян, А.В. Шишацький, В.П. Романенко [1] розробили методіку побудови інтелектуальної системи автоматичного управління безпілотним літальним апаратом для мінімізації похибки безплатформної інерціальної навігаційної системи за рахунок застосування нейронної мережі.

Д.І. Бондарев, Д.П. Кучеров, Т.Ф. Шмельова [2], 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, обґрунтували схемами та розрахунком Д.І. Бондарев, Р.Т. Джафарзаде та А.М. Козуб [3].

Стосовно моделювання кінематики та динаміки польоту БПЛА, варто відмітити роботи Ю. Г. Даника, І. І. Балицького, [4] та І. С. Катеринчука, Ю. Г. Даника та І. І. Балицького [5]. Автори детально описують можливість застосування автоматичного управління системою навігації БПЛА в умовах перешкод та механізми формування траєкторії польоту.

Із зарубіжних вчених варто відмітити роботи С. Mu, D. Wang [6], Z. Lin, D. Ma, J. Meng, L. Chen [7], J. Yu, J. Sang, X. Gao [8], Y. Lv, J. Na, Q. Yang [9], Y. Sun, B. Xue, M. Zhang, G. G. Yen [10] та інші.

Незважаючи на масштабність наукових досліджень у сфері аеродинамічного моделювання за напрямком безпілотних літальних апаратів, згадана тема залишається вивченою не повною мірою та потребує подальших досліджень.

**Постановка завдання.** У статті необхідно розробити аеродинамічну модель групи безпілотних літальних апаратів у просторі з перешкодами.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Використання двовимірного планування маршруту часто зустрічається у літературі [3, 5]. Це може бути пов'язане з невеликою кількістю досліджень планування маршруту наземних роботів, тим не менш, при роботі з літальними апаратами, до площини руху необхідно додати висоту у розрахунках маневрів в космосі. З точки зору планування траєкторії, початок у плануванні шляху залишається аналогічним початковому, тобто, параметри однакові у початковій та кінцевій точках. Фактично є три просторові координати ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ), і три кутові орієнтації, (крену, тангажу, нишпорення).

Дослідження проведене на прикладі двох методів:

- I) траєкторія Dubins;
- II) просторова теорема Піфагора щодо годографа (далі – PH).

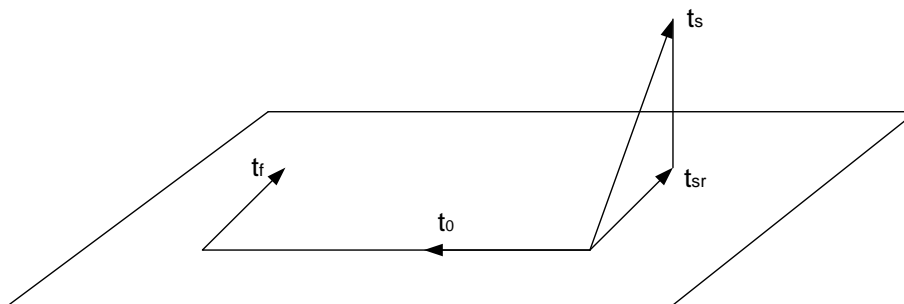


Рис. 1 Тривимірні умови маневру Dubins [11]

Один з варіантів методу «відрізок – дуга» – це метод Dubins. Цей метод згладжування полягає в заміні прилеглих до кута ламаної частин відрізків дуги кола. Відзначимо, що, хоча шлях по методу Dubins згладжується, кривизна цього шляху є розривною, розриви виникають в точках з'єднання відрізків і дуг кіл.

Тривимірний шлях польоту  $r(q)$  можна отримати за допомогою рішення наступного рівняння:

$$\begin{aligned} P_s(x_s, y_s, z_s, \theta_s, \psi_s) &\xrightarrow{r(q)} P_f(x_f, y_f, z_f, \theta_f, \psi_f) \\ |k(t)| < k_{max}, |\tau(t)| < \tau_{max} \end{aligned} \quad (1)$$

де  $\tau(t)$  – кривизна;

$k(t)$  – кручення траєкторії;

$r(q)$  – шлях польоту;

$x_s, y_s, z_s, x_f, y_f, z_f$  – координати початку та кінця шляху відповідно;

$\theta_s, \psi_s, \theta_f, \psi_f$  – кути повороту початку та кінця шляху відповідно;

Одна з класичних траєкторій, що використовується для маневру безпілотного літального апарату від однієї висоти до іншої є перетин круглої спіралі, яка проектується на площину X-Y у вигляді кола. Траєкторію можна представити як намотування на поверхню вертикального циліндра. Важливою властивістю цієї кривої є те, що і кривизна і кручення постійні, що у сукупності дає радіус циліндра і виток спіралі. У порівнянні з РН, довжина траєкторії спіралі буде більше, ніж будь-яка інша та більш точна за формою траєкторії.

Узагальненням двох методів є теорема.

*Теорема 1.* Якщо два дотичних вектора  $t_s$  і  $t_f$  з'єднані лінією вектора  $t_0$ , як показано на рис. 1, то маневр може бути виконаний за умови, якщо всі вектори лежать в одній площині.

Рисунок 1 показує, що два дотичні вектори знаходяться в різних площинах, а початок дотичного вектора  $t_s$  не лежить в площині, яка визначається двома векторами  $t_f$  і  $t_0$ .

Для отримання траєкторії польоту, необхідно визначити початковий маневр дуги, що торкається дотичного вектору  $t_s$  в площині, щоб отримати  $t_{sr}$ . Це буде гарантувати, що цей вектор знаходиться в одній площині з  $t_f$  і  $t_0$ . Траєкторію Dubins можна обчислити за допомогою повернутого вектора  $t_{sr}$  в якості нового вектора початку дотичної. Нормальний вектор  $n_{sr}$  може бути визначений як норма до дотичного вектора, а також такий, що лежить в площині, яка визначається  $t_f$  і  $t_0$ . Бінормаль вектору  $b_{sr}$  складає праву трійку.

Початкова траєкторія буде складатися з комбінованої кривизни траєкторії щодо вектору бінормалі, з подальшим креном, щоб вибудувати нормальні і бінормальні вектори, для формування остаточної траєкторії Dubins. Тому траєкторія Dubins складається з однієї площини кола траєкторії з визначенням кривизни  $k_s$ , з нормального запуску траєкторії кола з визначенням кривизни  $k_s$  та прямолінійної траєкторії і, нарешті, закінчення траєкторії кола з визначенням кривизни  $k_f$ .

Застосування методу Dubins полягає у диференційно-геометричних концепціях, метод просторової траєкторії Піфагора РН, отримують з використанням першого порядку ермітової інтерполяції. Отримана траєкторія додатково налаштована на збільшення траєкторії польоту БПЛА шляхом збільшення довжини граничних дотичних векторів.

Початок маневру може бути визначений з урахуванням осьової лінії між двома положеннями. З точки зору кожної позиції, позитивне чи негативне обертання від дотичного вектора до центрального вектора буде визначено знаком кривизни для кожного маневру. На початку маневру і на його фініші БПЛА здійснюється поворот відповідно до дотичного вектора  $t_s$ . Таким чином:

$$\begin{aligned} [t_{ms}, n_{ms}, b_{ms}] &= [t_s, n_s, b_s] R_s \\ [t_{mf}, n_{mf}, b_{mf}] &= [t_f, n_f, b_f] R_f \end{aligned} \quad (2)$$

де



$$R_s = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\phi_s) & -\sin(\phi_s) \\ 0 & \sin(\phi_s) & \cos(\phi_s) \end{pmatrix}$$

$$R_f = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\phi_f) & -\sin(\phi_f) \\ 0 & \sin(\phi_f) & \cos(\phi_f) \end{pmatrix} \quad (3)$$

$\phi_s$  і  $\phi_f$  – кути повороту для початкових і фінішних маневрів літака.

Радіус-вектори може бути визначено, як

$$r_s = [t_{ms}, n_{ms}, b_{ms}] \begin{pmatrix} 0 \\ \pm 1/k_s \\ 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

і, аналогічно,

$$r_f = [t_{mf}, n_{mf}, b_{mf}] \begin{pmatrix} 0 \\ \pm 1/k_f \\ 0 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Базисні вектори пов'язані

$$[t_f, n_f, b_f] = [t_s, n_s, b_s]R \quad (6)$$

де  $R$  є матрицею обертання на яку потрібно змінити вісь від початку до фінішу.

Таким чином, маємо

$$R = (t_f, n_f, b_f) \cdot (t_s, n_s, b_s) \quad (7)$$

звідси

$$R = \begin{pmatrix} t_f \cdot t_s & t_f \cdot n_s & t_f \cdot b_s \\ n_f \cdot t_s & n_f \cdot n_s & n_f \cdot b_s \\ b_f \cdot t_s & b_f \cdot n_s & b_f \cdot b_s \end{pmatrix} \quad (8)$$

З'єднувальні вектори утворюють ортогональний набір векторів. Кожен вектор лежить у відповідній площині маневру, які не збігаються. Внутрішній з'єднувальний вектор є загальним для обох маневрів БПЛА. Таким чином, можна записати у вигляді:

$$a_s = a[t_{ms} \quad n_{ms} \quad b_{ms}] \alpha_s$$

$$a_f = a[t_{mf} \quad n_{mf} \quad b_{mf}] \alpha_f \quad (9)$$

з

$$\alpha_s = \begin{pmatrix} \alpha_{ts} \\ \alpha_{ns} \\ \alpha_{bs} \end{pmatrix} \text{ та } \alpha_f = \begin{pmatrix} \alpha_{tf} \\ \alpha_{nf} \\ \alpha_{bf} \end{pmatrix} \quad (10)$$

Репер Френе для двох площин маневру пов'язано з

$$[t_f \quad n_f \quad b_f] = [t_s \quad n_s \quad b_s]R,$$

$$[t_{mf} \quad n_{mf} \quad b_{mf}] = [t_f \quad n_f \quad b_f]R_f,$$

$$[t_{ms} \quad n_{ms} \quad b_{ms}] = [t_s \quad n_s \quad b_s]R_s. \quad (11)$$

Через

$$[t_{ms} \quad n_{ms} \quad b_{ms}]R'_s = [t_s \quad n_s \quad b_s],$$

$$[t_{mf} \quad n_{mf} \quad b_{mf}]R'_f = [t_f \quad n_f \quad b_f] = [t_s \quad n_s \quad b_s]R = [t_{ms} \quad n_{ms} \quad b_{ms}]R'_s R$$

$$(12)$$

та

$$[t_{mf} \quad n_{mf} \quad b_{mf}] = [t_{ms} \quad n_{ms} \quad b_{ms}]R'_s R R_f \quad (13)$$

Це означає, що

$$\alpha_s = R'_s R R_f \alpha_f$$

$$\alpha_f = R'_f R R_s \alpha_s \quad (14)$$

Радіус-вектори  $R_s$  і  $R_f$  також можуть бути описані в осях початку маневру, як

$$\begin{aligned} r_s &= [t_{ms}, n_{ms}, b_{ms}] \begin{pmatrix} 0 \\ \pm 1/k_s \\ 0 \end{pmatrix} \\ r_f &= [t_{ms}, n_{ms}, b_{ms}] R'_s R R_f \begin{pmatrix} 0 \\ \pm 1/k_f \\ 0 \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (15)$$

Вектори також можуть бути визначені в осях початку маневру, у вигляді

$$\begin{aligned} \alpha_s &= \pm 1/k_s [t_{ms}, n_{ms}, b_{ms}] \beta_s, \\ \alpha_f &= \pm 1/k_f [t_{mf}, n_{mf}, b_{mf}] \beta_f, \\ \alpha &= \pm 1/k_f [t_{ms}, n_{ms}, b_{ms}] R'_s R R_f \beta_s \end{aligned} \quad (16)$$

Довжина шляху Dubins це сума довжини цих сегментів яка задається як

$$h_{\text{Довжина шляху Dubins}} = h_i + h_s + \alpha_t + h_f = \alpha_i/k_s + \alpha_s/k_s + \alpha_f/k_f \quad (17)$$

де  $h$  – це довжина шляху;

$s, t$  і  $f$  – початкова дуга шляху, загальна довжина шляху, кінцева дуга шляху;

$i$  – сегмент дуги;

$\alpha$  – кут дуги;

$k$  – кручення.

Шлях РН забезпечує зміщення кривої у замкнутій формі поліномів.

Рівняння (18) є багаточленом розробленим для інтерполяції вільних векторів на кордоні. Вільні вектори мають позиції  $(x, y, z)$  і напрям  $(\theta, \psi)$  в просторі. Крива інтерполяції двох таких векторів називається інтерполяцією Ерміта. Отримана крива матиме дотичну спадкоємність, але не спадкоємність кривизни. Для застосування БПЛА, важливо, щоб безперервність кривизни була пропорційна бічному прискоренню БПЛА. Таким чином, необхідно мати контрольовану кривизну на кордонах кривих інтерполяції, а також накласти обмеження максимальної кривизни.

$$Q(q) = \sum_{i=0}^2 Q_i \binom{2}{i} q^i (1-q)^{2-i}, \quad q \in [0,1] \quad (18)$$

Це дозволить забезпечити рівний шлях БПЛА. Тепер, крива РН представлена в п'ятому порядку поліноміальної форми як

$$r(q) = \sum_{k=0}^5 b_k \binom{5}{k} q^k (1-q)^{5-k}, \quad q \in [0,1] \quad (19)$$

де  $b_k = (x_k, y_k, z_k)$  – контрольні точки, вершини яких визначає управління багатокутника Безьє з  $k = 0, \dots, 5$ .

Початковими і кінцевими конфігураціями є  $p_s(x_s, y_s, z_s, \theta_s, \psi_s)$  і  $p_f(x_f, y_f, z_f, \theta_f, \psi_f)$ , відповідно. Чотири контрольні точки полігонів Безьє розраховується шляхом ермітової інтерполяції першого порядку наступним чином:

$$\begin{aligned} b_0 &= (x_s, y_s, z_s), \\ b_5 &= (x_f, y_f, z_f), \\ d_0 &= m_0 [\cos(\theta_s) \cos(\psi_s), \cos(\theta_s) \sin(\psi_s), \sin(\theta_s)], \\ d_5 &= m_5 [\cos(\theta_f) \cos(\psi_f), \cos(\theta_f) \sin(\psi_f), \sin(\theta_f)], \\ b_1 &= b_0 + \frac{1}{5} d_0, \\ b_4 &= b_5 + \frac{1}{5} d_5, \end{aligned} \quad (20)$$

При орієнтації використано сферичні координати. Константи  $m_0$  і  $m_5$  відіграють вирішальну роль у складанні кривої інтерполяції.

Проблема обходу перешкод тісно пов'язана з плануванням шляху, тому що наявність перешкод, як правило, призводить до перепланування шляхів. Планування шляху з обходом перешкод в 3D є більш

складним, тому що при такому плануванні є нескінченно багато напрямків для маневрів як для БПЛА так і для перешкод.

Для того, щоб маневрувати в навколишньому середовищі, яке повно перешкод, БПЛА повинен бути здатний обчислити траєкторії, які будуть плавати навколо цих перешкод і повинен бути здатний приходити до кінцевої точки. Отже, є вимога, обчислити композитні траєкторії Dubins, які включають маневри ухилення. У разі виникнення єдиної перешкоди, що перетинає прямолінійний сегмент стандартної траєкторії Dubins, два варіанта уникнення траєкторії повинні бути розраховані для кожної перешкоди. Так як стандартна траєкторія Dubins складається з п'яти сегментів, з початкових, проміжних і кінцевих маневрів дуги, разом з двома прямими відрізками. У початковій і кінцевій дузі маневри модифіковано, щоб відрізки були дотичними до перешкоди кола.

Якщо БПЛА виявляє перешкоду за допомогою датчика, розташованого на борту, літак повинен повторно спланувати шлях або шляхом зміни кривизни між двома точками розглянутого випадку або перепланувати шлях з використанням проміжної точки. Перешкоди проходять перевірку визначення, якщо радіус перешкоди перетинає траєкторію або «безпеку» БПЛА. Якщо радіус перешкоди не перетинає траєкторію БПЛА, то перепланування не потрібно. Це може бути зроблено або шляхом збільшення кривизни траєкторії, або шляхом створення проміжної точки і з модельовано новий шлях, який включає в себе нову колійну точку.

Якщо припустити, що  $O_{\text{перешкода}}$  є перешкодою у радіусі безпеки БПЛА  $O_{\text{безпека}}$ , то умовою для уникнення зіткнення буде

$$O_{\text{перешкода}} \cap O_{\text{безпека}} = \emptyset \quad (21)$$

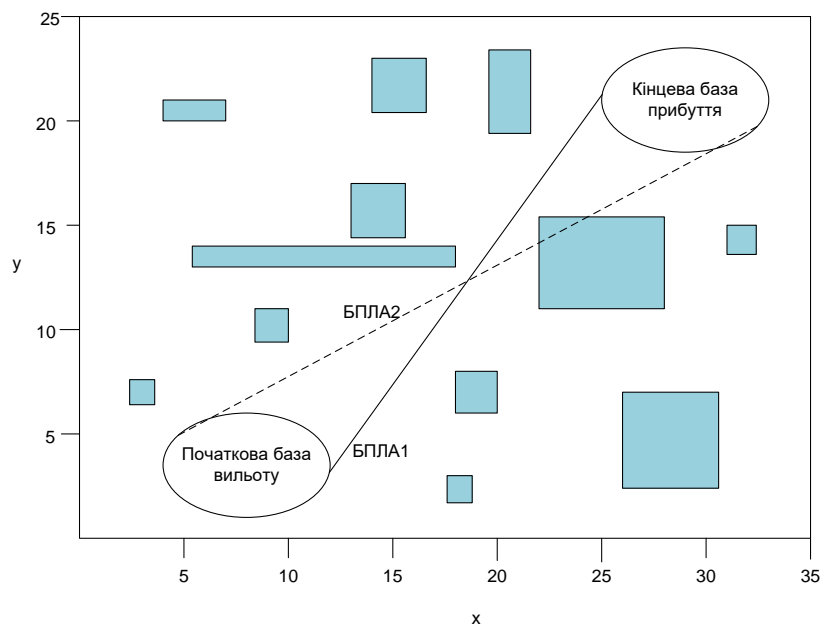
Схема для середовища повного перешкод показана на рис. 2.

Перешкоди моделюються у вигляді багатокутників, області та координати яких відомі. Планування шляху групи безпілотних літальних апаратів можна записати у вигляді:

$$P_{s,i,j-1}(x_{s,i,j-1}, y_{s,i,j-1}, \theta_{s,i,j-1}) \xrightarrow{r_{i,j-1}(q)} P_{f,i,j}(x_{f,i,j}, y_{f,i,j}, \theta_{f,i,j}) \quad (22)$$

$$i = 1, \dots, n_{\text{БПЛА}}, \quad j = 2, \dots, n_p, \quad |k_i(q)| < k_{\text{max}}, \quad \Pi_{\text{безпека}}, \Pi_{\text{довжина}} \quad (23)$$

$n_{\text{БПЛА}}$  – це число безпілотних літальних апаратів,



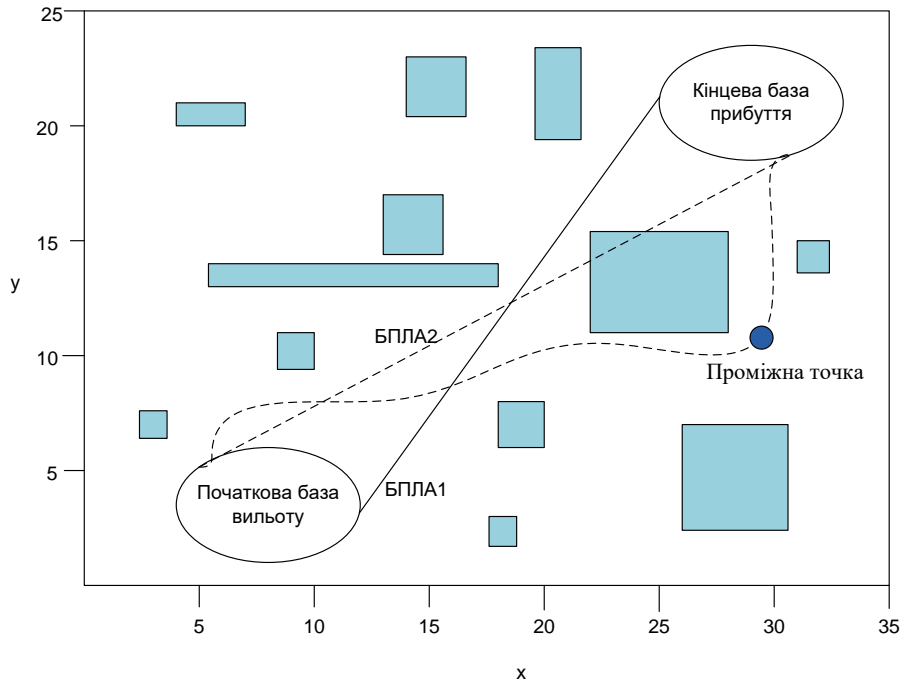
\*розробка автора на основі [4,8]

**Рис. 2 Dubins шляхи двох безпілотних літальних апаратів у навколишньому середовищі з перешкодами**

Для реалізації алгоритму приймемо два БПЛА. Обидва БПЛА є однорідними за своїми фізичними можливостями, і, отже, вони обидва рухаються з однією швидкістю і мають обмеження кривизни.

Рисунок 2 показує траєкторії двох безпілотних літальних апаратів у навколишньому середовищі з перешкодами. Шлях польоту другого безпілотного літального апарату БПЛА2 перетинає перешкоду і шлях польоту першого безпілотного літального апарату БПЛА1. Кривизна дуги шляху Dubins різноманітна щоб уникнути радіус загрози. Рисунок 3 показує, новий безпечний шлях після збільшення кривизни траєкторії БПЛА2, для рішення тієї ж задачі за допомогою проміжної точки.

Після того, як перешкоду перетину було виявлено, проміжні точки генерується.



\*розробка автора на основі [4,8]

**Рис. 3** Перепланування шляху БПЛА2 з регулюванням кривизни за допомогою проміжної точки

Перетин шляхів визначається інтерактивно для клотоїди дугових сегментів, а перетини ліній з еліпсів можуть бути виявлені за допомогою простої геометрії.

Проміжний шлях проводиться для кожного перехрестя в межах зони радіусу перешкоди. Після цього, шляхи переплановуються, щоб пройти через нові точки моделювання шляху БПЛА.

**Висновки.** У статті розкрито методику побудови аеродинамічної моделі групи безпілотних літальних апаратів у просторі з перешкодами. Наведена модель є вдосконаленою методикою побудови траєкторії польоту БПЛА в умовах перешкод. Аеродинамічної моделі, що описана, може бути використана, у якості стійкої моделі групи БПЛА в умовах формування траєкторії польоту.

Алгоритм побудови аеродинамічної моделі групи безпілотних літальних апаратів у просторі з перешкодами є стійким до зовнішніх та внутрішніх впливів. Запропонована методика значно скорочує час проектування, та витрати на проектування. А результат моделювання є дієвим та безпомилковим.

#### Список бібліографічного опису

1. Методика побудови інтелектуальної системи автоматичного керування безпілотним літальним апаратом / Р.О. Бесяков, Г.Д. Радзівілов, О.Д. Фесенко, В.В. Васильченко, О.Г. Цатурян, А.В. Шишацький, В.П. Романенко. [Текст]: Радіоелектроніка, інформатика, управління. 2019. – № 1. – С. 218-229.
2. Бондарев Д.І. Моделі групових польотів безпілотних літальних апаратів з використанням теорії графів / Д.І. Бондарев, Д.П. Кучеров, Т.Ф. Шмельова. [Текст]: Наука і техніка Повітряних сил Збройних сил України. – 2015. – Вип. 3(20). – С. 68–75.
3. Бондарев Д.І. Ефективність групових польотів безпілотних літальних апаратів / Д.І. Бондарев, Р.Т. Джафарзаде, А.М. Козуб. [Текст]: Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2014. – Вип. 6 (122). – С. 9-14.
4. Даник Ю. Г., Балицький І. І. Методика визначення околу безпеки безпілотних літальних апаратів / Ю. Г. Даник, І. І. Балицький. Наукоємні технології – 2018. – № 4(40). – С. 526–534.

5. Даник Ю. Г., Катеринчук І. С., Балицький І. І. Методика забезпечення безпеки застосування БПЛА при виконанні спеціальних задач в складних умовах. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2017. – №3(30). – С. 80–89.
6. Mu C. Neural-network-based adaptive guaranteed cost control of nonlinear dynamical systems with matched uncertainties / C. Mu, D. Wang. *Neurocomputing*. – 2017. – Vol. 245. – P. 46–54.
7. Lin Z. Relative ordering learning in spiking neural network for pattern recognition / Z. Lin, D. Ma, J. Meng, L. Chen. *Neurocomputing*. – 2018. – vol. 275. – P. 94–106.
8. Yu J. Machine learning and signal processing for big multimedia analysis / J. Yu, J. Sang, X. Gao. *Neurocomputing*. – 2017. – Vol. 257. – P. 1–4.
9. Online adaptive optimal control for continuous-time nonlinear systems with completely unknown dynamics / [Y. Lv, J. Na, Q. Yang et al.]. *International Journal of Control*. – 2016. – Vol. 89. – P. 99–112.
10. Automatically Designing CNN Architectures Using Genetic Algorithm for Image Classification / [Y. Sun, B. Xue, M. Zhang, G. G. Yen]. *Cornell University Libreri*. – Electronic data. – 2018. – Mode of access: <https://arxiv.org/abs/1808.03818>
11. Вибір оптимальної траєкторії польоту повітряного судна [Електронний ресурс] / В. С. Паламарчук, О. В. Полохович, О. Є. Луппо. *Вимірювальна та Обчислювальна Техніка в Технологічних Процесах*, 2015. – № 4'(53). – С. 180-185.

#### References

1. The Technique of Building an Intelligent System for Automatic Control of an Unmanned Aerial Vehicle / RO Bieliakov, HD Radzivilov, OD Fesenko, VV Vasylenko, OH Tsaturian, AV Shyshatskyi, VP Romanenko. [Text]: *Radio Electronics, Computer Science, Control*. – 2019. – No. 1– P. 218-229.
2. Bondarev DI, Kuchеров, DP, Shmelova TF. Group Flight Models of Unmanned Aerial Vehicles Using Graph Theory. [Text]: *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*. – 2015. – Is. 3 (20). – P. 68–75.
3. Bondariev DI, Dzhafarzade RT, Kozub, AM. Efficiency of Group Flights of Unmanned Aerial Vehicles. [Text]: *Information Processing Systems, KNAFU*. – 2014. – Is. 6 (122). – Pp. 9-14.
4. Danik YuH, Balytskyi II. Methods of Determining the Safety Environment of Unmanned Aerial Vehicles // *Science-based Technologies*. – 2018. – No. 4 (40). – P. 526–534.
5. Danyk YuH, Katerynychuk IS, Balytskyi II. Methods of Ensuring the Safety of the Use of UAVs when Performing Special Tasks in Difficult Conditions / YuH Danyk, IS Katerynychuk, II Balytskyi. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*. – 2017. – No. 3 (30). – P. 80–89.
6. Mu C. Neural-network-based adaptive guaranteed cost control of nonlinear dynamical systems with matched uncertainties / C. Mu, D. Wang. *Neurocomputing*. – 2017. – Vol. 245. – P. 46–54.
7. Lin Z. Relative ordering learning in spiking neural network for pattern recognition / Z. Lin, D. Ma, J. Meng, L. Chen. *Neurocomputing*. – 2018. – Vol. 275. – P. 94–106.
8. Yu J. Machine learning and signal processing for big multimedia analysis / J. Yu, J. Sang, X. Gao. *Neurocomputing*. – 2017. – Vol. 257. – P. 1–4.
9. Online adaptive optimal control for continuous-time nonlinear systems with completely unknown dynamics / Y. Lv, J. Na, Q. Yang et al. *International Journal of Control*. – 2016. – Vol. 89. – P. 99–112.
10. Automatically Designing CNN Architectures Using Genetic Algorithm for Image Classification / Y. Sun, B. Xue, M. Zhang, G. G. Yen]. *Cornell University Libreri*. – Electronic data. – 2018. – Mode of access: <https://arxiv.org/abs/1808.03818>
11. Choice of the Optimal Flight Path of an Aircraft [Electronic resource] / VS Palamarchuk, OV Poliukhovych, OYe Lупpo. *Measurement and Computing Hardware in Technological Processes*, 2015. – No. 4'(53). – P. 180-185.

Стаття надійшла 05.02.2020р.

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-38-13

УДК 013.77:004.42; 37.013.03:004.588(073)

Головін Микола Борисович, канд. фіз.-мат. наук., доцент кафедри вищої математики та інформатики  
<https://orcid.org/0000-0003-4516-4677>

Головіна Неля Миколаївна, здобувач

Гузачов Дмитро Михайлович, здобувач

Головіна Ніна Анатоліївна, канд. фіз.-мат. наук., доцент кафедри експериментальної фізики та інформаційно-вимірювальних технологій

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

## МЕТОД МОМЕНТІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ КОМП'ЮТЕРНОЇ ДІАГНОСТИКИ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Головін М.Б., Головіна Н.М., Гузачов Д.М., Головіна Н.А. **Метод моментів як інструмент комп'ютерної діагностики навчальної діяльності (на прикладі вивчення програмування).** Проведений модельний розгляд динаміки трансформацій статистичних розподілів швидкостей навчальних дій великих груп учнів. Для дослідження змін був застосований математичний апарат методу моментів. Аналіз динаміки змін моментів розподілів першого – четвертого порядків, що відбуваються в процесі навчання, дає базис для об'єктивних інтегральних оцінок проходження процесу навчання.

**Ключові слова:** статистичні розподіли, метод моментів, компетенції, модель, навчання, знання, уміння та навички

Головин Н.Б., Головина Н.М., Гузачов Д.М., Головина Н.А. **Метод моментов как инструмент компьютерной диагностики учебной деятельности (на примере изучения программирования).** Проведено модельное рассмотрение динамики трансформаций статистических распределений скоростей учебных действий больших групп учащихся. Для исследования изменений был применен математический аппарат метода моментов. Анализ динамики изменений моментов распределений первого - четвертого порядков, происходящих в процессе обучения, дает базис для объективных интегральных оценок прохождения процесса обучения.

**Ключевые слова:** статистические распределения, метод моментов, компетенции, модель, обучение, знания, умения и навыки

Holovin N.B., Holovina N.M., Huzachov D.M., Holovina N.A. **Method of moments as instrument of computer diagnostics of educational process (on the example of learning of programming).** The author has carried out the model analysis of the dynamics of transformations of statistical distributions of the speed of academic activities of big group of students. For the research of changes, the author has used the mathematical apparatus of the method of moments. The analysis of dynamics of changes of the moments of distribution of the first – fourth order that take place in the course of education provides the basis for the objective integral evaluations of the process of education.

**Key words:** statistical distributions, method of moments, competencies, model, education, knowledge, skills.

**Постановка наукової проблеми.** Сучасні середні школи і вищі навчальні заклади поступово насичуються комп'ютерною технікою. У багатьох місцях її стає цілком достатньо для впровадження комп'ютерно-орієнтованих технологій навчання в широкому колі дисциплін. Дистанційні курси, наприклад, в середовищі Moodle, можуть бути в значній мірі автоматизовані [1, 2]. У таких технологіях уособлюються сучасні заочні форми освіти. Існують також численні тренінги підвищення кваліфікації, які вимагають швидких та максимально ефективних сучасних комп'ютеризованих технологічних підходів у навчанні. Комп'ютерна діагностика, що реалізується в процесі автоматизованого навчання великих груп учнів, слухачів курсів та студентів, є потужним джерелом інформації стосовно процесів формування відповідних професійних компетентностей, знань, умінь та навичок [3].

**Актуальним** питанням оцінки комп'ютерно-орієнтованих методик навчання є коректна математична обробка їх результатів. Така обробка дозволяє оптимізувати процес автоматизованого навчання, пришвидшити його та підвищити ефективність. У цьому сенсі потрібні не оцінки окремих учнів, а узагальнені характеристики всього процесу навчання – статистичні розподіли оцінок, розподіли швидкостей виконання завдань, аналіз особливостей цих розподілів на різних етапах навчання.

**Метою цієї роботи** є модифікація математичного апарату методу моментів [4] для розгляду динаміки змін статистичних розподілів результатів навчання, модельний розгляд цих трансформацій.

**Аналіз попередніх експериментальних досліджень та питання апроксимації результатів.**

Комп'ютерна діагностика процесів навчання є джерелом різноманітних статистичних розподілів. Розподіли швидкостей виконання завдань великими групами студентів досліджувались в роботах [5-7]. Вони мали вигляд широких, асиметричних, експериментальних контурів. Було зафіксовано, що в процесі навчання ці контури змінюють свою форму і зміщуються в шкалі часу. Було також показано, що кожен з таких експериментальних статистичних контурів зручно апроксимувати сумою нормальних (гаусових) кривих зсунутих одна відносно одної в шкалі часу. Кожна з гаусових кривих фіксує свій статистично розподілений рівень компетентності у виконанні завдань. Перерозподіли вкладів цих нормальних

контурів в сумарний розподіл, в процесі навчання, дає трансформацію форми сумарного контуру. Для подальшого дослідження цікавим є модельний аналіз трансформацій форми статистичних контурів, що відбувається в процесі навчання. Останнє *дає можливість вийти за межі гуманітарного обговорення рівнів компетентності та математично виділити ці рівні, а також побачити особливості переходів між рівнями компетентності.*

**Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів.**

### ***Модельний підхід до розуміння навчальних процесів великих груп учнів***

**Сутність модельного експерименту**, що пропонується в роботі, є оригінальним і полягає в фіксації швидкості виконання окремих завдань в пакетах тестів. На швидкість виконання завдань впливають різноманітні стохастичні фактори, адже суб'єкти навчання розрізняються рівнем підготовки, мають різні вроджені та набуті в процесі навчання здатності, у них може бути різна мотивація до діяльності, неоднаковий поточний емоційний стан, міра стомленості. Сукупність цих факторів обумовлює різну швидкість виконання завдань окремими студентами. Тому надалі приймемо наступне.

**Модельний розподіл виконаних завдань за їх часом виконання має вигляд нормального.** Адже значення такої досліджуваної безперервної випадкової величини, як час виконання завдань формується під впливом великого числа незалежних випадкових факторів, причому сила впливу кожного окремого фактора мала й не може превалювати серед інших, а характер впливу – адитивний. Вплив випадкового фактора на час виконання формується з випадковою "добавкою". Ця добавка варіативна, мала, й рівновірогідна за знаком. Це корелює з загально вживаними підходами пояснення механізму формування нормально розподілених випадкових величин. Форма контуру нормального розподілу має вигляд (рис.1).

$$I = \frac{A}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(t-t_0)^2}{2\sigma^2}}$$

Де  $I(t)$  – сумарна кількість виконаних завдань різними суб'єктами навчання,  $t$  – час виконання завдання,  $t_0$  – центр розподілу по часу.  $\sigma$  – дисперсія (ширина контуру).  $A$  – амплітуда в максимумі.

Здатність до виконання завдань в процесі навчання теж еволюціонує. Практична навчальна діяльність скорочує час виконання завдань. Однак це скорочення для різних студентів різне. Цікавою є динаміка цих процесів, в сенсі трансформації статистичних розподілів швидкостей виконання завдань.

Варіативність здатностей до діяльності та набуття компетентностей, що до цієї діяльності приводить до модельних розподілів суб'єктів навчання за часом (швидкістю) виконання завдань. Ці розподіли змінюють свою форму в процесі навчання і можуть бути цінним матеріалом для аналізу відповідних навчальних процесів. Варіативність вроджених та набутих здатностей до розв'язування завдань, стохастичність факторів, що впливають на швидкість практичної діяльності зумовлюють широкий розподіл суб'єктів дій за часом виконання завдань. Навчання, у роботі, представлено як послідовність сеансів у виконанні пакету завдань. Тобто розглядається динаміка зміни форми та положення статистичного розподілу в залежності від номеру спроби виконання пакету завдань.

### ***Психолого - педагогічні підвалини моделі та їх математична апроксимація***

**Умови модельного експерименту.** У модельних дослідженнях вважається, що завдання пакету відкалібровані, тобто кількість необхідних дій для виконання кожного з завдань в межах пакету однакова, завдання за складністю еквівалентні. У цьому випадку, в послідовності повторів сеансів виконання одного і того ж пакету завдань, можна буде спостерігати динаміку прискорення навчальних дій з виконання кожного із завдань та зменшення числа помилок.

**Динаміка формування компетентностей в діяльності.** Процеси навчання групи і окремого суб'єкта не є тривіальними процесами. У навчанні окремого студента приховані досить складні когнітивні процеси, а навчання групи детермінується законами статистики.



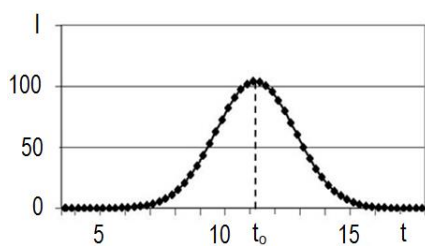


Рис.1 Нормальний розподіл кількості виконаних завдань за їх часом виконання

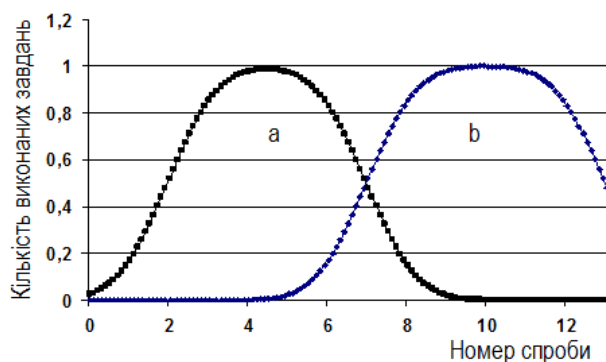


Рис.3. Динаміка наростання і спадання кількості виконаних завдань: а) виконання реалізуються з контролем свідомості. б) автоматизоване виконання.

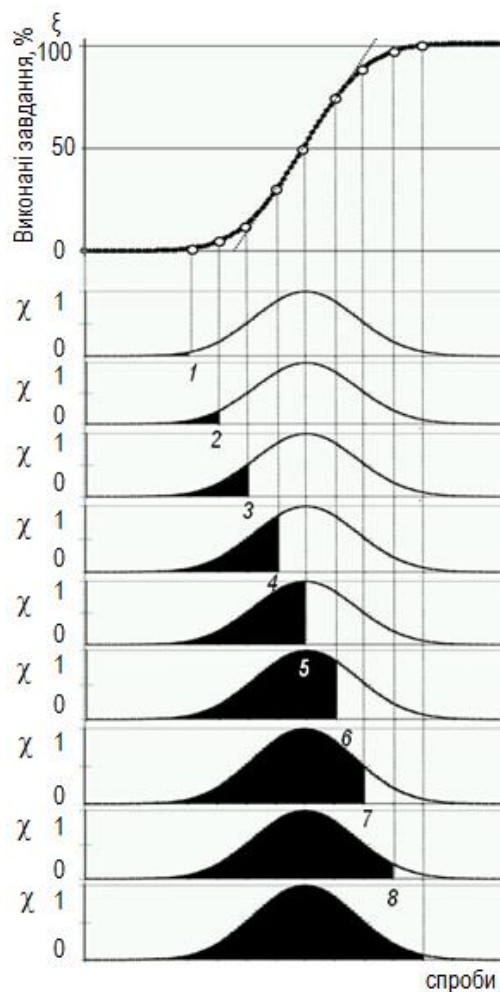


Рис.2. Динаміка наростання кількості виконаних завдань

Навчання спричинює зміни структури декларативних знань. Відбувається їх диференціація та інтеграція [8]. Знання трансформуються в сенсі узгодження з системою знань кожного з суб'єктів навчання. Відбувається їх абстрагування від несуттєвих деталей, концептуалізація та згортання. Реалізується набуття більшої лаконічності та універсальності. У процесі навчання усвідомлене повільне виконання завдань, коли кожен крок контролюється свідомістю, змінюється автоматизованими діями, що супроводжуються згорнутою лаконічною декларативною підтримкою цих дій. Контроль свідомості залишається тільки в ключових точках виконання вправи. Відбувається перехід до автоматизованих дій, як в сенсі декларативної, так і процедурної їх складової. Спостереження таких процесів особливо цікаво на великих групах учнів, коли індивідуальні особливості окремих суб'єктів навчання стають не суттєвими. У формі та положенні відповідних статистичних розподілів закладені інтегральні характеристики притаманні всім учасникам процесу навчання. Розглянемо далі математичний апарат, що дозволить моделювати процеси навчання великих груп учнів або студентів.

**Динаміка наростання кількості виконаних завдань.** У роботі приймається, що здатності до набуття компетентностей в діяльності розподілені в популяції за нормальним законом. Останнє є аналогічним до розподілу рівня IQ, або до антропометричних розподілів параметрів тіла, наприклад таких як, ріст, об'єм легенів, тощо. Прийемо, що здатність до виконання завдань теж описується на базі нормального закону  $\chi(n)$ , де  $n$  номер спроби виконати завдання. Заштрихована площа під нормальною кривою на рис.2 вказує на кількість правильно виконаних завдань групою студентів у поточній спробі. Видно, що впродовж першої спроби виконання пакету завдань буде дуже мала кількість правильно виконаних завдань. В другій, третій і так далі спробі виконання пакету завдань, всіма суб'єктами навчання, кількість правильних виконань завдань збільшується. Зрозуміло, що приріст площі від спроби до спроби не є однаковий. Видно, що приріст площі з розрахунку на одну спробу мінімальний на початковому етапі навчання і на кінцевому. У середині навчання приріст збільшується в порівнянні з



початком і має майже постійну величину протягом кількох спроб. Тут залежність кількості виконаних завдань від спроби майже лінійна. На кінцевому етапі навчання приріст знов зменшується. Зрозуміло, що процес навчання виходить на насичення. Всі завдання пакету виконуються всіма суб'єктами навчання на цьому етапі. Площа під нормальною кривою  $\chi(n)$  відповідає повній кількості правильно виконаних завдань всіма суб'єктами навчання.

$$\xi(n) = \sum_0^{n_{\max}} \chi(n);$$

де  $n$  – номер спроби,  $n_{\max}$  – номер кінцевої спроби.

Змістовний сенс окремої точки на кривій  $\xi(n)$  (рис. 2.) наступний. Ця точка відповідає кількості завдань, що виконала група суб'єктів навчання у відповідній спробі  $n$ . Залежність  $\xi(n)$  має лінійну частину. Чим більше кут нахилу цієї лінійної частини, тим швидше відбувається навчання. Дисперсія нормального розподілу  $\chi(n)$  визначає кут нахилу лінійної частини  $\xi(n)$ , тобто швидкість навчання.

**Модельний перерозподіл швидкості виконання завдань на користь автоматизованих дій.** На рис.3а представлений модельний графік зміни кількостей успішно виконаних завдань групою студентів за повільним механізмом діяльності. Тобто за механізмом, що передбачає повністю усвідомлені дії майже на кожному етапі виконання завдань. На рис.3а видно, спочатку, наростання кількостей успішно виконаних завдань. Далі кількість завдань за повільним механізмом йде на спад і збільшується кількість виконаних завдань за швидким механізмом, тобто за механізмом автоматизованих дій рис.3б. Перший механізм реалізується, коли дії з виконання завдань реалізуються повільно з високим контролем свідомості. На цей момент навички ще погано сформовані.

Після четвертої спроби відбувається зростання кількості виконаних завдань з якісно покращеною технікою, зі сформованими умінями, навичками, з високою автоматизованістю дій. При цьому, як видно з рис.3 відбувається перерозподіл кількостей виконаних завдань між погано сформованою технікою дій (рис.3а) і високоавтоматизованими діями (рис.3б). Це реалізується відніманням значень другої кривої від першої. Спад кількості виконаних завдань, що починається з одинадцятої спроби рис.3б пояснюється поступовим завершенням учнями процесу навчання після досягнення ними максимальної швидкості виконання завдань.

**Модельний статистичний розподіл часу виконання завдань** (складається з двох нормальних контурів). У роботі проведено модельне дослідження в якому асиметричний статистичний розподіл часу виконання завдань представляється сукупністю двох (рис.4) нормальних контурів різної амплітуди. Ці контури є результатом виконання завдань групою студентів в одній спробі. На рис.4 представлено три спроби. Рис.4а відповідає п'ятій модельній спробі виконати пакет завдань; рис.4б – сьомій спробі, а рис.4с – дев'ятій спробі. На рис.5 представлені всі 13 модельних спроб виконати завдання.

З двох нормальних контурів, що в сумі складають окремий статистичний розподіл, один будемо називати контуром швидкісної роботи, а другий – повільної роботи. Сукупна площа під обома нормальними контурами відповідає кількості всіх виконаних завдань студентами в швидкій та повільній моді. Повільна мода відповідає усвідомленим діям, а швидка – автоматизованим, шаблонним діям з мінімальним контролем свідомості, тільки в ключових моментах відповідних дій. У процесі навчання кількість автоматизованих дій, що відповідають площі під контуром швидкісної роботи буде зростати, а кількість дій, відповідних повільній роботі, зменшуватись. Це можна розглядати як «перекачку» площі з одного контуру в другий. Сенс модельного експерименту полягає в тому щоб дослідити, особливості цього навчального процесу.

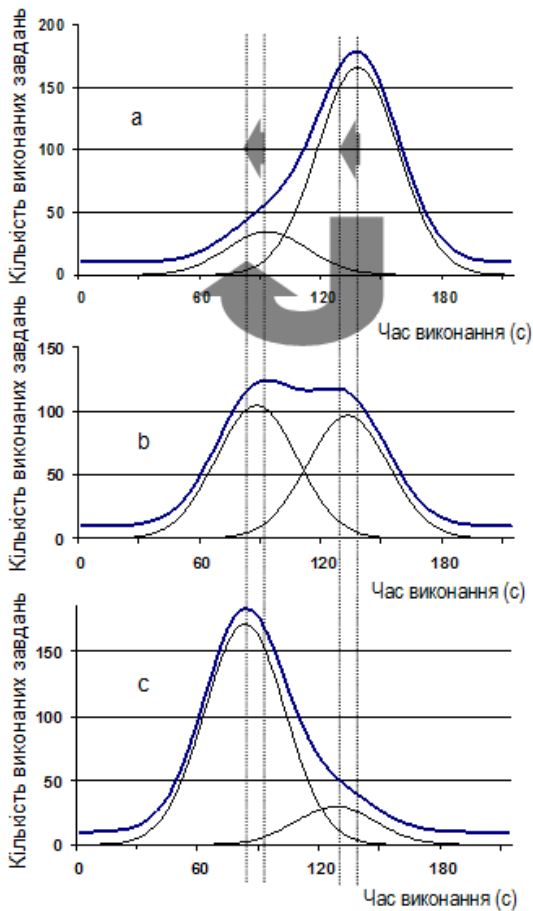


Рис.4. Контури розподілів часу виконання завдань та їх нормальні складові. Трансформація форми контуру кривої внаслідок процесу перекачки площі та зміщення складових смуг.

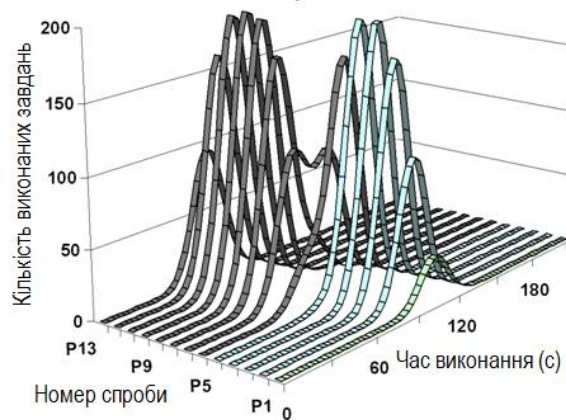


Рис.5. Модельні контури розподілів часу виконання завдань. Кожний контур складається з двох нормальних складових.

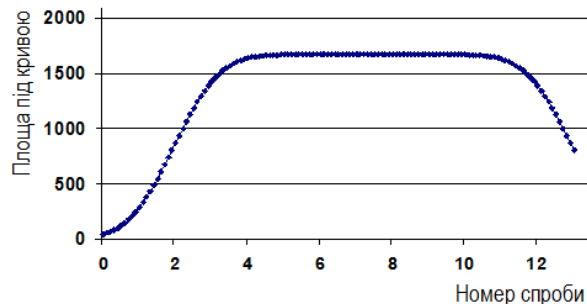


Рис.6. Залежність площі під кривою розподілу від номеру спроби

**Конструкт, як міра складності та кількості навчальних дій.** Виконання кожного завдання передбачає утворення окремого конструкту. Конструктами будемо називати логічно завершені, зв'язані між собою групи компонентів. Конструкт може мати в своєму складі не більше  $7 \pm 2$  одиниць [9], тобто в межах магічного числа Міллера. На початковому етапі дій стосовно конструкту, він вимагає окремого зосередження уваги на собі та тривалих інтелектуальних зусиль стосовно себе на предмет усвідомлення механізму роботи. В кінцевій фазі роботи з пакетом завдань, після виконання низки однотипних завдань, конструкт сприймається, як цілісний об'єкт – паттерн (візерунок) компонентів з притаманними функціями. Відбувається суттєве скорочення часу дій стосовно такого конструкту в процесі його реалізації при розв'язуванні завдань. В моделі розглядається саме процес переходу конструктів, що застосовуються в пакеті завдань, у стан паттернів.

Реалізація кожного завдання пакету передбачає використання нових компонентів. У сенсі вивчення програмування це можуть бути нові засоби програмування, що використовуються, як правило, разом. Наприклад, засоби роботи з файлами, або засоби роботи з рядками, тощо. У різних реалізаціях завдань в пакеті ці нові засоби представлені в різних обставинах. Формування конструкту є алгоритмічною задачею. Базуватись компоненти конструкту можуть на розгалуженні, циклі, функції, процедурі або іншому логічному базисі, що об'єднує компоненти в групу.

**Основний принцип калібровки завдань** в сенсі складності та кількості навчальних дій полягає в наступному. В моделі, що розглядається, реалізація кожного з завдань пакету вимагає двох конструктів. При цьому будова одного конструкту відома, другий необхідно створити і об'єднати з відомим. У кожній реалізації конструкти між собою зв'язані. Зв'язок може полягати в тому, що один конструкт керує іншим, тоді можна казати, що другий конструкт знаходиться в першому (вкладені цикли, розгалуження,

процедури, функції). В іншому випадку конструкти виконуються послідовно один за одним.

**Повільні дії представлені нормальним контуром в зоні повільної роботи.** Ці дії ще не автоматизовані та відбуваються стосовно конструкту, що не є стереотипним для студентів. Такі дії вимагають одночасної концентрації уваги на всіх логічних зв'язках конструкту. Виконання завдань вимагає звертання до довідкової літератури та тривалої роботи по осмисленню завдань. Надалі звертання до довідкової літератури мінімізуються. Студенти, на цьому етапі, мають знання стосовно окремих нових засобів програмування, однак вони ще не мають практики їх застосування. Тому не можуть швидко скласти необхідний конструкт з окремих компонентів (засобів програмування). Увага сконцентрована на компонентах конструкту і його внутрішніх логічних зв'язках. Відбувається повільне виконання завдань, коли кожен крок контролюється свідомістю.

**Швидкі дії представлені нормальним контуром в зоні швидкої роботи.** Такі дії автоматизовані та відбуваються стосовно конструкту, що є стереотипним для студентів. У процесі навчання усвідомлене повільне виконання завдань, коли кожен крок контролюється свідомістю, змінюється автоматизованими процедурними діями, що супроводжуються згорнутою лаконічною декларативною підтримкою цих дій. Контроль свідомості лишається тільки в ключових точках виконання вправи. Відбувається перехід до автоматизованих дій, як в сенсі декларативної, так і процедурної їх складової.

Видно, що при переході від спроби до спроби, в процесі навчання, відбувається пришвидшення дій студентів стосовно виконання завдань пакету. Це проявляється як «перекачка» кількостей виконаних завдань з повільної моди в швидку.

**Трансформації форми модельних контурів в процесі навчання.** На рис.5 представлені модельні графіки у трьохмірному вигляді відповідні всім спробам від 1 до 13. Динаміка процесу навчання представлена на графіку віссю з номером спроби виконання пакету завдань.

У моделі враховується, що на початковому етапі роботи з пакетом завдань тільки невелика кількість завдань виконується правильно. Амплітуда нормального контуру повільної роботи мала в першій спробі. Швидкісна робота відсутня. Далі в кожній новій спробі відбувається ріст амплітуди контуру відповідного повільній роботі. Адаже кількість завдань, що виконується правильно збільшується.

Перерозподіл площ під кривими нормальних складових розподілу породжує трансформації модельного розподілу часу виконання завдань. Ці трансформації представлені на рис.5. Трьохмірний графік, відповідний двохмірному аналогу, представлено на рис.4.

**Контур повільної роботи** відповідає рівню компетентності при якому виконання навчальних завдань відбувається в процесі усвідомлених повільних дій. Відслідковуються всі логічні зв'язки між компонентами конструкта. Відбуваються індуктивні та дедуктивні дії. Результат цих дій є співставлення візерунка компонентів конструкта з його функціями, як цілісного утворення.

**Контур швидкої роботи** відповідає рівню компетентності, коли дії стосовно конструкту автоматизуються, стають стереотипними, згорнутими. Необхідності в дедуктивних і індуктивних діях стосовно внутрішнього механізму роботи конструкту немає. Паттерн (визирунок) компонентів відповідний конструкту розпізнається, як шаблонний. Функції цього синтетичного типового компоненту, як цілісного утворення, згадуються і застосовуються.

На рис.5 представлений випадок, коли контури окремих розподілів зсуваються у процесі навчання в бік зменшення часу. Сенс цього зміщення в тому, що навіть в межах двох базових рівнів компетентності навчальної діяльності, відбувається невелике прискорення від спроби до спроби.

Проведено також і модельні експерименти, в яких зміщення не відбувалось. Всі графіки мали аналогічний вигляд. Візуально зміщення на модельних кривих важко побачити, адже це зміщення, по-перше, має невелику величину від першої до останньої спроби (в межах 10% від ширини модельного контуру), по-друге, зсув контуру розподілу накладається на процес перерозподілу амплітуд окремих контурів кожного з розподілів. Перерозподіл амплітуд в розподілі теж виглядає як пересування розподілів у бік скорочення часу виконання завдань.

З рис.5 видно, що на початку модельного експерименту площа під розподілом менша, ніж в середній частині навчання. Це пов'язано з тим, що моделюється реальна ситуація, яка спостерігається в процесі навчання. Спочатку не всі суб'єкти навчання правильно виконують завдання. У розподіл попадають тільки ті завдання, що були правильно виконані. У процесі навчання кількість людей, що правильно виконують завдання збільшується. Далі майже всі завдання виконуються правильно. У спробах, що характеризують період середини навчання (з четвертої по одинадцяту спробу), площа під кривою розподілу (сумарна площа під двома нормальними складовими) виходить на полицю (рис.6). Тут процес навчання полягає в пришвидшенні виконання завдань за рахунок якісного покращення

компетентності. Це покращення моделюється, як перерозподіл площ між двома нормальними контурами, один з яких відповідає за виконання завдань, що реалізуються з контролем свідомості, а другий – за автоматизоване виконання. Динаміка цього перерозподілу зображена на рис.3.

На останньому етапі навчання (після 11 спроби) площа під розподілом знов зменшується (рис.6), адже з процесу навчання поступово виходять ті особи, що вже закінчили процес навчання. Зрозуміло, що в моделі разом з площею змінюється амплітуда контуру розподілу в залежності від номеру спроби.

**Набуття компетентності** проявляється в моделі як перекачка площі між конкурентними модами, що характеризують ступінь набуття умінь та навичок. У четвертій спробі всі завдання виконуються правильно, але в основному тільки в повільній моді. З рис.5 видно, що амплітуда розподілу досягає максимуму. Появляється контур відповідний швидкісній роботі. У п'ятій спробі швидкісна робота вже проявляється невеликою асиметрією загального контуру. Спаду амплітуди загального розподілу ще не спостерігається. У шостій спробі вже можна бачити зародження нового максимуму.

Якісна перебудова навчальних дій, контрольованих свідомістю, на користь автоматизованих відбувається на сьомій спробі (рис.5). Видно, що робота групи студентів отримала нову якість. Розподіл має два максимуми майже однакової амплітуди. Один максимум відповідний повільному стилю роботи, а другий швидкому. Зрозуміло, що ці два максимуми нижче ніж максимуми розподілу попередніх спроб, коли робота відбувалась тільки в повільному ключі і всі завдання виконувались правильно. На сьомій спробі відбувся швидкий перерозподіл площ під контурами, що складають статистичний розподіл, на користь швидкої моди. На восьмій, дев'ятій спробі і далі домінує швидка мода виконання завдань. Статистичний розподіл втрачає асиметрію, адже всі завдання всіма студентами виконуються швидко.

**Втрата мотивації для подальшого тренінгу.** З десятої спроби починає спадати, амплітуда розподілу. Площа під контуром теж зменшується. В моделі враховується поступовий вихід студентів з процесу виконання пакету завдань з максимальними оцінками.

**Збереження площі під статистичним розподілом.** Відмітимо, що незважаючи на перерозподіл амплітуд на 4-10 спробі площа під загальним контуром розподілу не змінюється (рис.6). На цьому проміжку навчання всі студенти працюють з пакетом завдань і всі завдання виконуються правильно.

**Невеликі прискорення роботи в межах однієї якісної модальності.** У моделі розглядалися також можливі невеликі зсуви відповідних контурів (повільної і швидкої роботи) у процесі формування умінь. Були проведені модельні дослідження для випадку незмінного положення контурів, лінійного і нелінійного їх зсуву. Нелінійний зсув відбувається в моделі за логарифмічним законом.

### **Математична обробка модельних розподілів**

**Моменти, як інструмент діагностики процесу навчання.** Кожен, з представлених вище модельних контурів, описує статистичний розподіл на окремому етапі навчання (в окремій поточній спробі). У процесі навчання змінюється форма, амплітуда статистичного розподілу та площа під кривою.

Моменти дозволяють фіксувати такі інтегральні характеристики статистичних розподілів, як: центр тяжіння, дисперсію, асиметрію, та його гостровершинність. Центр тяжіння розподілу та дисперсія однозначно визначають положення контуру на осі часу та його ширину. Форма контуру характеризується асиметрією та гостровершинністю [4]. Метод моментів успішно використовувався для дослідження методик та розробки теорії комп'ютерного тестування, зокрема, в роботі [10].

У кожній фазі навчання центр тяжіння, дисперсія, асиметрія, гостровершинність статистичних розподілів отримують невеликі зміни. Центр тяжіння статистичного розподілу, наприклад, в процесі навчання переміщується в бік зменшення часу виконання завдань. Адже, завдання в кожній спробі студенти виконують все швидше і швидше. Ці зміни можуть мати цікавий нелінійний характер зв'язаний з особливостями процесу навчання. Зміни в процесі навчання (від спроби до спроби) дисперсії статистичного розподілу, асиметрії, гостровершинності теж об'єктивно характеризують процес навчання та дозволяють реалізувати його діагностику. Центр тяжіння, дисперсія, асиметрія, гостровершинність статистичних розподілів, з одного боку, дозволяють виявити найбільш концептуальні, інтегральні особливості процесів навчання, що характерні для всіх суб'єктів цього процесу. З другого боку, вони дають можливість відсторонитись від несуттєвих особливостей, що притаманні окремим суб'єктам.

**Початкові моменти.** Ці моменти в контексті проблеми, що розглядається, мають вигляд:

$$S_n(t) = \int_{-\infty}^{\infty} t^n \rho(t) dt;$$

де  $\rho(t)$  це контур розподілу студентів за часом виконання завдань.  $n = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$  – порядок моменту. Зрозуміло, що цей контур можна називати і контуром розподілу за швидкістю виконання завдання, адже

швидкість виконання одного завдання дорівнює  $v = 1/t$ .

**Площа під контуром розподілу.** Площа під контуром дозволяє точно оцінити загальну кількість виконаних завдань всіма суб'єктами навчання. Зрозуміло, що час виконання у всіх різний.

Площа під контуром розподілу обчислюється нульовим початковим моментом  $S_0(t)$ .

$$S_0(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \rho(t) dt$$

При постійній кількості суб'єктів навчання, та скінченній кількості завдань у пакеті величина  $S_0$  в процесі навчання вийде на «полочку». Це буде означати, що всі завдання виконуються правильно.

**Центральні моменти.** Центральні моменти обчислюються за формулою:

$$M_n(t) = \int_{-\infty}^{\infty} (t - \bar{t})^n \rho(t) dt; \text{ де } \bar{t} = S_1 / S_0; n=1, 2, 3, 4, \dots;$$

$$\mu_n(t) = M_n(t) / S_0(t)$$

На основі початкових і центральних моментів першого четвертого порядку обчислюються наступні інтегральні характеристики контурів: центр тяжіння, дисперсія, асиметрія, гостровершинність.

### **Інтегральні характеристики форми контуру розподілу (моменти першого - четвертого порядку)**

**1. Центр тяжіння розподілу** (центральний момент першого порядку). Центр тяжіння розподілу, дуже чутливий і корисний інтегральний параметр статистичного контуру. Він значно чутливіший до змін форми контуру ніж положення максимуму. Очевидно, термін закріпився через широке використання його у фізиці. Інтерпретуючи розподіл, як розподіл маси можна сказати, що центр тяжіння – це параметр, який вказує на точку рівноваги цих мас. У цій роботі будемо говорити про середній час в розподілі. Адже досліджуються статистичні значення часу виконання окремих завдань. Центр тяжіння контуру розподілу має наступний вигляд:

$$\bar{t} = S_1 / S_0$$

**2. Дисперсія розподілу** (центральний момент другого порядку). Дисперсія кривої – це параметр, за допомогою якого можна оцінити ширину статистичного розподілу. Цей параметр теж широко використовується в дослідженнях з фізики. Там цей термін вказує на те, наскільки широко розкидані значення величини відносно середнього значення. У термінах механіки – це ширина розподілу маси відносно центру тяжіння. У цій роботі дисперсія – це ширина розподілу часу виконання завдання відносно середнього значення. Дисперсію контуру розподілу –  $\mu_2(t)$  часто позначають  $\sigma^2(t)$ .

$$\sigma^2(t) = \mu_2(t) = M_2(t) / S_0(t)$$

**3. Асиметрія кривої розподілу** (центральний момент третього порядку). Асиметрія кривої дорівнює нулю для симетричної кривої. Контур, з крутою лівою та похилою правою стороною має додатну асиметрію, при крутій правій і похилій лівій стороні контуру – асиметрія від'ємна. Для того, щоб отримати безрозмірну абсолютну величину асиметрії в якості асиметрії прийнято розглядати наступний вираз:

$$\gamma_1 = \mu_3(t) / \sigma^3$$

**4. Гостровершинність кривої розподілу** (центральний момент четвертого порядку). Гостровершинність кривої має додатне значення в тих випадках, коли вершина розподілу загострена у порівнянні з нормальною, і параметр – від'ємний, коли вершина притуплена. Гостровершинність контуру розподілу в абсолютних одиницях аналітично записується наступним чином:

$$\gamma_2 = \mu_4(t) / \sigma^4 - 3$$

**Дослідження спектрів моментів розподілів для аналізу процесів навчання** було запропоновано автором у [5]. Аналізу піддаються залежності середнього часу, дисперсії, асиметрії та гостровершинності розподілів від номеру спроби виконання пакету завдань. Залежності моментів розподілів від етапу навчання (номеру спроби) пропонується називати **спектрами моментів**. Саме ці спектри моментів, а не окремі значення моментів, можуть дати якісний результат при дослідженні процесу навчання. Цей підхід

радикально відрізняється від якісних оцінок, адже базується на математичній моделі процесу навчання та на модельному експерименті. Результати, якого порівнюються з результатами обробки реальних експериментальних статистичних розподілів. Аналіз процесу навчання великих груп людей на основі математичної обробки дозволяє виділити домінуючі, об'єктивні риси цього процесу.

**Модельний експеримент та його аналіз**

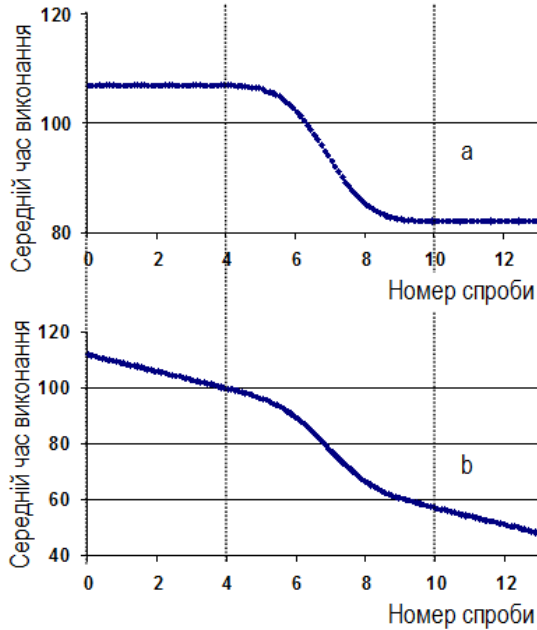


Рис.7. (зверху) Залежність середнього часу виконання від номеру спроби а) немає зміщення складових, б) лінійне зміщення складових

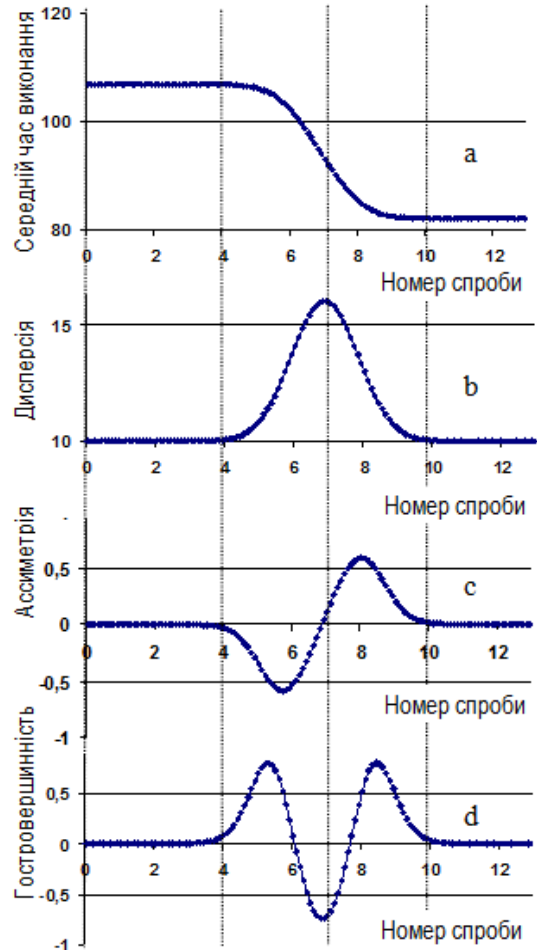


Рис.8. (праворуч) Залежність від номеру спроби а) середнього часу виконання, б) дисперсії, с) асиметрії, д) гостровершинності.

Спектри моментів обчислювались для двох варіантів модельного експерименту. Перший варіант, коли контури, що є складовими розподілу, не зсуваються у процесі навчання. Відбувається тільки перерозподіл амплітуд окремих контурів. Другий варіант, коли контури, що є складовими розподілу, зсуваються в процесі навчання лінійно. Межі зсуву незначні у порівнянні з дисперсією розподілів.

Між контурами розподілу відбувається перерозподіл площ. Його специфіка ілюструється рис.5. Так у простій інтерпретації процесу навчання відбувається наступне. Амплітуда контуру тривалого виконання збільшує свою амплітуду. Ця амплітуда набуває максимуму на четвертій спробі. Між четвертою і десятою спробою виконання пакету завдань відбувається перерозподіл площ під контурами розподілу. Цей перерозподіл треба розуміти, як поступовий перехід суб'єктів навчання від недосконалої техніки виконання завдань (з погано сформованими вміннями та навичками) до досконалої техніки, коли вміння і навички, необхідні для виконання завдання, сформовані в повній мірі. На проміжку від 10 і далі спроби виконати завдання відбувається діяльність всієї сукупності суб'єктів навчання в умовах коли їх знання, вміння та навички сформовані в повній мірі.

Важливим є те, що *моменти розподілів не залежать від площі під розподілом, однак моменти залежать від положення розподілу на осі часу та від його форми.*

**Особливості пізнавальних процесів у спектрах моментів розподілів**

*Модельна залежність середнього часу виконання завдання від етапу навчання (спектр моментів першого порядку).* На рис.7 представлені модельні залежності середнього часу виконання завдання (центра тяжіння розподілу) від номеру спроби. Видно, що спектр моментів чутливий до зсуву контуру розподілу. *Центральна частина графіків першого моменту характеристична в сенсі оцінки якісних змін компетентності в виконанні завдань. Нахил центральної лінійної частини тим*

**більший, чим швидше відбувається перерозподіл площі під контурами внаслідок механізму «перекачки».** (Під нахилом розуміємо кут центральної лінійної області першого моменту до осі спроб.) В області початкових спроб у випадку, коли зсуву немає, спостерігається поличка в графіку (рис.7a). Коли залежність лінійна на першому спектрі моментів спостерігається лінійна залежність в області перших п'яти спроб (рис.7b). Аналогічна ситуація в кінцевих спробах. Тут теж спостерігається відповідно поличка (рис.7a) та лінійна залежність (рис.7b).

Про механізм навчання виключно внаслідок зміни якісного рівня компетентності можна стверджувати, якщо спостерігається, з одного боку, лінійний графік в центральній частині залежності середнього часу виконання завдань від номеру спроби, а з другого боку, полички в цій залежності, на початковому і кінцевому етапі навчання. Лінійний зсув контуру повільної та швидкої роботи від спроби до спроби спричинює лінійну залежність в початковій або кінцевій частині залежності. Кут цієї залежності до осі спроб на початковому або кінцевому етапі навчання свідчать про покращення відповідної компетентності без переходу її в нову якість. Так нахил залежності в області початкових спроб свідчить про пришвидшення роботи в межах повільної технології діяльності, тобто в процесі контролю свідомістю всього набору навчальних дій, необхідних для виконання завдання. Якщо ж нахил існує в області кінцевих спроб, то відбувається пришвидшення роботи в межах автоматизованої діяльності, коли контролюються свідомістю тільки ключові концептуальні моменти навчальних дій.

**Модельна залежність ширини розподілу часу виконання завдання від етапу навчання (спектр моментів другого порядку).** На рис.8 представлені спектри моментів, що описують спектри моментів першого – четвертого порядків, коли невеликих зсувів контурів не відбувається. Реалізується тільки перерозподіл площі під нормальними кривими. На рис.8b представлена динаміка зміни дисперсії (ширини) розподілу часу виконання завдання, коли відбуваються невеликі лінійні зсуви контурів. Видно, що процес перерозподілу площі фіксується методом моментів, як поступове збільшення ширини розподілу, а потім його зменшення.

На початковому і кінцевому етапі модельного експерименту дисперсія стала. Ширина розподілу збільшується, а потім повертається до початкового значення. **Зміна ширини розподілу вказує на механізм «перекачки», як механізм якісної зміни компетентності у виконанні завдань.** В модельному експерименті, що представлений на рис.8, ширини контурів до перекачки і після неї співпадають. Тому полички дисперсії на початку і в кінці модельного експерименту знаходяться на одному рівні. Модельні експерименти з різними ширинами контурів повільного та швидкого виконання завдання дають динаміку зміни дисперсії з різними рівнями поличок в початкових і кінцевих спробах.

**Модельна залежність асиметрії розподілу часу виконання завдання від етапу навчання (спектр моментів третього порядку).** На рис.8c представлена динаміка зміни асиметрії розподілу часу виконання завдання. Видно, що процес перерозподілу площі фіксується методом моментів, як поступове збільшення лівосторонньої асиметрії (від'ємна асиметрія) розподілу, а потім правосторонньої асиметрії (додатня асиметрія). На початковому і кінцевому етапі модельного експерименту асиметрія відсутня. Фіксується також нульова асиметрія в момент «перекачки», коли контур повільної і швидкої роботи мають однакові амплітуди. **Характерна зміна асиметрії розподілу спочатку в від'ємну область, а потім в додатню також вказує на механізм «перекачки», як механізм якісної зміни компетентності в виконанні завдань.**

**Модельна залежність гостровершинності розподілу часу виконання завдання від етапу навчання (спектр моментів четвертого порядку).** На рис.8d представлена динаміка зміни гостровершинності розподілу часу виконання завдання. Видно, що процес перерозподілу площі нормальних контурів фіксується моментом четвертого порядку. У початковій фазі модельного експерименту гостровершинність має нульове значення, далі відбувається поступове збільшення гостровершинності розподілу, потім його зменшення, і знов збільшення. У кінцевій фазі модельного експерименту гостровершинність знов набуває нульове значення. Наявність трьох екстремумів в спектрі моментів четвертого порядку вказує на високу чутливість цієї залежності до форми розподілу (спектр другого порядку має один екстремум, третього – два). Від'ємна гостровершинність вказує на наявність двох вершин в розподілі часу виконання завдань. Нульове значення гостровершинності та асиметрії на початковому і кінцевому етапі модельного експерименту свідчить про нормальний характер розподілу часу виконання завдань в початковій і кінцевій фазі модельного експерименту, а також на повну зміну якості компетентності. Зрозуміло, що в кінцевій фазі модельного експерименту ця нормальна крива перемістилась в шкалі часу в область швидких дій. Всі студенти виконують завдання в контурі швидкої роботи. **Характер зміни гостровершинності розподілу вказує на механізм «перекачки», як механізм**



якісної зміни компетентності у виконанні завдань.

#### Висновки.

Проведено модельний розгляд динаміки трансформацій статистичних розподілів швидкостей навчальних дій великих груп учнів. Застосовано математичний апарат методу моментів. Аналіз динаміки змін моментів розподілів першого – четвертого порядків, що відбуваються в процесі навчання, дає базис для об'єктивних інтегральних оцінок проходження процесу навчання.

1. **Момент першого порядку (середнє значення розподілу).** Швидкість формування нового якісного рівня компетентності у групи учнів визначається центральною частиною залежності (середнього часу виконання завдань) від номеру спроби. Вона має лінійний характер та візуалізує швидкість перерозподілу площі складових розподілу (нормальних контурів, що відповідають за повільну і швидку технологію дій при виконанні завдань). Чим швидше цей перерозподіл відбувається, то спостерігається більший кут до осі спроб цієї центральної частини спектру моментів.
2. **Момент другого порядку (дисперсія, ширина розподілу).** На механізм формування нового якісного рівня компетентності в ході виконання завдань вказує характерний дзвоноподібний вигляд відповідного графіку. У центральній частині залежності цього моменту від етапу навчання спостерігається суттєве збільшення ширини розподілу, а потім зменшення до початкового рівня. Це вказує на механізм зміни компетентності, що зв'язаний з перерозподілом кількості виконань завдань між повільною та швидкою технологією дій.
3. **Момент третього та четвертого порядку (асиметрія та гостровершинність розподілу).** Механізм якісної однократної зміни компетентності в ході виконання завдання однозначно проявляється в характерній зміні асиметрії та гостровершинності розподілу. Так асиметрія спочатку має два екстремуми, а гостровершинність три. Така кількість екстремумів вказує на дві складових розподілу між якими відбувається перерозподіл площі.
4. **Моменти першого, другого, третього та четвертого порядку.** Плавна зміна швидкості дій, без якісної їх перебудови, проявляються на графіках у вигляді плавних кривих без екстремумів. Середня швидкість дій в групі впродовж тренування буде плавно зростати. Момент другого порядку буде вказувати на зменшення дисперсії після тривалого тренування у виконанні однотипних задач, а асиметрія та гостровершинність суттєво змінюватись не буде.

#### Список бібліографічного опису

1. Кухаренко В.М. Теорія та практика змішаного навчання / В.М.Кухаренко, С.М.Березанська, К.Л.Бугайчук, Н.Ю.Олійник, О.В.Олійник, Н.Г.Сиротенко, А.Л.Столяревська // За ред. В.М.Кухаренко – Харків: «Міськдрук», НТУ «ХПІ», 2016. – 284 с.
2. Триус Ю.В. Система електронного навчання ВНЗ на базі MOODLE: Методичний посібник / Ю.В.Триус, І.В.Герасименко, В.М. Франчук// За ред. Ю.В.Триуса. – Черкаси, 2012. –220 с.
3. Гласс Дж. Статистические методы в педагогике и психологии / Дж. Гласс. – М.: Прогресс, 1976 г. – 494 с.
4. Крамер Г. Математические методы статистики / Г.Крамер. – М.: Мир, 1975. – 648 с.
5. Головін М.Б. Дослідження процесів навчання на основі аналізу моментів статистичних розподілів швидкостей навчальних дій (на матеріалах вивчення інформатики) /М.Б.Головін – Психологічні перспективи. Випуск 18. Луцьк, 2011. – С. 62 – 72. <http://esnuir.eenu.edu.ua/bitstream/123456789/1743/1/Holovin.pdf>
6. Головін М.Б. Формування знань з інформатики в процесі конструювання ієрархічних схем та статистичний аналіз цих навчальних дій /М.Б.Головін – Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання № 16 (23), 2015. – С.20-26. <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/10653>
7. Головін М.Б. Дослідження закономірностей формування пізнавальних понятійних схем ієрархічного типу методами статистики /М.Б.Головін., Н.А.Головіна – Психологічні перспективи. Випуск .26. Луцьк, 2015. С.61-72. <http://esnuir.eenu.edu.ua/handle/123456789/8739>
8. Чуприкова Н.И. Дифференционно-интеграционная теория развития. Кн. 2 / Сост. и ред. Н.И.Чуприкова, Е.В.Волкова. — М.: Языки славянской культуры, 2014. — 720 с
9. Миллер Дж. Магическое число семь, плюс или минус два / Дж. Миллер // Панов Д. Ю., Зінченко В. П. // Инженерная психология. – М. : Прогресс, 1964. – С. 172–225.
10. Булах І.Є. Теорія і методика комп'ютерного тестування успішності навчання (на матеріалах мед. навчальних закладів) [Текст] : автореф. дис. д-ра пед. наук: 13.00.01 / І. Є.Булах; АПН України, Ін-т педагогіки і психології проф. освіти. - К., 1995. - 50 с.

#### References

1. Kuharenko, V., Berezenska, S., Bugaichuk, K., Oliynyk, N., Oliynyk, T., Rybalko, O., Syrotenko, N., and Stoliarevska, A. (2016). *Theory and practice of mixed education*. Kharkiv: "Miskdruk", NTU "KPI".
2. Tryus Y.V. (2012). *The system of electronic education of higher educational institutions based on MOODLE: Methodical manual*. Cherkasy.
3. Glass, J. (1976). *Statistical methods in pedagogy and psychology*. Moscow: Progress.
4. Cramer H. (1975). *Mathematical methods of statistics*. Moscow: Mir.
5. Holovin, M.B. (2011). Research of learning processes on the basis of the analysis of moments of statistical distributions of speed of educational actions (on materials of studying of computer science). *Psychological perspectives*, 18.



6. Holovin, M.B. (2015). The formation of knowledge on informatics in the process of designing hierarchical circuits and statistical analysis of these learning actions. *Scientific Journal of National Pedagogical Dragomanov University. Series 2. Computer-Oriented Learning Systems*, 16 (23).
7. Holovin, M.B. (2015). Investigation of patterns of formation of cognitive-conceptual schemes of hierarchical type by methods of statistics. *Psychological Perspectives*, 26.
8. Chuprikova, N.I. (2014). *Differential-integral theory of development*. Book 2. Moscow: Yazykislavyanskikhkul'tur.
9. Miller, G.A. (1964). *The magical number seven, plus or minus two*. Moscow: Progress.
10. Bulakh I.E. (1995). *Theory and methodology of computer testing of educational success (on materials of medical schools)*. National Academy of Educational Sciences of Ukraine

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-38-07

УДК 004.05(075.8)

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

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

Університет Бельсько-Бяли, Польща<sup>1)</sup>

**Дідманідзе Ібраїм Шотаєвич**, д.фіз.-мат.н., професор,

<https://orcid.org/0000-0001-6695-4980>

Батумський державний університет імені Шота Руставелі, Грузія<sup>2)</sup>

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

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

**Крадінова Тетяна Адамівна**, к.т.н., доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-5611-1290>

**Рудь Катерина Іванівна**, аспірант.

Луцький національний технічний університет, Україна<sup>3)</sup>

## ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА: ТЕХНОЛОГІЇ АНТИВІРУСНОГО ЗАХИСТУ

**Марценюк В.П., Дідманідзе І.Ш., Андрушак І.Є., Крадінова Т.А., Рудь К.І. Інформаційна безпека: технології антивірусного захисту.** У статті розглядається нормативно-методичні основи класифікації загроз інформаційної безпеки, пов'язаних із застосуванням шкідливих програм щодо інформаційних систем. Виділено загрози впливу на інформаційні системи окремих типів шкідливих програм.

**Ключові слова:** інформаційна безпека, зловмисне програмне забезпечення, комп'ютерний вірус, комп'ютерний антивірус, загрози, еволюція комп'ютерних вірусів, троян, приховування вірусів, антивірусні методи.

**Марценюк В.П., Дідманідзе І.Ш., Андрушак І.Є., Крадінова Т.А., Рудь К.І. Информационная безопасность: технологии антивирусной защиты.** В статье рассматриваются нормативно-методические основы классификации угроз информационной безопасности, связанных с применением вредоносных программ в отношении информационных систем. Выделены угрозы воздействия на информационные системы отдельных типов вредоносных программ.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, вредоносное программное обеспечение, компьютерный вирус, компьютерный антивирус, угрозы, эволюция компьютерных вирусов, троян, сокрытие вирусов, антивирусные методы.

**Martsenyuk V.P., Didmanidze I.Sh., Andrushchak I.Ye., Kradinova T.A., Rud K.I. Information security: anti-virus protection technologies.** The article deals with the normative and methodological bases of classification of information security threats related to the use of malware against information systems. The threats to the impact on the information systems of certain types of malware are highlighted. In the process, antivirus experts design and develop new methodologies to make them stronger, more and more every day. The purpose of this paper is to review these methodologies and outline their strengths and weaknesses to encourage those and interested in more investigation on these areas.

**Keywords:** information security, malware, computer virus, computer antivirus, threats, evolution of computer viruses, trojans, virus hiding, antivirus methods.

**Formulation of the problem.** In the modern world, information technology plays a significant role in all spheres of human life. Presentation of modern areas of production, science, sports, economics and culture becomes impossible without the use of computer technology. Computer technology in connection with total computerization is a priority course for the development of 21st century science. The need for computers arises in everyday life, both during work, research and education, as well as in leisure planning and the implementation of free time.

On this year's day, there are tens of thousands of outdoor computer computers. It's independent of such an abundance, the number of types of customers, which is one type of one mechanism by the principle of principle, it is divided. If there is a combination of virusi, yaki can be brought immediately to the decimal type. The main and most widespread classifications of computer components are those for middle class living, but for the types of computer systems in which there are viruses. The flip side of all the advantages of computer technology is their vulnerability. Vulnerability of information includes the exposure of information to various destabilizing factors, which can lead to a violation of its confidentiality, integrity, accessibility or misuse, which undoubtedly adversely affects the owner of the information.

**Analysis of research.** The issue of paramount importance for the user is the problem of data and system security, the possibility of fearless use of information brought from outside and ensuring the stable operation of the computer. The problem of external threats is particularly acute in connection with the development of the Internet, as it is through it that viruses and malware are often introduced that appear, modernize and infect thousands of computers daily. Trojan programs (backdoors, rootkits, ransomware Trojans, Windows blockers), worms, viruses, dialers, spyware, phishig attacks - this is not a complete list of unpleasant surprises that an insecure user will sooner or later encounter.

Threats to information security are divided into active and passive. Passive ones are mainly aimed at unauthorized use of information resources of information systems, without affecting its functioning, listening to communication channels, etc. Active threats are aimed at disrupting the normal functioning of information systems with a targeted effect on its components. Active threats, for example, include the failure of a computer or its operating system, the distortion of information in a data bank, and the destruction of software.

A computer program has its own author and a specific purpose, therefore, the behavior of a virus in a system is set by its creator (virus writer). Definition A computer virus implies a program with the functions of propagating its own copies in files of other programs. A mandatory attribute that a computer virus possesses is the ability to infect other files on the computer. Computer viruses have the ability to inject themselves into the "body" of other programs and files on a computer for their own reproduction.

**Presentation of the main material and the justification of the results.** The first computer viruses were created by their authors solely for the purpose of self-assertion - the authors tried to confirm their own abilities by writing these programs. Often, no other functional application other than self-copying, the output of any messages of a comic nature, such programs did not carry. It only interfered with working on an infected system, but there was no talk of destroying user information as a result of infection with such a computer virus. Later, viruses began to possess destructive functions: they deleted certain user files, sometimes a number of system files, on the infected system, which rendered the operating system unusable. A characteristic of that period was the WIN.CIH virus, which at some point in time caused damage to the motherboard of the computer, writing incorrect information to the BIOS [1].

Over time, the number of computer viruses created began to decline, giving the palm of the eye to Trojan horses. Today, cybercriminals have become the destiny of professionals with the goal of their activities to make a profit. Of the most common computer viruses in recent times, it is worth noting Sality and Virut (according to the classification of Kaspersky Lab). Both of these computer viruses carry a distinct economic component, involving the infected computer in an entire zombie network that can secretly submit to its owner (virus writer) via the Internet, send spam, or even make DOS attacks on Internet services. In fact, looking at the Virut or Sality computer virus, we come across a trojan supplemented by a method of propagating a computer virus for greater efficiency.

The most common malware family today is trojans. The term "trojan" was borrowed from the legendary story about the Trojan horse, thanks to which in ancient times an invisible penetration into the territory of the enemy was made. In the same way, modern computer trojans imperceptibly enter the victim's computer and begin their secretive existence there. In fact, these are all the same malicious computer programs, but lacking the ability to reproduce their copies through files of other programs. The trojan is created already completely ready for work. Computer Trojans usually have as their goal spyware or thieves, during which they can send spam from an infected computer, record and send information entered on the keyboard, collect and steal all kinds of passwords, carry out secret remote control of the infected computer via the Internet, and much more. The classification of trojans is quite extensive. Today you can find ransomware trojans, trojans for sending spam from an infected computer (spam bots from the English Spam bot), trojans for remote control of an infected computer (backdoors from the English backdoor), trojans for the secret or deceitful installation of other trojans (droppers), trojans for covert download from the Internet of other trojans (downloaders). It is also worth mentioning trojans for stealing passwords from an infected computer (for example, passwords from messenger programs, social networks, online games) and trojans for automatically infecting a computer via the Internet. Recently, Trojans pretending to be anti-virus programs have been quite popular.

The following Trojan programs are most common:

1. Keyloggers (Trojan-SPY) - Trojans that are constantly in memory and store all the data coming from the keyboard for the subsequent transfer of this data to the attacker. Usually in this way an attacker tries to find out passwords or other confidential information.

2. Password hijackers (Trojan-PSW) - trojans, also designed to receive passwords, but do not use keyboard tracking. Typically, such Trojans implement methods for extracting passwords from files in which these passwords are stored by various applications.

3. Remote management utilities (Backdoor) - trojans that provide complete remote control over a user's computer. There are legal utilities of the same property, but they differ in that they inform about their purpose during installation or are supplied with documentation that describes their functions. Trojan remote control utilities, on the contrary, do not give out their real purpose, so the user does not suspect that his computer is controlled by an attacker. The most popular remote control utility is Back Orifice.

4. Anonymous smtp-servers and proxies (Trojan-Proxy) - trojans that perform the functions of mail servers or proxies and are used in the first case for spam mailings, and in the second for hackers to trace tracks.

5. Browser settings modifiers (Trojan-Clicker) - Trojans that change the start page in the browser, the search page, or any other settings for organizing unauthorized access to Internet resources.

6. Installers of other malicious programs (Trojan-Dropper) - trojans that provide an opportunity for an attacker to perform a hidden installation of other programs.

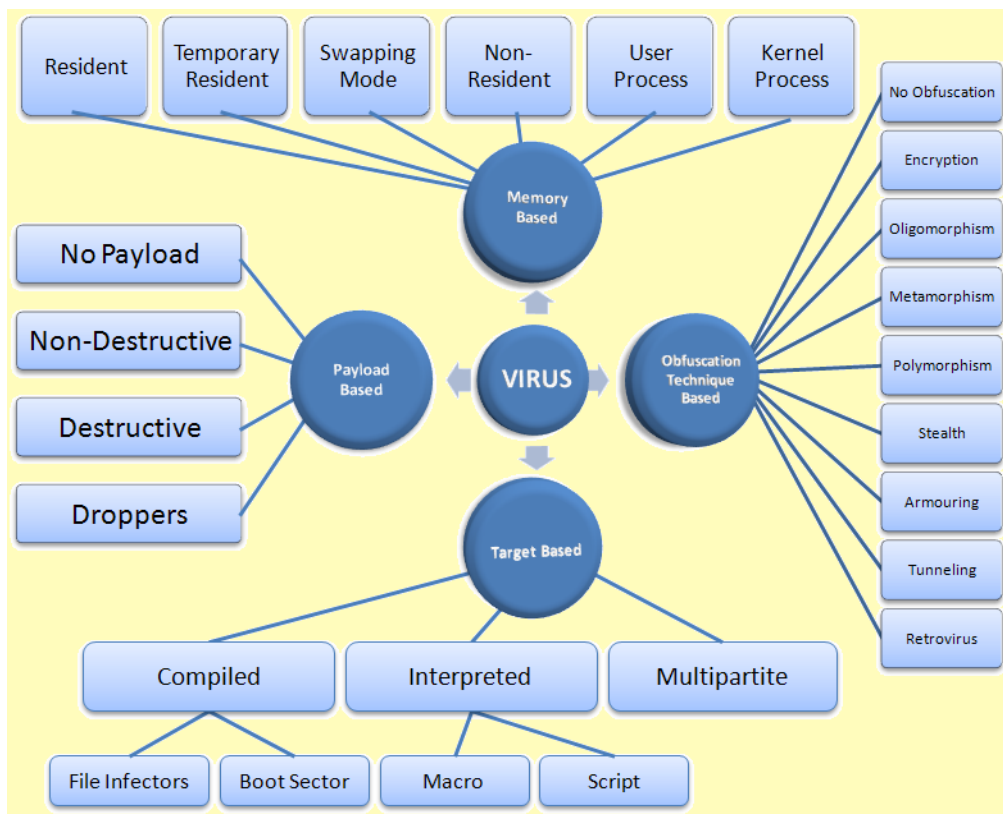
7. Trojan Downloader - Trojans designed to download new versions of malware, or adware, to a victim computer.

8. Trojan-Notifier - Trojans of this type are designed to inform their "host" about an infected computer.

9. "Bombs" in archives (ARCBomb) - trojans, which are archives specially designed in such a way as to cause abnormal behavior of archivers when trying to unzip data - freezing or significant slowdown of a computer, filling a disk with a lot of "empty" data.

10. Logical bombs - more often not so much trojans as trojan components of worms and viruses, the essence of which is to, under certain conditions (date, time of day, user actions, external command), perform a certain action: for example, data destruction.

11. Dialing utilities - a relatively new type of trojan, which is a dial-up utility for accessing the Internet through paid mail services. Such trojans are registered in the system as the default dialer utilities and entail large bills for using the Internet (Pic 1). [2].



Pic 1. Types of "Virus"

Vulnerabilities in operating system modules contribute to Trojan infection. They also pose a threat to the computer's security in terms of Trojans infected vulnerabilities in the web browser and its plug-ins (extensions). Despite the fact that Internet Explorer, the most popular browser among users, is gradually losing ground, the main vector of attackers is aimed specifically at this browser. For invisible penetration of a trojan through a vulnerable browser, attackers use the so-called exploits - special data codes that cause memory corruption and allow access to its neighboring areas, which ultimately allows the Trojan to infect a computer. Vulnerability in browser plug-ins is associated with extensions such as Adobe Flash Player for displaying FLASH animations in a browser or Adobe Acrobat Reader for displaying PDF documents in a browser. To prevent computer infection through the Internet, you need to use high-quality anti-virus

programs equipped with web filters. Only reliable products of two Russian companies can be attributed to reliable anti-viruses: Kaspersky Labs and DRWeb [3].

In addition to the secret trojan infection, there is the possibility of open infection with the Trojan - the user actually gives the attacker a "green light" when the Trojan is "offered" to the user under the guise of something useful. The method of misleading the user by communicating to him important data that is actually false, is currently experiencing another round of its development. New techniques have not yet been discovered, old and long-tried are used on an appalling scale. One of the most striking examples of this technique is phishing attacks. Phishing is a type of online fraud whose purpose is to obtain user credentials. Organizers of phishing attacks send emails on behalf of popular brands and insert links to fake sites into them. Once on this site, the user runs the risk of informing criminals of valuable information, such as their credit card number. You can often stumble upon banners and pop-ups that mimic the interface of the Windows operating system. When hackers try to install a virus on someone's computer, in most cases they need the user to personally run the program. To convince the owner of the computer to do this, the virus is usually passed off as some useful software. Faking under system messages, banners "find" non-existent viruses and trojans on the computer, and then offer to install a certain antivirus, which is actually a Trojan. Thus, the user is fraudulently forced to voluntarily install the trojan into his computer, somewhere playing on curiosity, and somewhere on inattention and fear [4].

It is also worth mentioning such methods of infection with Trojans as instant messaging systems (ICQ, MSN Messenger, etc.), as well as e-mail, which began the era of computer virus infection via the Internet. Now this method of reproduction can no longer be called popular, since anti-virus products and security systems on mail servers have learned with enviable success to find and neutralize computer viruses and trojans in e-mail. The infection vector of Trojans and viruses via the Internet has shifted towards infected websites. According to statistics from anti-virus companies, the content of viruses and trojans in e-mail today is at the level of 2-3 percent of the total number of letters, which in itself is small. But, nevertheless, e-mail cannot be completely deducted. You should never open and run attachments in emails from unknown senders. Recently, attackers began to send links to an infected site instead of attachments in their letters, therefore, clicking on links in letters from unknown senders is also not recommended. As for instant messaging systems, here again it is possible to run into links to infected sites, which can be sent in your message to one of the contacts whose computer is currently infected with the Trojan, or if the client's number and password could be known to attackers. Consider some of the features of information security threats recorded in 2010, which can be called the heyday of Internet fraud [5].

1. Banking Trojans. The first place in the list of cyber pests is awarded to banking Trojans. This category of malware includes those that are aimed at obtaining unauthorized access by attackers to the accounts of individuals and legal entities through remote banking systems. The latter are now rapidly gaining popularity, and criminals seek to take advantage of this popularity. It is likely that in 2011 we will witness a shift in the sphere of interests of Internet fraudsters from private users to legal entities, on whose accounts much more significant amounts of money are concentrated.

2. Windows blockers. The second place is rightfully occupied by the classic Windows blockers, which have kept users and experts of antivirus companies in suspense since the fall of 2009. Windows blockers include malware that displays a window (blocking other windows) with the requirements of attackers. Thus, the user is deprived of the opportunity to work on the computer until he pays for the unlock. A variety of such blockers, as well as fraudulent pretexts, is shocking - from the requirements to pay a fine for using pirated software to the requirements for paying for the ordered content.

3. Data encryptors. In 2010, many new modifications of encryption Trojans appeared, the purpose of which is user documents. After the Trojan encrypts the documents, information is displayed that it is necessary to send money to the attackers for the decryption. In the vast majority of cases, virologists quickly develop utilities with which you can decrypt user data, but since it is not always possible and attackers require significant amounts of money to decrypt, Trojan.Encoder is on the third line of our top ten.

4. Redirectors to malicious and fraudulent sites. These malicious programs are created by cybercriminals to modify the hosts system file in such a way that when they try to access a popular site, a fake site with a design similar to the original is displayed in an Internet browser. Usually, access to most search engines is blocked in order to deprive the user of the opportunity to "deal with" the virus on their own. Moreover, money will be required from the user under various pretexts. The most popular scam requirements are: the user must send an SMS to unlock access to the social network; the user must send an SMS to confirm that he is not a bot. At the same time, some viruses change the path to the hosts file in the registry, thus reducing the likelihood that the average user will cope with the malware on his own.

5. False antiviruses. False antiviruses look like antivirus software, and often their design resembles several antivirus products at once. But these malware have nothing to do with antiviruses. Once installed in the system, such "antiviruses" immediately report that the system is allegedly infected, and for the treatment of the system it is supposedly necessary to purchase a paid version of the antivirus program. In some cases, they threaten to delete all information from the hard drive or make the computer unusable.

6. Blockers launch IM-clients. For several months in 2010, attackers spread a malicious program that blocked the launch of popular instant messaging clients. Users of ICQ, QIP and Skype were under attack. The IM client was replaced by a similar interface malware, in which, upon startup, the user was informed that his account was blocked for spamming, and to restore access to the corresponding service, it was necessary to send an SMS message, naturally, to a paid number.

7. False archives. Attackers invented and implemented dozens of schemes for obtaining illegal income, and the malware itself fell on hundreds of millions of computers [6].

Almost all Internet users have come across such a window at least once in their life. Attackers create fake torrent trackers or file storages from which you can supposedly download popular or rare content. These resources appear in the first lines of popular queries in search engines. Using such a resource, the victim receives an allegedly self-extracting archive with the desired information for downloading. In reality, the "archive" turns out to be an executable file (\*.exe), the interface and icon are very similar to a self-extracting archive. The difference between such an archive and the present is that in the process of "unpacking" at a certain moment the user is informed that a certain amount of money must be paid to complete the process.

8. Bootlockers. In November 2010, a blocker was distributed, which, during infection, is recorded in the boot area of the hard drive, thereby blocking the loading of the operating system used. When you turn on the computer, information with the requirements of the attackers is displayed on the user's screen.

Like any application, computer viruses can be divided into two main stages of the life cycle - storage and execution. The storage stage corresponds to the period when the virus is simply stored on the disk together with the object to which it is embedded. At this stage, the virus is most vulnerable to antivirus software, as it is not active and cannot control the OS for self-defense. Some viruses at this stage use mechanisms to protect their code against detection. The most common method of protection is to encrypt most of the body of the virus. Its use in conjunction with code-mutation mechanisms (discussed below) makes it impossible to isolate signatures - persistent virus code snippets [7].

The stage of execution of computer viruses, as a rule, includes five stages: 1) loading the virus into memory; 2) search for the victim; 3) infection of the found victim; 4) performance of destructive functions; 5) transfer of control of the program-carrier of the virus. Let's look at these steps in more detail.

Downloading the virus. The virus is loaded into memory by the OS at the same time as the executable object into which the virus is embedded. For example, if a user executes a program file containing a virus, then obviously the virus code will be loaded into memory as part of that file. In the simplest case, the process of downloading the virus is nothing more than copying from disk to RAM, sometimes accompanied by setting addresses, after which the transfer of control of the code body of the virus. These actions are performed by the OS, and the virus itself is in a passive state. In more complex situations, the virus can, after obtaining control, perform additional actions that are necessary for its functioning. In this regard, two aspects are considered. The first aspect is related to the maximum complication of the virus detection procedure. Some viruses use sophisticated algorithms to provide protection during storage. Such complications include encryption of the main body of the virus. However, the use of encryption only is half-way, since the part of the virus that provides the decryption of the virus at the boot stage should be kept open. To avoid such a situation, virus developers use mechanisms of "mutations" of the decryptor code. The essence of this method is that when embedded in the object of a copy of the virus, part of its code related to the decoder is modified so that there are textual differences with the original, but the results of the work remain unchanged. The following code modification techniques are commonly used:

- changing the order of independent instructions;
- replacement of some instructions with equivalent results;
- replacement of registers used in the instructions for others;
- introducing randomly noisy instructions.

Viruses that use similar mechanisms of code mutation are called polymorphic viruses. When sharing encryption and mutation mechanisms, the embedded copy of the virus will be different from the original, as one part of it will be modified and the other will be encrypted on a key created specifically for that copy of the virus. And this significantly complicates the detection of the virus in the computer system. Polymorphic

viruses (polymorphic) are hard-to-detect viruses that have no signatures, that is. E. Containing no permanent section of code. In most cases, two samples of the same polymorphic virus will have no coincidence. Polymorphism is found in viruses of all types - file, boot, and macro [8].

The additional steps that polymorphic viruses perform at the download stage are to decipher the main body of the virus. When using stealth algorithms, viruses can completely or partially hide themselves in the system. The most common stealth algorithm intercepts system requests to control OS actions. Viruses that use stealth algorithms are called stealth viruses. Stealth viruses (Stealth) are able to hide their presence on the system and avoid detection by antivirus programs. These viruses can intercept OS requests to read / write infected files, while they either temporarily treat these files, or "substitute" for themselves uninfected pieces of information, emulating the "purity" of infected files.

In the case of macros, the most popular way is to bar calls from the macro view menu. One of the first file stealth viruses was the "Frodo" virus, the first bootstrapping stealth virus was the "Brain" virus. Often, viruses use a variety of non-standard techniques to delve deeper into the core of the OS, either to protect against the detection of their resident copy, or to complicate treatment against the virus.

The second aspect is related to the so-called resident viruses. Since the virus and the object in which it is embedded, are for the OS as a whole, they are naturally located in a single address space after download. Upon completion of the object, it is unloaded from memory, while also unloading the virus, going into the passive storage. However, some types of viruses are capable of being stored in memory and remain active after the end of the virus carrier. These viruses are called resident.

Resident viruses, when infected with a computer, leave in memory their resident part, which then intercepts the OS access to the objects of infection and introduced into them. Resident viruses are in memory and are active until the computer is shut down or OS restarted. Macro-viruses can be considered as resident, since for most of them the basic requirements are fulfilled - constant presence in the computer memory for the whole time of work of the infected editor and interception of functions used in working with documents. In this case, the role of the OS takes on the editor, and the concept of "reboot operating system" is treated as an exit from the editor [9].

Non-resident viruses do not infect your computer memory and retain activity for a limited time. Some viruses leave small resident programs that do not spread the virus in memory. Such viruses are considered non-resident. It should be noted that the distribution of viruses into resident and non-resident is true mainly for file viruses. Boot viruses, like macroviruses, are resident viruses.

### **Conclusion and prospects for further research**

Analyzing all of the above, we can conclude that in the face of a significant increase in countering virus attacks and a significant increase in user literacy in the field of countering Internet threats, virus writers and hackers are forced to actively develop methods of the social formation that a certain amount of money must be paid to complete the process. In fact, the user is deceived twice - sends money to attackers and does not receive any information that is useful to himself.

The process of developing malicious programs and means of countering them is a constant war of technologies. Original ideas are regularly implemented in viruses, which requires adequate actions from antivirus software developers. The authors strongly recommend that you follow the news on the websites of anti-virus companies and follow the advice of information security experts about the need to update software (not only anti-virus) or perform specific actions to improve computer security.

### **References**

1. Bragg, R. Network Security. Complete Guide / R. Bragg, M. Rhodes-Ousley, K. Strasberg. - M.: Ecom, 2006. - 912 p. - ISBN 5-7163-0132-0.
2. Gordon, J. Computer viruses without secrets / J. Gordon. - M.: New publishing house, 2006. - 320 p. - ISBN 5-9643-0044-8.
3. Devyanin P.N. Analysis of security of access control and information flow in computer systems / P.N. Devian. - M.: Radio and communication, 2006. - 176 p. - ISBN 5-256-01768-3.
4. Kaspersky K. Computer viruses: inside and out / K. Kasperski. - St. Petersburg. : Peter, 2005. - 528 p. - ISBN 5-469-01282-4
5. Kozlov D.A. Encyclopedia of computer viruses / D.A. Kozlov, A.A. Parandovsky, A.K. Parandovsky. - M.: SOLON-R, 2001. - 464 p. - ISBN 5-93455-091-8.
6. Sobeykis V.G. Alphabet of the hacker 3. Computer virology / V.G. Sobekis. - M.: Major, 2006. - 512 p. - ISBN 5-98551-013-1.
7. Stolings V. Fundamentals of Network Protection. Applications and Standards / W. Stallings. - M.: Williams, 2002. - 432 p. - ISBN 5-8459-0298-3.
8. Hamidullin R.R. Methods and means of protection of computer information: Textbook. / R.R. Hamidullin, I.A. Brigadnov, A.V. Frost. - St. Petersburg: OSTU, 2005. - 178 p.
9. Khoroshko V.A. Methods and means of protection of information. / V.A. Khoroshko, A.A. Chekatkov. - K. : Junior Publishing House, 2003. - 504 p.



DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-38-11

УДК 004.932

Міскевич Оксана Іванівна, асистент

<https://orcid.org/0000-0002-5009-2391>

Войтович Ілля Вікторович, студент

Луцький національний технічний університет

## ФОРМАТИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА ДОЦІЛЬНІСТЬ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В СУЧАСНОМУ СВІТІ

**Міскевич О.І., Войтович І.В. Формати зображень та доцільність їх використання в сучасному світі.** В статті розповідається про основні формати зображень, растр та векторну графіку, різницю між ними, технології їх використання та цілі їх застосування.

**Ключові слова:** растр, вектор, RGB кодування кольорів, JPEG, JPEG2000, JPEG-XR, PNG, WEBP, CDR, AI, EPS, SVG.

**Міскевич О. И., Войтович И.В. Форматы изображений и целесообразность их использования в современном мире.** Статья рассказывает об основных форматах изображений, растр и векторную графику, разницу между ними, технологии их использования и цели их применения.

**Ключевые слова:** растр, вектор, RGB кодирование цветов, JPEG, JPEG2000, JPEG-XR, PNG, WEBP, CDR, AI, EPS, SVG.

**Miskevych O., Pya Voytovich. Image formats and the appropriateness of their use in the modern World.** The article tells about the main image formats, raster and vector graphics, the difference between them, the technology of their use and the purpose of their application.

**Keywords:** raster, vector, RGB color coding, JPEG, JPEG2000, JPEG-XR, PNG, WEBP, CDR, AI, EPS, SVG.

**Постановка задачі.** Розглянемо принципи кодування зображень, правильне застосування їх в цифровому світі, різницю між основними форматами зображень та новинки на які варто звернути увагу. Наведемо приклади кодування різних форматів, порівняємо їх кінцеві показники послідовність обробки (рис. 1).



Рисунок 1 – Послідовність обробки Baseline JPEG, Progressive JPEG, дискретним косинусним перетворенням, вейвлет-перетворенням

**Метою даного дослідження** є отримання кінцевих показників зображень і приклад як можна використати ці показники в різних середовищах.

**Основна частина.** Растрові формати включають в себе сітку пікселів, тобто інтерпретований переглядачем код. Відповідно мета формату - показати набором символів будь-яке зображення (рис. 2). Формат JPEG стискає картинку з втратою якості. Вихідне зображення розбивається і групується на квадрати 8x8 пікселів. Головна мета формату JPEG – підібрати такий рівень якості, щоб вага зображення була невелика і якість картинки була адекватною (рис. 3). Вага зображення включаючи стиснення в

форматі JPEG залежить від кількості кольорів, роздільної здатності і розміру. Отже основні характеристики цього формату:

- найпопулярніший формат;
- малий розмір файлів;
- добре стискає фото, але псує чіткі лінії;
- не має прозорості;
- не більш ніж 8 біт на канал.

Шістнадцятковий код:

211813 321F15 613C1C 75411E  
614229 6F5949 938479 3E4545  
7D5C25 6A6E67 706769 362624  
4B2E10 4B2D11 312120 3B2316

Переводим в десятковий код:

R: 033 R: 050 R: 097 R: 117  
G: 024 G: 031 G: 060 G: 065  
B: 019 B: 021 B: 028 B: 030

R: 097 R: 111 R: 147 R: 062  
G: 066 G: 089 G: 132 G: 069  
B: 041 B: 073 B: 121 B: 069

R: 125 R: 106 R: 112 R: 054  
G: 092 G: 110 G: 103 G: 038  
B: 037 B: 103 B: 105 B: 036

R: 075 R: 075 R: 049 R: 059  
G: 046 G: 045 G: 033 G: 035  
B: 016 B: 017 B: 032 B: 022

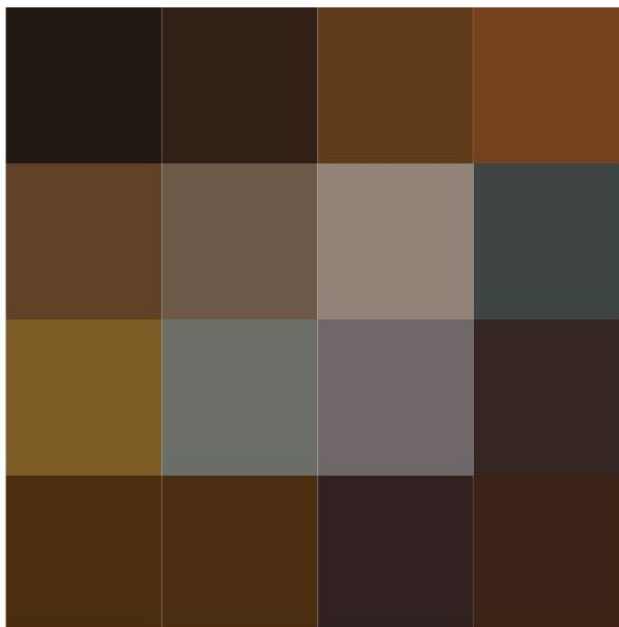


Рисунок 2 – Приближена ділянка фотографії, кожен піксель якої – окремий код кольору

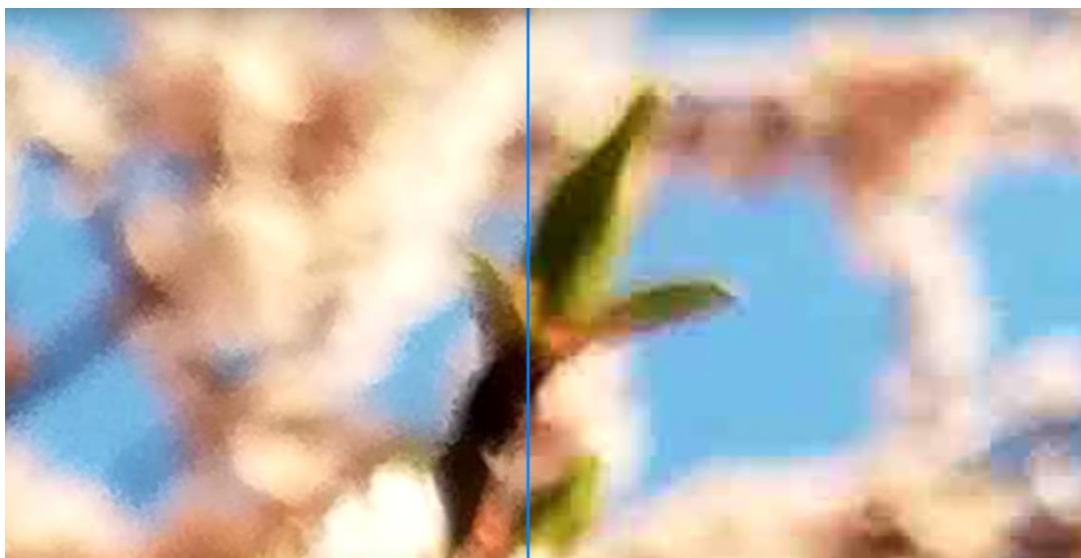


Рисунок 3 – Ліва частина зображення – до стиснення форматом JPEG, права частина – після

Отже замість популярного формату JPEG ми можемо використати менш відомий його нащадок – JPEG2000. Цей формат володіє всіма характеристиками свого попередника, але зі зміненим алгоритмом обробки. Замість дискретного косинусного перетворення, використовує вейвлет-перетворення. Зображення зменшується в два рази, для нього знаходяться різниці по вертикалі, по горизонталі та усереднене значення по діагоналі. Процес повторюється декілька разів. (рис. 4). Плюси використання:

- відсутня блочність;
- прогресивне завантаження;
- мініатюра вихідного зображення присутня в самому файлі;
- підтримка 16-бітного кольору.

Оновлена версія JPEG2000 має назву JPEG-XR і також відрізняється способом кодування зображення. Замість вейвлет-перетворення використовується кодування блоками 4x4 пікселі і другим рівнем для макро-блоку 16x16. Підтримує різні опції субдискретизації. Проте цей формат рідко використовується і не підтримується багатьма браузерами та пристроями.

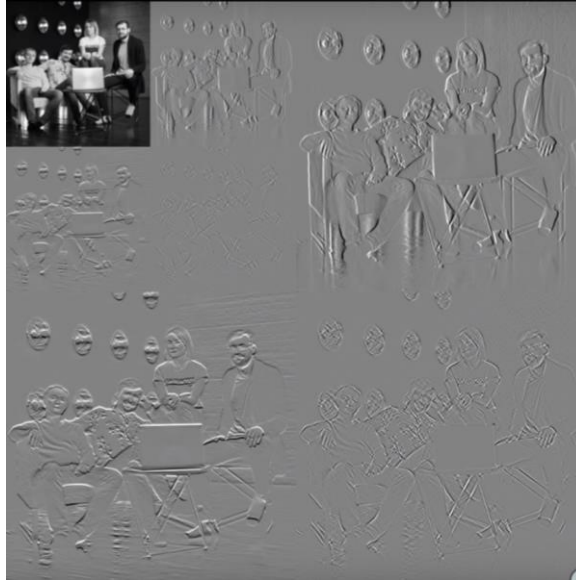


Рисунок 4 – Вейвлет-перетворення

Формат PNG є форматом стиснення без втрати якості і дозволяє зберігати зображення, в яких потрібна особлива точність. Має дві варіації: PNG8 та PNG24. Перший може мати лише 256 кольорів, а PNG24 використовує більше 16 мільйонів кольорів. Головна особливість формату PNG – підтримка альфа-прозорості, тобто кожному пікселю окремо можна задати свою степінь прозорості (рис. 5). Однак за рахунок стиснення без втрат, зображення цього формату мають велику вагу. Також має функцію дописування додаткових блоків. Це дало можливість реалізувати анімацію без втрати зворотньої сумісності.



Рисунок 5 – Логотип університету з прозорим фоном

WEBP – не є окремою розробкою. Його алгоритми використовують алгоритми відео-кодеків для стиснення ключових кадрів. В ньому відбувається перетворення з RGB в YUV (рис. 6) і також застосовується дискретне косинусне перетворення. На відміну від формату JPEG, блоки можуть розбиватись як на 4x4 так і на 16x16 пікселів. Алгоритм визначає де і яка буде точність, орієнтуючись на

деталізацію ділянок (рис. 7). Найцікавіше – це кодування частини зображення схожим на JPEG способом і з передбаченням на наступні блоки, опираючись на вже відомі. У випадку коли передбачення можна успішно здійснити з малою кількістю помилок, підраховується помилка передбачення й яка зберігається замість блоку.

Також за допомогою формату WEBP можна стискати зображення з втратами, але без втрат каналу прозорості. Такого не вміє ні один з популярних форматів.

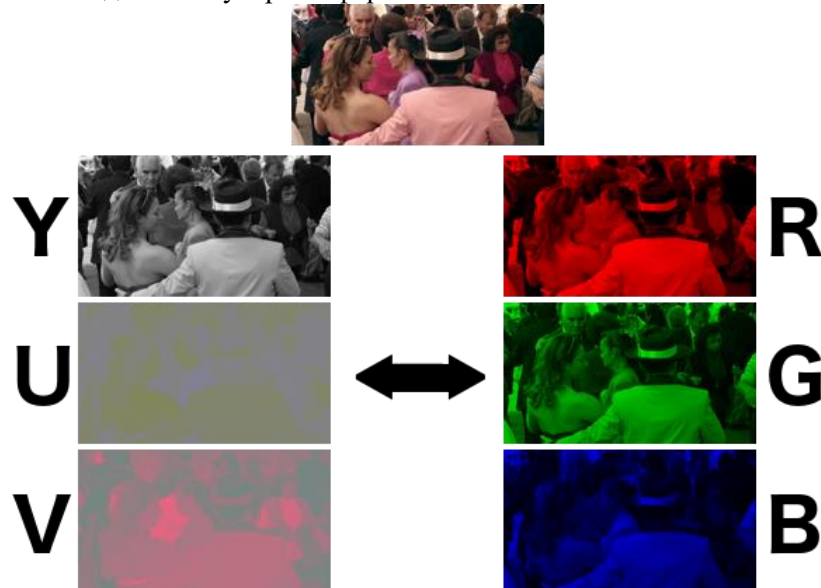


Рисунок 6 – Перетворення з RGB в YUV, і навпаки

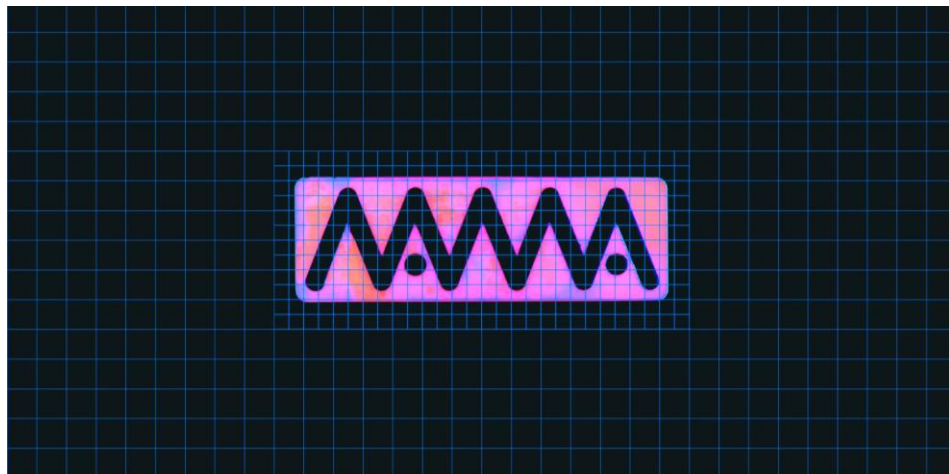


Рисунок 7 – Визначення алгоритмом ділянок з більшою деталізацією із застосуванням блоків 16x16 пікселів

Основа векторних форматів становлять математичні формули, геометричні представлення фігур, примітиви. Примітиви складають фігури, фігури можуть мати заливку, обведення тощо. Векторна графіка містить в собі інструкції комп'ютеру як щось намалювати (точки на певних координатах, з'єднання цих точок певною кривою, код кольору, товщина лінії і т.д.).



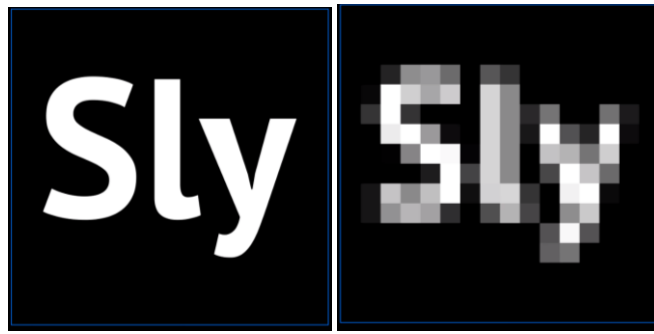


Рисунок 8 – Ліва частина - логотип в векторному форматі, права – після растрезації

На фінальному етапі такого малювання при виведенні на екран доводиться перетворювати ідеальну математичну модель в пікселі. Саме це називається растрезацією (рис. 8). Для прикладу до векторної графіки відносяться шрифти, іконки, логотипи, ілюстрації.

Всі векторні формати схожі і різниця між ними лише в редакторі, в якому створюється вектор. Кожен редактор має свої специфічні особливості. Серед відомих форматів можна виділити CDR (редактор CorelDraw), AI (Adobe Illustrator), EPS (ранні версії Adobe Illustrator, проте часто використовується з огляду на його широку сумісність), SVG (відкритий формат, який розуміють усі браузерери). Існує не один десяток векторних форматів, але сенс кожного один - описати математично те, що потрібно намалювати.

#### Висновки

Отже, формат зображень JPEG є дуже гнучкий і в залежності від того, наскільки якісним має бути картинка залежить вага зображення. Для відображення найкраще застосовувати принцип перетворення Progressive JPEG або дискретне косинусне перетворення. Формат дуже поширений і підтримується у всіх сферах використання. Застосовується для фотографій.

Для заміни всім відомого JPEG, в сучасному світі показує себе формат JPEG2000. Використовує більш досконалий алгоритм вейвлет-перетворення, що дозволяє стиснути картинку без втрат. Не гірший, ніж його попередник, проте менш поширений і підтримується лише відомими браузерами та операційними системами.

PNG формат призначений більше для роботи між редакторами або для відображення логотипів, невеликих зображень. Часто застосовується в Web-павутині. Має повноцінну прозорість через альфа-канал, стискає картинку без втрат, ідеальний для графіки. Не призначений для публікації фотографій.

WEBP – відносно свіжий формат, який представила компанія Google. На третину краще стискає, ніж формат JPEG, підтримує прозорість при стисненні з втратами, анімацію і при необхідності може стискати зображення без втрат. Тобто поєднує сильні сторони JPEG та PNG. Формат не підтримується багатьма пристроями та операційними системами.

Векторні формати відрізняються від растру. Мета будь-якого векторного формату – математично описати те, що має намалювати браузер або програма. Комп'ютер може нескінченно масштабувати картинку до етапу растрезації без втрат якості. Векторна графіка застосовується для логотипів, іконок, шрифтів, ілюстрацій. Всі векторні формати схожі і відрізняються лише редакторами. Найпопулярніший формат – SVG, який є відкритим браузерним форматом і підтримується будь-якими ОС.

#### Список бібліографічних посилань

1. Формати зображень для Веба – Блог Академії – HTML Academy. URL: <https://htmlacademy.ru/blog/boost/graphics/image-formats> (дата звернення: 20.02.2020).
2. William B. Pennebaker, Joan L. Mitchell JPEG: Still Image Data Compression Standard (Digital Multimedia Standards S) : монографія. USA, Springer, 1993. 5 с.
3. Графічні формати – Вікі ЦДПУ. URL: [https://wiki.cuspu.edu.ua/index.php/Графічні\\_формати](https://wiki.cuspu.edu.ua/index.php/Графічні_формати)
4. Формати зображень, часть 1 – SlyLama. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=P1K0ZNGczsk> (дата звернення: 13.09.2019).
5. Каганюк О.К., Поліщук Т.О., Міскевич О.І. Аналіз способів контролю розділу кордону «порода – вугілля» для створення систем автоматичного управління вугільно видобувними комбайнами. / Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. №36., ст. 29-34, 2019р.
6. Гринюк С.В., Бортник К.Я., Міскевич О.І., Паливода Д.І. Огляд інструментальних засобів для створення ігор під ОС Android. / Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. №35., ст. 124-128, 2019р.

7. Міскевич О.І., Сичов Д.І., Христинець А.О. Про модернізацію локально-обчислювальної мережі на ПрАТ "Волиньобленерго" на основі GRE-tunnel з використанням шифрування IPSec. / Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. №31., ст. 100-103, 2018р.

#### Reference

1. Image formats for the Web - Academy Blog - HTML Academy. URL: <https://htmlacademy.ru/blog/boost/graphics/image-formats> (accessed: 02/20/2020).
2. William B. Pennebaker, Joan L. Mitchell JPEG: Still Image Data Compression Standard (Digital Multimedia Standards S): Monograph. USA, Springer, 1993. 5 p.
3. Graphic Formats - CDU Wiki. URL: [https://wiki.cuspu.edu.ua/index.php/Graphic\\_formats](https://wiki.cuspu.edu.ua/index.php/Graphic_formats)
4. Image formats, part 1 - SlyLama. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=P1K0ZNGczsk> (accessed 13/09/2019).
5. Kaganyuk O.K., Polishchuk T.O., Miskevych O.I. Analysis of methods of control of the section "border - coal" for creation of systems of automatic control of coal-mining combines. / Computer-integrated technologies: education, science, production. No. 36, Art. 29-34, 2019
6. S.V. Grynuk, 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.
7. Miskevych O.I., Sychev D.I., Khrystinets N.A. About modernization of the local area network on PJSC "Volynoblenergo" based on GRE-tunnel using IPSec encryption. / Computer-integrated technologies: education, science, production. №31., Art. 100-103, 2018

DOI 10.36910/6775-2524-0560-2020-38-12

УДК 654.924.56 (07)

**Терлецький Тарас Володимирович**, к.т.н., доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-4114-0734>

**Кайдик Олег Леонтійович**, к.т.н., доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-3620-270X>

**Ткачук Анатолій Анатолійович**, к.т.н., ст. викладач

<https://orcid.org/0000-0001-9085-7777>

**Чубай Роман Сергійович**,

**Чмирук Роман Русланович**.

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна.

## ІНІЦІАЛІЗАЦІЯ СТАНІВ ШЛЕЙФУ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ НЕАДРЕСНИМ ПОЖЕЖНИМ ПРИЙМАЛЬНО-КОНТРОЛЬНИМ ПРИБАДОМ

**Терлецький Т.В., Кайдик О.Л., Ткачук А.А., Чубай Р.С., Чмирук Р.Р.** Ініціалізації станів шлейфу пожежної сигналізації неадресним пожежним приймально-контрольним приладом. У статті розглянуто питання правильності функціонування компонентів неадресної системи пожежної сигналізації від різних виробників. Встановлено можливі режими роботи неадресних пожежних приймально-контрольних приладів залежно від стану шлейфу пожежної сигналізації та запропоновано узагальнюючу номограму, яка описує їх описує.

**Ключові слова:** шлейф, сумісність, неадресна система пожежної сигналізації, прилад приймально-контрольний пожежний, сповіщувач.

**Терлецький Т.В., Кайдик О.Л., Ткачук А.А., Чубай Р.С., Чмирук Р.Р.** Инициализация состояний шлейфа пожарной сигнализации неадресным пожарным приемно-контрольным прибором. В статье рассмотрен вопрос правильности функционирования компонентов неадресной системы пожарной сигнализации от различных производителей. Установлены возможные режимы работы неадресных пожарных приемно-контрольных приборов в зависимости от состояния шлейфа пожарной сигнализации и предложено обобщающую номограмму, которая описывает их описывает.

**Ключевые слова:** шлейф, совместимость, неадресная система пожарной сигнализации, прибор приемно-контрольный пожарный, извещатель.

**Terletskyi T.V., Kaidik O.L., Tkachuk A.A., Chubai R.S., Chmyruk R.R.** Initialization of fire alarm loop states by non-address fire alarm control panel. The article deals with the issues of the correct functioning of components of the non-addressable fire alarm system from different manufacturers. Possible modes of operation of non-address fire control devices are determined depending on the condition of the fire alarm loop and a generic nomogram is described, which describes them.

Keywords: loop, compatibility, non-address fire alarm system, fire alarm control unit, detector.

Пришвидшення темпів введення в експлуатацію великих промислових підприємств, їх реконструкція, інтенсифікація технологічних процесів, розширення асортименту й областей застосування матеріалів, концентрація матеріальних цінностей призводить до збільшення ймовірності виникнення пожеж і зростанню збитків від них (одна велика пожежа здатна дестабілізувати економіку всього регіону або, навіть, держави).

Одним із шляхів, який спрямовано на зниження збитків від пожеж, є виявлення пожежі на початковій стадії її виникнення, що найбільш ефективно можна здійснити тільки за допомогою систем пожежної автоматики. До складу останньої входять ІВС пожежної сигналізації, складовою частиною яких є сповіщувачі пожежні.

Сповіщувачі пожежні (СП) спрацьовують на появу первинних ознак пожежі, передаючи сигнал до приладів приймально-контрольних пожежних (ППКП) через відповідний шлейф. ППКП обробляє ці сигнали і формує команди щодо подальших дій, наприклад, подавання сигналів тривоги (звукових та/або світлових) пожежними оповіщувачами з метою попередження людей про небезпеку, передавання тривожних сповіщень на пожежний пост та/або пульт централізованого пожежного спостереження, а також ввімкнення та/або вимкнення того або іншого обладнання чи інженерних систем (у тому числі систем протипожежного захисту).

Шлейфи пожежної сигналізації (ШПС) являють собою електричні ланцюги, які з'єднують вихідні ланки СП, що включають в себе допоміжні виносні радіоелементи і дроти сполучення та призначені не тільки для видачі на ППКП повідомлень про свій стан, а також і подачі електроживлення на ці сповіщувачі.



Достовірність функціонування таких ІВС на пряму залежить від правильності вибору, за відповідними методиками, номіналу допоміжних навісних елементів шлейфів, проблеми з якими виникають під час використання обладнання різних виробників.

Вимоги до застосування СПС регламентується багатьма нормативно-технічними документами. Так у п.1.6 національного стандарту ДСТУ EN 54-1:2014 [1] є вимога що до сумісності СП та ППКП: "Те, що компонент системи задовольняє вимогам відповідної частини EN 54, не означає того, що такий компонент буде обов'язково правильно функціонувати спільно з іншим компонентом, який також задовольняє вимогам відповідної частини EN 54 (наприклад, ППКП у сполученні з СП), якщо тільки обидва компонента не були оцінені разом як ті, що задовольняють вимогам щодо системи". Окрім цього, відповідно до п.7.2.1 ДБН В.2.5-56:2014 [2], СПС повинна виявляти ознаки пожежі на ранній стадії та не давати хибних спрацювань, а це залежить і від збалансування ШПС з ППКП, що здійснюється за відповідних номіналів кінцевого, обмежуючого та шунтуючого резисторів.

Кожен із виробників ППКП і СП у технічній документації наводить свої методики та рекомендації щодо визначення значень навісних елементів ШПС. На практиці ж не завжди вдається відразу досягнути збалансування ШПС й ППКП. Розраховане за поданою в документації на ППКП методикою значення може відрізнятись від необхідного номіналу опорів, якщо СП в ШПС використано інших виробників. Це пояснюється п.1.6 національного стандарту ДСТУ EN 54-1:2014 і тим, що сучасні СП – це активні елементи ІВС, що мають не однакові вольт-амперні характеристики.

З огляду на викладене вище, постало питання в розробці методики визначення номіналу навісних елементів ШПС стосовно різних типів СП і марок неадресних ППКП, а це потребує передусім попереднього встановлення можливих режимів роботи ППКП різних виробників та принципів ініціалізації ними усіх функціональних станів ШПС з подальшим отриманням відповідної закономірності. Отримана закономірність стане основою до виведення необхідних умов узгодження компонентів пожежної сигналізації та розрахунку номіналу навісних елементів ШПС.

Усі неадресні ППКП визначають стан ШПС шляхом вимірювання сумарного опору підключеного шлейфа зі встановленими у ньому СП та кінцевим елементом [3 - 5, 12]. Ці стани ШПС і самого приладу відображаються на світлодіодних індикаторах ППКП.

Наприклад, у ППКП "Тірас-4П" вразі виникнення проблем із живленням миготять індикатори "Несправність" та "Живлення" (передбачено також відображення розширеної індикації несправностей живлення). Несправності відображаються миготінням зон, які подано на рис 1.

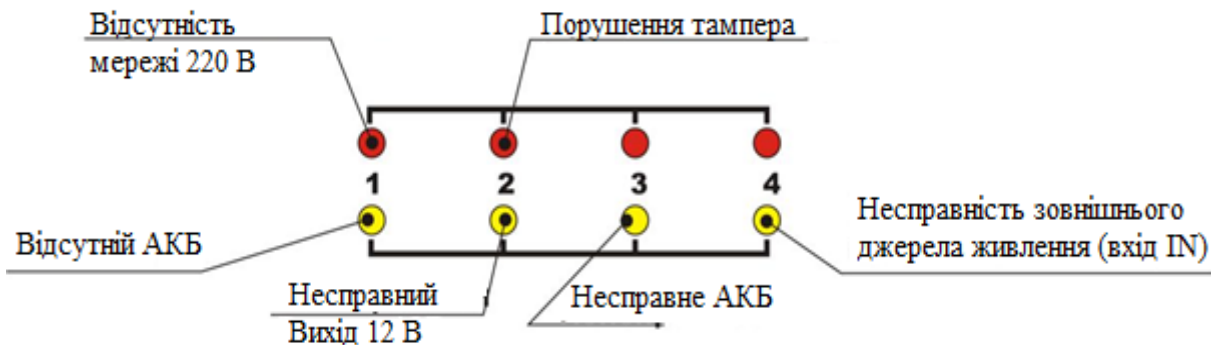


Рис. 1. Розширена індикація несправностей живлення ППКП «Тірас-4П»

Лінії ШПС типового неадресного ППКП (див. рис. 2) підключають до його контактних пристроїв (КУ). До загально станційного блока обробки інформації (ЗСБОІ) підключені блоки променевих комплектів (ПК), в яких здійснюється обробка інформації від СП. У загальному ЗСБОІ виконує комунікаційні функції між іншими блоками та низку функцій, які є загальними для усіх блоків променевих комплектів (подає сигнали управління на світлові пристрої сигналізації (СПС), звукові пристрої сигналізації (ЗПС), пристрої сигналізації пошкодження (ПСП) та пристрої управління установками пожежогасіння (ПУУП)). У разі спрацювання СП або їх відмови, ЗСБОІ формує та передає відповідний сигнал лінією зв'язку до пульта централізованого спостереження (ПЦС).

Блок контролю роботи тестовий (БКРТ) і блок контролю автоматичний (БКРА) здійснюють перевірку роботи станції у відповідних режимах. Живлення блоків здійснюється через блок

автоматичного введення резерву (БАВР) від джерела основного або резервного живлення.

Основні вимоги, які висувують до ППКП системи пожежної сигналізації:

- контроль декількох шлейфів сигналізації з будь-якими типами пожежних сповіщувачів (пасивними – на розмикання і замикання сигнального ланцюга; активними – з живленням по шлейфу; ручними);
- автономна робота від вбудованого резервного живлення протягом 24 годин в черговому режимі і 3 години в режимі “Пожежа”;
- включення пристроїв сповіщення (сирени), працюючих від резервного живлення;
- включення автоматичних засобів пожежогасіння і димовидалення або включення вентиляції за допомогою вбудованого реле;
- передача на пульт централізованого спостереження (ПЦС) сигналів “Пожежа” і “Несправність”;
- експлуатація у автоматичному режимі роботи без участі оператора.

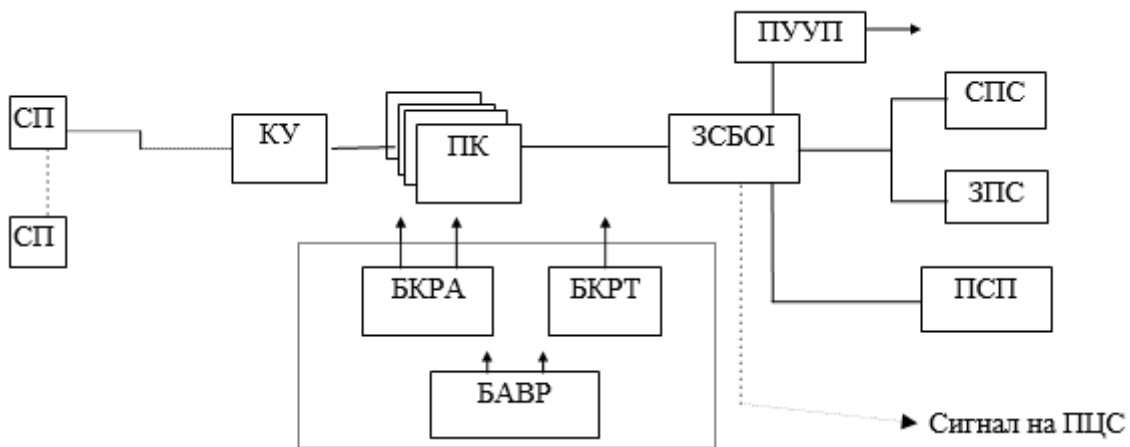


Рис. 2. Узагальнена структурна схема неадресної системи пожежної сигналізації

Неадресні ППКП, за потреби, можуть здійснювати повторну перевірку зони на спрацювання. Вона застосовується для усунення помилкових спрацювань, що виникають від впливу електромагнітних перешкод, електростатичних розрядів та інших явищ, після яких зберігається здатність СП до відновлення чергового режиму внаслідок скидання. Після спрацювання СП в зоні ППКП виконує процедуру автоматичного скидання, не переходячи при цьому в режим “Пожежа”. Якщо протягом інтервалу часу, починаючи від першого спрацювання, визначеного в параметрі “[\*11]” (програмується окремо) повторного спрацювання зони не сталося, ППКП залишається в режимі “Черговий”, в іншому випадку – переходить в режим “Пожежа”. Алгоритм роботи даної функції подано на рис. 3.

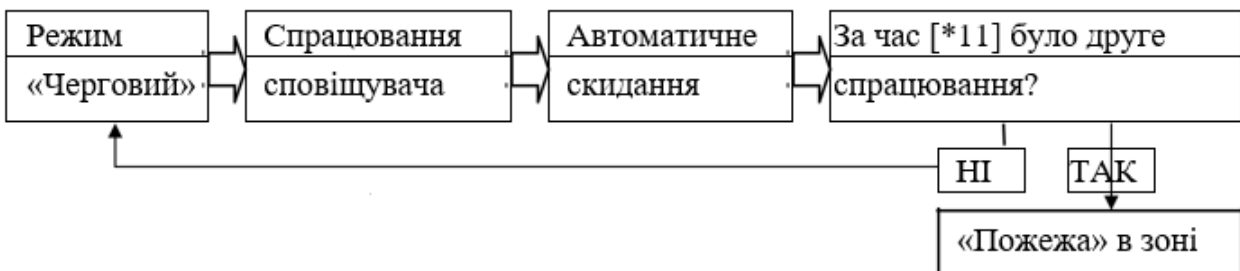


Рис. 3. Алгоритм перевірки повторного спрацювання СП

Умови формування відповідних режимів роботи ППКП у кожного виробника різний і залежить від конструктивних особливостей приладу.

За реакцією СП на появу первинних ознак пожежі їх можна поділити на дві групи: нормально-замкнуті та нормально-розімкнуті.

До ППКП сповіщувачі підключають за двохпровідною або чотирьох-провідною схемами [6-11].

Найбільше розповсюдження отримала двохпровідна схема.

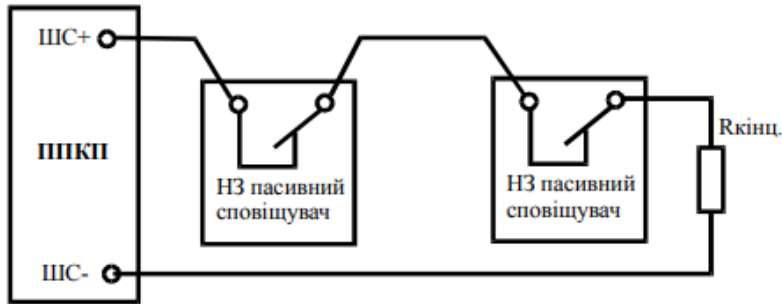


Рис. 4. Схема підключення нормально-замкнених СП в двохпровідний шлейф  
 $R_{кінц}$  – кінцевий резистор

Сповіщувачі із нормально-замкнутими контактами включають у дводротовий шлейф послідовно (див. рис. 4). У черговому режимі шлейф перебуває під напругою та через нього протікає визначений струм, який прийнято називати черговим. Під час спрацювання одного або декількох сповіщувачів черговий струм миттєво падає до нуля, що і є ознакою пожежі. Такий спосіб визначення факту спрацювання сповіщувача має суттєвий недолік: обрив шлейфа сприймається як пожежа. Обрив шлейфу повністю виводить систему з ладу. Для усунення даного недоліку застосовують шлейфи із шунтуючими (обвідними) резисторами (див. рис. 5), який встановлюють паралельно до вихідних контактів кожного нормально-замкненого СП.

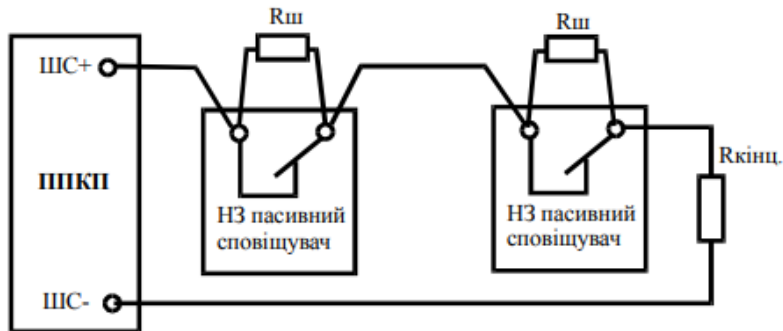


Рис. 5. Схема підключення нормально-замкнених СП з шунтуючим резистором в двопровідний шлейф  
 $R_{ш}$  – шунтуючий резистор;  $R_{кінц}$  – кінцевий резистор

У черговому режимі значення струму визначається опором кінцевого елемента або кінцевого пристрою, так як опір контактів сповіщувача значно менший за опір шунтуючого резистора, то струм проходить через контакти СП. Уразі спрацювання сповіщувача його контакти розмикаються і струм починає протікати через шунтуючий резистор. В наслідок чого його величина зменшується за рахунок підвищення сумарного опору ШПС. За величиною зменшення струму можна визначити не тільки факт спрацювання сповіщувача, але й кількість сповіщувачів, що спрацювали в шлейфі. Під час обриву шлейфа струм падає до нуля. Дана схема підключення (див. рис. 5) дозволяє ідентифікувати такі несправності, як обрив лінії та коротке замкнення.

Принцип дії кожного СП та вхідний опір в різних режимах роботи зазначено в його технічному паспорті.

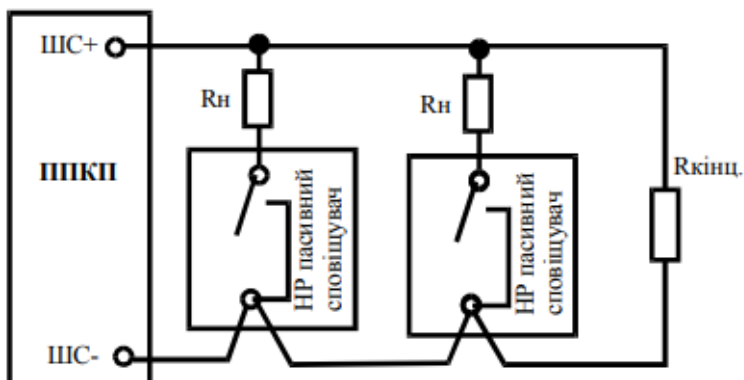


Рис. 2.6. Схема підключення нормально-розімкнених СП в двопровідний шлейф  
 $R_n$  – резистор навантаження;  $R_{кінц}$  – кінцевий резистор

Пасивні СП з нормально-розімкненими контактами підключають до двохдротового шлейфу паралельно (див. рис. 6). У такій схемі послідовно до кожного СП встановлюють навантажувальний резистор  $R_n$ . У разі спрацювання сповіщувача відбувається замикання його контактів і струм починає протікати через замкнені контакти та резистор  $R_n$ . Внаслідок цього струм у шлейфі змінюється, що визначається ППКП як сигнал "Пожежа".

Проаналізувавши таблицю станів ППКП "Тірас-4п" [3], було встановлено, що черговий режим роботи становить в межах від 2 до 3,7 кОм. Для нормальної роботи ППКП кінцевий резистор не має виходити за встановлені межі опору, а спрацювання пожежної зони відбудеться при виході із заданих меж опору.

На рис. 7 відображено граничні (крайні) межі опорів у різних режимах роботи при роботі з СП, контакти яких замикаються з верифікацією за двома датчиками. З номограми видно, що сповіщення про пожежу надходить, коли опір ШПС в межах від 0,3 до 1 кОм, а при значенні в межах 1...2 кОм відбувається верифікація. Тобто, щоб надійшов сигнал тривоги необхідно, щоб спрацювали два СП в одному ШПС. Якщо ж опір є меншим за 0,3 кОм, то ППКП видає сигнал про замикання ШПС та засвічується індикатор "Несправність". Також індикатор "Несправність" спрацює, якщо опір у зоні є більшим за 3,7 кОм, що свідчить про обрив у шлейфі або зняття сповіщувачів в зоні.

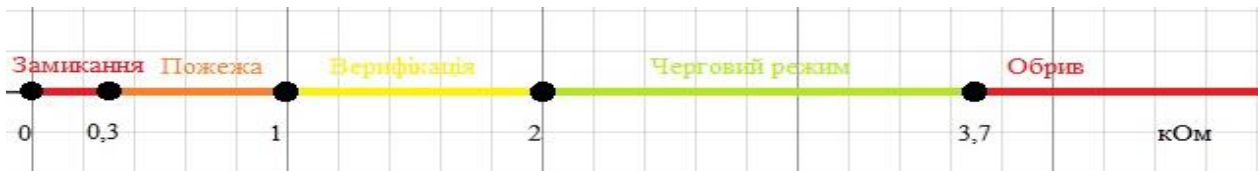


Рис. 7. Номограма режимів ППКП при роботі зі сповіщувачами з контактами, які замикаються та верифікацією за двома СП

Номограма, яка подана на рис. 8 відповідає ШПС з СП без верифікації. Це дає змогу підключати в шлейф такі СП, як сповіщувач задимленості.



Рис. 8. Номограма режимів ППКП при роботі зі сповіщувачами з контактами, які замикаються без верифікації за двома сповіщувачами

На рис. 9 подано номограму, яка ілюструє роботу ППКП та значення опорів ШПС при роботі з сповіщувачами з контактами які розмикаються та верифікацією за двома сповіщувачами.

Рис. 2.9. Номограма режимів ППКП при роботі зі сповіщувачами з контактами, які розмикаються та



Спрацювання для даного варіанту знаходиться в іншій стороні, тобто опір у шлейфі збільшується (верифікація знаходиться у межах від 3,7 до 6,1 кОм, а сповіщення про пожежу в діапазоні від 6,1 до 8 кОм). Усі опори, які є більшими за вказані вказують на спрацювання обриву. Аналогічно, як і у попередньому випадку, режим обриву може свідчити про обрив в шлейфі, або зняття сповіщувача з шлейфу.

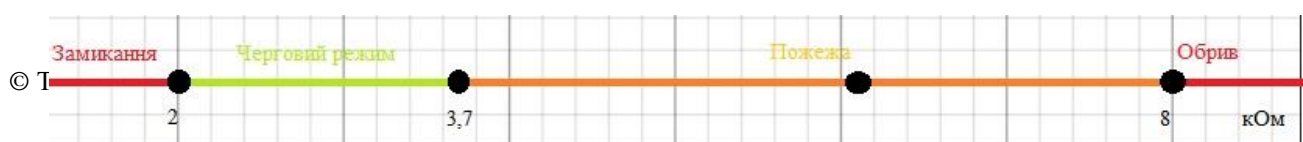


Рис. 10. Номограма режими ППКП при роботі з сповіщувачами з контактами, які розмикаються без верифікації за двома СП

Робота цих СП, які функціонують за принципом розмикання контактів, можлива і без верифікації за двома сповіщувачами (див. рис. 10).

Подібні номограми було отримано і стосовно ППКП інших виробників. Їх аналіз дозволив встановити, що можливі режими роботи усіх неадресних ППКП різних виробників є ідентичні та відмінні у значеннях опорів за яких встановлюється відповідний стан ШПС.

Отже, весь діапазон опорів, які може прийняти ШПС неадресних ППКП розподілений на три основні області (див. рис. 11): “Тривога 1” – опір шлейфа прямує до 0; “Черговий режим” та “Тривога 2” – опір шлейфа прямує до  $\infty$ . Кожна із областей “Тривога” складається з трьох підобластей: “Увага”, “Пожежа” і “Несправність”.

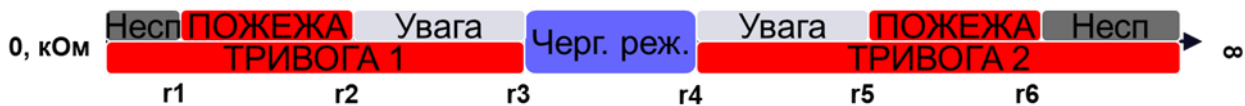


Рис. 11. Стани неадресних ППКП залежно від опору ШПС

У черговому режимі, коли жоден із СП не виявив первинної ознаки пожежі, ППКП фактично визначає опір ШПС, який повинен перебувати в діапазоні  $R3...R4$  (іншими словами – номінальне значення кінцевого опору має перебувати у зазначених межах, а вразі виходу за них відбудеться перехід до режиму “Тривога” і спрацювання СПС).

Наявність трьох підобластей режиму “Тривога” пояснюється потребою СПС в розширеній інформативності подій, що відбуваються у контрольованій зоні.

Шлейфи неадресних СПС можуть функціонувати в одному з двох режимів роботи – однопороговому або двохпороговому. У двохпороговому режимі, вразі спрацювання одного СП у шлейфі ППКП подає сигнал “Увага”, який стосовно СП з нормально-розімкнутими контактами повинен перебувати в діапазоні  $R2...R3$  і стосовно СП з нормально-замкнутими контактами –  $R4...R5$ . При спрацюванні двох СП подається сигнал “Пожежа”, що відповідає діапазону  $R1...R2$  для СП з нормально-розімкнутими контактами і діапазону  $R5...R6$  для СП з нормально-замкнутими контактами. У однопороговому режимі у разі спрацювання одного СП у шлейфі ППКП відразу подає сигнал “Пожежа”.

Отриману номограму (див. рис. 11) пропонується взяти за основу для визначення необхідних умов та виведення відповідних рівнянь для визначення номіналу навісних елементів ШПС, застосування яких забезпечить надійність функціонування СПС.

#### Список бібліографічного опису

- 1.1. ДСТУ EN 54-1:2014 «Системи пожежної сигналізації та оповіщення. Частина 1. Вступ. [Електронний ресурс]. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=63092](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=63092).
2. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту». [Електронний ресурс]. URL: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/98.1.%20ДБН%20В.2.5-56~2014>.
3. Приборы приемно-контрольные пожарные «Тирас-4П», «Тирас – 8П». Руководство с эксплуатации. АА3Ч.425521.003 РЭ. [Електронний ресурс]. URL: <https://tiras.ua/ru/tiras-4p>.
4. Прибор приемно-контрольный охранно-пожарный ВЭРС-ПК (8, 4, 2). Руководство по эксплуатации, паспорт ВЭРС.425713.119РЭ. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.verspk.ru/files/flib/1600.pdf>.
5. Прибор приемно-контрольный пожарный «Артон-08П». Паспорт МЦИ425513.003ПС. [Електронний ресурс]. URL: [https://arton.com.ua/files/passports/new\\_pas\\_dec13\\_arton-08f.pdf](https://arton.com.ua/files/passports/new_pas_dec13_arton-08f.pdf).
6. Сповіщувач пожежний тепловий СПТ-Тирас. Паспорт АА3Ч.425212.002-00.02 ПС. [Електронний ресурс]. URL: <https://tiras.ua/ru/spt-tiras>.
7. Сповіщувач пожежний комбінований СПК-Тирас. Паспорт АА3Ч.425238.002-00.01 ПС. [Електронний ресурс]. URL: <https://tiras.ua/ru/spk-tiras>.
8. Сповіщувач пожежний димовий СПД 2-Тирас. Паспорт АА3Ч.425232.002-01.01 ПС. [Електронний ресурс]. URL: <https://tiras.ua/ru/spd-2-tiras-ex>.
9. Сповіщувач пожежний димовий СПД-3. Паспорт. [Електронний ресурс]. URL: [https://arton.com.ua/products/fire\\_detectors/conventional\\_smoke\\_detectors/spd\\_3/](https://arton.com.ua/products/fire_detectors/conventional_smoke_detectors/spd_3/).
10. Извещатель пожарный тепловой СПТ-2Б. Паспорт МЦИ 425212.002-01 ПС. [Електронний ресурс]. URL: [https://arton.com.ua/files/passports/spt-2b-xx\\_2018-10-29.pdf](https://arton.com.ua/files/passports/spt-2b-xx_2018-10-29.pdf).

11. Извещатель пожарный тепловой максимальный FT-1AS. Паспорт МЦИ 425212.004-01 ПС. [Электронный ресурс]. URL: [https://arton.com.ua/files/passports/new\\_pas\\_ft\\_s.pdf](https://arton.com.ua/files/passports/new_pas_ft_s.pdf).

12. Особливості побудови шлейфів пожежної сигналізації / Т.В. Терлецький, В.В. Любитовець, А.А. Ткачук, О.Л. Кайдик, С.А. Мороз // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за галузями знань «Технічні науки»). – Луцьк: ЛНТУ, 2019. – №65. - С. 254-261.

#### References

1. DSTU EN 54-1: 2014 «Fire alarm and warning systems». Part 1. Introduction. [Electronic resource]. URL: [http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=63092](http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=63092).

2. DBN В.2.5-56: 2014 «Fire protection systems». [Electronic resource]. URL: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/98.1.%20ДБН%20В.2.5-56~2014>.

3. Fire alarm control panels «Tiras-4P», «Tiras - 8P». Manual operation. AAZCH. 4225521.003 RE. [Electronic resource]. URL: <https://tiras.ua/ru/tiras-4p>.

4. Alarm control and security device VERS-PC (8, 4, 2). Operation manual, passport VERS.425713.119RE. [Electronic resource]. URL: <http://www.verspk.ru/files/flib/1600.pdf>.

5. Alarm control and security device «Arton-08P». Passport MCI 425513.003PS. [Electronic resource]. URL: [https://arton.com.ua/files/passports/new\\_pas\\_dec13\\_arton-08f.pdf](https://arton.com.ua/files/passports/new_pas_dec13_arton-08f.pdf).

6. Thermal fire detector SPT-Tiras. Passport of AAZCH.425212.002-00.02 PS. [Electronic resource]. URL: <https://tiras.ua/ru/spt-tiras>.

7. Combined fire detector SPK-Tiras. Passport of AAZCH.425238.002-00.01 PS. [Electronic resource]. URL: <https://tiras.ua/ru/spk-tiras>.

8. Fire smoke detector SPD 2-Tiras. Passport of AAZCH.425232.002-01.01 PS. [Electronic resource]. URL: <https://tiras.ua/ru/spd-2-tiras-ex>.

9. Fire smoke detector SPD-3. Passport. [Electronic resource]. URL: [https://arton.com.ua/products/fire\\_detectors/conventional\\_smoke\\_detectors/spd\\_3/](https://arton.com.ua/products/fire_detectors/conventional_smoke_detectors/spd_3/).

10. Thermal fire detector SPT-2B. Passport MCI 425212.002-01 PS. [Electronic resource]. URL: [https://arton.com.ua/files/passports/spt-2b-xx\\_2018-10-29.pdf](https://arton.com.ua/files/passports/spt-2b-xx_2018-10-29.pdf).

11. Fire Heat Detector maximum FT-1AS. Passport of MCI 425212.004-01 PS. [Electronic resource]. URL: [https://arton.com.ua/files/passports/new\\_pas\\_ft\\_s.pdf](https://arton.com.ua/files/passports/new_pas_ft_s.pdf).

12. Features of construction of fire alarm circuits / T.V. Terletsykyi, V.V. Lyubitovets, A.A. Tkachuk, O.L. Kaidik, S.A. Moroz // Scientific notes. Intercollegiate Collection (in the fields of knowledge «Technical Sciences»). – Lutsk: Lutsk NTU, 2019. – №65. - P. 254-261.



CONTENTS

<i>AUTOMATION AND MANAGEMENT</i>	
<b>Nataliia Lishchyna, Valeriy Lishchyna, Ju. Povstyana.</b> Approaches and algorithms for processing and image recognition of complex structure.	<b>5</b>
<b>Ju. Povstyana, A. Yashchuk, N. Lishchyna N. Polischuk, M. Poteychuk.</b> Arduino UNO R3 radio electronic control system.	<b>10</b>
<b>Zhurilo A. G.</b> On distortion coefficients when performing drawings in axonometric projections.	<b>17</b>
<b>Zaiats V.M., Rybytska O.M., Majewski J., Marciniak T., Zaiats M.M.</b> Methods of fuzzy sets theory for statistical analysis of mass service systems.	<b>23</b>
<b>N. Ismailova, I. Yelisyeyev.</b> Design of the attended kinematics surfaces by means of method of spiral transformation to the system MATLAB.	<b>33</b>
<b>Kukunin S.</b> Development of a holistic methodology for the organization of smart home systems in the framework of the "Internet of Things" paradigm.	<b>40</b>
<b>B. Moroz, O.</b> Syrotkina, A. Marochko. Recognition system for increasing business potential from in-store customers.	<b>46</b>
<b>Pakholok Z. O., Myroniuk L. P.</b> Methods of treatment of Google Slides cloud processing services and Sites to make homepage presentations and placing them on the site in the course «Ukrainian language as foreign».	<b>51</b>
<b>Romaniuk L. A., Chykhira I. V.</b> Aerodynamic model of a group of uavs in aircraft space.	<b>59</b>
<i>INFORMATICS AND COMPUTER SCIENCE</i>	
<b>Holovin M.B., Holovina N.M., Huzachov D.M., Holovina N.A.</b> Method of moments as instrument of computer diagnostics of educational process (on the example of learning of programming).	<b>67</b>
<b>Martsenyuk V.P., Didmanidze I.Sh., Andrushchak I.Ye., Kradinova T.A., Rud K.I.</b> Information security: anti-virus protection technologies.	<b>79</b>
<b>Міскевич О.І., Войтович І.В.</b> Формати зображень та доцільність їх використання в сучасному світі.	<b>85</b>
<i>TELECOMMUNICATIONS AND RADIO ENGINEERING</i>	
<b>Terletskyi T.V, Kaidik O.L, Tkachuk A.A, Chubai R.S, Chmyruk R.R.</b> Initialization of fire alarm loop states by non-address fire alarm control panel.	<b>91</b>



## 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 А4 (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](mailto: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 БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ (МУЛЬТИКОПТЕРІВ) ЗА ЗАПИТОМ СПОЖИВАЧА

**Мороз Б. І., Антіпов О.А., Журавльов В. С.** Автоматизована система доставки мед **Times New Roman 9**  
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.

.....

**Times New Roman 11**

### Список бібліографічного опису

**Times New Roman 9**

1. Сін Лю, Ціньян Сяо, Віджай Гопалакришнан, Маттео Варвело (2017) Дослідження 360 ° Інновації для панорамного відеопотоку, С. 50-55. АСМ.
2. Б. Хань, Ф., Цянь, Л. Джі та В. Гопалакришнан. (2017) MP-DASH: Адаптивна відео-трансляція через перевагу, орієнтовану на багатфункціональність. У матеріалах 12-ї Міжнародної конференції з нових мережевих експериментів та технологій, С. 129–143. АСМ.

### 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)»