



Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара



Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України



ННК «Інститут прикладного системного аналізу»  
НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського»



Київський національний університет ім. Т. Шевченка

#it\_dnipro

IT Dnipro Community

**XX ювілейна міжнародна науково-практична конференція**

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ  
(МПЗІС-2022)**

*ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ*

**MATHEMATICAL SUPPORT AND SOFTWARE  
FOR INTELLIGENT SYSTEMS  
(MSSIS-2022)**

*ABSTRACTS*

**23-25 листопада 2022 року**

**Дніпро, Україна**

**Міжнародний науковий комітет**

І.В. Сергієнко	– академік НАН України, Україна
М.З. Згуровський	– академік НАН України, Україна
А.О. Чикрій	– академік НАН України, Україна
Ю.В. Крак	– член-кореспондент НАН України, Україна
Н.Д. Панкратова	– член-кореспондент НАН України, Україна
V. Deineko	– професор, Англія
Y. Melnikov	– професор, США
O. Blyuss	– професор, Англія
A.M. Пасічник	– професор, Україна
C.B. Яковлев	– професор, Україна
M. Polyakov	– засновник компанії Noosphere Ventures USA, Inc, США

**М 34 Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (МПЗІС-2022):**

Тези доповідей XX Міжнародної науково-практичної конференції, Дніпро, 23-25 листопада 2022 р. / Під загальною редакцією О.М. Кісельової. – Дніпро: ДНУ, 2022. – 248 с. – Текст: укр., англ.

Щорічна міжнародна науково-практична конференція «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем» (МПЗІС) є актуальним та затребуваним форумом фахівців з прикладної математики, інтелектуальних систем прийняття рішень, системного аналізу, новітніх інформаційних технологій. Конференція демонструє актуальність проблем розробки, створення та впровадження нового покоління систем управління та обробки інформації – інтелектуальних систем, а також тематики автоматизації управління в умовах прискореного розвитку математичної теорії і застосувань інтелектуальних систем і середовищ, їх широкого впровадження в повсякденну практику. Тези конференції публікуються в авторській редакції.

**М 34 Mathematical support and software for intelligent systems (MSSIS-2022):** Abstracts of the XX International scientific and practical conference, Dnipro, November 23-25, 2022 / Under the general editorship of E.M. Kiseleva. – Dnipro: DNU, 2022. – 248 p. – Text: ukrainian, english.

The annual international scientific and practical conference "Mathematical support and software for intelligent systems" is a relevant and popular forum of specialists in applied mathematics, intelligent decision-making systems, system analysis and the latest information technologies. The conference demonstrates the relevance of the problems of development, creation and implementation of a new generation of information management and processing systems - intelligent systems, as well as of the topics of control automation in the context of accelerated development of mathematical theory and applications of intelligent systems and environments, their widespread adoption in everyday practice. Conference abstracts are published in the author's edition.

**Оргкомітет:**

<b>голова</b>	<b><u>Кісельова Олена Михайлівна</u></b> – чл.-кор. НАН України, декан факультету прикладної математики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, д-р фіз.-мат.наук, професор
<b>вчений секретар</b>	<b><u>Кузенков Олександр Олександрович</u></b> – канд.фіз.-мат.наук
<b>члени</b>	О.Г. Байбуз – д-р тех.наук; Н.А. Гук – д-р фіз.-мат.наук; Л.Л.Гарт – д-р фіз.-мат.наук; В.А. Турчина – канд.фіз.-мат.наук; Н.Є. Сегеда – ст.викладач; Н.В. Балеєко – м.н.с.; Н.Є. Яцечко – пров.інж.
<b>Адреса Оргкомітету:</b>	Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара Кафедра обчислювальної математики та математичної кібернетики пр. Гагаріна,72, Дніпро, 49010, Україна телефон: +38(067)772-11-51 e-mail: <a href="mailto:mpzis_dnu@ukr.net">mpzis_dnu@ukr.net</a> URL : <a href="http://mpzis.dnu.dp.ua">mpzis.dnu.dp.ua</a>

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ДОВЕДЕННЯ ПРАВИЛЬНОСТІ  
КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ ЗАСОБАМИ ПЛАТФОРМИ  
ДЕДУКТИВНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ ПРОГРАМ WHY3**

**Аврахов Ф. В., fwa710@gmail.com, Хижа О. Л.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Навчання програмуванню включає в себе написання великої кількості доволі тривіальних програм, які зазвичай перевіряються викладачами вручну. Існує багато систем для автоматичної перевірки правильності програм, але переважна більшість використовують для цього тестування, що не дає гарантії результату.

Метою даної роботи є вдосконалення системи Хижі-Високопоясного [1] для перевірки завдань з програмування, яка повністю покладається на формальну верифікацію — доведення правильності програм за допомогою формальних методів. Система базується на найслабших передумовах Дейкстри — розширенні логіки Хоара [2].

Система реалізована як веб-застосунок на NodeJS і містить близько 30 специфікацій завдань, що потребують написання коду. Розв'язок вводиться псевдокодом Guarded Command Language. З псевдокоду формулюються найслабші передумови (WP) [3], і передаються до прувера (засіб автоматичного доведення теорем) Simplify. Студенту повертаються результати — чи було успішно доведено правильність коду.

У даній роботі систему було суттєво перероблено і внутрішню логіку перекладено на платформу дедуктивної верифікації Why3. Платформа Why3 містить мову WhyML, що поєднує можливості мови функціонального програмування і мови для специфікацій (формальних вимог до програми) [4].

Код, відправлений студентом, разом зі специфікацією транспілюється у код мовою WhyML. Why3 самостійно виділяє теореми,

які потрібно довести. Далі їх можна передавати до будь-якого прувера, що підтримує цю платформу.

Таким чином:

1) система не прив'язана до конкретного прувера. Різні частини завдання можуть доводитися різними пруверами.

2) стає можливим використовувати бібліотеки платформи Why3 і додавати до системи завдання на основі алгоритмів, написаних для Why3.

3) розширюються синтаксичні засоби для написання коду.

Все це суттєво розширює потенційні можливості системи і можливу множину задач. Було додано можливість створювати і перевіряти завдання, що складаються не з однієї, а з кількох функцій: для кожної функції створюється своя специфікація.

Була додана можливість вводити код різними мовами. Для цього використаний генератор парсерів ANTLR і формальний опис синтаксису мов у нотації РБНФ. Все це дає перспективи для подальшого розширення множини задач і впровадження системи.

#### **Список використаної літератури**

1. Высокопоясный И.Г., Хижа А.Л. Автоматическая проверка семантической правильности решений задач по программированию//Питання прикладної математики і математичного моделювання, 2017, - Дніпро: ДНУ ім. Олеса Гончара, с. 234-247.
2. C. A. R. Hoare. An axiomatic basis for computer programming. Communications of the ACM, 12 (10):576–580 and 583, Oct. 1969.
3. E. W. Dijkstra. Guarded commands, nondeterminacy and formal derivation of programs. Commun. ACM, 18:453–457, August 1975. ISSN 0001-0782. doi:10.1145/360933.360975.
4. Andrei Paskevich. Deductive Program Verification with WHY3. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://why3.lri.fr/ejcp-2016/ejcp16-slides.pdf>

## УДОСКОНАЛЕННЯ НАВЧАННЯ ПРОГРАМУВАННЮ НА ОСНОВІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ДЕДУКТИВНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ ПРОГРАМ

**Аврахов Ф. В.**, fwa710@gmail.com, **Хижа О. Л.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Під час навчання програмуванню студенти пишуть велику кількість тривіальних програм — лабораторні роботи з реалізаціями алгоритмів тощо. Зазвичай вони перевіряються вручну, що підвищує навантаження на викладачів та потенційно може залишати помилки непоміченими.

Існує ряд систем, що дозволяють автоматизувати перевірку правильності програм. Для цього є два основні підходи: тестування та формальна верифікація. Переважна більшість освітніх систем використовують тестування, частина — суміш підходів.

Метою даної роботи було подальше вдосконалення системи Хижі-Високопоясного [1] для перевірки завдань з програмування та підготовка системи для впровадження. Вона повністю побудована на формальній верифікації [2]. Це є складнішим, але має свої переваги:

- для перевірки правильності програми не потрібно її запускати.
- тестування не може дати повної гарантії надійності. Формальна верифікація дозволяє більш повно і об'єктивно перевірити результати студентів та проаналізувати помилки у коді.
- система дозволяє студентам опанувати основи формальних методів програмування (формальні специфікації, умови верифікації, інваріанти), розуміння специфікацій та написання коду за ними. Це дає більш повне теоретичне уявлення про програмування як науку.
- студенти навчаються застосовувати математику на практиці до написання програмного коду.

Система працює на основі платформи дедуктивної верифікації Why3. Код, написаний студентом, разом зі специфікацією транспілюється на мову WhyML. Цей код відправляється до системи, що формулює для специфікації цілі — теореми, які потрібно довести. Why3 може

відправляти різні цілі до різних пруверів — засобів автоматичного доведення теорем. Студент отримує результати, чи доведена правильність програми, та місця помилок.

Розширено множину завдань системи для підвищення її практичної цінності. Крім інтерфейса для студента, було створено інтерфейс викладача. За його допомогою можна додавати нові завдання, відстежувати спроби студентів, розглядати відправлені версії коду, помилки в них та індивідуальний прогрес кожного конкретного студента. Система є здатною до розширення: інтерфейс викладача дозволяє додавати нові специфікації завдань.

Проведено інтеграцію системи з платформою Microsoft Teams, на базі якої проводиться навчальний процес. Microsoft Teams фактично складається з цілого ряду програм, має API та дозволяє підключати до неї свої застосунки. Інтеграція з Microsoft Teams є найбільш зручним способом для впровадження системи до навчального процесу.

#### **Список використаної літератури**

1. Аврахов Ф. В., Хижа О. Л. Дослідження методів доведення правильності комп'ютерних програм засобами платформи дедуктивної верифікації програм WHY3 // Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (MPZIS-2022): XX Міжнародна науково-практична конференція. Дніпро.
2. Высокопоясный И.Г., Хижа А.Л. Автоматическая проверка семантической правильности решений задач по программированию//Питання прикладної математики і математичного моделювання, 2017, - Дніпро: ДНУ ім. Олеся Гончара, с. 234-247.

## ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ У МОБІЛЬНОМУ ЗАСТОСУНКУ

Агеєва Г.О., [annaageeva4200@gmail.com](mailto:annaageeva4200@gmail.com)

Антоненко С.В., [szemlyanaya@gmail.com](mailto:szemlyanaya@gmail.com)

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Штучний інтелект та доповнена реальність вже не є якимись диковинками, а є досить поширеними та популярними у сучасному світі та є одними із найперспективніших напрямків ІТ розробок.

Для досягнення поставленої мети треба провести аналіз предметної області, пов'язаної з розробкою мобільних застосунків з використанням доповненої реальності, та провести огляд методів та програмних засобів, за допомогою яких можна реалізувати елементи доповненої реальності у мобільному застосунку.

Доповнена реальність (Augmented Reality, або AR) – це доповнення фізичного світу за допомогою цифрових даних, яке забезпечується комп'ютерними пристроями (смартфонами, планшетами або ж окулярами AR) в режимі реального часу.

Технології доповненої реальності можна поділити на два типи: засновані на маркерах (Marker-based AR) та без маркерів (AR without markers).

Програми AR на основі маркерів використовують цільові зображення (маркери) для розміщення об'єктів у полі зору користувача. Перші програми з доповненою реальністю базувалися на маркерах. Прикладом такого типу доповненої реальності є використання фільтрів та ігор в Instagram та Snapchat.

Основними завданнями AR з маркерами є аналіз змін у кадрах, знятих камерою, і правильне вирівнювання віртуальних даних у сцені камери на основі результатів відстеження. У свою чергу, підхід на основі маркерів забезпечує точне відстеження за допомогою бінарних маркерів

або фотографій реальних плоских об'єктів у сцені камери.

AR без маркерів дозволяє позиціонувати віртуальні 3D-об'єкти в середовищі реального зображення, досліджуючи характеристики, присутні в даних у реальному часі. Цей тип вказівок покладається на апаратне забезпечення будь-якого смартфона, зокрема камеру, GPS або акселерометр, а програмне забезпечення доповненої реальності завершує роботу.

В свою чергу AR без маркерів поділяється на 4 категорії:

1. AR на основі розташування – спрямована на об'єднання 3D-віртуальних об'єктів у фізичному просторі, де знаходиться користувач.

2. AR на основі проєкцій – основним використанням цієї технології є створення ілюзії щодо глибини, положення та орієнтації об'єкта шляхом проєктування штучного світла на реальні плоскі поверхні.

3. AR з накладанням – використовується для заміни оригінального вигляду об'єкта оновленим віртуальним зображенням та забезпечує кілька виглядів цільового об'єкта з можливістю відображення додаткової відповідної інформації про цей об'єкт.

4. Контурна AR – за допомогою спеціальних камер використовується для того, щоб людські очі окреслювали контури конкретних об'єктів лініями для полегшення певних ситуацій. Наприклад, його можна використовувати для автомобільних навігаційних систем, щоб забезпечити безпечне водіння в умовах поганої видимості.

Реалізувати власний мобільний застосунок можна за допомогою різних технологій та платформ. Найпопулярнішими та найкращими з точки зору функціоналу зараз є технології ARKit та ARCore від Apple (для iOS) та Google (для Android), відповідно. Також популярними є платформи Vuforia та EasyAR, які можуть надавати подібний функціонал, але з обмеженнями у безкоштовній версії та не для комерційного використання.



## ЗАДАЧА ПОШУКУ ДОСТАТНІХ УМОВ КЕРОВАНOSTІ В ЛІНІЙНИХ СТАЦІОНАРНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМАХ

**Алексєєв М. А.** [nikalekseyev@gmail.com](mailto:nikalekseyev@gmail.com), **Наконечна Т.В.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Теорія автоматичного керування – наукова дисципліна, яка вивчає процеси автоматичного керування об'єктами різної фізичної природи. Математичних засоби допомагають виявити властивості систем автоматичного керування для розробки рекомендацій з їхнього проектування.

Теорія лінійних стаціонарних систем – розділ теорії динамічних систем, вивчає динамічні властивості та поведіння лінійних стаціонарних систем. Використовується в різних областях інженерної справи: для керування технічними системами, цифрової обробки сигналів, тощо.

Стаціонарна лінійна система цілком керована, якщо вибором керуючого впливу  $u(t)$  на інтервалі часу  $[t_0, t_1]$  можна перевести систему з будь-якого початкового стану  $x(t_0)$  у довільний заздалегідь заданий кінцевий стан  $x(t_1)$ . Якщо усі компоненти вектору станів керовані, то система повністю керована.

Основні проблеми дослідження критеріїв часткової та повної керованості лінійних стаціонарних динамічних систем були викладені в роботах наступних математиків Е. Гільберта, Р. В. Гамкрелідзе, Р. Калмана, Л. С. Потрягіна, Н. Н. Красовського, Ю. М. Семенова, Р. Біанчіні, а також у роботах М. Місріханова, В. Рябченка та О. Бударгіна при дослідженні великих систем динамічного керування.

Авторами було здійснено узагальнення математичної постановки задачі пошуку умов керованості в лінійних стаціонарних динамічних системах.

Задача пошуку умов керованості виконується з застосуванням представлення руху динамічної системи в багатовимірному просторі станів керування, в якому створюється модель динамічної системи. Вона включає в себе набір змінних входу, виходу і стану, зв'язаних між собою диференціальними рівняннями першого порядку в матричній формі.

Були застосовані алгоритми розрахунків критеріїв повної керованості стаціонарних лінійних динамічних систем наступних авторів:

- відсутності «нульових» строк в канонізованій матриці керування динамічної системи Е. Гільберта;
- рангу матриці керованості динамічної системи Р. Калмана;
- рангу стрічкової матриці керованості динамічної системи М. Місріханова.

Під час реалізації алгоритмів визначення критеріїв керованості в якості програмного забезпечення для виконання матричних операцій застосовані пакети: MATLAB та MAPLE.

### **Бібліографічні посилання**

1. Нефьодов Ю. М. Теорія керування: Навчальний посібник, 2003.
2. Фельзер М. С. Обчислення керованості для лінійних стаціонарних систем, 2011, с. 36-38.

## РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ВИБОРУ ДИСЦИПЛІН

**Анацький І.О.**, [ilya.anatskiy@gmail.com](mailto:ilya.anatskiy@gmail.com)

**Дзюба П.А.**, [avataaaa@ua.fm](mailto:avataaaa@ua.fm)

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Проектування та розробка веб-додатків є актуальною задачею на сьогодні. Не зважаючи на існування великої кількості соціальних мереж та інших сайтів, які якось замінюють чи дублюють їх функціонал, вони всі мають різну архітектуру і намагаються конкурувати між собою у швидкодії та легкості розробки.

Більшість сучасних сайтів використовують спільний патерн розробки - MVC (Model-View-Controller). Який складається з трьох компонентів UI-BLL- DAL (User Interface - Business Logic Layer - Data Access Layer). Кожна з цих компонентів відповідає за певний функціонал в додатку та має чіткі інструкції спілкування з іншими компонентами. Перша - відповідальна лише за відображення інтерфейсу, вона може приймати дані, але не може змінювати чи відправляти, друга - компонента бізнесу, можна назвати її головною компонентою, вона повністю керує проектом, містить у собі всі поточні змінні та функції, може їх змінювати та вказувати іншим компонентам що їм робити. Третя компонента - компонента API, вона повністю відповідальна за обмін даними із сервером.

В результаті виконаної роботи розроблений веб додаток, легкий та доступний у використанні, у якому студенти можуть обирати свої майбутні дисципліни відповідно до положення про порядок обрання здобувачами вищої освіти дисциплін за вибором у Дніпровському Національному Університеті ім. Олеся Гончара від «01» липня 2021 р., вхід до системи виконується за допомогою пошти MS Teams. Положенням визначається процедура формування переліку, вибору та подальшого вивчення здобувачами вищої освіти Університету вибіркового навчальних дисциплін

у межах, передбачених відповідною освітньою програмою та навчальним планом, порядок формування індивідуального навчального плану студента (далі - ІНП), а також здійснення контролю за результатами навчання за вибраними дисциплінами.

Фізичне зберігання даних в системі реалізовано на базі реляційної СУБД PostgreSQL, враховуючи необхідність зберігати значні обсяги даних та підтримувати роботу багатьох користувачів, що здійснюють одночасний доступ до бази даних.

## **РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОСВІТНІХ ЗАКЛАДІВ**

**Андрєєв Д.А.**, andreevdenis1611@gmail.com

**Золотько К.Є.**, zolt66@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Проектування та розробка освітніх веб-додатків /мобайл застосунків є дуже важливою і актуальною середою. Не зважаючи на існування великої кількості аналогічних і подібних сайтів, які якимось замінюють чи дублюють їх функціонал, вони всі мають різну архітектуру і намагаються конкурувати між собою. При цьому багато систем працюють для вузької групи освітніх продуктів.

Головною задачею при розробці сучасної LMS систем є те, що потрібно враховувати дуже багато факторів, які будуть впливати подалі на навчання.

Починати завжди потрібно саме з концепту, щоб розробити той функціонал, який буде придатний до користування в певній сфері/області.

Далі використовуємо UX/UI дизайн, адже щоб не відбити бажання навчатися, він повинен бути привабливим.

Важливою складовою є і подальший процес авторизації і контроль якості навчання. Тому було використано новий формат авторизації через

менеджер, без додавання зайвих паролів. Якість освіти присутня через базову аналітику, а також створення персональних акаунтів для адмінів/вчителів/ інших осіб. Особливістю системи є те, що вона повинна адаптуватись під різні методи навчання, що дасть можливість бути універсальною і підходити для будь-якого типу навчання як особистого, так і групового виду освіти.

В результаті виконаної роботи були зроблені наступні висновки: для початку потрібно розробити чіткий концепт системи. Далі звернути увагу саме на процес створення UI/UX частини, використовуючи стандартні User GuideLines та шаблони LMS. Задля більш простої авторизації, і при цьому мати аналогічну якість безпеки, треба використовувати підключення до месенджерів. Завжди треба пам'ятати про цілісність всього продукту, і приділяти багато уваги всім користувачам, як студентам, так і вчителям/ менторам. При цьому LMS система працює максимально на велику кількість освітніх програм, тому вона використовується як стандартна для будь якого типу навчання.

## ВИКОРИСТАННЯ СЕРВІСУ MENTIMETER У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Антоненко С.В. [szemlyanaya@gmail.com](mailto:szemlyanaya@gmail.com), Ізмайлова М.К.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))

В наш час, пов'язаний з дистанційним навчанням, потрібно якось налагодити взаємодію з аудиторією, щоб лекційні заняття не перетворювались на скучне прослуховування інформаційних повідомлень. В такому випадку складно оцінити оперативну, а як же засвоєно запропонований матеріал. Можна, звісно, наприкінці заняття або теми проводити тестування за допомогою google-форм або форм microsoft, але існують сервіси, які допоможуть «оживити» лекцію. Ми можемо пропонувати студентам короткі опитування в різних форматах і з різною метою.

Розглянемо приклад застосування сервісу mentimeter (<https://www.mentimeter.com/>). Під час заняття, коли ми розібрали якийсь момент лекційного матеріалу, надаємо студентам посилання на заздалегідь підготовлене в сервісі запитання. Це може бути запитання у формі змагання, де буде враховано не тільки правильна відповідь, а ще й швидкість надання цієї відповіді. Після закінчення терміну запитання з'явиться турнірна таблиця, та оголошено переможця. Така форма опитування гарно сприймається студентами, підбадьорює їх, мотивує на перемогу, вимагає постійної уваги. На рисунку 1 можна побачити приклад запитання та турнірної таблиці.

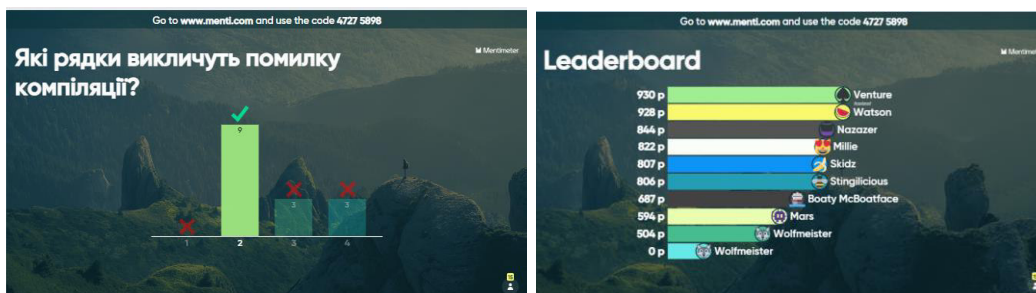


Рисунок 1 – Запитання та турнірна таблиця

## МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ «DRAW & GO» У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Антонюк В.А., vlad.antonyuk@gmail.com,

Сидорова М.Г., sidorova.m.g@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

«Draw & GO» – сучасний крос-платформний програмний продукт, який дозволяє полегшити, прискорити та автоматизувати роботу з пристроями. Це можливо завдяки макросам – мікро командам, що виконуються на вимогу користувача. Кожен користувач сам формує та комбінує команди, які потім можна відтворити необмежену кількість разів.

«Draw & GO» складається з наступних частин:

Менеджер – помічник у керуванні кодами та макросами (рис. 1). Він дозволяє продивитися записані графічні коди у галереї; переписати код, при цьому макрос ніяк не зміниться; додати макрос до автозапуску операційної системи; дати макросу конкретне ім'я; налаштувати макрос, тобто встановити кількість повторів та час до запуску макросу; переписати макрос; повністю видалити макрос та графічний код.



Рисунок 1 – Менеджер

Записувач Макросів – програмний засіб, призначений для автоматизації дій. Він дозволяє записати та відтворити усі дії користувача.

Також однією з можливостей програми є експорт макросу, який потім можна відтворити на будь-якому комп'ютері. Програма сама змінить роздільну здатність екрану та відтворить експортований макрос.

Також існує можливість не тільки відтворити експортований макрос, а й проводити онлайн консультації. Достатньо лише вибрати «Give-a-Hand», обрати свою сторону та почати роботу. «Give-a-Hand» дозволяє керувати віддаленим комп'ютером та обмінюватись файлами (рис.2).

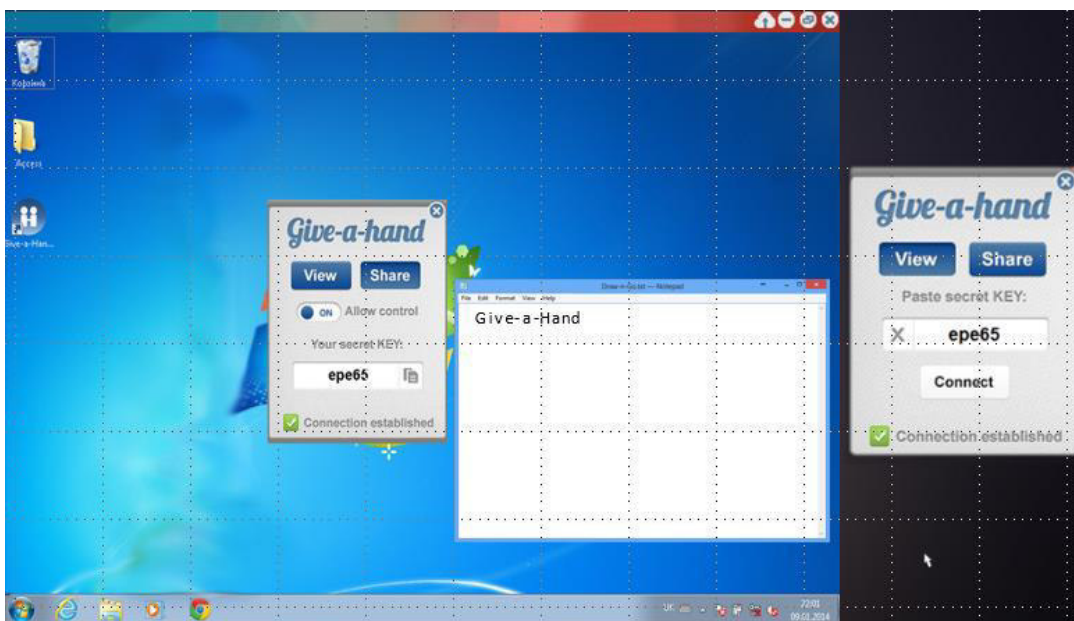


Рисунок 2 – Керування віддаленим комп'ютером

Завантажити програму можна при відвідуванні офіційної сторінки в Інтернеті – <https://drawgo.azurewebsites.net/>.

Завдяки «Draw & GO» і «Give-a-Hand» можна швидко і зручно організувати взаємодію викладача та студента. Викладач записує лекцію і розшарує її зі студентами. Ті у свою чергу можуть відтворити її на власному пристрої. У разі виникнення питань, викладач може віддалено керувати пристроєм студента для вирішення проблем.



## AUTOMATIC ENHANCEMENT OF METALLOGRAPHIC IMAGES OF THE SAMPLE SURFACE

**Akhmetshina L.G.**, akhmlu1@gmail.com,  
**Yegorov A.A.**, for \_\_\_students@ukr.net  
*Dnipro National University named by O. Gonchar*

**Introduction.** The metallographic images analysis quality may decrease due to the presence of defects in the image of the studying sample, which were obtained due to the method of its formation. Visually, they are observed in the form of dark spots, scratches, etc. In this case, it becomes necessary to eliminate them, preferably in automatic mode.

**Formulation of the problem.** This paper proposes a method for the automatic elimination of defects in metallographic images.

**Solution of the problem.** The algorithm of proposed method contains the next steps:

1. Power transformation, which has the goal to decrease the brightness of source image proportionally:

$$I_1(y, x) = I(y, x)^{1 + (X_1)^{1 - \text{sgn}(\bar{X} - 0.5)} \times X_1}, \quad (1)$$

where  $I, I_1$  are the source and processed images, accordingly;  $\bar{X}$  is the mean of source image brightness;  $X_1 = \left( \bar{X}^{1 + \bar{X}} + 0.5 \right) / 2$ .

2. Window transformation (window size is 5x5), which has the goal to restore the background at the place of defects. This transformation is performed based on weighted sum of those window pixels which have the brightness value less than  $(x_{\min})' = (x_{\min} + \bar{X}_1) / 2$ , where  $x_{\min}$  is the minimal brightness value of the source image;  $\bar{X}_1$  is the mean of the image  $I_1$ . The summation involves only those pixels of the window whose brightness values are not lower than  $(x_{\min})'$ . In this case, for 4 corner pixels of the window, the coefficient  $1/\sqrt{8}$  is used, for 4 adjacent vertically and horizontally with the central pixels, the coefficient 1 is applied, and for the rest of the pixels (except for the central one, which does not

participate in the summation, because it does not satisfy the condition)  $1/\sqrt{2}$  is used. The resulting sum is divided by the number of pixels used in the summation. Thus the  $I_2$  image is formed.

3. Power transformation, which performs the proportional decreasing of brightness to provide matching the gray levels of original image:

$$I_3(y, x) = I_2(y, x)^{1 - (X_1)^{1 + X_1/2}} . \quad (2)$$

That is the way of forming image  $I_3$ .

**The experimental results** were obtained on the example of processing an image of an iron alloy sample doped with molybdenum and phosphorus, which was obtained using an electron microscope with magnification  $\times 3500$  (Fig. 1a). As we can easily notice, the source image has various defects in the form of dark objects. The application of the proposed method (Fig. 1b) made it possible to restore the image and provided the correspondence of halftones in comparison with the original image. At the same time, it should be noted that the proposed method does not eliminate the presence of skin-deep scratches, which are displayed in shades of gray.

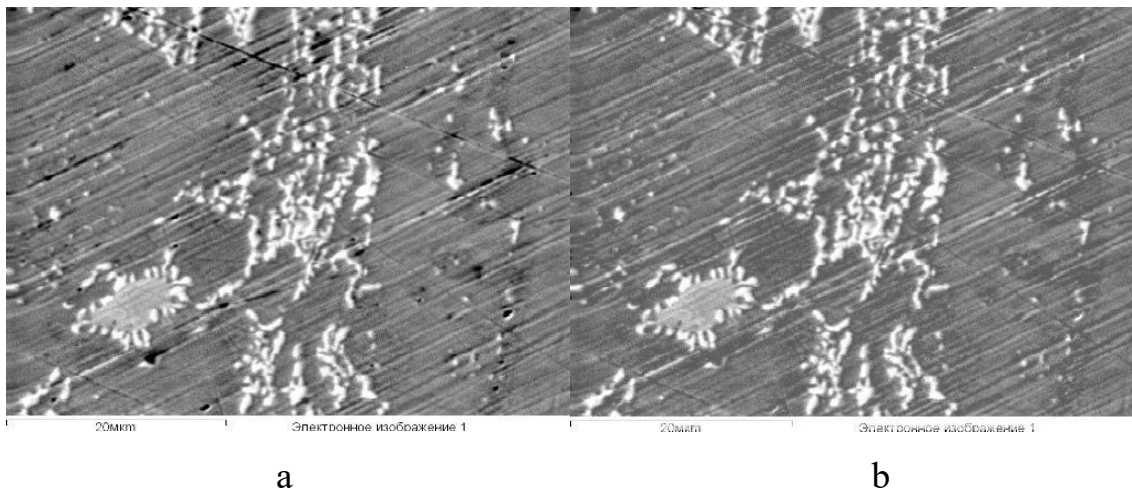


Figure 1 – The processing results: a – the source metallographic image, b – the enhancement result.

## АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОШКОДЖЕНЬ НЕДОРОГИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ

**Басько А.В.**, basko.artem@pdaba.dp.ua, **Пономарьова О.А.**, pricmech@ukr.net

*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури*

Використання сучасних систем структурного моніторингу (SHM) на важливих об'єктах таких як: атомні електростанції, вітрові турбіни, мости, висотні будівлі та на складних архітектурних об'єктах показали важливість їх застосування [1]. SHM націлені на аналіз даних реакції конструкції на зовнішній вплив з метою своєчасного застосування профілактичних заходів та запобіганню руйнувань [2-3].

У науковій спільноті було запропоновано різноманітні алгоритми машинного навчання: найменших середніх квадратів (LMS), рекурсивний найменших квадратів (RLS) [4]. А також алгоритми, засновані на принципах нечіткої логіки та штучних нейронних мереж [5].

Метою роботи є розробка алгоритму автоматичної ідентифікації пошкоджень для сенсорних вузлів які побудовані за використанням дешевої елементної бази. Запропонований алгоритм відноситься до неконтрольованих алгоритмів, та має переваги, пов'язані зі швидкістю обчислень і не вимагає вихідних даних за попередній стан.

Суть автоматичного методу полягає у самостійному навчанні опираючись на різницю попередніх даних вібрації. Тобто алгоритм послідовно оцінює різницю попереднього та поточного значення вібрації. Крім того, в роботі запропоновано підхід, який дозволяє автоматично визначати рівні можливих пошкоджень для їх ідентифікації в режимі реального часу.

Концептуально розроблений підхід можна розділити на кілька основних етапів:

1. Отримання значень поточного кроку як різницю між двома значеннями вібрації.

2. Оцінити, як змінюються наші кроки
3. Оцінка коефіцієнта згладжування, для зменшення шумів у сигналі
4. Фінальна корекція поточного значення вібрації.

Для перевірки та оцінки якості запропонованого алгоритму автоматичної ідентифікації пошкоджень було використано набір даних про прискорення моста які показані на рис. 1.

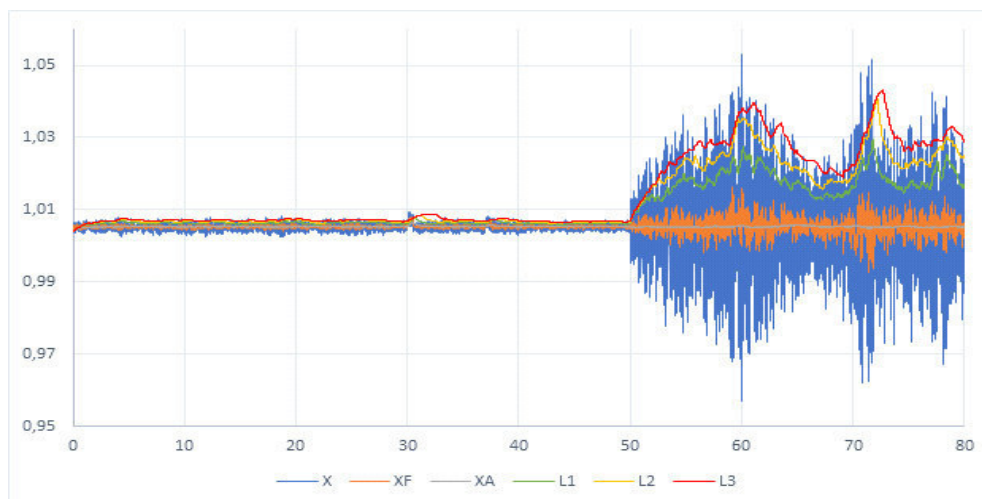


Рисунок 1 - Набір початкових даних (X) та скориговані дані (XF)

#### Список використаних джерел

1. Y. Fu, T. Hoang, K. Mechitov, J. Kim, D. Zhang, B. Spencer. Sudden event monitoring of civil infrastructure using demand-based wireless smart sensors. *Sensors*. 2018. Vol. 18, No. 12. P. 1-17. DOI: <https://www.doi.org/10.3390/s18124480>
2. F. Hailing, Z.S. Khodaei, M.H. Ferri Aliabadi. An event-triggered energy-efficient wireless structural health monitoring system for impact detection in composite airframes. *IEEE Internet of Things Journal*. 2019. Vol. 6, No. 1. P. 1183-1192. DOI: <https://www.doi.org/10.1109/JIOT.2018.2867722>
3. P. Wang, Y. Yan, Y.T. Gui, O. Bouzid, Z. Ding. Investigation of wireless sensor networks for structural health monitoring. *Journal of Sensors*. 2012. Vol. 2012. P. 1-7. DOI: <https://www.doi.org/10.1155/2012/156329>
4. A. Kluga, J. Kluga, Dynamic Data Processing with Kaiman Filter. *Elektronika Ir Elektrotechnika*. 2011. Vol. 111, No. 5. P. 33-36. DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.eee.111.5.351>
5. R.P. Finotti, A.A. Cury, F.D.S. Barbosa. An SHM approach using machine learning and statistical indicators extracted from raw dynamic measurements. *Latin American Journal of Solids and Structures*. 2019. Vol. 16, No. 2. P. 1-17 DOI: <https://doi.org/10.1590/1679-78254942>

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕНЬ У ПРИМІЩЕННІ

**Безродня Т.В., tanyabezrodnyaya@gmail.com, Тонкошкур І.С.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Захист навколишнього середовища від забруднень при аварійних викидах токсичних речовин є однією з актуальних проблем екологічної та промислової безпеки. З кожним роком гострота цієї проблеми зростає. Однією з важливих задач екології є прогнозування рівня забруднення повітряного середовища в суспільних і виробничих приміщеннях.

В даній роботі для моделювання розповсюдження забруднюючих речовин використовується конвективно-дифузійна модель перенесення, що основана на диференціальному рівнянні в частинних похідних

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \operatorname{div}(\bar{V}C) = \operatorname{div}(\mu \operatorname{grad} C) + Q,$$

де  $t$  – час,  $C$  – концентрація забруднюючої речовини у приміщенні,  $\bar{V}$  – вектор швидкості повітряних мас,  $\mu$  – коефіцієнт дифузії,  $Q$  – інтенсивність забруднення. Диференціальне рівняння доповнюється початковою умовою та крайовими умовами першого і другого роду на межі розрахункової області. Для визначення компонентів вектора швидкості  $\bar{V}$  застосовується модель потенціальних течій рідини

$$\Delta\varphi = 0, \quad \bar{V} = \operatorname{grad}\varphi,$$

де  $\varphi$  – потенціал швидкості повітряного середовища.

Задача розв'язується у двовимірному наближенні, коли проводиться осереднення невідомих функцій по вертикальній або горизонтальній координатам (планова і профільна задачі). Для чисельного розв'язання крайових задач для наведених вище рівнянь застосовується метод змінних напрямків з використанням метода установлення розв'язку для рівняння Лапласа. Наводяться результати розрахунків, отриманих за допомогою пакета Matlab.

## РОЗПІЗНАВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗА РАДІОЧАСТОТНИМ СИГНАЛОМ

**Березін В.В.**, brzvalentin1997@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) мають широке застосування і зокрема використовуються у військовій, транспортній, рятувальній, рекламній сферах. Їх розповсюдженість призвела до необхідності створення, для певних предметних областей, систем захисту, що передбачають наявність функціоналу виявлення та розпізнавання. При розробці якісних автоматизованих систем, що вирішують ці задачі, слід враховувати їх вартість та орієнтуватись на методи, які мінімізують похибку розпізнавання.

Існує декілька методів виявлення (детекції) та класифікації БПЛА.

- 1) Метод, що використовує дані радіолокаційних датчиків, заснований на випромінюванні радіохвиль і реєстрації їх віддзеркалень від об'єктів. Однак такий метод може призвести до того, що до множини тих об'єктів, які нам потрібно виявити, можуть потрапляти об'єкти іншої природи.
- 2) Метод, що використовує дані отримані з оптичних датчиків та обробляє їх, базується на математичних методах обробки зображень. БПЛА повинен бути в зоні видимості та якість отриманих даних залежить від погодних умов.
- 3) Методи розпізнавання аудіо сигналів використовують дані отримані з акустичних датчиків. При побудові моделей в цьому випадку слід враховувати можливу зашумленість середовища.
- 4) Методи, що базуються на використанні радіочастотних сигналів, що випромінюються БПЛА.

Методи виявлення та класифікація БПЛА на основі радіочастотних сигналів є на даний час малодослідженими. Існує декілька способів представлення таких сигналів [1].

Наведемо постановку задачі виявлення об'єкту. Нехай задана сукупність спостережень  $y_0, y_1, \dots, y_n$ , де  $y_i$  – дані радіосигналу в момент часу  $i$ . Результатом розв'язання задачі детекції є отримана підпоследовність  $y_k, y_{k+1}, \dots, y_m$ , де  $k \geq 0$ ;  $k \leq m$ ;  $m \leq n$ , дані якої і свідчать про наявність саме того об'єкту, який ми повинні виявити.

На рис.1 наводяться фрагменти тих радіочастот, які потребують аналізу.

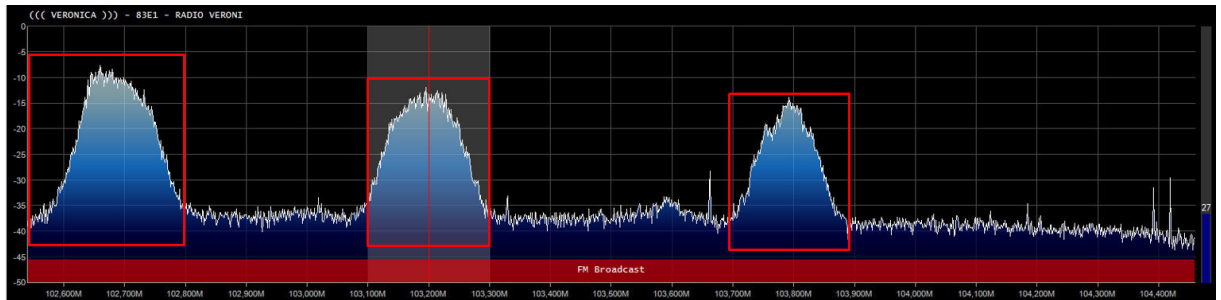


Рисунок 1. Приклад виявлення аномалій на спектрі радіочастот

Задача ускладнюється при збільшенні кількості об'єктів від яких одночасно поступають радіочастотні сигнали.

На основі отриманої підпоследовності можна спрогнозувати до якого класу належить об'єкт. Для задачі класифікації необхідно заздалегідь знати класи до яких з визначеною імовірністю будуть віднесені ідентифіковані об'єкти.

#### Перелік використаних джерел

1. Whiteboard. – [Електронний ресурс]. – <http://whiteboard.ping.se/SDR/IQ>

## АРХІТЕКТУРА БАГАТОРІВНЕВОЇ ОДНОРАНГОВОЇ РОЗПОДІЛЕНОЇ БЛОКЧЕЙН МЕРЕЖІ

Бельфер Р.Е., belfer.roman@gmail.com

*Хмельницький національний університет*

Для проектування мережі блокчейн згідно з принципами консенсусу протоколу Proof-of-Activity [1], необхідно внести певні уточнення щодо мережевої архітектури. Класична блокчейн мережа, до прикладу Bitcoin, що базується на принципах протоколу консенсусу Proof-of-Work, використовує однорангову мережеву архітектуру Peer-to-Peer. В такому випадку, кожен мережевий вузол є рівним елементом у глобальній системі відносно інших вузлів. Проте, для опрацювання процесу роботи протоколу Proof-of-Activity необхідна типізація та параметризація вузлів мережі. Це потрібно для того щоб слідувати етапам що визначені алгоритмом протоколу консенсусу щоб відібрати кінцевий вузол валідатор. Проектуючи однорангову блокчейн мережу, що реалізовує протокол консенсусу Proof-of-Activity, вимагаються додаткові деталі – саме для цього було запропоновано використати багаторівневий розподіл для різних типів та параметрів всередині мережі. Кожен рівень містить підмножину мережевих вузлів що згруповані за певними наперед визначеними умовами. Проте, мережа підтримує властивість класичної однорангової мережі надаючи кожному вузлу рівні можливості. Такі покращення та посилення мережі відображаються у назві архітектури – Layered Peer-to-Peer (LP2P). Відповідно до кількості та якості активності у мережі, вузли можуть бути переміщені між рівнями, підвищуючи себе та збільшуючи можливості бути обраними як валідатори. Варто зазначити що міжрівнева позиція вузла в мережі не статична і може бути змінена. Якщо умова:

$$activityIndex(node) \geq index_1, \quad (1)$$

Для вузла  $node_0K$  вірна, тоді відбувається переміщення:

$$node_0K \rightarrow node_1L+1, \quad (2)$$

Якщо вузол розміщений на рівні  $N$  досягає рівня активності, щонайменше рівного до рівня активності  $N + 1$ , цей вузол переміщується на наступний рівень та стає вузлом рівня  $N + 1$ . Вузли є згрупованими на рівнях базуючись на їхній активності та стають здатними брати участь у відборі вузлів для ролі валідаторів.





Рисунок 1 – Багаторівнева однорангова мережа та вузли розподілені на рівнях

LP2P багаторівнева однорангова мережева архітектура по своїй суті є структурним шаблоном для побудови мережі призначеної для обслуговування блокчейн системи протоколу консенсусу Proof-of-Activity. Багаторівнева структура дозволяє розділити обов'язки вузлів без потреби обмежувати можливості та перспективи окремих вузлів. Наступний алгоритм валідації може бути застосований для різноманітних вузлів, що розміщуються на певному мережевому рівні, з наперед визначеними умовами та параметрами. Це дозволяє масштабувати кількість рівнів залежно від вхідних умов для різноманітної прогнозованої поведінки.

#### Перелік посилань

1. Belfer R. Proof-of-Activity Consensus Protocol Based on a Network's Active Nodes / R. Belfer, A. Kashtalian, A. Nicheporuk, A. Sachenko, G. Markovsky // Proceedings of the 1st International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security. - Khmelnytskyi, Ukraine, June 10-12, 2020. - Pp.239-251.
2. Bandara, H. M. N. D; A. P. Jayasumana, "Collaborative Applications over Peer-to-Peer Systems – Challenges and Solutions". Peer-to-Peer Networking and Applications., 2012, pp. 257–276 doi : 10.1007/s12083-012-0157-3
3. Steinmetz, Ralf; Wehrle, Klaus, "2. What Is This "Peer-to-Peer" About?". Peer-to-Peer Systems and Applications. Lecture Notes in Computer Science. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 9–16 doi : 10.1007/11530657\_2

## ПРО ФОРМАЛЬНУ МОВУ ДЛЯ ГНУЧКОГО НАДАННЯ РЕСУРСІВ ВЕБ-СЛУЖБ У МІКРОСЕРВІСНІЙ АРХІТЕКТУРІ

Білецький А. С., antonbeletsky@gmail.com,

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Ключові слова: веб-служби, мікросервісна архітектура, операції з відношеннями, формальні мови, контекстно-вільні граматики.

У сфері інформаційних та комунікаційних систем є тенденція на уніфікацію інтерфейсів представлення та обміну інформації. Тому нагальною проблемою є створення єдиного гнучкого API для веб-сервісів, використання якого позбавить необхідності адаптувати API веб-серверу під кожен клієнт окремо[1].

Для розроблення такого гнучкого інтерфейсу розглядався метод представлення ресурсів веб-служб у вигляді відношень реляційної алгебри [2]. Згідно нього, при представленні ресурсів у вигляді відношень, можна виконувати типові реляційні операції, такі як обмеження відношення, проєкцію відношення, з'єднання відношень. Для виконання цих операцій на стороні серверу клієнт веб-служби має описати їх у формі зрозумілій серверу і яка враховує специфіку цих операцій (кількість операндів, тип вхідних, вихідних даних тощо). Тому постає задача створення формальної мови для гнучкого надання ресурсів веб-служб.

Так, серед основних операцій з відношеннями ресурсів веб служб, можна виділити: фільтрацію, сортування та обмеження відношення, об'єднання відношень та проєкцію атрибутів відношення. Всі ці операції направлені на отримання ресурсу з серверу і більшість таких запитів виконується за допомогою протоколу http. Так як усі методи протоколу http мають містити строку заголовку, то опис операції з ресурсами необхідно виконувати саме в URI. Для опису цих операцій можна використати контекстно-вільну граматику формальної мови.

Серед найпоширеніших форм опису формальних мов використовують форму Бекуса-Наура та синтаксичні діаграми. Розглянемо операцію сортування відношення. Ця операція передбачає у якості вхідних даних назву відношення, атрибути відношення по яким сортувати та напрямок сортування (за зростанням або за спадом). У формі Бекуса-Наура її можна представити:

$$\begin{aligned} \underline{\text{order by expression}} &::= \underline{\text{order by clause}} (', \underline{\text{order by clause}})^* \\ \underline{\text{order by clause}} &::= \text{attribute} ( 'asc' | 'desc' )? \\ \text{attribute} &::= [a-zA-Z\_][a-zA-Z\_0-9]^* \end{aligned}$$

Для прикладу розглянемо відношення `Product(Name, Price)`. Для сортування продуктів спочатку за зменшенням ціни, а потім за назвою (по алфавіту), буде використано наступний http запит:

GET *http://<hostname>/products?orderby=Price desc,Name asc*

Аналогічно можна представити і інші операції з ресурсами, а сукупність цих операцій представлятиме формальну мову для надання гнучкого ресурсів веб-служб. Для виконання операцій на стороні серверу необхідно буде створити абстрактне синтаксичне дерево, яке розпізнаватиме запропоновану мову і переводити її у оператори конкретної мови програмування що використовується на сервері. Таким чином можна отримати єдиний гнучкий інтерфейс комунікації веб-служб у мікросервісній архітектурі, незалежно від мови програмування на сервері.

### Література

1. Білецький А.С. Технологія розробки програмного забезпечення інтерфейсу веб-служ, на основі мікросервісної архітектури // Тези XII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості і освіті» ДНУЗТ, 2018. С. 85.
2. Білецький А.С. Про надання колекції ресурсів операцій вибірки реляційної алгебри // Тези доповідей конференції за підсумками науково-дослідної роботи Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара «Проблеми прикладної математики та комп'ютерних наук», 2020. С. 9.

# ОДНОМІРНИЙ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИЙ КВАЗІКРИСТАЛ З МІЖФАЗНОЮ ТРІЩИНОЮ ПІД ВПЛИВОМ ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ЗАРЯДУ ТА АНТИПЛОСКОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Білий Д. В.

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Розглянуто два пов'язані одновимірні квазікристалічні напівпростори та тунельна тріщина вздовж їх межі розділу під впливом механічного навантаження та електричного заряду, прикладеного безпосередньо до берегів тріщини. Вважається, що поляризація матеріалів паралельна фронту тріщини і в цьому ж напрямку розташування атомів є квазіперіодичним. Перпендикулярно ж фронту тріщини розташування атомів є періодичним. Прикладаються рівномірно розподілені антиплоскі фононні та фазонні зсувні навантаження паралельно берегам тріщини. На гранях тріщини також прикладений електричний заряд.

За допомогою векторної функції, голоморфної у всій комплексній площині, крім області тріщини, будуються матрично-векторні представлення для похідних стрибків переміщень і напружень. Задовольняючи граничні умови на гранях тріщини, за допомогою цих представлень формується задача лінійного спряження Рімана-Гільберта з відповідними додатковими умовами на тріщині та умовами на нескінченності. Побудовано аналітичне рішення цієї задачі. Аналізуючи отриманий розв'язок, отримані аналітичні вирази для фононних і фазонних напружень, стрибків переміщень уздовж межі розділу матеріалів в області тріщини, що має електричний заряд.

Чисельний аналіз розв'язку продемонстрував істотний впливу електричного заряду тріщини на фононний і фазонний напружено-деформований стан в околі тріщини. Аналіз проводився для комбінації різних квазікристалічних матеріалів. Основні результати розв'язків, тобто фононні та фазонні напруження вздовж межі розділу матеріалів та стрибки фононних і фазонних зміщень, представлені у графічному вигляді. Зроблено висновки щодо впливу електричного заряду тріщини на поведінку як самої тріщини, так і матеріалу в її околі.

## ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ МЕХАНІКИ

Білоус О.В., belous3006@gmail.com, Зайцева Т.А., ztan2004@ukr.net

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Практично у всіх галузях промисловості під час розробки нових виробів використовуються технології комп'ютерного моделювання, що дозволяють замінити дорогі та тривалі експериментальні дослідження чисельними експериментами. Крім того, на практиці не завжди є можливість випробувань реальних моделей, наприклад, в авіабудуванні, оскільки це потребує великих економічних витрат, а іноді, може привести і до катастрофічних наслідків.

Програмний комплекс ANSYS – відомий і широко застосовуваний високопродуктивний інженерний інструмент, що підвищує швидкість розробки виробів у віртуальному середовищі, дозволяє чисельно вирішувати просторові завдання статичного і динамічного навантаження, задачі з урахуванням геометричної нелінійності, стійкості, механіки руйнування та цілий ряд подібних класів завдань, а також ряд задач гідродинаміки, акустики та ін.

На початку процесу моделювання створюється дискретна модель досліджуваної системи. Існує декілька способів побудови геометрії безпосередньо в ANSYS – SpaceClaim та DesignModeller.

Було побудовано моделі взаємодії тіл у формі циліндра, трикутної призми з пружним півпростором (застосовано обидва способи SpaceClaim, DesignModeller). Результати розрахунків порівняно з аналітичними, що отримані раніше. На основі отриманої геометрії фігур, побудовані тіла складної форми. Проведено розрахунки їх взаємодії з пружним півпростором. Надано оцінки.

**МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО  
НЕБЕЗПЕЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПРОМИСЛОВИХ ТЕРИТОРІЯХ З  
УРАХУВАННЯМ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ**

**Біляєв М.М.**

*Український державний університет науки і технологій МОН України*

**Русакова Т.І.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

**Лапшин Є.С.**

*Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України*

**Дзюба С.В., sergejdzuba@gmail.com**

*Придніпровський науковий центр НАН України і МОН України*

Вирішення екологічних завдань на територіях, прилеглих до промислових підприємств, які виникають внаслідок проведення гірничо-інженерних робіт, складування відходів переробки мінеральної сировини, розливу нафтопродуктів і т.і., вимагає врахування фільтраційних особливостей ґрунтів, а також процесів забруднення підземних вод. Удосконалення методів оцінки параметрів фільтрації поверхні екологічно значимих зон, які пов'язані із техногенними забрудненнями, є актуальним завданням. Величезні площі, які зайняті під відвали гірської породи і терикони, кар'єрні виїмки, шлакозольні відвали, що є техногенними ландшафтами, з одного боку не використовуються як потенційні частки для забудови під інфраструктурні проекти, з іншого боку є територіями зі значними навантаженнями щодо екологічного стану.

Для успішної оперативної локалізації й ліквідації результатів розливу нафтопродуктів в промислових районах і на річках з наступними забрудненнями підземних вод і прибережних територій в першу чергу необхідно вдосконалювати засоби й методи усунення наслідків екологічної небезпеки на основі сучасних моделей, які описують процеси забруднення з урахуванням основних параметрів, а саме: фільтраційних властивостей зон аерації, концентрації небезпечної речовини і температури навколишнього середовища. При цьому, велику увагу приділяють таким

чинникам, як необхідність підтримки в постійній готовності сил і засобів, що пов'язані з локалізацією та ліквідацією розливу нафтопродуктів, які включають в себе підтримку працездатності технологічного обладнання та завчасне проведення інженерно-технічних заходів, спрямованих на запобігання можливим аваріям та своєчасну локалізацію розливу, що виник.

Динаміка процесу забруднення підземних вод розраховується на базі рівнянь масопереносу (1.1) та (1.2) [1-3]:

➤ **двовимірна модель**

$$\frac{\partial n\varphi}{\partial t} + \frac{\partial(u\varphi)}{\partial x} + \frac{\partial(v\varphi)}{\partial y} + \tilde{\sigma}_p \varphi = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right) + \sum_{i=1}^k \bar{Q}_i(t) \delta(x - x_i, y - y_i) \quad (1.1)$$

де  $\bar{Q}_i(t)$  – інтенсивність викиду;  $D_x, D_y$  – коефіцієнти дисперсії;  $u, v$  – компоненти швидкості підземного потоку;  $n$  – пористість,  $x_i, y_i$  – координати розташування точкового джерела забруднення,  $\delta(x - x_i, y - y_i)$  – дельта-функція Дірака,  $\tilde{\sigma}_p$  – параметр, що враховує зміну концентрації домішки в підземному потоці в часі внаслідок перетворень (хімічний розпад, радіоактивний розпад, тощо).

Відзначимо, що в залежності від типу забруднення параметр  $\varphi$  це:

- а) концентрація хімічної речовини в підземних водах (мг/м<sup>3</sup>);
- б) об'ємна активність, якщо розглядається радіоактивне забруднення підземних вод (Ки/м<sup>3</sup>);
- в) температура, якщо розглядається теплове забруднення водоносного шару (С°);
- г) концентрація клітин в об'ємі підземних вод, якщо розглядається біологічне забруднення водоносного шару (клітин/м<sup>3</sup>).

Для опису процесу незворотної сорбції використовується залежність виду:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \sigma \varphi,$$

де  $N$  – кількість речовини, поглиненої твердою фазою в одиниці виділеного об'єму [мг/м<sup>3</sup>];  $\sigma$  – константа швидкості сорбції [1/с];  $\varphi$  – концентрація речовини в водоносному шарі [мг/м<sup>3</sup>].

➤ **тривимірний модель**

Рівняння руху забруднювача в фільтраційному потоці має вигляд:

$$\frac{\partial n\varphi}{\partial t} + \frac{\partial u\varphi}{\partial x} + \frac{\partial v\varphi}{\partial y} + \frac{\partial w\varphi}{\partial z} + \tilde{\sigma}_p \varphi = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( D_z \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) + \sum_{i=1}^k \bar{Q}_i(t) \delta(x - x_i, y - y_i, z - z_i), \quad (1.2)$$

де  $\bar{Q}_i(t)$  – інтенсивність викиду;  $D_x, D_y, D_z$  – коефіцієнти дисперсії;  $u, v, w$  – компоненти швидкості підземного потоку;  $n$  – пористість,  $x_i, y_i, z_i$  – координати розташування точкового джерела забруднення,  $\delta(x - x_i, y - y_i, z - z_i)$  – дельта-функція Дірака,  $\tilde{\sigma}_p$  – параметр, що враховує зміну концентрації домішки в підземному потоці з часом, внаслідок перетворень (хімічний розпад, радіоактивний розпад, тощо).

Чисельне інтегрування рівнянь (1.1) – (1.2) здійснюється при відповідних крайових умовах за допомогою кінцево-різницевої схем.

Для моделювання процесу забруднення зони аерації (наприклад, при аварійному розливі на ґрунт з залізничної цистерни) використовується одновимірний модель масопереносу, аналогічна моделі (1.1). Рішення одновимірного рівняння масопереносу в зоні аерації визначається чисельним шляхом.

1. Zgurovskiy M Z, Skopetskiy V V, Khrushch V K and Belyaev N N 1997 *Numerical Modeling of Pollution Spreading in the Environment* Kiev: Naukova dumka Publ. 368 p.

2. Tripathy D P, Dash T R, Badu A, Kanungo R 2015 Assessment and modeling of dust concentration in opencast coal mine in India. *Global NEST Journal* **17(4)** 825-834.

3. Дзюба С.В., Дякун І.Л., Киричко С.М. Визначення фільтраційних властивостей ґрунтів техногенних родовищ. *Modern Scientific Researches*. 2020. № 11/Part 4, P. 12 – 20. <https://DOI: 10.30889/2523-4692.2020-11-04-014>.



**ANALYSIS OF MULTIPLE LONGITUDINAL BIOMARKERS FOR THE EARLY DETECTION OF OVARIAN CANCER****Blyuss O.<sup>1,2</sup>, Zaikin A.<sup>2</sup>, Abrego L.<sup>2</sup>**

o.blyuss@qmul.ac.uk

<sup>1</sup> *Wolfson Institute of Population Health, Queen Mary University of London, London, UK*<sup>2</sup> *Institute for Women's Health, University College London, London, UK*

**Background.** Despite recent advances in the development of approaches for earlier detection and treatment, ovarian cancer remains one of the malignancies with very poor prognosis. The only well-studied ovarian cancer biomarker is CA125 whose measurements are known to be increasing prior to diagnosis. Previously several methods have been suggested for predicting risk of ovarian cancer based on serial changes in CA125, however their performance characteristics were not sufficiently high to suggest respective approaches for screening. In the present study we aim to evaluate predictive power of a combination of longitudinal biomarkers including CA125 together with some other know biomarkers such as HE4 and Glycodelin.

**Methods.** To incorporate changes in serial patterns of multiple biomarkers we have used Bayesian Changepoint modelling. This relates to the fact that when a biomarker is related to tumor development, it is expected that corresponding levels should remain approximately flat before cancerous cells appear and then suddenly increase thereafter.

**Results.** We obtained highest performance for a combination of CA125 and HE4, AUC of 0.988 which was significantly higher than the performance of longitudinal CA125 (AUC 0.956). One year before diagnosis, the combination also outperformed single biomarker although difference was not significant.

**Conclusion.** Several combinations of longitudinal biomarkers have been evaluated and tested. We showed the potential of multivariable models to increase the detection rate of ovarian cancer.

## АЛГОРИТМ ПОБУДОВИ ЕФЕКТИВНОГО РОЗПОДІЛУ ОБ'ЄМІВ РОБІТ ДЛЯ ТЕХНІКИ ПІДПРИЄМСТВА

**Богомаз В.М., wbogomas@i.ua, Боренко М.В., Борисенко А.М.**

*Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро*

Необхідною умовою забезпечення стійкого функціонування об'єктів транспортної інфраструктури держави є своєчасне та якісне їх обслуговування і відновлення при руйнуванні з різних причин (природного або військового характеру). Для ефективного виконання таких операцій заздалегідь проведено розподілення державних підприємств (призначених для таких робіт) на визначених територіях. При відновленні автомобільних доріг, ділянок залізничної колії, різноманітних штучних споруд на об'єктах інфраструктури проводиться великий об'єм робіт по переміщенню земляних мас, для виконання яких залучаються землерийні машини та транспортні засоби. Процес роботи вищезазначеної техніки підприємства при відновленні об'єкту поділяється на дві основні частини: транспортування техніки з пункту дислокації підприємства до об'єкту відновлення (будівництва) та виконання основних робіт по переміщенню земляних мас.

При цьому процес транспортування техніки характеризується довжиною, якістю покриття доріг, способом пересування, що безпосередньо впливає на вартість транспортування техніки у зазначений район.

Задача раціонального розподілення об'ємів робіт між наявною технікою підприємства на об'єкті будівництва або відновлення з урахуванням її транспортування на об'єкти є актуальною.

Нехай виникла необхідність відновлення на одному об'єкті виконання завдань з відповідним об'ємом робіт  $V$ , який знаходиться на відстані  $L$  від місця розміщення підприємства. Відстань транспортування ґрунту після його завантаження в транспортний засіб до об'єкта відновлення дорівнює  $l$ .

Нехай на підприємстві є  $n$  типів землерийних машин з відповідними величинами продуктивності  $P_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , які працюють в комплексі з  $n$  типами транспортними засобами. Кількість землерийних машин  $i$ -го типу дорівнює  $p_{exi}$ . Нехай  $x_i$  - об'єм земляних робіт, виконаний  $i$ -им типом машини на об'єкті. Для оцінювання ефективності виконаних робіт будемо розглядати час виконання та сумарну вартість.

Задача полягає у визначенні таких об'ємів  $x_i^*$ , сума яких дорівнює  $V$ , та які б забезпечували мінімальні час та вартість виконання робіт. При цьому ефективним розв'язком задачі будемо називати такий розподіл об'ємів  $\overline{x_i}$ , якщо будь-яка його варіація призводить до погіршення одного з двох показників якості.

Для розглянутої задачі побудовано математичну модель, яка являє собою транспортну задачу з двома показниками якості: час виконання та сумарна вартість виконання робіт.

В роботі запропоновано алгоритм побудови ефективного розподілу об'ємів робіт для комплексів машин підприємства на одному об'єкті відновлення транспортної інфраструктури. Для побудови множини ефективних розв'язків задачі показники якості представлені як функції від параметру  $\alpha$ . Такий підхід дає можливість розв'язувати задачі при заздалегідь заданим максимально припустимим витратам або при заданому часі виконання робіт.

Для розв'язування чисельного прикладу розглянутої задачі (при  $n = 3$ ) за запропонованим алгоритмом розроблено програмне забезпечення у системі аналітичних розрахунків Maple. В результаті залучення побудованої програми для розглянутого прикладу побудовано множину припустимих об'ємів виконання земляних робіт, множину ефективних розв'язків, графічну залежність вартості виконання робіт від часу, витраченого для цього.

## ПІДХОДИ АЛГОРИТМІЗАЦІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ДАНИХ

**Божуха Л.М., bozhukha.li@gmail.com**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

При вирішенні різних завдань в інженерії програмного забезпечення приділяють увагу ключовим принципам, які відіграють важливу роль при розробленні алгоритмів та відповідних до них структур даних.

Немає єдиного алгоритму, який послідовно забезпечував би найкращу продуктивність за всіх обставин. У міру отримання інформації про вхідні дані необхідно обирати структуру та алгоритми, які найбільше підходять для роботи. Природним рішенням буде зосередитися на найгіршому випадку для кожного алгоритму. Але обов'язково необхідно приділити увагу концепціям, із якими доводиться стикатися під час реалізації та використання цих алгоритмів.

При вирішенні задач можна також використовувати принцип розкладу на задачі меншого розміру.

Важливим є питання вибору правильної структури даних для вирішення різних підзадач одного тематичного блоку. Вибір недоречної структури даних може не дозволити алгоритму досягти найкращої продуктивності.

Якщо вдається виділити підзавдання, які можна обчислювати незалежно, то можна спроектувати багатопотокове рішення з використанням наявних ресурсів. Однак не кожен алгоритм може бути покращений за допомогою паралелізму.

Сучасні алгоритми дуже часто неспроможні працювати без високого споживання пам'яті. Створення додаткового простору у вигляді додаткових полів структури з інформацією може приводити до виникнення просторово- часового компромісу. Створення такого додаткового простору для зберігання даних розміром порядку  $O(n)$  можна організувати для забезпечення ефективної реалізації алгоритму. Для уникнення високих

вимог до пам'яті можна використовувати блокове сортування для рівномірно розподілених даних.

Прикладом використання двох різних структур даних щодо використання алгоритму пошуку можуть бути збалансовані дерева та SkipList. Реалізація збалансованих дерев є складним завданням, а списки з пропусками є простою структурою даних. Алгоритми структури даних SkipList легко реалізовувати, розширювати та змінювати. Звичайні реалізації операцій на списках з пропусками приблизно такі ж швидкі, як і високо оптимізовані реалізації на збалансованих деревах.

Розглянемо двовимірний масив та мультисписок, які можуть представляти структуру розріджених матриць дуже великої розмірності. Наприклад, мультисписок забезпечує ефективне зберігання лише ненульових елементів, які входять у  $n + m$  списки, де  $n, m$  – кількість рядків і стовпців матриці.

Організація розрідженої матриці у вигляді мультисписку широко використовується в машинному навчанні для цілей кодування даних і в інших областях, таких як оброблення природної мови. Обрана структура розрідженої матриці може суттєво впливати на покращення нейронних мереж. Основними перевагами такого представлення розрідженої матриці є обсяг пам'яті та час обчислень.

Стиснення без втрат або усічене зберігання розрідженої матриці є загальним явищем в інженерії програмного забезпечення. Можна враховувати розрідженість матриці і використовувати методи стиснення, щоб лише зберігати «інформативні» значення в матриці. Фундаментальний характер цього стиснення ґрунтується на багатьох одних і тих же концепціях програмної інженерії, які дозволяють використовувати будь-який ефективний спосіб зберігання.

Можна виділити, як проблему, існування певної групи неефективних кодів, які підтримують розріджені обчислення алгебри.

## ПРО ФОРМАЛІЗАЦІЮ ВНУТРІШНІХ ПРОЦЕСІВ ПЛАТФОРМИ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Божуха Д. І., dbozhuha@gmail.com

Байбуз О.Г., mzeom@ukr.net

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Для досягнення основних принципів реалізації сервіс-орієнтованої архітектури виділяють багаторівневий механізм абстрагування хмарних сервісів. При виборі архітектури платформи хмарних обчислень виконано модифікацію архітектури [1]. Розглянуто модель багаторівневої архітектури платформи хмарних обчислень, яка містить сім рівнів. Представлення структури рівня PaaS у вигляді ієрархії забезпечує можливість подальшої формалізації внутрішніх процесів платформи хмарних обчислень. Характеристиками функціонування хмарних систем є множина параметрів, які обумовлені особливостями реалізації інформаційних процесів та надання інформаційних послуг. Для кожного рівня моделі багаторівневої архітектури платформи хмарних обчислень запропоновано велика кількість розробленого інструментарію та технологій для реалізації зв'язків між рівнями. Використано алгоритм класифікації Байеса, для оцінки параметрів якого необхідно достатньо невеликої кількості навчальних даних. Визначено 18 змінних, які відповідають за характеристики відповідного рівня архітектури. Виділені два класи «Гарний вибір інструментарію / Поганий вибір інструментарію». Сформовано навчальна вибірка розміром 180 з експертною оцінкою відповідних комбінацій змінних. Реалізація класифікатора проведена при використанні вбудованих алгоритмів класифікації.

### Бібліографічні посилання

Досвід розгортання тестів OpenStack та порівняння віртуальних і реальних кластерних середовищ / Бардадим Т., Лефтеров О., Осипенко С. // Кібернетика та комп'ютерні технології. 2021 – с. 74–85. (українською мовою) [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://doi.org/10.34229/2707-451X.21.3.7> (дата звернення: 24.04.2022).

## МЕТОДИ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ТА ВИКОРИСТАННЯ ЇХ В ДОДАТКУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ФІЗИЧНИХ ВПРАВ

**Бондаренко Б. Р.**, bogdan.bondarenko99@gmail.com,

**Сидорова М. Г.**, Sidorova.m.g@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Пандемія та загальна стресова ситуація в світі дуже сильно змінила підхід більшості людей до життя. Багато хто втратив змогу займатися спортом через закриття спортивних залів. Окрім цього, групові заняття в залі дуже сильно відрізняються від занять вдома наодинці. Людина рідко може знайти достатньо мотивації та зацікавленості для таких індивідуальних тренувань. Часто для цього використовується музика. Однак, у тренуванні з музикою є один величезний мінус, а саме – рахування повторень. Гучна та активна музика допомагає сконцентруватися на правильному виконанні вправи, але заважає рахувати кількість повторень. Саме через це, було прийнято рішення розробити додаток, який би сам рахував кількість повторень певних вправ та допомагав повністю сконцентруватися на правильності виконання фізичної вправи.

Потрібно було розробити програмне забезпечення для класифікації зображень, яке б допомагало контролювати виконання фізичних вправ, з можливим розширенням функціональності. Здавалося б, який зв'язок існує між фізичними вправами та задачею класифікації зображень? Величезна кількість вправ складається з двох станів, початок вправи, умовно, початкове положення, та момент, при якому ми можемо сказати, що вправа була виконана один раз, умовно – найвища точка. Наприклад, для підтягування: перший клас – коли людина висить на прямих руках, другий клас – коли людина в верхній точці, тобто, коли можна сказати, що вправа була виконана.

Глобально, задача полягає в розділенні зображень на два класи, зображення до початку виконання спортивної вправи та зображення певної пікової точки вправи. Для вирішення поставленої задачі було розглянуто

різні методи, алгоритми та підходи для класифікації зображень. Після чого, спираючись на результати наукових досліджень [1], було прийнято рішення використати метод опорних векторів, а саме – лінійний класифікатор. За допомогою мови програмування Python, бібліотеки PyQt та Scikit-learn було розроблено додаток, який, за допомогою вбудованої або зовнішньої вебкамери робить декілька фотографій для першого та другого класу. Після цього, додаток навчає модель та рахує кількість повторень виконання фізичної вправи.

Важливою частиною розробки додатку було попереднє опрацювання зображень. Вебкамера, яка використовувалася при написанні цієї роботи мала роздільну здатність відео та фотозахоплення 1280x720. У інших користувачів може бути краща або гірша камера, з роздільною здатністю 640x480, або навіть 4096x2160. Для стабільної та швидкої роботи додатку було прийнято рішення обробляти фотографії перед використанням їх для тренування моделі. Для цього, фотографії були переведені в чорно-білі тони та зменшені до розміру 150x113. Завдяки цьому, фотографії займають набагато менше місця на жорсткому диску, а алгоритму легше навчитися виділяти основні деталі на фото, так як кольорів набагато менше.

У подальших дослідженнях планується розглянути технології розпізнавання голосу та імплементувати голосове керування додатком. Окрім цього, необхідно реалізувати збір та візуалізацію результатів тренувань.

#### **Бібліографічні посилання**

1. Rosasco, Lorenzo; De Vito, Ernesto; Caponnetto, Andrea; Piana, Michele; Verri, Alessandro (2004-05-01). "Are Loss Functions All the Same?". *Neural Computation*. 16 (5): 1063–1076.



## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ДО ВИРОБНИЧОЇ МОДЕЛІ ЦІНОУТВОРЕННЯ

Братута О.В., sashabratuta2000@gmail.com

Козакова Н.Л., kozakova.natali@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

На сучасному етапі можна спостерігати достатньо високу чутливість споживачів до ціни, насамперед на ринках споживчих товарів, а також встановлення завищеної ціни виробником чи постачальником. У даній роботі пропонується модель ціноутворення у вигляді системи диференціальних рівнянь

$$\begin{cases} \dot{p} = f(u, p), \\ \dot{u} = \gamma(S(p) - D(p)), \end{cases} \quad (1)$$

де  $p$  – ціна,  $S(p)$  і  $D(p)$  – функції попиту і пропозиції,  $\gamma$  – параметр, що визначає швидкість прямування до рівноваги; амплітуда циклічної зміни ціни залежить від вибору функції  $f(u, p)$ .

Позначимо через  $U$  поштучний потік товарних виробів,  $z$  – кількість виробів у виробника з динамікою зміни:

$$\dot{z} = U - NQ\left(\frac{S(p)}{p}\right), \quad (2)$$

де  $N$  – кількість споживачів,  $S(p)$  – дохід споживачів,  $Q\left(\frac{S(p)}{p}\right)$  – функція споживання. Нехай  $V$  – кількість товарів у споживачів,  $k$  – коефіцієнт споживання. Тоді динаміка зміни цього параметра визначається рівнянням:

$$\dot{V} = NQ\left(\frac{S(p)}{p}\right) - kV, \quad (3)$$

Запропонована модель функції попиту:

$$Q\left(\frac{S(p)}{p}\right) = q - a \frac{p}{S(p)}, \quad (4)$$

де  $q$  – це максимальна потреба однієї людини в продукті за одиницю часу. Ця функція спадає із зростанням ціни, і за умовою  $p = \frac{S(p)}{a}$  споживачі відмовляються від придбання товару. Параметр  $a$  – це міра еластичності функції попиту за ціною. Таким чином, функція попиту, яка задана в формі (4) є пороговою (тобто,  $Q\left(\frac{S(p)}{p}\right)=0$  при  $p \geq p_{cr}$ ) і має властивості насичення. Функцію споживання  $D(p, z)$  визначимо співвідношенням

$$D(p, z) = z \frac{p}{p_{cr}}. \quad (5)$$

Позначимо через  $p_0$  собівартість виробництва одиниці товару, і через  $k$  – коефіцієнт витрат на зберігання, тоді прибуток виробника на скінченному тимчасовому інтервалі  $[0, T]$  буде визначатися співвідношенням

$$J(T) = \int_0^T \left( NpQ\left(\frac{S(p)}{p}\right) - Up_0 - k_1z \right) dt \rightarrow \max. \quad (6)$$

Звичайно припустити, що максимальний темп виробництва обмежений технологічними можливостями:  $0 \leq U \leq U_0$ , де  $U_0$  – максимальний темп виробництва.

Поставлену задачу зведено до задачі оптимального керування: потрібно знайти такий темп виробництва, при якому функціонал (6) досягає максимального значення, а об'єкт описується диференціальними рівняннями (1) – (3) і алгебраїчними співвідношеннями (4), (5). Таку задачу вирішено стандартними методами теорії оптимального управління за допомогою принципу максимуму Л. С. Понтрягіна.

## ПРО КОМБІНАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМІВ СТИСНЕННЯ ПРИ ГРУПУВАННІ СЕГМЕНТІВ НАБОРУ PNG ЗОБРАЖЕНЬ

Бузовський Є.О., eug6n6@gmail.com

Божуха Л.М., bozhukha.li@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Поділ зображень набору на сегменти та подальше групування сегментів різних зображень надає можливість отримати новий набір зображень для збільшення коефіцієнту стиснення без втрат.

Існують різні підходи до задачі сегментації щодо поділу пікселів зображення на групи. Застосування методів кластеризації на групі зображень, зокрема K-means, для подальшого групування кластерів привело до покращення степеню стиснення.

Отримані результати групування, коли в одну групу потрапляють найбільш схожі за своєю палітрою фрагменти при врахуванні функції  $L(R, G, B)$  як класичної лінійної комбінації значень яскравості за визначеними каналами.

Проведений експеримент щодо зміни порядку запуску алгоритмів кластеризації по кожному з каналів  $L(R)$ ,  $L(G)$ ,  $L(B)$  та формування надалі комбінації сегментів зображень групи при використанні різних форм представлення функції  $f(L(R), L(G), L(B))$ .

Попередні результати практичної реалізації показали покращення степеню стиснення до 16% колекції зображень. Надалі можна поставити задачу аналізу роботи комбінації алгоритмів на колекціях зображень, як множин різних потужностей, та покращення алгоритмів для підтримки Alpha каналу.

### Бібліографічні посилання

1. McAnlis C. Reducing PNG file Size [Електронний ресурс] / Colt McAnlis – Режим доступу до ресурсу: <https://medium.com/@duhroach/reducing-png-file-size-8473480d0476>.
2. Image Segmentation By Clustering [Електронний ресурс] / pawangfg – Режим доступу до ресурсу: <https://www.geeksforgeeks.org/image-segmentation-by-clustering/>.

## ПРО ДВОЕТАПНІ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ-РОЗБИТТЯ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Булат<sup>1</sup> А.Ф., Кісельова<sup>2</sup> О.М., Гарт<sup>2</sup> Л.Л., Притоманова<sup>2</sup> О.М.

<sup>1</sup> Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова

Національної академії наук України

<sup>2</sup> Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

В даний час термін *логістика* широко використовується у бізнесі та господарській діяльності і визначає теорію та практику переміщення сировини, матеріалів, виробничих, трудових і фінансових ресурсів, готової продукції від їхнього джерела до споживача. Переважна більшість логістичних задач зазвичай досліджується в умовах визначеності, проте реальні ситуації, для яких створюються логістичні моделі, найчастіше характеризуються певним ступенем невизначеності. У цих випадках якість прийнятих рішень в оптимізаційних логістичних моделях знаходиться в прямій залежності від повноти урахування всіх невизначених факторів. Тому актуальним є дослідження логістичних задач у випадках, коли або окремі параметри, що входять до опису моделі, є нечіткими, неточними, недовизначеними, або є недостовірний математичний опис деяких залежностей в моделі, тощо.

У даній роботі розглядаються найпоширеніші логістичні задачі: транспортна та оптимального розміщення-розбиття. Особлива увага приділяється математичним моделям та підходам до розв'язання *двоетапних* неперервно-дискретних задач оптимального розміщення-розбиття. Ці задачі характеризуються наявністю двох етапів і полягають у визначенні зон збору неперервно розподіленого ресурсу (сировини) підприємствами першого етапу і обсягів перевезень переробленого продукту від підприємств першого етапу до споживачів (пунктам другого етапу) з метою мінімізації сумарних витрат на транспортування ресурсу від постачальників через пункти переробки (збору, зберігання) до споживачів. Двоетапні неперервно-дискретні задачі оптимального

розподілу-розбиття, з одного боку, узагальнюють класичні скінченновимірні транспортні задачі на випадок, коли обсяги виробництва (зберігання, переробки) в заданих пунктах невідомі заздалегідь та відшуковуються як розв'язок відповідної неперервної задачі оптимального розбиття множини споживачів (постачальників неперервно розподіленого ресурсу) на сфери обслуговування їх цими пунктами; з іншого боку, вони узагальнюють дискретні двоетапні виробничо-транспортні задачі на випадок неперервно розподіленого ресурсу [1].

У роботі досліджуються двоетапні неперервно-дискретні задачі оптимального розбиття-розподілу із заданим положенням центрів підмножин при обмеженнях у вигляді рівностей; із відшукуванням оптимальних координат розташування центрів підмножин, а також із нечіткими початковими даними.

Розв'язання двоетапних задач оптимального розбиття-розподілу засновано на єдиному підході, який полягає у зведенні вихідних нескінченновимірних задач оптимального розбиття-розподілу до негладких, як правило, скінченновимірних задач оптимізації, для чисельного розв'язання яких застосовуються ефективні методи недиференційованої оптимізації – різні варіанти  $r$ -алгоритму Шора. Метод й алгоритм розв'язання двоетапної неперервно-дискретної задачі оптимального розбиття-розподілу з нечіткістю в цільовому функціоналі базуються на тому принципі, що спочатку для відновлення точних значень нечітких параметрів у цільовому функціоналі застосовується метод нейролінгвістичної ідентифікації, а потім оптимальне розбиття знаходиться за допомогою методів теорії оптимального розбиття множин та методу потенціалів розв'язання транспортної задачі.

#### **Бібліографічні посилання**

1. Кісельова О.М., Гарт Л.Л., Притоманова О.М, Балеєко Н.В. Нечіткі задачі оптимального розбиття множин: теоретичні основи, алгоритми, застосування: монографія. Дніпро: Ліра, 2020. 400 с.

**МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ CONTENT MANAGEMENT SYSTEM  
«СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ  
НА АВТОБУСНИХ МАРШРУТАХ М.ДНІПРА»**

**Верба О.В.**, olvi\_ver@ukr.net, **Доценко Т.С.**, tetiana.s.dotsenko@gmail.com,  
**Зайцева Т.А.**, ztan2004@ukr.net, **Лисиця Н.М.** lisitsa\_natalya1971@ukr.net  
*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Департамент транспорту та транспортної інфраструктури міста Дніпро регулярно оглядає стан автобусів на маршрутах міста задля контролю та підвищення якості перевезень пасажирів. За результатами оглядів складаються відповідні акти, в яких фіксуються результати оглядів та кількість балів, які цей автобус набирає. Бальна система дозволяє більш об'єктивно оцінювати стан справ на окремому маршруті та виявляти найбільш проблемні місця, які потребують додаткової уваги.

Для обробки актів, їх зберігання та всебічного аналізу було розроблено інформаційну систему або content management system (CMS) у вигляді веб-застосунку. Окрім зручного інтерфейсу, який дозволяє співробітникам департаменту обробляти велику кількість актів, система вирішує і друге важливе завдання. Результат огляду автобусів є публічною інформацією, тож кожен містянин може зайти на сайт на ознайомитись з результатами оглядів за конкретним транспортним засобом.

Проектування системи складалося із декількох етапів. По-перше, із замовником були розроблені та затвердженні вимоги до веб-застосунку. По-друге, була вивчена предметна область та спроектовано модель даних, розроблено базу даних. По-третє, було розроблено макети та виконана верстка шаблонів HTML-сторінок. На наступному етапі відбулося програмування серверної частини веб-застосунку. Для цього було використано PHP 7.4, архітектура веб-застосунку будувалась за паттерном MVC, та включала в себе основні модулі, такі як маршрутизація, моделі, контролери та представлення.

Окремим питанням, розглянутим в роботі стало вивчення роботи оптимізатору запитів – підсистеми СКБД. Результат, який користувач отримує у браузері це перелік актів та інформації про них; кількість виведеної інформації залежить від конкретного запиту користувача. Кожен такий користувацький запит потребує звернення до декількох таблиць та агрегації отриманих результатів для видачі користувачеві. Для стабільної та швидкої роботи системи необхідно було переглянути запити, які безпосередньо відправляються на виконання у СКБД та впевнитись, що вони є оптимальними та не витрачають серверні ресурси марно.

В роботі розглянуто етапи оптимізації підстеми запитів, зокрема, методи які оптимізатор використовує для побудови альтернативних планів виконання запитів: стратегія виконання запиту може бути побудовано за оцінкою вартості або евристичним (логічним) методом. У першому випадку, оптимізатор оцінює фізичні властивості, такі як кількість кортежів, їх розмір, розмір та структуру таблиць, наявність унікальних записів, тощо. Під час логічної оптимізації запит представляється як алгебраїчний вираз, до якого застосовуються правила еквівалентних перетворень реляційних виразів. В результаті буде отримано логічно еквівалентні до запиту вирази, серед яких оптимізатор обере найменш витратний план виконання. Еквівалентні перетворення дозволяють мінімізувати кількість необхідних операцій та ресурсів. Так, операція вибору має виконуватись якнайшвидше і першою має виконуватись та, що поверне найменшу кількість коржів. Також доцільно використовувати проєкції з чіткими обмеженнями для тієї ж цілі - чим більш обмеженим буде запит, тим меншу кількість кортежів буде отримано в результаті, тим дешевшим буде запит. Окрім цього, оптимізатор запитів має декілька стратегій виконання операцій поєднання, оскільки порядок їх виконання у запиті є надзвичайно важливим.

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ ПІДБОРУ ОКУЛЯРІВ У МОБІЛЬНОМУ ЗАСТОСУНКУ

**Вовченко Т.О.**, 1taras.vovchenko@gmail.com

**Антоненко С.В.**, szemlyanaya@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Використання штучного інтелекту для створення мобільних додатків в останні роки стало дуже актуальною темою в мобільній ІТ галузі. Вже більше і більше бізнесів прагнуть додати до своїх додатків «унікальну» функцію, яка буде реалізована за допомогою штучного інтелекту. Така функція може збільшити кількість нових користувачів, покращити їх досвід користуванням додатку і тим самим збільшити прибутки бізнесу.

Для реалізації бажаної функції «живого» перегляду окулярів на обличчі користувача в режимі реального часу спочатку треба провести аналіз предметної області, все можливі інструменти та їх властивості та можливості.

При розробці будь-якої функції з використанням штучного інтелекту, треба брати до уваги архітектуру, можливості та обмеження тієї платформи, в яку буде інтегруватися ця функція. Та модель, яка буде ефективно працювати на відеокарті (GPU) та процесорі (CPU), що створені для настільного комп'ютера, можуть дуже повільно працювати на тих самих пристроях на мобільних телефонах. Тому перші інтеграції штучного інтелекту були завдяки можливі лише з допомогою Cloud Vision API – інструменту, який дозволяє навчати та запускати нейронні мережі на хмарі. Це зменшувало навантаження з мобільного телефону, але була потреба в постійному та швидкому інтернеті, та були деякі обмеження, пов'язані з видачею результату у режимі реального часу. Але у 2017 році команда Google представила сімейство моделей для штучного інтелекту – MobileNets. Вони були зпроектвані під архітектуру мобільних телефонів, та могли працювати без доступу до інтернету, тим самим покращуючи досвід користувачів.



На сьогоднішній день реалізувати мобільний додаток з функцією доповненої реальності можна за допомогою різних інструментів та платформ. Один з найпопулярніших інструментів – ARCore від Google. Але цей інструмент є дуже «важким», він створений для реалізації складних функцій у режимі доповненої реальності (відтворення відео, розміщення великої кількості об'єктів у кадрі, складні анімації тощо) і використовує велику кількість ресурсів телефону.

Для реалізації конкретної задачі, а саме перегляду окулярів, цей інструмент не є доцільним. Враховуючи те, що окуляри «прив'язані» до обличчя, буде достатньо використовувати інструмент, який може виявляти обличчя людей на відео у режимі реального часу. Для цього ідеально підходить набір моделей від Google під назвою MLKit. Він містить Face Detection – API, за допомогою якого розробник може легко інтегрувати можливість виявлення обличчя людини та отримання координат його рис. Це API використовує під капотом BlazeFace – модель, яка є вихідцем з MobileNets. Вона натренована на великій кількості фото людей з усього світу, тож має великий шанс виявлення обличчя незалежно від регіону (в середньому точність складає 98,6 %).

Так як користувач додатку повинен мати змогу переглядати окуляри на своєму обличчі з різних ракурсів, то ці окуляри мають бути представлені у вигляді 3D моделі, та створенні за допомогою спеціального інструменту, наприклад, Blender. Для відображення 3D моделі на екрані додатку доцільно буде використати реалізацію бібліотеки OpenGL для Android.

Використовуючи всі вищеперераховані інструменти, ми можемо розробити додаток, який буде ефективно працювати на мобільних пристроях навіть при слабкому інтернет-з'єднанні. Він зможе подарувати користувачам новий досвід інтернет-покупок окулярів.

## МЕТОД СИНГУЛЯРНИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ РІВНЯНЬ В ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧАХ МІЦНОСТІ ДЛЯ ТІЛ З ТРІЩИНАМИ

**Володарець Д.В.**, kardashova.d20@fpm.dnu.edu.ua,

**Володарець М.В.**, volodarets.m@fpm.dnu.edu.ua,

**Шевельова А.Є.**, shevelevaee@dnu.dp.ua

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Розширення спектра прикладних задач у рамках застосування теорії сингулярних інтегральних рівнянь до задач теорії аналітичних функцій, теорії пружності, теорії теплопровідності і ряду інших розділів механіки, фізики та математичної фізики, радіоелектроніки, біоніки, теорії фільтрації, екології, енергетики призвело до активізації теоретичних досліджень і розвитку числових методів розв'язання систем сингулярних інтегральних рівнянь.

В даній роботі розглядаються дві задачі, математичними моделями яких є сингулярні інтегральні рівняння.

Розглянута плоска задача для нескінченного пружного шару з внутрішньою тріщиною. Тріщина навантажена внутрішнім тиском, а на пружний шар діють два типу навантаження: симетричне поперечне стискання парою зосереджених сил або симетричний поперечний розтяг парою зосереджених сил. Тріщина вважається відкритою і розташованою посередині пружного шару паралельно його поверхні.

Сформульована математична модель задачі, яка зводиться до системи двох рівнянь в частинних похідних еліптичного типу з відповідними мішаними граничними умовами. Для розв'язання цієї системи використано метод інтегральних перетворень Фур'є. Це дало змогу звести проблему до сингулярного інтегрального рівняння з особливістю типу Коші. Важливим елементом роботи було створення алгоритму та відповідної програми розв'язання цього інтегрального рівняння, яка дає змогу для різних значень геометричних та механічних вхідних параметрів визначати коефіцієнти інтенсивності напружень (КІН),

які в свою чергу ідентифікують можливість розвитку тріщини. В частковому випадку, коли товщина полоси прямує до нескінченності одержані результати узгоджуються з відомими, що підтверджує їх достовірність.

У машинобудуванні, автоматичі, функціональних елементах обчислювальної техніки знаходять застосування функціональні елементи, які виготовлені з п'єзоелектричних матеріалів. Особлива увага до вивчення цих матеріалів пов'язана з явищем п'єзо ефекту, тобто, при деформуванні кристалів деяких кристалографічних класів на їх поверхні з'являються електричні заряди, пропорційні деформації. Характерною особливістю п'єзо ефекту є його зв'язок з властивостями кристалічної ґратки і відповідно з симетрією кристала.

Сформульовані моделі смуг електронасичення та ослаблених механічних зв'язків для міжфазної тріщини в п'єзоелектричному біматеріалі, які описуються змішаними крайовими задачами. На основі інтегральних перетворень Фур'є сформульовано системи сингулярних інтегральних рівнянь відносно невідомих механічних параметрів: дотичного напруження, похідної від нормального переміщення, похідної від електричного потенціалу. Системи СІР були розв'язані чисельно за допомогою метода колокацій з використанням квадратурної формули Гауса-Чебишева. Знайдені коефіцієнти інтенсивності напружень для широкого кола п'єзоматеріалів. Написане програмне середовище, в якому обчислюються напруження та їх коефіцієнти інтенсивності для різних матеріалів для різних значень фізичних характеристик п'єзоелектриків, геометричних характеристик та при різних значеннях тиску та різній дискретизації області.

#### Бібліографічні посилання

1. Довгий С.О., Ліфанов І.К. Метод сингулярних інтегральних рівнянь. Теорія та застосування. – Київ, 2004. – 510 с.
2. Chan Y.-S., Athaide E., Belcher K., Kelly R. Detailed Solution of a System of Singular Integral Equations for Mixed Mode Fracture in Functionally Graded Materials \ Journal of Mathematics Research. – 2020. – Vol. 12, No. 1. – P. 43-61.

**ДОСВІД ВИКЛАДАННЯ БІОІНФОРМАТИКИ ТА ФОРМУВАННЯ  
МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ  
ОСВІТНЬОЇ ПРОГРАМИ «БІОХІМІЯ ТА ФІЗІОЛОГІЯ»**

**Волошко В. Л., VVL56@i.ua**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Швидкий розвиток світової глобалізації, темпи розвитку технологій різного призначення приводять до необхідності застосування системного підходу для розкриття невизначеностей різної природи. Науковцями світу створено колосальний теоретичний та практичний матеріал про будову біологічних молекул (білків і нуклеїнових кислот). Цей матеріал потребує розвинутих комп'ютерних методів для свого аналізу і саме тому інформатика широко застосовується для розв'язання задач генетики, біотехнології, біохімії[1]. Ефективність отримання практичних результатів залежить від здатності дослідника-біолога оволодіти і раціонально поєднати методи біохімії та фізіології з сучасними можливостями теорії ймовірностей та комп'ютерної математики.

У зв'язку з цим виникає проблема засвоєння студентами-біологами базових складних категорій статистичного аналізу (що є необхідним для освіти академічного рівня університету) разом з формуванням практично орієнтованих навичок майбутніх фахівців. В цій ситуації актуальним стає питання науково-методичного забезпечення навчального процесу. Для біолога-біохіміка вирішальну роль відіграє вивчення основ теорії ймовірностей, зокрема, усвідомлення важливих понять про повний ймовірнісний простір, функції розподілу і функції щільності, нормального розподілу та функції Лапласа. Важливу роль відіграє достатній обсяг розв'язаних задач та самостійно виконаних завдань [2].

Наступним завданням курсу стало знайомство з можливостями NSBI (Національного центру біотехнологічної інформації США). Метою його діяльності є створення автоматизованих систем для зберігання та аналізу

даних з молекулярної біології та генетики, а також комп'ютерна обробка даних, отриманих у дослідженнях структури і значення біологічно активних молекул і речовин. Одним з частіш використовуваних інструментів є BLAST – сімейство комп'ютерних програм для пошуку гомологів білків або нуклеїнових кислот, для яких відома первинна структура (послідовність) або її фрагмент. Для постановки лабораторних робіт був використаний посібник[1], матеріал якого дозволяє здобувачеві засвоїти новітні біоінформатичні методи дослідження біологічних агентів (ДНК, РНК, білків), зрозуміти процес розв'язування задачі та вивчити закономірності вибору найбільш прийнятних альтернатив у прийнятті рішень.

Для якісного засвоєння курсу підготовлені електронні конспекти лекцій, які містять теорію та достатню кількість розв'язаних прикладів; лабораторні роботи, які передбачають самостійність засвоєння матеріалу, правильність розрахунків, своєчасне оформлення звіту, а також підготовку до модульного і підсумкового контролів. Останній може проводитися у тестовій формі в аудиторії або при використанні дистанційного навчання у системі Офіс 365.

Методичний практичний досвід, отриманий при паралельній підготовці пов'язаних базових дисциплін та дисциплін професійного циклу, дозволяє забезпечити: актуалізацію опорних знань, стійкість практичних навичок, поглиблення аналітичного мислення і, врешті-решт, підвищує рівень якості освіти бакалавра.

1.Горобець С.В. Біоінформатика. Практикум / С.В. Горобець, О.Ю. Горобець, І.В. Дем'яненко. – К: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – 87 с.

2.Борщ В.Л. Математичні методи в біології. Основи теорії ймовірностей. Конспект лекцій / В.Л. Борщ, Ю.П. Совіт. – Д.: РВВ ДНУ .– 2007. – 140 с.

## ВИКОРИСТАННЯ БІБЛІОТЕКИ CLOSED.XML ДЛЯ ПАРСИНГУ ДАНИХ З ЕЛЕКТРОННИХ ТАБЛИЦЬ EXCEL ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ СТУДЕНТІВ

Ганжа А.С., hanzha\_as@outlook.com

Антоненко С.В., szemlyanaya@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Часто при розробці різноманітних автоматизованих програм обліку необхідно виконувати оброблення інформації з інших джерел, наприклад з електронних таблиць. Зчитування та оброблення великої кількості інформації за допомогою програмних засобів виконується завдяки парсингу. Парсинг – це процес автоматичного збору даних та їх структурування [1]. В даному випадку задача полягає в зборі інформації з різноманітних документів для структурування навчальних планів університету.

Бібліотека Closed.XML — це інструмент для створення звітів і аналізу інформації в додатках .NET з використанням Microsoft Excel. До переваг цієї бібліотеки можна віднести те, що вона не вимагає встановленої на комп'ютер користувача програми Microsoft Office Excel та дозволяє як вносити дані в Excel файл (генерувати таблиці), так і навпаки зчитувати їх та обробляти.

Уся робота заснована на роботі із воркбуками — екземпляром книги Excel, яка включає в себе аркуші та комірки (Worksheet та Cell відповідно).

Приклад використання наведено у лістингу.

```
using (var workbook = new XLWorkbook())
{
    var worksheet = workbook.Worksheets.Add("Sample
Sheet");
    worksheet.Cell("A1").Value = "Hello World!";
    worksheet.Cell("A2").FormulaA1 = "=MID(A1, 7, 5)";
    workbook.SaveAs("HelloWorld.xlsx");
}
```

В даному прикладі в книзі — workbook створюється аркуш (worksheet) із назвою Sample Sheet, в комірку A1 вноситься інформація Hello World, а в комірку A2 формула MID (A1, 7, 5), яка виконує зчитання з комірки A1 5 наступних символів, починаючи з 7-го, тобто слово World, після чого відбувається збереження файлу.

Наступний лістинг показує приклад зчитування інформації з Excel файлу.

```
using (XLWorkbook workBook = new XLWorkbook(file.InputStream, XLEventTracking.Disabled))
{
    var workSheet = workBook.Worksheets.First();
    var text = workSheet.Cell(5, "0").Value.ToString();
}
```

Даний приклад виконує відкриття існуючого файлу, звертається до комірки O5 та зберігає її значення в змінній text [2].

Загалом, дана бібліотека надзвичайно проста у використанні та інтуїтивно зрозуміла, що робить її однією з найкращих і найзручніших інструментів для створення, редагування та обробки інформації з електронних таблиць, до того ж вона не вимагає встановленої програми Microsoft Office Excel на комп'ютері користувача.

#### Список використаних джерел:

1. Парсинг даних з сайтів: що це і навіщо він потрібен. URL: <https://blog.ringostat.com/ru/parsing-dannyh-s-saytov-chto-eto-i-zachem-on-nuzhen/> (дата звернення: 28.10.2022)
2. GitHub – ClosedXML. URL: <https://github.com/ClosedXML/ClosedXML/> (дата звернення: 28.10.2022)

## АПРОКСИМАЦІЙНИЙ АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ПРО ОПТИМАЛЬНИЙ РОЗПОДІЛ ТЕПЛА В НАПІВОБМЕЖЕНОМУ СТРИЖНІ

Гарт Л.Л, Братуга О.В.

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Явище теплопровідності має велике значення у багатьох галузях сучасної науки і техніки. Суттєву роль відіграють процеси теплопровідності в енергетиці, авіації, суднобудуванні, ракетобудуванні, промисловості та газотранспортній системі. Розрахунок енергетичних установок, робочих процесів, теплового захисту, тощо, повністю ґрунтується на теорії теплопровідності. Саме тому теплопровідність є фундаментальним поняттям для спеціаліста в галузі енергетичних систем, інженера та ін.

У даній роботі досліджуються математичні моделі, до яких приводять задачі стаціонарного переносу тепла в напівобмежених областях, та числові методи їх розв'язування, зокрема метод нескінченної системи рівнянь для розв'язування одновимірних стаціонарних задач теплопровідності, де ключовим моментом є визначення порядку усіченої (скінченної) системи рівнянь, достатнього для забезпечення отримання наближеного розв'язку вихідної задачі із заданою точністю. Цей метод виявляє перевагу над методом квазі-однорідної сітки, запропонованим для розв'язування таких задач, і у поєднанні з методом змінних напрямків може бути застосований до двовимірних задач у напівнескінчених і нескінчених смугах.

Зокрема, у роботі розглядається задача оптимального керування розподіленими джерелами тепла в задачі стаціонарної теплопровідності в напівобмеженому стрижні, де якість керування оцінюється квадратичним цільовим функціоналом, а умови оптимальності формулюються через систему диференціальних рівнянь для вихідного і спряженого станів досліджуваного процесу. Математична модель задачі оптимального керування має вигляд: знайти нижню грань функціонала



$$J(v) = \int_0^{+\infty} (u(x, v(x)) - \varphi(x))^2 dx, \quad (1)$$

за умов

$$Lu \equiv -(k(x) * u'(x))' = f(x) + v(x), \quad x \in [0, +\infty); \quad (2)$$

$$u(0) = \mu_0, \quad u(+\infty) = 0, \quad (3)$$

$$v \in H = L_2[0, +\infty), \quad (4)$$

де  $\varphi(x)$ ,  $k(x)$  і  $f(x)$  – відомі функції, визначені і неперервні за  $x \in [0, +\infty)$ ,

$$0 < K_0 \leq k(x) \leq K_1; \quad f(x) \rightarrow 0, \quad v(x) \rightarrow 0, \quad x \rightarrow +\infty;$$

$u(x) \equiv u(x, v)$  і  $v \equiv v(x)$  – шукані функції на  $[0, +\infty)$ ;  $\mu_0, K_0, K_1$  – відомі сталі.

Для розв'язування задачі оптимального керування (1)–(4) передбачається побудувати на основі методів скінченних сум та різниць сіткову апроксимацію цієї задачі; розробити, обґрунтувати та дослідити практичну збіжність наближених алгоритмів, заснованих на різних варіантах градієнтного методу для мінімізації цільового функціонала.

#### Бібліографічні посилання

1. Dang Quang A., Tran Dinh Hung. Method of infinite system of equations for problems in unbounded domains. *Journal of Applied Mathematics*. 2012. (2012). 17 p. doi: 10.1155/2012/584704.
2. Юшко С.В., Борщ О.Є., Юшко М.А. Стационарна теплопровідність. Харків: НТУ «ХП», 2011. 80 с.
3. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. М.: Едиториал УРСС, 2003. 784 с.
4. Гарт Л.Л., Довгай П.О., Селіщев В.Л. Сіткові алгоритми розв'язання задачі оптимального керування еліптичною системою. *Питання прикладної математики і математичного моделювання*. 2017. Вип. 17. С. 42-53.
5. Hart L., Feshchenko M. Numerical algorithms for solving a problem of optimal control of stationary heat conductivity process // 2nd Al-Farabi International Congress on Applied Sciences, Nakhchivan University&IKSAD, Azerbaijan– Turkey, May 2-4, 2021. Pp.43-44.

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ РЕГУЛЯРИЗАЦІЇ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ВІДНОВЛЕННЯ РОЗМИТИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Гарт Л.Л., ll\_hart@ukr.net; Кучер В.О., mrfalubii@gmail.com;

Журавель С.В., se.zhuravel@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

У сучасному світі ми часто зустрічаємось із поняттям зображення (наприклад, фотографія – це цифрове зображення якогось об'єкта). Зображення можна зустріти будь де, починаючи з повсякденного фотографування на телефон та закінчуючи різними галузями наук (цифрові телескопи і таке інше). Під час створення зображення в деяких рідкісних випадках ми можемо отримати зображення з різними дефектами, через що зображення називають спотвореним. Такі випадки трапляються внаслідок недосконалості самого оптичного приладу, зокрема одним з прикладів дефектів є дефокусування. Причиною дефокусування зображення може бути неправильне встановлення фокусу в самому пристрої реєстрації зображень, наприклад «сферична аберация дзеркала телескопа», як у випадку з телескопом «Хаббл». Щодо радіотехнічних систем, то вони в процесі передачі зображення з пристрою на пристрій можуть піддаватися різному впливу через різноманітні перешкоди, що у підсумку призводить до погіршення візуальної якості і навіть до часткової втрати певних ділянок зображень.

Між тим, дефокусування зображень не можна вважати головною проблемою, бо набагато частіше зустрічаються зображення, спотворені шумом, причиною якого може бути технічне пошкодження матриці пристрою як на етапі формування зображення, так і на етапі передачі його через певний канал зв'язку. Спотворене таким чином зображення відповідає певній залежності, закону, за яким інформація про зображення перерозподіляється, завдяки чому є можливість відновити це зображення з урахуванням існуючих обмежень [1].

Задачі про відновлення спотворених зображень зазвичай описують набором одновимірних інтегральних рівнянь (ІР) Фредгольма I роду типу згортки:

$$Aw \equiv \int_{-\infty}^{+\infty} h(x - \xi)w_y(\xi)d\xi = g_y(x) + \delta g, \quad a \leq x \leq b, c \leq y \leq d \quad (1)$$

або одним двовимірним ІР Фредгольма I роду типу згортки

$$Aw \equiv \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} h(x - \xi, y - \eta)w(\xi, \eta)d\xi d\eta = g(x, y) + \delta g, \quad a \leq x \leq b, c \leq y \leq d, \quad (2)$$

де  $h$  – функція розсіювання точки (ФРТ), здебільшого просторово-інваріантна (різноманітна);  $A$  – оператор;  $w$  і  $g$  – розподіл інтенсивності за істинним та спотвореним зображеннями відповідно;  $\delta g$  – перешкода. В (1) вісь  $x$  спрямована вздовж змазування, а  $y$  відіграє роль параметра. Набір рівнянь (1) часто використовують у задачі змазування, а (2) – у задачі дефокусування зображення. Дана робота присвячена аналізу існуючих алгоритмів відновлення зображень, програмній реалізації деяких з них та оцінці їх ефективності, а також дослідженню можливості поліпшення й вдосконалення реалізованих алгоритмів на прикладі розв’язання конкретних задач.

За основу майбутньої програмної реалізації береться метод ітеративної регуляризації Фрідмана, а також відомі методи перетворення Фур'є, регуляризації Тихонова та метод параметричної фільтрації Вінера.

Говорячи про метод ітеративної регуляризації Фрідмана, вважатимемо, що ядро  $h$  рівняння (2) є симетричним, тобто  $h(x, y) = h(y, x)$ , що дозволяє користуватися ітераційною формулою

$$w_k(x, y) = w_{k-1}(x, y) + v \left[ g(x, y) - \int_a^b \int_c^d h(x - \xi, y - \eta)w_{k-1}(\xi, \eta)d\xi d\eta \right], \quad (3)$$

$k = 1, 2, \dots,$

де  $w_{k-1}(x, y)$  та  $w_k(x, y)$  – наближені розв’язки, отримані на  $(k - 1)$ -й та  $k$ -й ітераціях відповідно;  $w_0(x, y)$  – початкове наближення;  $v$  – параметр, що

задовольняє умови  $0 \leq v \leq \frac{2}{\|A\|}$ , де  $\|A\| = \left\{ \int_a^b \int_c^d h^2(x, y) dx dy \right\}^{\frac{1}{2}}$  – норма ФРТ.. Метод Фрідмана дуже чутливий до вибору початкового наближення, тому під час його реалізації зазвичай обирають  $w_0(x, y) = 0$ . Зазначимо, що через некоректність IP (2) та «зашумленість» правої частини процес ітерацій (3) демонструє збіжність лише до певного номеру ітерацій  $k^*$ , після чого втрачає її. Тому необхідно запровадити такий спосіб вибору числа  $k^*$ , який надавав би йому властивості параметра регуляризації [2].

Що стосується фільтру Вінера, мета його застосування полягатиме в тому, щоб знайти такі оцінки для оригінального зображення, щоб середньоквадратичне відхилення відтвореного зображення від оригіналу було мінімальним, що приведе до скорочення рівню випадкового шуму на зображенні.

Розроблюваний програмний продукт може бути корисним для аналізу моделей комп'ютерної графіки, у роботі з різним типом зображень, у відновленні медичних та астрономічних знімків тощо. Користуючись методом машинного навчання, на основі програмного продукту можна буде створювати технології розпізнавання нечітких образів, недоступних для впізнання людським оком.

У подальшому дослідженні планується порівняти отримані результати застосування різних методів відновлення спотворених зображень з метою аналізу можливості збільшення їх ефективності [3, 4].

### Бібліографічні посилання

1. Воскобойников Ю.Е., Литасов В.А. Устойчивый алгоритм восстановления изображения при неточно заданной аппаратной функции. *Автометрия*. 2006. 42(6). С. 3–15.
2. Сизиков В.С. Прямые и обратные задачи восстановления изображений, спектроскопии и томографии с MatLab. СПб.: Лань, 2017. 412 с.
3. Гарт Л.Л. Оптимізація обчислень в регуляризаційних алгоритмах розв'язання задачі відновлення розмитих зображень. *Первый независимый научный вестник*. К.: Фондація економічних ініціатив, 2015. № 1-1. С. 165-170.
4. Гарт Л.Л., Манойло М.В. О некоторых алгоритмах регуляризации для решения интегральных уравнений. *Системні дослідження та інформаційні технології*. 2015. № 1. С. 99-110.

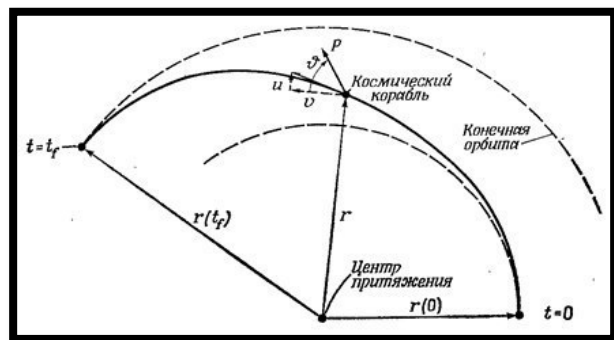
## НЕПРЯМІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ СХЕМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ

Гарт Л.Л., ll\_hart@ukr.net, Ружевич В.О., vova.ruzhevich@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))

Динамічні системи є складовою багатьох прикладних задач. Розробка ефективних обчислювальних схем розв'язання задач оптимізації динамічних систем та їх програмна реалізація є актуальною проблемою в галузі прикладної математики та системного аналізу, в тому числі з точки зору прийняття обґрунтованих рішень стосовно конкретної прикладної задачі [1–3].

В цій роботі розглянуто задачу про оптимальну траєкторію перельоту ракети на колову орбіту максимального радіусу за заданий час [1]. Підставою для пошуку



оптимальної траєкторії є ефективно використання паливних ресурсів та суміжні питання: вибір технічних засобів комплектації ракети, безпеки екіпажу та інші.

Розглянуто фізичну модель, що описує польот ракети в системі «ракета – гравітаційний центр», висунуто відповідні граничні умови:

$$\begin{cases} \dot{r} = u, \\ \dot{u} = \frac{v^2}{r} - \frac{\mu}{r^2} + \frac{P \sin(\theta)}{m_0 - |\dot{m}|t}, \\ \dot{v} = -\frac{uv}{r} + \frac{P \cos(\theta)}{m_0 - |\dot{m}|t}; \end{cases} \quad \begin{cases} r(0) = r_0, \quad u(0) = 0, \quad v(0) = \sqrt{\mu/r_0}, \\ u(t_f) = 0, \quad v(t_f) - 1/\sqrt{r(t_f)} = 0, \end{cases}$$

де  $P$  – відома стала тяга ракетного двигуна;  $t_f$  – відомий час роботи ракетного двигуна;  $r = r(t)$  – відстань космічного корабля від центру тяжіння;  $u = u(t)$  – радіальна складова швидкості;  $v = v(t)$  – тангенціальна складова швидкості;  $m_0$  – маса космічного корабля;  $\dot{m} = const$  – масова

витрата палива;  $r_0$  – початкова орбіта космічного корабля;  $\theta = \theta(t)$  – кут напрямку тяги (керуюча змінна),  $t \in [0; t_f]$ ;  $\mu$  – гравітаційна стала центру тяжіння.

Представлено непряму схему наближеного розв’язання задачі, що заснована на необхідних умовах оптимальності у формі принципу максимуму Л.С. Понтрягіна і на методі стрільби чисельного розв’язання відповідної крайової задачі принципу максимуму [4]. Розроблено і програмно реалізовано обчислювальні алгоритми, які дозволяють використовувати адаптовані до постановки задачі методи Рунге-Кутта та Ейлера для розв’язання допоміжних задач Коші, а також градієнтний метод мінімізації узагальненої функції нев’язки для визначення параметрів «пристрільки». Відповідна програмна реалізація дозволяє швидко отримати чисельні результати із заданою точністю, проаналізувати практичну збіжність та ефективність розроблених алгоритмів. Розглянуту задачу було конкретизовано даними з дослідження R.E. Корр, R. McGill про вихід ракети на орбіту Марса в системі «ракета – Сонце» [1]; отримані результати збігаються з результатами дослідження H.G. Moyer, G.Pinkham на основі методу прогонки (sweep method) [5]. Розв’язок, отриманий за допомогою розробленого програмного продукту, представлено на рис. 1а).

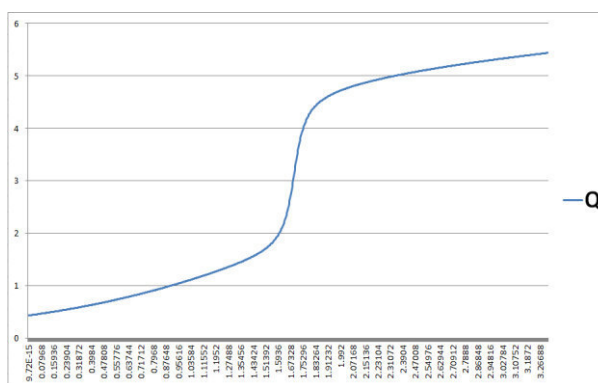


Рис. 1а) Оптимальне керування  $\theta(t)$

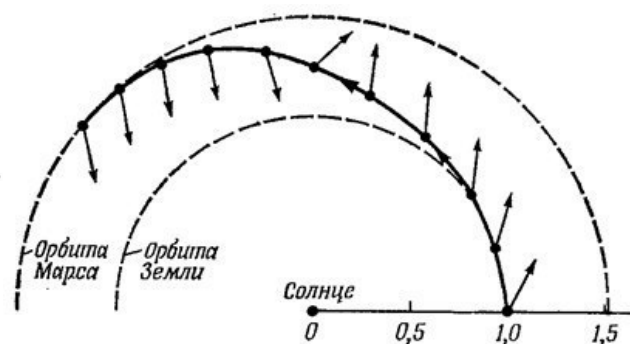


Рис. 1б) Траєкторія польоту

Судячи з траєкторії польоту ракети, зображеної на рис. 1б), можна сказати, що ракета, аби вийти на максимально можливий радіус орбіти, має направити тягу від гравітаційного центру (Сонця) аби пришвидшитись, а

вже на підльоті направити її до гравітаційного центру (Сонця) аби призупинитись.

Результати дослідження можуть бути застосовані при розв'язанні інших задач оптимального керування для розглянутої фізичної моделі та для більш складних нелінійних динамічних систем, в тому числі з розподіленими параметрами. Розроблені алгоритми та відповідний функціонал програми можуть бути використані у подальших дослідженнях під час реалізації інших обчислювальних схем та їх модифікацій для прикладних оптимізаційних задач.

Виконане дослідження може бути розширене за рахунок комп'ютерного моделювання руху ракети за результатами обчислень, через доповнення фізичної моделі системи іншими гравітаційними центрами Сонячної системи для збільшення прикладної цінності розрахунків.

#### **Бібліографічні посилання**

1. Bryson A.E., Ho Yu-Chi. Applied Optimal Control: Optimization, Estimation, and Control. Taylor & Francis Group, 2017. 481 p.
2. Hart L.L. The application of projection-iteration methods to solving optimal control problems for systems of ordinary differential equations. *Hamburger Beiträge zur Angewandten Mathematik*. Institut für Angewandten Mathematik der Universität Hamburg, 2000. Reihe A. № 152. Pp. 1-17.
3. Hart L.L. Calculating the optimum two-link robot arm with respect to movement time. *Journal of Mathematical Sciences*. 2001. 107(6). Pp. 4458-4463.
4. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1980. 552 с.
5. McReynolds S.R. The successive sweep method and dynamic programming. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*. Elsevier, 1967. 19(3). Pp. 564-598.

## МЕТОД ПОБУДУВИ $\Phi$ -ФУНКЦІЇ ДЛЯ НЕЯВНОЇ ФОРМИ РІВНЯНЬ КОНТУРА ОБ'ЄКТІВ

Гіль Н. И., Пацук В. М., vmpatsuk@gmail.com,

*Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України*

В [1] побудовані  $\Phi$ -функції та квазі- $\Phi$ -функції для моделювання умов неперетину та включення для плоских неорієнтованих геометричних об'єктів, границі яких описуються рівняннями другого порядку для застосування в моделях задач геометричного проектування. В цій доповіді розглядається підхід до побудови аналітичних умов взаємного неперетину та включення для плоских неорієнтованих геометричних об'єктів, границі яких описуються довільними аналітичними рівняннями у вигляді  $\Phi$ -функції.

Припускаємо, що повороти фіксовані, та рівняння кривих, що визначають границі об'єктів  $S_i, S_j$ , в координатні системні об'єкта  $S_i$  суть  $F(\mathbf{u}) = 0$  та  $G(\mathbf{u} - \Delta_{ij}^0) = 0$ , де  $\Delta_{ij}^0$  є вектор, що з'єднує центри об'єктів.

Накладемо деякі обмеження на  $F(\bullet), G(\bullet)$ .

1.  $F(\mathbf{u}), G(\mathbf{u}) \in C^2(\mathbf{R}^2)$ , тобто суть двічі диференційовані;
2.  $F(\mathbf{u}), G(\mathbf{u}) \xrightarrow{\|\mathbf{u}\| \rightarrow \infty} \infty$ ;
3.  $F(\mathbf{u}), G(\mathbf{u})$  є монотонними відносно відстані до границь  $S_i, S_j$  відповідно;
4. Нехай  $\rho(\mathbf{u}, \text{fr } S_k)$  є відстань від  $\mathbf{u}$  до  $\text{fr } S_k, k \in \{i, j\}$  та нехай

$$\sigma_c(\mathbf{u}) = \begin{cases} -1, & \text{якщо } \mathbf{u} \in \text{int } S_k, \\ 0, & \text{якщо } \mathbf{u} \in \text{fr } S_k, \\ 1, & \text{якщо } \mathbf{u} \in \text{int}(\mathbf{R} \setminus S_k). \end{cases}$$

Тоді  $(\nabla F_k(\mathbf{u}), \sigma_k(\mathbf{u}) \nabla \rho(\mathbf{u}, \text{fr } S_k)) > 0$ , коли  $\mathbf{u} \notin \text{fr } S_k$ .

Нам потрібно знайти  $\Phi$ -функцію  $\Phi_{S_i, S_j}$  наших об'єктів  $S_i, S_j$ .

$\Phi$ -функцію можна побудувати, використовуючи рішення наступного система рівнянь і нерівність (намагаючись знайти певну точку  $\mathbf{u}$  за



межами обох об'єктів):

$$\begin{cases} \nabla F(\mathbf{u}) = -\lambda \nabla G(\mathbf{u} - \Delta_{ij}^{\circ}), \\ F(\mathbf{u}) = -G(\mathbf{u} - \Delta_{ij}^{\circ}), \\ \lambda > 0. \end{cases}$$

В іншій формі (з використанням тривимірного простору та векторного добутку), система може бути сформульовано таким чином.

$$\begin{cases} \nabla F(\mathbf{u}) \times \nabla G(\mathbf{u} - \Delta_{ij}^{\circ}) = \mathbf{O}, \\ F(\mathbf{u}) = -G(\mathbf{u} - \Delta_{ij}^{\circ}), \\ (\nabla F(\mathbf{u}), \nabla G(\mathbf{u} - \Delta_{ij}^{\circ})) \leq 0, \end{cases}$$

або

$$\begin{cases} (\nabla F(\mathbf{u}) \times \mathbf{R}_{\pi/2} \circ \nabla G(\mathbf{u} - \Delta_{ij}^{\circ})) = 0, \\ F(\mathbf{u}) - G(\mathbf{u} - \Delta_{ij}^{\circ}) = 0, \\ (\nabla F(\mathbf{u}), \nabla G(\mathbf{u} - \Delta_{ij}^{\circ})) \leq 0, \end{cases}$$

де  $\mathbf{O} = (0, 0, 0)$ ,  $\mathbf{R}_{\pi/2} = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ .

Ми вирішуємо одну з цих систем відносно  $\mathbf{u}$ . Нехай розв'язками є  $\mathbf{u}_{\dagger, m}(\Delta_{ij}^{\circ}) \in U_{\dagger} = \{\mathbf{u}_{\dagger, 1}(\Delta_{ij}^{\circ}), \mathbf{u}_{\dagger, 2}(\Delta_{ij}^{\circ}), \dots, \mathbf{u}_{\dagger, M}(\Delta_{ij}^{\circ})\}$ ,  $m \in I_M = \{1, 2, \dots, M\}$ .

Тоді (ненормовану в загальному випадку)  $\Phi$ -функцію можна виразити як

$$\Phi_{S_i, S_j}^{\wedge}(\Delta_{ij}^{\circ}) = \Phi_{FG}^{\wedge}(\Delta_{ij}^{\circ}) = \min_{\mathbf{u}_{\dagger, m}(\Delta_{ij}^{\circ}) \in U_{\dagger}} F(\mathbf{u}_{\dagger, m}(\Delta_{ij}^{\circ})).$$

[1] Гіль М. І. Phi-Functions of 2D objects with boundaries being second-order curves / Гіль М. І., Пацук В. М. // Cybernetics and system analysis. – 2020. – V 56. № 5. – С. 802–810.

## МАТЕМАТИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ НЕЛІНІЙНОЇ МЕХАНІКИ

Гончаров Я.А., goncharv.yar.an@gmail.com

Зайцева Т.А., ztan2004@ukr.net

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

В даний час розроблено багато спеціального програмного забезпечення, призначеного для математичного та комп'ютерного моделювання складних систем нелінійної механіки та їх аналізу. Але через широкий обсяг таких задач з одного боку та великої кількості розробленого програмного забезпечення для їх розв'язання з іншого боку, виникає питання, яке саме програмне забезпечення потрібно обрати.

Для аналізу та моделювання систем нелінійної механіки часто використовують два види програмного забезпечення: Computer-Aided Design (CAD) та Computer-aided engineering (CAE). Системи автоматизованого проектування (САПР) або CAD (Computer-Aided Design), використовуються зазвичай спільно з системами автоматизації інженерних розрахунків і аналізу (CAE), які дозволяють виконувати завдання процесів моделювання в різних комбінованих середовищах. Зокрема, найбільш поширеними є CAD світових виробників — AutoCAD, Autodesk, NX, Solid Edge, CATIA, Pro/ENGINEER, SolidWorks. Програмне забезпечення типу CAE виконує саму різноманітну роботу за розрахунком напруг, деформацій, теплообміну, розподілу магнітного поля, потоку рідин та параметрів інших спільних середовищ. До найбільш поширених CAE-систем можна віднести ANSYS, LS-DYNA, Nastran, Abaqus, T-FLEX CAE, Deform, Qform і пр. Далі відзначимо, що системи типу CAE поділяються на узкоспеціалізовані (наприклад, Deform і Qform) і орієнтовані на вирішення задач широкого спектру, такі як продукти ANSYS (ANSYS, Inc.), Nastran (MSC.Software Corporation), Abaqus (Abaqus, Inc.).

## ПРОЄКТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ

**Гошко О. В.**, olha.hoshko.w@gmail.com

**Басюк Т. М.**, taras.m.basyuk@lpnu.ua

*Національний університет «Львівська політехніка»*

Електронна освіта – це один із сучасних засобів швидкого та недорогого отримання та передачі знань. Школи, що застосовують методи електронного навчання у своїх стінах, є більш ефективними за ті, що покладаються лише на стандартні варіанти викладання. Варто згадати також про вклад електронного навчання у спрощення життя людей із вадами фізичного чи психологічного характеру. Так як часто вони мають особливі потреби та неспроможні відвідувати освітні заклади, даний варіант навчання дає їм шанс на здобуття вищої освіти, підвищення власних професійних вмінь у вже опанованій сфері та на ознайомлення з будь-якою іншою бажаною галуззю [1].

На сьогодні найбільш дієвим методом електронного навчання вважається індивідуальне, а саме завдяки адаптивному аспекту. Аналізуючи знання та навички окремого студента, адаптивні системи динамічно генерують план навчального курсу та налаштовують рівень складності [2]. Вони визначають, який матеріал користувач сприймає краще, а який гірше, після чого в реальному часі корегують курс. У такий спосіб вони змінюють підхід на індивідуальному рівні, щоб впевнитись, що користувач повноцінно ознайомився з темою, перш ніж переходити до наступної.

Головною метою проєкту є створення інформаційної системи адаптивного електронного навчання. Основний акцент робиться на пристосуванні майбутньої системи до конкретного користувача шляхом аналізу його успішності, застосовуючи алгоритми адаптивного навчання та завдяки створенню індивідуальних навчальних рекомендацій для закриття

прогалин у розумінні тої чи іншої дисципліни. На рис. 1 зображено діаграму варіантів використання досліджуваної системи.

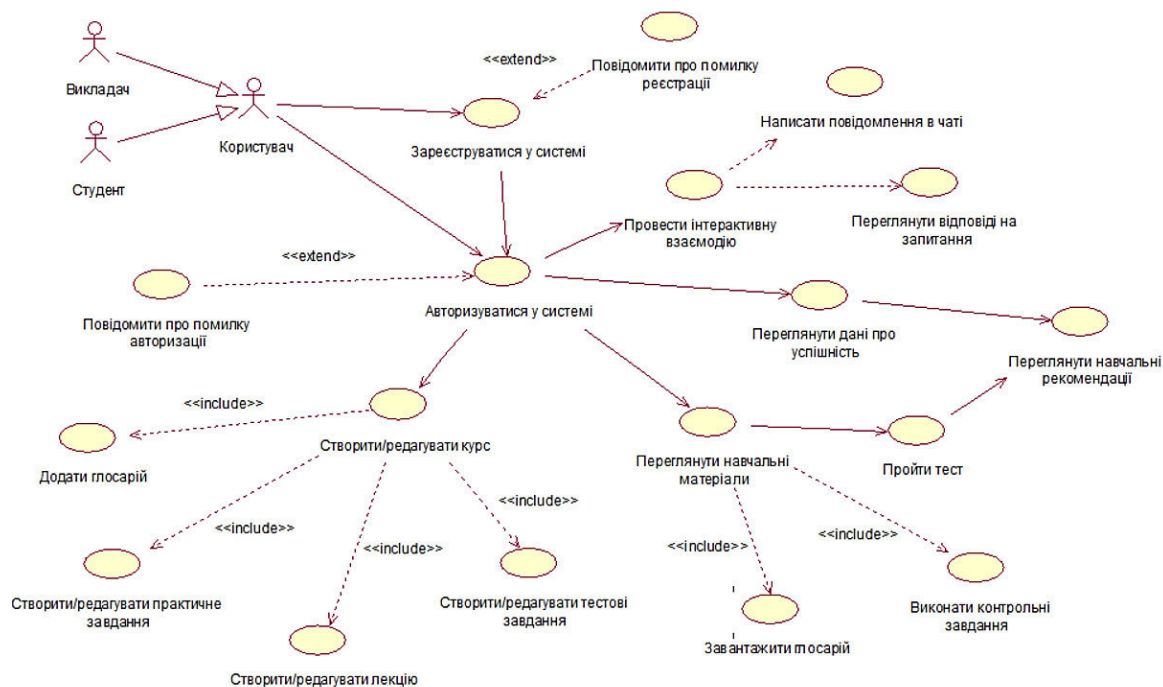


Рис. 1. Діаграма варіантів використання

Безперервний аналіз відповідей і поведінки користувача дозволить інформаційній системі створити максимально доступний осередок для навчання. Також використання даної технології сприятиме більш оперативному та якісному засвоєнню людиною освітніх матеріалів, оскільки відбуватиметься пристосування безпосередньо до її власного рівня знань.

#### Список використаних джерел

1. Методичні аспекти впровадження електронного навчання в закладах загальної середньої освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.irtc.org.ua/dep105/publ/2019/METHOD\\_POSIBNYK\\_ZARITSKA\\_LITVINENKO\\_SAVCHENKO\\_SLIPCHENKO\\_2019\\_SCHOOL132.pdf](http://www.irtc.org.ua/dep105/publ/2019/METHOD_POSIBNYK_ZARITSKA_LITVINENKO_SAVCHENKO_SLIPCHENKO_2019_SCHOOL132.pdf).

2. Носенко Ю. Г. Адаптивні системи навчання: сутність, характеристика, стан використання у вітчизняних закладах педагогічної освіти / Ю. Г. Носенко // Фізико-математична освіта: науковий журнал. – Суми: СумДПУ ім. А.С. Макаренка, 2018. – Вип. 3. – С. 73-78.

**ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО АНАЛІЗУ  
ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЗАРОБІТНУ ПЛАТУ****Гранковський С.В.,** stdinozzaur@gmail. com*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Методологія системного аналізу передбачає застосування математичних методів та інформаційних технологій для дослідження складних систем і процесів. Задачу дослідження факторів, що впливають на розмір заробітної плати запропоновано розглядати як задачу ідентифікації (відновлення) складної нелінійної залежності розміру заробітної плати від цих факторів. При цьому нелінійна залежність, яка підлягає ідентифікації, представлена вибіркою експериментальних даних «вхід-вихід»:

$$(X_i, y_i), i = 1, \dots, N,$$

де  $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$  – вектор входів ( $m$  – кількість входів),  $y_i$  – вихід в  $i$ -й парі,  $N$  – обсяг вибірки.

Задача ідентифікації полягає в побудові математичної моделі  $F$ , яка забезпечує мінімальне значення середньоквадратичного відхилення:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - F(X_i))^2}, \quad (1)$$

де  $F(X_i)$  – значення виходу математично моделі при значенні входів, які задані вектором  $X_i$ .

У роботі для аналізу факторів, що впливають на розмір заробітної плати, застосовано три різні підходи: економетричне, нечітке та нейронечітке моделювання. Інформаційною базою математичного моделювання слугували статистичні дані сучасного європейського ринку праці Франції (150 осіб) та Німеччини (150 осіб). Особливу увагу при розробці моделей було приділено таким факторам, які можуть впливати на заробітну плату, як гендер, раса, перебування у шлюбі. Ці фактори вимірюються у категоріальних шкалах, що і обумовило вибір відповідного математичного інструментарію.

У результаті отримано три математичні моделі: економетричну, нечітку та нейронечітку. Точність побудованих моделей порівнювалась за критерієм *RMSE* (табл. 1):

Таблиця 1 – Порівняння точності побудованих моделей

Тип математичної моделі	Значення <i>RMSE</i>
Економетрична	5.6154
Нечітка	5.5641
Нейронечітка	5.0474

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ З ІДЕНТИФІКАЦІЇ РУКОПИСНОГО ТЕКСТУ

Гриценко А.О., [alinhryt@gmail.com](mailto:alinhryt@gmail.com)

Дзюба П.А., [avatarrr@ua.fm](mailto:avatarrr@ua.fm)

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара* ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))

Серед тем, які вже довго залишаються актуальними і привертають до себе увагу, можна виділити створення штучного інтелекту, який здатний значно прискорити процес розвитку науки та дати нові можливості для покращення життя. Історія штучних нейронних мереж починається в 40-х роках ХХ століття, коли математики Уоррен Маккаллок і Волтер Пітс запропонували модель нейрона та систему, яка імітувала роботу людського мозку та мала змогу виконувати прості алгоритми [1].

За допомогою нейронних мереж можна вирішити цілий комплекс задач у різних областях: прогнозування природних явищ, діагностика за допомогою аналізу бази зображень, контроль над визначеними якостями та вимогами, створення штучної моделі людського інтелекту тощо.

Всі задачі можна розділити на чотири категорії:

- машинний зір – здатність отримувати інформацію через аналіз зображень чи відео;
- розпізнавання мови – аналіз та розпізнавання людської мови;

- обробка природної мови – це обробка природного, створеного людиною текст;
- рекомендації сервісів – аналіз дій та вподобань користувачів для розробки ефективних рекомендацій.

У даному випадку вся увага буде сконцентрована на задачі машинного або комп'ютерного зору, а саме на ідентифікації завантажених зображень рукописного тексту.

Мета роботи полягає у дослідженні теми штучного інтелекту та знаходженні найоптимальнішого типу нейронних мереж для розв'язку поставленої задачі, що в подальшому ляже в основу розробки власного додатку для ідентифікації тексту.

Під час аналізу різних типів нейронних мереж, їх характеристик та виділення основних переваг та недоліків було прийнято рішення використовувати згорткову модель або CNN (convolutional neural network). Згорткові нейронні мережі — це спеціалізований тип штучних нейронних мереж, які використовують математичну операцію, яку називають згорткою, замість загального множення матриць принаймні в одному зі своїх шарів [2].

Результати досліджень можуть бути в подальшому застосовані для побудови нейронних мереж більшої складності, та основною задачею яких може бути розв'язок схожих задач.

#### **Бібліографічні посилання**

1. Питтс В., Маккалох Дж. Логічне обчислення ідей, що належать до нервової активності / Нейрокомп'ютер – 1992 – № 3-4. С. 40-53.

2. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville Deep Learning [Електронний ресурс] URL: <https://www.deeplearningbook.org/>

**DEVELOPMENT OF AUTOMATED FILE  
MANAGEMENT SYSTEM FOR UNIVERSITY**  
**Guk N.A., Gerasimov E.A.** izanamissues@gmail.com

*Oles Honchar Dnipro National University (www.dnu.dp.ua)*

University has a digital library which stores different files, books, presentations. etc. Digital library is Web site, which is developer as a web site.

Current system is old, it is hard to manage and develop new features, unable to fix existing bugs and blockers, so it was decided to develop a new automated system of file management for university.

Old site with database in MySQL were used as a base for the next iteration. Development was split into three major branches:

1. Modelling of database. At the first step major attention is paid to choosing of new storage and migration of existing structure in new database. Next step requires understanding of university's database and relationship of data, which is in need for simplification of existing structure to reduce nested relationships. The final stage is data migration from existing system to the new one without leak of data.
2. Development of Web service. This branch is about development of core of new automated system, which communicates with database, executing business logic and provides possibility to interact with application from another. It is important to choose flexible and shrinkable architecture because system is going to be supported for a long time. Secondary, this step of development requires many utility features to provide stable, predictable, and noticeable work of system, for example: error handling, logging, recovery planning and more.
3. Creating a user interface. It is the last step of development, when it is necessary to decide and develop user interface, which can be used to interact with Web service.



After processing of these steps, it was developed a new automated file management system. New system has next technical specifications:

- Database is stored at MSSQL server. Data relationships are reduced to functional minimum. All data from existing system is transferred to new system without leak. Also, stored files were separated into two storages to prevent collisions.
- Web server is developed with C# in a .NET Core 6.0 platform. Interaction with data is designed with repository patterns. Communication with another applications is provided by Web API architecture via HTTP requests. Additionally, system has logging, error handling middleware, recovery plan and test covering.
- User interface is present as single-page application, which was built with Angular Framework. Site has many of improvements, for example, responsible search fields, reactive components.

New system has simpler data structure, without losing of relationships. Core of application is stable, and it is easy to predict application's workflow. User interface is quick and smooth, it is comfortable to interact with. Additionally, system was designed with complex routing, so that two separate parts of application are hosting as a single unit. New system is ready for deployment.

## РОЗРОБКА МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ВЕБ-САЙТІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЇХ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Гук Н.А., Ємельянова Ю.С., yemelyanovaj@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Враховуючи проблему надлишкової інформації у світі, дуже актуальним є вдосконалення методів аналізу інтернет об'єктів.

Сучасні інтернет-ресурси є динамічними об'єктами. В завданнях аналізу слід враховувати не тільки поточні характеристики об'єктів, але і їх тимчасові, тобто динамічні зміни, за фактом появи нових пошукових запитів. На підставі зібраних даних можна визначити аудиторію сайту та вивчити поведінку відвідувачів для прийняття рішень щодо розвитку та розширення можливостей веб-ресурсу.

Математична модель веб-сайту була побудована у вигляді веб-графу [1] та модель поведінки користувача у вигляді графу переходів. Обрана модель може бути основою для автоматизованого аналізу веб-графу, з метою виявлення проблемних місць у його структурі та можливих шляхів її оптимізації. Іншим варіантом застосування графової моделі сайту є візуалізація структури сайту, що спільно з накопиченими статистичними даними, робить можливим їх наочний аналіз і обробку.

В даній роботі досліджуються динамічні зміни кластерної структури Інтернет-об'єктів, на основі яких проводиться аналіз. Для визначення кластерів [2] семантично близьких сторінок пропонується використовувати зібрану статистику відвідування сторінок сайту. В основі підходу лежить ідея, що при навігації по веб-сайту, його користувачі дотримуються певних інтересів і обирають сторінки схожої тематики, що відповідають їх інформаційним запитам. Маршрути користувачів, що повторюються, формують групи семантично близьких сторінок, об'єднання яких покриває веб сайт.

Використання алгоритмів кластеризації веб-графів дозволяє створити кластер схожих за змістом документів, які можуть бути використані для подальшої семантичної обробки. Тож застосування методів кластеризації може значно покращити аналіз структури веб-сайту.

### Список використаної літератури

1. Снарський А.А. & Ланде Д.В. (2015) *Моделювання складних Мереж* Київ : НТУУ «КПІ».
2. Duran, B. S. Cluster Analysis - A Survey / B. S. Duran, P. L. Odell. – Springer, 1974. – 146 p.

## ПОБУДОВА КЛАСИФІКАТОРА ДЛЯ ПОШУКУ АНОМАЛІЙ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ

Гулий Т.О., [guliutaras@gmail.com](mailto:guliutaras@gmail.com), Білозьоров В. Є.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))

Типові активні мережеві атаки, такі як breaches, spoffing, pivoting, DoS, атаки з використанням ботнет мережі [1], розуміємо, що захист мережі повинен відбуватись в комплексі. Звичайно адміністратори мережі повинні виконати ряд превентивних заходів: сегментація мережі, закриття типових портів, встановлення списку дозволених IP адрес, двохфакторної автентифікації та авторизації. Проте у випадку масової атаки надзвичайно важко зрозуміти причину та виявити місце в периметрі мережі, де відбувається атака. Автоматичне виявлення аномалій дозволяє спрогнозувати атаку на мережу та запобігти шкідливим наслідкам. Звичайно виявлення аномалій мережевого трафіку є також одним з напрямів захисту.

Аномальні шаблони чи “сплекси” (екстремуми) можуть містити як локальні, так і глобальні відхилення. Хоча глобальні аномалії можна легко ідентифікувати шляхом звичайного огляду, локальні аномалії мають шаблони, подібні до нормального сигналу, а це означає, що виявити на основі екстремумів складно.

На рис. 1 представлені два графіки аномалій трафіку. Рис. 1 (а) показує локальну аномалію, де аномалія існує всередині трафіку, а рис. 1 (б) показує глобальну аномалію, в якій аномалія існує поза трафіком.

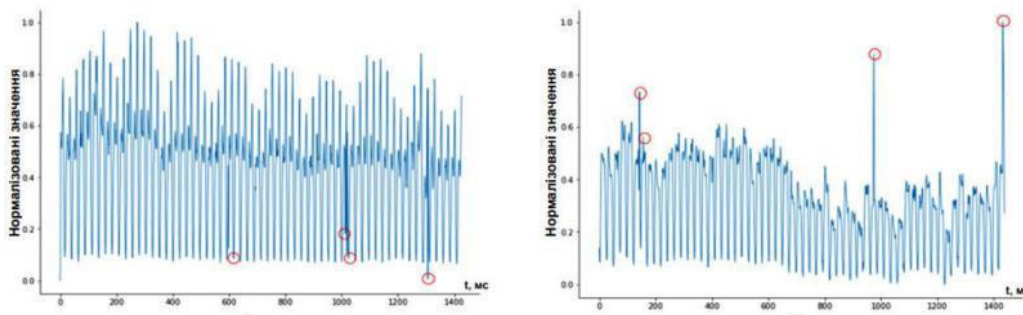


Рисунок 1 – Приклади графіків аномалій трафіку

Для виявлення аномалій потрібно працювати одночасно і в просторовій і в часовій області. Оскільки, щоб виявити глобальну аномалію достатньо встановити певний рівень і слідкувати за його перевищенням, що і буде ідентифікатором аномалії. Проте з локальною аномалією не все так просто, і для її виявлення потрібен певний комплекс моделей.

Глибоке навчання найкраще представлено двома алгоритмами: згортковими нейронними мережами (CNN) для розпізнавання зображень і рекурентними нейронними мережами (RNN)[2], які в основному використовуються для обробки природної мови та розпізнавання мовлення. CNN мають локальне сприйнятливое поле та фільтри, які можуть відображати просторові характеристики шляхом вилучення основних візуальних ознак, таких як орієнтовані краї, кінцеві точки та кути. RNN має дуже глибоку структуру, яка з'єднує основні нейронні одиниці в хронологічному порядку і, як правило, ефективна для моделювання послідовних даних шляхом навчання за допомогою блоків шлюзів, таких як одиниці довгострокової пам'яті (LSTM).

Крім того, вивчається комбінація шарів CNN і LSTM, щоб виділити часові та просторові особливості, що і є необхідно для досліджуваного набору даних. Комбінація CNN і LSTM може ефективно витягувати ознаки. В даний час ці переваги застосовуються для класифікації та прогнозування сигналів з датчиків, які використовуються в індустріальній сфері.

#### **Бібліографічні посилання**

1. N.-Y. Lee and H.-J. Chiang, "The research of botnet detection and prevention," presented at the Computer Symposium (ICS), 2010, International, 2010, pp.119–124.
2. Hawkins S, He H, Williams G, Baxter R. Outlier detection using replicator neural networks. In: Kambayashi Y, Winiwarter W, Arikawa M, editors. Data warehousing and knowledge discovery, lecture notes in computer science, vol. 2454. Berlin, Heidelberg: Springer; 2002. p. 170–80.

## МЕТОД ВІДНОВЛЕННЯ СПОТВОРЕНИХ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР'Є

**Гурдіш А. О.,** *nastya20143872@gmail.com*, **Сердюк М.Є.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Багато галузей техніки, що мають відношення до отримання, обробки, зберігання та передачі інформації, в значній мірі орієнтуються в даний час на розвиток систем, в яких інформація має характер зображень. Але дуже часто під час перетворення або передачі сигналу втрачається частина інформації. Виникає потреба у розв'язанні задачі відтворення зображень. На даний час ця задача не має задовільного рішення і викликає ряд питань, а отже тема відновлення спотворених зображень є актуальною.

Метою даної роботи є дослідження методу відновлення інформації у спотворених областях зображення з використанням спектру Фур'є та порівняння результатів роботи методу на зображеннях з різними характеристиками.

Будемо розглядати цифрове зображення як двовимірну функцію  $f(x, y)$ , визначену на матриці пікселів. Значення функції  $f$  в пікселі з координатами  $(x, y)$  являє собою додатну скалярну величину, яку найчастіше асоціюють з інтенсивністю (яскравістю) або кольором. Функція, задана рядом Фур'є, може бути повністю без втрати інформації відновлена за допомогою алгоритму перетворення. Ця властивість є надзвичайно важливою, оскільки дозволяє працювати у «Фур'є-просторі», а потім повернутися в початкову область визначення функції без втрати будь-якої інформації. Перевагою даного методу є можливість аналітично оцінити детальність одержуваного зображення, а також порівняно невеликий обсяг обчислень.

Розглянемо алгоритм, який базується на ідеях методу [1]. Першим кроком є перетворення значень пікселів вихідного зображення в комплексну карту чисел, беручи значення пікселя з каналу і перетворюючи

його як дійсний компонент з уявним компонентом, що прямує до нуля. Застосування перетворення Фур'є та обчислення його спектру допоможе відновити початкове зображення. Для успішного відновлення спотвореного зображення необхідно так ретушувати відсутню частину, щоб спектр отриманого зображення не відрізнявся від початкового зображення. Тобто заповнення відсутньої частини зображення потрібно робити на основі спектра наявної частини зображення.

Позначимо спотворене зображення  $A$ , а відновлене на кожній ітерації  $B_i$ . Обчислимо спектр Фур'є, але на першій ітерації будемо використовувати тільки нульову складову для заповнення відсутньої частини зображення. Отримаємо перше наближення  $B_1$ . Далі обчислюємо спектр отриманого зображення  $B_1$  і заповнюємо відсутню частину вихідного зображення  $A$  зображенням, обчисленим з нульової та першої складової спектра зображення  $B_1$ . Продовжимо процес до максимальних частот, присутніх на зображенні  $A$ . Порівняння вихідного і відновленого зображень показує, що поступово ретушована область буде заповнюватися зображенням, відповідним до області навколо спотворення.

Тестування низки зображень за допомогою програмної реалізації алгоритму дозволило зробити висновок, що алгоритм дає прийнятні результати на зображеннях з однорідним або градієнтним фоном, добре відновлює текстурні фото, але якщо на фото є предметні елементи, то метод потребує вдосконалення.

#### Список використаних джерел

1. Kokoshkin, A.V.; Korotkov, V.A.; Korotkov, K.V.; Novichikhin, E.P. Retouching and restoration of missing image fragments by means of the iterative calculation of their spectra. *Comput. Opt.* 2019, 43, 1030–1040.

## СТРУКТУРНИЙ ПІДХІД ДО ВИЛУЧЕННЯ ТЕКСТІВ З ВЕБ-СТОРИНОК

Диханов С.В., Гук Н.А.

dykhanovstas@gmail.com, natalyguk29@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Задачі автоматичної кластеризації колекції текстів за тематикою мають широке практичне застосування у різних областях обробки природної мови. Прикладами таких застосувань є розробка рекомендаційних систем та інтелектуальних асистентів, задачі визначення профілів користувачів у соціальних мережах, задачі аналізу емоційного фарбування текстів, задачі кластеризації анотацій наукових статей та книжок, задачі аналізу семантичного ядра веб-сайтів та релевантності ключових слів пошуковим запитами, задачі ідентифікації штучних текстів.

Незважаючи на актуальність та широке практичне застосування задача кластеризації текстів досі викликає багато труднощів під час розв'язання. Існує значна кількість публікацій, у яких пропонуються різні моделі зображення текстів та обґрунтовується вибір характерних ознак, порівнюються методи кластеризації та обговорюється налаштування їх параметрів. А за необхідності кластеризації текстів з веб-сторінок постає ще одна проблема – вилучення змістовних текстів з веб-сторінки.

Зазвичай веб-документи в мережі Інтернет зображуються в форматі Hyper Text Markup Language (HTML) та містять не лише текст, а і іншу інформацію – CSS стилі, JavaScript код. HTML розмітка визначає структуру та вміст веб-контенту, за допомогою CSS здійснюється стильове оформлення сторінки, JavaScript код описує навігаційні елементи, а також підтримує появу динамічного контенту (коментарів та реакцій користувачів). На основі HTML сторінок браузер будує структурну модель сайту – Document Object Model (DOM). Зазначена модель є деревом, у вершинах якого зберігаються посилання та атрибути елемента, а

нащадками такого елемента є вкладені в нього HTML-теги та тексти з інформацією (контентом).

Для вилучення текстів з веб-сторінок у роботі застосовано структурний підхід до аналізу HTML документів на основі тегів. Відомо, що у більшості випадків імена тегів та атрибутів є стандартизованими.

Автоматичну процедуру аналізу веб-сторінки можна розглядати як автомат зі скінченою кількістю станів. Рух та зміна станів автомату відбувається з урахуванням контексту сторінки. В залежності від позиції на веб-сторінці визначаються стани: з зовні тегу, в середині тегу, в середині коментаря, в середині JavaScript коду. Слід зазначити, що в середині JavaScript коду можуть також знаходитися HTML-теги, але вони не входять до структури побудованого DOM-дерева. Оскільки на меті мається вилучення з веб-сторінки лише текстових даних, то було відокремлено назви елементів та їх нащадків, які не переглядаються та не належать до побудованої структури. До таких віднесено елементи стильового оформлення, посилання, елементи коментарів, сховані елементи та елементи, що розташуються за межами бачення браузеру.

Шляхом переходів між станами та з врахуванням змісту стану з документу відокремлюється структурована інформація. На основі отриманих даних можливо побудувати ієрархію, яка відтворює структуру вкладення тегів у вигляді дерева об'єктів.

Розроблений підхід застосовано до вилучення текстових блоків інформації з сайту інтернет-магазину та інформаційного сайту компанії, здійснено порівняння текстової інформації, отриманої із застосуванням підходу та за результатами ручного вилучення. Виявилось, що вилучення текстової інформації є найбільш ефективним для контент-орієнтованих вебсайтів, яки розробляються за допомогою шаблонів.



## РОЗРОБКА ВНУТРІШНЬОЇ СТУДЕНТСЬКОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ (SIS)

Дорошенко Р.К., r290399@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Великою проблемою для в людства в цілому в даний час є необхідність діджиталізації — перетворення бізнесу/держави за допомогою інформаційних технологій.

Для університету, як для організації, діджиталізація є важливим кроком для покращення навчального процесу і збільшенні його ефективності. В країнах Євросоюзу та Північної Америки широко використовуються такі SIS, як Oracle Student Cloud, Workday Student, Ellucian Banner і т.д.

Основним завданням створення системи була реалізація можливості:

1. Працювати з предметами (учбові матеріали, роботи, оцінювання робіт).
2. Відтворення цифрової структури університету для персоналізації.
3. Створення системи ролей для керування доступом користувачів.
4. Роботи з новинами.
5. Отримувати зворотній зв'язок від користувачів з використанням рейтингової системи.
6. Проводити таємне голосування.

При розробці архітектури вебдодатку за допомогою ASP.NET Core за основу була взята 3-рівнева архітектура (3 Layers Architecture).

Трирівнева архітектура — це архітектура клієнт-сервер, у якій функціональні процеси інтерфейсу користувача (Presentation Layer), бізнес-логіки (Business Layer) та рівня доступу до даних (Data Layer) розробляються та підтримуються як незалежні модулі на окремих платформах. Трирівнева архітектура — це шаблон проєктування програмного забезпечення та добре налагоджена архітектура програмного забезпечення.

Переваги 3-рівневої архітектури:

1. Швидша розробка.
2. Покращена масштабованість.
3. Підвищена надійність.
4. Покращена безпека.

Для зручності було розроблено інтерфейс з 2 постійними навігаційними елементами — боковим меню с головними розділами, та хедер з більш дрібним персоналізованим функціоналом (повідомлення, аккаунт, налаштування, мова інтерфейсу).

Кожна вкладка дозволяє виконувати CRUD операції в залежності від прав користувача та відповідає за реалізацію функціоналу указаного в тезі з описом основного завдання.

Одною з найважливіших властивостей системи повинна бути гнучкість. Така властивість була забезпечена за рахунок реалізації системи навчальних одиниць, які створюють ієрархічну структуру університету починаючи від всього університету, закінчуючи окремими групами та підгрупами. Така реалізація структури університету дозволяє системі бути гнучкою для того щоб вона могла використовуватися різними ВНЗ.

Кожен користувач системи закріплений на певному рівні структури університету – на певній навчальній одиниці, що дало змогу реалізувати персоналізацію контенту та обмеження прав доступу користувачів в залежності від його ролі.

Такий функціонал дозволяє системі реалізувати значну частину учбового процесу у цифровому вигляді. Одним з можливих напрямків подальшого розвитку системи може бути реалізація відео-дзвінків для проведення занять.

## АДАПТИВНА РЕДУКЦІЯ НЕЧІТКИХ ПРАВИЛ ВІДНОСНО НАВЧАЛЬНОЇ ВИБІРКИ

Єгошкін Д. І., KnightDanila@i.ua, Гук Н. А., NatalyGuk29@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

На сьогоднішній день задачі, що пов'язані з моделюванням процесів із багатofакторними залежностями, зустрічаються у різних галузях людської діяльності. Для розв'язання таких задач застосуються методи штучного інтелекту, які дозволяють знаходити приховані взаємозв'язки між наборами вхідних ознак та вихідними даними. Застосування нечіткої логіки та нечітких баз правил в експертних системах дозволяє відобразити залежності у вигляді правил "IF - THEN", які є зручними для обробки та аналізу знань експертом. Для побудови баз правил використовують два підходи: складання правил експертом на основі власного досвіду або автоматичне формування бази правил. Більшість об'єктів у задачах моделювання складних процесів мають багатовимірні ознаки, а кількість даних, що обробляється, є потенційно великою. Тому процедури автоматичного генерування бази правил є більш продуктивним.

Відповідно до теореми про нечітку апроксимацію [1] будь-яка, скільки завгодно складна математична залежність може бути апроксимована системою нечіткої логіки. При застосуванні процедури автоматичної генерації база правил буде повною, але може містити надлишкові правила. В ідеальному випадку база правил має бути адекватною, складатися з мінімальної кількості правил та забезпечувати прийнятну точність, але досягти цього для реальних задач досить складно. Для зменшення розмірів бази знаній найчастіше використовується метод редукції правил, але при застосуванні цієї процедури необхідною умовою є баланс між кількістю правил та точністю моделі. Тому задача редукції бази правил є актуальною і розглядається у ряді робіт. Так у роботі [2] розв'язується задача формування бази знань нейро-нечітких систем.

Використовуються основні принципи редукції правил: а) скорочення нечітких правил відповідно до їх логічних функцій; б) ортогоналізація: видалення тих правил, вплив яких на точність виявляється мінімальним після оцінки індивідуального внеску кожного правила. У роботі [3] для здійснення процедури редукції розглядається застосування генетичного алгоритму. У якості критерію точності нечіткої моделі обрано середньоквадратичну помилку (RMSE), а задачу редукції сформульовано як задачу багатofакторної оптимізації. Область допустимих розв'язків формується у околі Парето-фронт. Ще одним з перспективних підходів є побудова нейро-нечіткої мережі, що має прогнозуючу здатність. Так у роботі [4] нейро-нечітка мережа застосовується для синтезу адаптивного нечіткого регулятора. Редукція правил здійснюється шляхом вибору нечітких правил з бази знань за допомогою нейронної мережі. У процесі налаштування нейронна мережа оцінює якість поточного набору нечітких правил щодо отриманих результатів та прогнозує значення коефіцієнту якості керування регулятора.

Проведений аналіз показав, що розробка ефективних алгоритмів редукції бази правил у базах знань дозволить створювати експертні системи з мінімальною кількістю правил та прийнятною точністю.

#### **Бібліографічні посилання:**

1. Kosko B. Fuzzy systems as universal approximators. *IEEE Trans. on Computers*. 1994. 43, N 11. P. 1329–1333. DOI: 10.1109/12.324566
2. Клебанова Т. С. Особливості використання нейро-нечітких моделей у фінансовій діяльності комунальних підприємств / Т. С. Клебанова, О. О. Рудаченко // *Економічний вісник Запорізької державної інженерної академії*. - 2016. - Вип. 5(1). - С. 108-112.
3. Штовба С. Д., Мазуренко В. В., Савчук Д. А. Генетичний алгоритм вибору правил нечіткої бази знань, збалансованої за критеріями точності та компактності. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2012. № 3.
4. Михайленко, В. Синтез адаптивного нечіткого регулятора з прогнозувальною нейронечіткою мережею / В. Михайленко Р. Харченко // *Одеська державна академія холоду, м. Одеса; Вісник СумДУ. Серія "Технічні науки", №3'* 2012.

## РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ГРАНИЧНИХ ЗАДАЧ ЕЛІПТИЧНОГО ТИПУ

Єловікова І. Є., ingaelovikova1@gmail.com,

Волошко В. Л., VVL56@i.ua

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Граничні задачі еліптичного типу належать до задач згину пластинок, які наразі є дуже актуальними та знаходять своє застосування у багатьох галузях промисловості. Отже, треба визначити згин пластини з жорстко закріпленими краями і постійним рівномірним навантаженням. Розглянемо математичну постановку цієї задачі [1] :

$$\Delta\Delta w(x, y) = f(x, y)$$

$$w(x, y)|_{\Gamma} = 0, \quad \frac{\partial w(x, y)}{\partial n} \Big|_{\Gamma} = 0 \quad (1)$$

де  $w = w(x, y)$  – невідома функція згину серединної точки  $(x, y)$  пластини,  $\Gamma$  – контур пластини, який обмежує її область  $\Omega$ .

$f(x, y) = \frac{q(x, y)}{D}$ , де  $q(x, y)$  – інтенсивність поперекового навантаження;

$D = \frac{Eh^2}{12(1-\sigma^2)}$  – циліндрична жорсткість пластини;  $\sigma$  – коефіцієнт Пуассона;

$h$  – товщина пластини;  $E$  – модуль пружності першого роду.

Розв'язок задачі шукатимемо у вигляді  $w(x, y) = w_1(x, y) + w_2(x, y)$

Задача (1) зводиться до розв'язку двох задач таким чином:

1. Наближено знаходимо за теоремою Гілберта частинний розв'язок

$$\text{неоднорідного рівняння } w_1(x, y) = \frac{1}{8\pi} \iint_{\Omega} r^2 \ln r \cdot f(\xi, \eta) d\Omega(\xi, \eta),$$

$$\text{де } r = \sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2}.$$

2. Далі розв'язок задачі зводиться до однорідної задачі з неоднорідними крайовими умовами, де для бігармонічного рівняння

ми беремо крайові умови – функцію  $w_1(x, y)$  та її нормальну похідну зі зворотним знаком. Розв’язок цієї задачі шукатимемо у вигляді

$$w_2(x, y) = \int_{\Gamma} \left( \mu_1(s) \cdot r^2 \ln r + \mu_2(s) \cdot \frac{\partial}{\partial n} (r^2 \ln r) \right) d\Gamma(s)$$

3. Приходимо до системи інтегральних рівнянь відносно  $\mu_1(s)$  і  $\mu_2(s)$

$$\begin{cases} \int_{\Gamma} \mu_1(s) \cdot r^2 \ln r d\Gamma(s) + \int_{\Gamma} \mu_2(s) \cdot \frac{\partial}{\partial \nu} (r^2 \ln r) d\Gamma(s) = -w_1(x, y) \Big|_{\Gamma} \\ \int_{\Gamma} \mu_1(s) \cdot \frac{\partial}{\partial n} (r^2 \ln r) d\Gamma(s) + \int_{\Gamma} \mu_2(s) \cdot \frac{\partial}{\partial n \partial \nu} (r^2 \ln r) d\Gamma(s) = -\frac{\partial w_1(x, y)}{\partial n} \Big|_{\Gamma} \end{cases}$$

4. Систему інтегральних рівнянь наближено, з використанням інтегральної теореми про середнє і заміни інтегралів по елементарним дугам сумами, можна представити у вигляді системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Після розв’язання СЛАР знаходимо невідомі функції щільності  $\mu_1(s)$  і  $\mu_2(s)$  для визначення  $w(x, y)$ .

Висновок: результати свідчать про ефективне застосування розрахункових методик для великого класу прикладних задач [2]. Приклади чисельної реалізації методу свідчать про високу точність одержаних результатів для областей неканонічної форми при мінімальних затратах часу.

1. Кісельова О.М. Щодо розв’язування крайової задачі для неоднорідного бігармонічного рівняння для області складної форми / О. М. Кісельова, В. Д. Ламзюк, Л. В. Волошко // «ВІСНИК ДНУ», серія «Моделювання». – 2011. – вип. 3. – №8. – С. 20 – 28.

2. Волошко В.Л. Щодо розв’язування крайової задачі теорії пластин для областей складної форми / В.Л. Волошко, М.П. Петулько // «Питання прикладної математики і математичного моделювання». Збірник наукових праць. Вип.19 – Дніпро: Ліра, 2019р. – С.41–50.

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ТІЛ СКЛАДНОЇ ФОРМИ З ПРУЖНИМ ПІВПРОСТОРОМ ПІД ДІЄЮ ПОЗАЦЕНТРОВОЇ СИЛИ

Жушман В.В., zhushmanvlad@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

В результаті дослідження було проведено комп'ютерне моделювання процесу вдавлювання циліндричного абсолютно жорсткого штампа з плоскою подошвою, що займає в плані однозв'язну шестикутну область з пружним півпростором. До штампу була прикладена сила  $Q$ , що діяла вертикально та проходила поза центром тяжіння основи штампа. Для комп'ютерного моделювання було використано програмний комплекс ANSYS STUDENT. Дане програмне забезпечення надає безкоштовний доступ для моделювання процесів в рамках наукових досліджень. Геометрична модель для математичного моделювання була створена в модулі Design Modeler. Математичне моделювання відбувалось в модулі Static Structural. Який в свою чергу надає повну можливість до моделювання задач різної складності в рамках статички. За допомогою постпроцесінгу отриманих результатів було отримано розподіл нормальної наруги, за яким проводився аналіз отриманої моделі на адекватність.

Було розглянуто процес вдавлювання абсолютно жорсткого штампу в пружний півпростір під дією сил, що прикладені позацентрово. Досліджено процес відриву штампу при неосесиметричному навантаженні. Були розглянуті різні варіанти прикладення сили, на різній відстані від точки проекції центру тяжіння на зону контакту, їх залежність з відривом штампу від пружного півпростору та майбутньою втратою стійкості конструкції.

## ЯК ЗНАЙТИ ВСІ РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧІ КОМІВОЯЖЕРА?

Задорожний<sup>1</sup> Б.О., Корчинський<sup>1</sup> О.О., Стецюк<sup>1,2</sup> П.І., Швець<sup>3</sup> А.В.  
ddphyk@gmail.com

<sup>1</sup>Ужгородський національний університет

<sup>2</sup>Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

<sup>3</sup>Національний авіаційний університет

Задача комівояжера полягає в знаходженні найкоротшого маршруту (гамільтонового циклу), який проходить через  $n$  міст (вершин), відстань між якими  $d_{ij} > 0$ ,  $i, j = 1, \dots, n$ ,  $i \neq j$ . Вона може бути сформульована як задача цілочислового лінійного програмування такого вигляду [1]: знайти

$$d^* = \min_{x_{ij} \in \{0,1\}, u_i \in \{1,2,\dots,n-1\}} \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n d_{ij} x_{ij} \right\} \quad (1)$$

при обмеженнях

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ji} = 1, \quad \sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

$$u_i - u_j + (n-1)x_{ij} \leq n-2, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad i \neq s, j \neq s, i \neq j. \quad (3)$$

Тут булева змінна  $x_{ij}$  дорівнює одиниці, якщо цикл містить дугу  $ij$ , та дорівнює нулю в протилежному випадку. Значення цілочислових змінних  $u_i$  відповідають номеру кроку, на якому відвідується вершина  $i$ , окрім вершини  $s$ , з якої починається і в якій закінчується гамільтонів цикл.

Мінімізація цільової лінійної функції (1) відповідає пошуку гамільтонового циклу мінімальної довжини  $d^*$  (маршрут комівояжера). Обмеження (2) описують одноразовий вхід та одноразовий вихід для кожної із вершин. Обмеження (3) забезпечують зв'язність гамільтонового циклу [1].

Задача (1)–(3) містить  $N = n^2 - 1$  змінних, з яких  $n(n-1)$  є булевими, а  $(n-1)$  – цілочисловими, та  $M = n^2 - 3n + 2$  обмежень, з яких  $2n$  – лінійні рівності, а  $(n-1)(n-2)$  – лінійні нерівності. Якщо  $n = 25$ , то маємо 624 змінних та 602 обмеження. Для таких розмірів задачу (1)–(3) можна успішно розв'язувати за декілька секунд сучасними програмами Gurobi



9.1.2 та CPLEX 20.1.0.0 з NEOS-сервера [2], про що свідчать результати для 25-вершинного графа.

$s$	$t_{CPLEX}$	$s$	$t_{CPLEX}$	$s$	$t_{CPLEX}$	$s$	$t_{CPLEX}$	$s$	$t_{CPLEX}$
01	12.23	06	6.90	11	7.17	16	7.70	21	5.98
02	6.32	07	1.47	12	2.22	17	3.69	22	1.91
03	7.38	08	22.51	13	10.18	18	4.33	23	6.16
04	37.34	09	6.69	14	5.82	19	1.75	24	3.30
05	6.56	10	38.39	15	2.05	20	2.06	25	2.51

Нехай  $d_{ij}$  є цілими числами. Розглянемо спосіб для знаходження усіх маршрутів комівояжера, який за кожний послідовний запуск Gurobi/CPLEX буде або знаходити новий маршрут довжиною  $d^*$ , або закінчувати роботу, якщо усі маршрути довжиною  $d^*$  уже вибрані. Він полягає у наступному.

Нехай знайдено  $m$  маршрутів  $X_k^*$ ,  $k = 1, \dots, m$ , серед яких немає співпадаючих. Щоб знайти новий маршрут, додамо до задачі (1)–(3) обмеження:

$$\sum_{(i,j):x_{ij}^*=1} d_{ij}x_{ij} \leq d^* - 1/2, \quad k = 1, \dots, m. \quad (4)$$

Лінійні нерівності (4) відсікають уже знайдені маршрути  $X_k^*$ ,  $k = 1, \dots, m$ , тому розв'язком задачі (1)–(4) буде новий маршрут комівояжера  $x_{m+1}^*$ . Якщо його довжина дорівнює  $d^*$ , то  $x_{m+1}^*$  буде новим маршрутом комівояжера, і його можна додати до списку маршрутів  $X_k^*$ ,  $k = 1, \dots, m$ . Якщо довжина маршруту  $x_{m+1}^*$  менша ніж  $d^*$ , то це значить, що список маршрутів  $X_k^*$ ,  $k = 1, \dots, m$ , містить усі можливі маршрути комівояжера.

У доповіді будуть представлені результати розрахунків з використанням вказаних солверів та мови моделювання AMPL, наведені 32 розв'язки задачі (1)–(4) для графу st70.tsp з відомої бібліотеки TSPLIB.

#### Список літератури

1. Miller C.E., Tucker A.W., Zemlin R.A. Integer programming formulation of travelling salesman problem. – J. ACM, 1960, 3, P. 326-329.
2. NEOS Solvers [Electronic resource]: <https://neos-server.org/neos/solvers/>

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПОЛІВ ТЕМПЕРАТУР НА ЕФЕКТИВНІСТЬ СОНЯЧНОЇ ПАНЕЛІ

**Захаров Д.В.,** [decinpix@gmail.com](mailto:decinpix@gmail.com), **Книш Л.І.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

За мету роботи поставлено створення математичної моделі (ММ) для визначення температурних полів у кремнієвій сонячній панелі (СП) та дослідження їх впливу на ККД системи.

Розроблено ММ енергообміну в СП, що складається з 2D стаціонарного рівняння теплопровідності, в якому фотоелектричний ефект враховується в джерельному члені. Вплив зовнішніх факторів модулювався в граничних умовах та відповідає закону Ньютона-Ріхмана для конвекції та закону Стефана-Больцмана для радіаційної складової. Відповідні коефіцієнти тепловіддачі знаходяться з використанням класичних критеріальних рівнянь.

Для виявлення залежності ККД СП від температури експериментальні дані були апроксимовані з використанням методів регресивного аналізу та введені в ММ як нелінійний джерельний член.

СП при моделюванні розглядалась як багатошарове тіло з ідеальним тепловим контактом. Ефективний коефіцієнт теплопровідності СП отримано з використанням вагових множників, що відповідають геометрії кожного з шарів.

Розроблена 2D ММ була розв'язана методом простої ітерації з урахуванням достатньої умови збіжності. Для розв'язання побудовано числовий алгоритм, який реалізовано мовою програмування C++.

Середнє значення ККД було розраховано для двох випадків: з урахуванням температурної залежності ККД та при постійному ККД. Середньоінтегральна температура СП знаходилась у вигляді поверхневого інтеграла, що розрахований числовим методом.

Отримана розбіжність ККД дорівнює 2%, що може суттєво впливати на ефективність великих підприємств та має враховуватись при плануванні.

## АНАЛІЗ МІКРОСЕРВІСНИХ ТА МОНОЛІТНИХ АРХІТЕКТУР

**Зельонкіна А.Р.** anastasiia.zelonkina@gmail.com,

**Степанова Н.І.** nist66@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Під час створення нової програми, одне з перших питань, яке постає перед розробниками, полягає в тому, чи варто використовувати монолітну архітектуру, чи базувати програму на мікросервісах. Хоча обидва підходи дозволяють створювати надійні додатки різного призначення, їх основа буде дуже різною, залежно від того, який саме підхід буде обрано. Крім того, після створення програми зміна базової архітектури може бути виснажливою та трудомісткою. Тому, щоб уникнути помилки, розробники повинні взяти до уваги переваги та недоліки кожної з цих архітектур та зрозуміти, що саме у конкретному випадку буде підходити краще.

Монолітна архітектура є єдиною великою обчислювальною мережею з єдиною кодовою базою, що об'єднує всі бізнес-процеси. Для внесення змін в таку програму, необхідно оновити весь стек, звернувшись до бази коду, а також створивши та розгорнувши оновлену версію інтерфейсу на стороні служби. Це робить оновлення обмеженими та потребує багато часу.

До головних характеристик мікросервісної архітектури у порівнянні з монолітною відносять:

- просте розгортання;
- полегшена розробка;
- більш висока продуктивність
- спрощене тестування.

Зазначені особливості можна пояснити тим, що додаток, побудований на архітектурі мікросервісів, поділяє кожен частину програми на незалежні кодові бази, що виконують одну конкретну задачу. Наприклад, один мікросервіс може використовуватися для керування користувачами, інший – для розрахунку витрат. Кожен компонент можна розгортати та масштабувати

незалежно від інших модулів. У процесі роботи додатку ці модулі взаємодіють один з одним через інтерфейс прикладного програмування (API), що забезпечує повну функціональність програми.

Серед інших переваг мікросервісної архітектури можна також зазначити:

- гнучкість (легше працювати з невеликими командами, яким потрібно часто розгортатися);
- безперервне розгортання (можливі часті та швидші цикли випуску);
- можливість незалежного розгортання (мікросервіси є окремими одиницями, тому дозволяють швидко і легко незалежно розгортати окремі функції);
- висока надійність (можна розгортати зміни для конкретної служби без загрози зупинки всієї програми).

В роботі створено додаток з використанням мікросервісної архітектури і проведено аналіз його роботи, з'ясовано, якими були б наслідки у разі застосування монолітної архітектури. В роботі розгортання мікросервісів в хмарі Azure було зроблено шляхом контейнеризації за допомогою Docker, який обгортає додаток у повну файлову систему, що містить все необхідне для запуску. Це є гарантією того, що програма буде працювати однаково у будь якому середовищі. В ході виконання роботи були отримані результати, які можна використовувати для вибору підходу щодо архітектури додатку, а також з урахуванням інших даних, які має розробник про свою команду, технології, запланованого бюджету, рівня навантаженості тощо.

#### **Список використаних джерел**

1. Newman, S. Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems/ 2nd Edition / S. Newman/ – O'REILLY. – 2021. – 586 с. ISBN: 9781492034025.
2. Burns, B. Design patterns for container-based distributed systems. / B. Burns, D. Oppenheimer. : HotCloud, 2016. – 10–22 с.

## ВИКОРИСТАННЯ ПОСЛІДОВНОГО АНАЛІЗУ ПРИ МОНІТОРИНГУ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ

**Земляний О.Д.** zemlianyi.o20@cf.dnu.dp.ua, **Байбуз О.Г.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

На сьогоднішній день послідовний аналіз знаходить все більш широке застосування в різноманітних прикладних областях, зокрема при контролі якості продукції і матеріалів, випробуванні приладів і систем на надійність, пошуку несправностей у складних системах, виявленні сигналу на фоні шуму.

Вивчення послідовного аналізу надає можливість істотно скоротити тривалість статистичного аналізу, що дозволяє зменшити енергетичні та інші витрати на проведення випробувань, і більш оперативно отримувати інформацію, необхідну для керування технологічними процесами. Це дозволяє за наявними даними приймати обгрунтовані рішення, що, в у результаті, сприяє підвищенню якості продукції.

На відміну від класичних методів математичної статистики, де кількість експериментів фіксується заздалегідь, методи послідовного аналізу характеризуються тим, що момент зупинки спостережень є випадковим і визначається в залежності від значень, що спостерігаємо.

Оскільки класична процедура є частковим випадком послідовної з фіксованим числом спостережень, то пошук оптимальної послідовної процедури має сенс тому, що вона приводить до середнього значення спостережень, яке є значно меншим, ніж відповідне (з тими ж величинами помилок першого та другого роду) класичне число спостережень.

У роботі розглядаються принципи теорії вибору між двома гіпотезами, простими та складними, при класичному та послідовному підходах. Метою даного дослідження є розробка інформаційної технології підтримки прийняття рішень при аналізі даних добового моніторингу артеріального тиску.

Як найбільш цікавий з практичної точки зору, у дослідженні був розглянутий нормальний розподіл. Відносно двох параметрів нормального розподілу  $m$  та  $\sigma^2$  розглянуто такі задачі вибору між двома гіпотезами:

- 1) параметр  $m$  не відомий,  $\sigma^2$  – відомий параметр, прості гіпотези;
- 2) параметр  $m$  не відомий,  $\sigma^2$  – відомий параметр, складні гіпотези.

У даній роботі представлено алгоритм оцінки мінливості артеріального тиску за даними добового моніторингу, який може бути корисним медичним працівникам в прийнятті рішення відносно категорії артеріального тиску пацієнта.

В ході рішення поставлених задач було виконано наступні дії:

1. Розроблено обчислювальні схеми перевірки простих і складних гіпотез про параметри нормального розподілу на основі класичного та послідовного аналізу.
2. Запропоновано алгоритм прийняття рішення про категорію артеріального тиску.
3. Виконано розрахунок оперативної характеристики критерію, функції середнього числа випробувань для прийняття остаточного рішення для послідовного критерію.
4. Виконано розрахунок помилки першого роду для класичного критерію при заданому обсязі вибірки.
5. На основі розроблених обчислювальних схем розроблено програмне забезпечення для аналізу даних добового моніторингу артеріального тиску.
6. Проведено аналіз даних добового моніторингу з метою визначення категорії артеріального тиску та оцінки його мінливості.
7. Виявлено, що найбільш придатним при природнім для вирішення задачі виявляється послідовний критерій для складної гіпотези.

Результатом роботи є інформаційна технологія підтримки прийняття рішень при моніторингу артеріального тиску.

## ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ РОЗВ'ЯЗАННЯ КЛАСИЧНИХ АНТАГОНІСТИЧНИХ ІГОР

**Івахненко А.В.**, arkadiyivahnenko@gmail.com,

**Івахненко І.В.**, endermanchik04@gmail.com,

**Черницька О.В.**, chernitskaya.olga@ukr.net

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Розглядається задача прийняття рішень на основі розв'язання класичних антагоністичних ігор, гра «Спрощений покер». Це випадкова антагоністична гра, коли один з гравців володіє більшою інформацією, ніж інший. Гравці – Зрячий та Сліпий. Зрячий володіє більшою інформацією, ніж Сліпий. Результатом досліджень є знайдені рівноважні стратегії для обох гравців. Для Зрячого рівноважна стратегія така: підвищувати, якщо цінність його карти вища або рівна цінності карти супротивника і пасувати, якщо цінність його карти нижче за цінність карти супротивника. Для Сліпого рівноважна стратегія – це пасувати, якщо карта має цінність від 1 до 4, і підвищувати, якщо карта має цінність від 5 до 13. Середній виграш Сліпого і Зрячого при одиничних ставках дорівнює  $-4$  і  $4$  відповідно, тобто гра є несправедливою. Було знайдено за яких умов щодо ставок гра буде справедливою.

В рамках виконаної роботи було викладено правила гри та отримано низку результатів. Було розглянуто два варіанти гри залежно від того, який з гравців робить хід першим. Для кожного варіанту було знайдено рівноважні стратегії при одиничних ставках. Також було знайдено відношення ставок, при яких гра буде справедливою.

1. Захаров А.В. Теория игр в общественных науках. - М.: НИУ-ВШЭ, 2013. – 198 с.

**ВИКОРИСТАННЯ ІНВАРІАНТІВ ГРАФІВ ДЛЯ СКОРОЧЕННЯ  
НАПРЯМЛЕНОГО ПЕРЕБОРУ У ЗАДАЧАХ УПОРЯДКУВАННЯ****Каравасєв К.Д., karavaiev\_k@fpm.dnulive.dp.ua***Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

**Вступ.** Природною формалізацією практичних задач, пов'язаних з оптимізацією порядку виконання технологічно взаємопов'язаних робіт з метою скорочення загального часу виконання, є задачі оптимального упорядкування вершин орієнтовних ациклічних графів. Ці задачі відносяться до класу NP-важких, тому для знаходження точних розв'язків у загальному випадку необхідно застосовувати схеми напрямленого перебору. Одним з актуальних питань цього напрямку є скорочення перебору за рахунок перевірки проміжних підграфів вихідного графу на ізоморфність.

**Постановка задачі.** Розглядається класична задача паралельного упорядкування [1]. Множина робіт та технологічні обмеження, що їх пов'язують, формалізовані у вигляді орієнтовного ациклічного графу  $G(V, U)$ ,  $|V| = n$ . Необхідно побудувати паралельне упорядкування  $S$ , на кожному місці якого знаходиться не більше ніж  $h$  вершин так, щоб кількість місць  $l$  у ньому була мінімальною, а також не були порушені обмеження на послідовність виконання робіт. У цій постановці величина  $h$  називається шириною упорядкування та відповідає кількості робітників, величина  $l$  – довжиною та відповідає часовим витратам. Припускається, що витрати часу на виконання кожної роботи однакові та дорівнюють 1.

Оскільки задача відноситься до класу NP, то за умови, що  $P \neq NP$ , точні алгоритми для неї мають експоненціальну складність, тому раціональна організація схем напрямленого перебору в деяких випадках для задач великої розмірності дозволить отримувати розв'язки за прийнятний час.

**Результати.** У роботі [2] був представлений алгоритм, що дозволяє скоротити перебір у методі гілок та меж шляхом визначення відкритих взаємозамінних вершин у графі. Доведено, що наведений алгоритм не



втрачає розгалуження, що відповідають неізоморфним підграфам, проте знаходження таких вершин у загальному випадку є трудомісткою задачею.

Іншим підходом до вирішення цієї проблеми є наближене визначення ізоморфності підграфів за допомогою потужних інваріантів. Одним з таких інваріантів є розмітка графу, отримана за алгоритмом уточнення кольорів [3]. Доведено, що ймовірність того, що два випадкові графи мають однакову розмітку за цим алгоритмом та не є при цьому ізоморфними є близькою до нуля. У роботі також показано, що правильність визначення ізоморфізму двох графів тісно пов'язана із двогранными графами.

Графи з цього класу при однаковій кількості вершин у долях та кількості вхідних та вихідних дуг для відповідних вершин мають однакову розмітку, проте не обов'язково є ізоморфними. Виявилось, що у цьому випадку довжини оптимальних упорядкувань також можуть бути різними. Для графів з рис. 1 ці довжини при  $h = 4$  дорівнюють 4 та 3 відповідно.

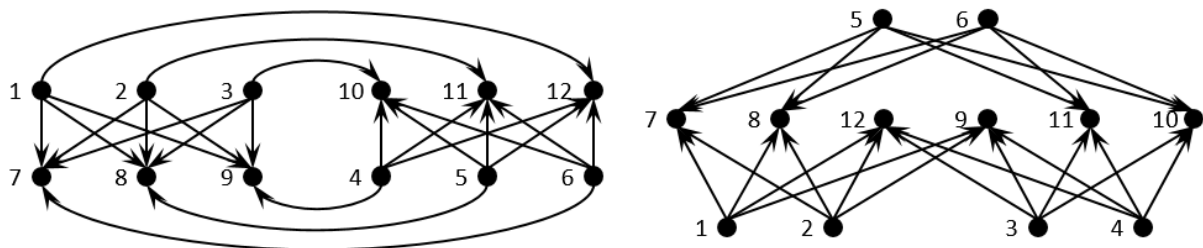


Рис. 1. Двогранні графи з різними довжинами оптимальних упорядкувань при  $h = 4$

Ці графи можна об'єднати шляхом додавання вершин 2, 3, 5 та 6 разом з вихідними дугами з одного графу в інший. Отже, можемо втратити розгалуження, що відповідають графам з різною довжиною упорядкування, проте не обов'язково при цьому не буде знайдено шукане упорядкування, тому актуальним є визначення оцінки точності для цього підходу.

### Бібліографічні посилання

1. **Танаев В.С.** Теория расписаний. Групповые технологии [Текст] / В.С. Танаев, М.Я. Ковалев, Я.М. Шафранский. – Мн.: Университетское, 1998. – 290 с.
2. **Каравасев К.Д.** Аналіз впливу автоморфізму графу на схеми направленного перебору [Текст] / К.Д. Каравасев, В.А. Турчина // Питання прикладної математики і математичного моделювання. Дніпро. – 2021. – С. 94-104.
3. **Arvind V.** Graph Isomorphism, Color Refinement, and Compactness [Text] / V. Arvind, J. Köbler, G. Rattan et al. // Comput. complex. – 2017. – № 26. – P. 627-685.

## МОДЕЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ 3D ОБ'ЄКТІВ

Карамбович О. І., ducalboar@gmail.com

Золотько К.Є., zolt66@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Починаючи з 40-х років 20 сторіччя (роки виникнення таких ЕОМ як «АВС», «ЕНІАК» та ін.), комп'ютерна графіка стрімко розвивалася. І пройшовши відносно малий шлях, зараз комп'ютерна графіка дозволяє створювати фотореалістичні зображення.

Метою моєї роботи є спроба створити інструмент для моделювання 2D та 3D об'єктів та освітлення, який буде створювати зображення у реальному часі. Якщо розглядати задачу більш формально, то нам треба вирішити рівняння, яке називається рівнянням рендерингу.

$$L_o(\omega_o) = \int_{\Omega} L_i(\omega_i) \cos\theta_i f_r(\omega_i, \omega_o) d\omega_i$$

Отже, рівняння складається з таких частин: потужність світла з напрямку, косинус кута між поверхнею та напрямком світлу або скалярний добуток і двонаправлена функція відбиття, яка приймає напрямок падаючого та відбитого світла і повертає кількість відображеного світла.

У моїй роботі були реалізовані та порівняні емпірична модель Фонга [1]

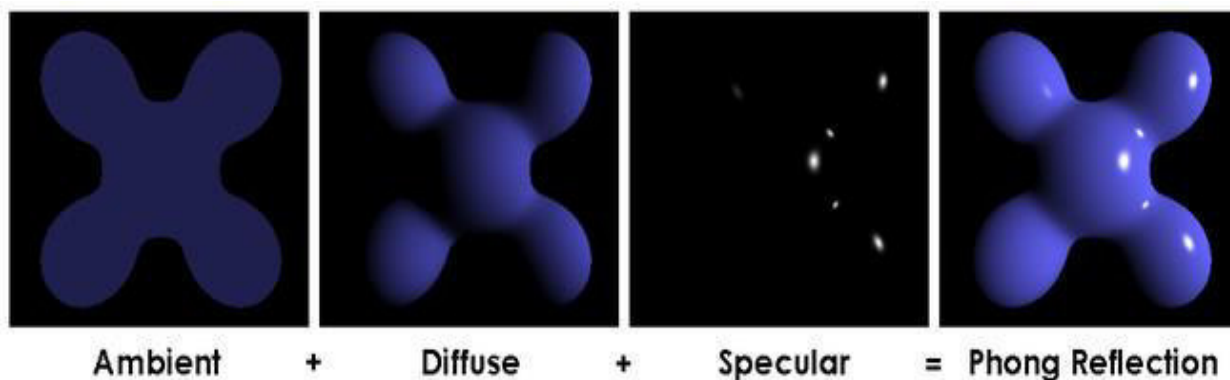


Рис. 1

$$I_p = k_a i_a + \sum_{m \in \text{lights}} (k_d (\hat{L}_m \cdot \hat{N}) i_{m,d} + k_s (\hat{R}_m \cdot \hat{V})^\alpha i_{m,s}).$$

$$\hat{R}_m = 2(\hat{L}_m \cdot \hat{N})\hat{N} - \hat{L}_m.$$

та фізично-коректна модель Кука-Торренса [2].

$$f_{\text{cooktorrance}} = \frac{DFG}{4(\omega_o \cdot n)(\omega_i \cdot n)}$$

$$NDF_{GGXTR}(n, h, \alpha) = \frac{\alpha^2}{\pi((n \cdot h)^2(\alpha^2 + 1) + 1)^2}$$

$$G_{\text{SchlickGGX}}(n, v, k) = \frac{n \cdot v}{(n \cdot v)(1k) + k}$$

$$F_{\text{Schlick}}(h, v, F_0) = F_0 + (1F_0)(1(h \cdot v))^5$$

Додаток був зроблений мовою C++ та з допомогою графічної бібліотеки OpenGL.

#### Список використаних джерел

1. Phong illumination model [Електронний ресурс]

<http://rodolphe-vaillant.fr/entry/85/phong-illumination-model-cheat-sheet>

2. Physically Based Rendering - Cook–Torrance [Електронний ресурс]

[http://www.codinglabs.net/article\\_physically\\_based\\_rendering\\_cook\\_torrance.aspx](http://www.codinglabs.net/article_physically_based_rendering_cook_torrance.aspx)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ GAN-НЕЙРОМЕРЕЖІ У ЗАДАЧІ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ

Кашталян М.О., mashalas2603@gmail.com

Сидорова М.Г., sidorova.m.g@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Задачею покращення зображення є підвищення якості картинки до бажаного візуального результату та без зайвої втрати інформації. Підвищення якості зображення зазвичай включає ряд перетворень: зменшення шумів, підвищення контрастності чи роздільної здатності, освітлення темної фотографії, усунення оптичних спотворень і т.д.

За допомогою сучасних алгоритмів стало можливим покращення якості зображень, зроблених під водою чи в космосі, підвищення якості багатьох комп'ютерних ігор, відтворення старих фотографій, застосування задачі у медицині та у багатьох інших сферах життя. Крім цього, все більшої популярності набуває застосування попередньої обробки у програмах комп'ютерного зору, а саме у задачах розпізнавання зображень, класифікації та інтерпретації. До популярних програмних додатків можна віднести MS Restore, VanceAI, DeepImage тощо.

Актуальним підходом до вирішення задачі є застосування нейронних мереж. Не зважаючи на популярність, цей напрям має ряд проблем, по-перше, складність пошуку алгоритму і підбору параметрів під конкретну ситуацію, а по-друге підбір даних для навчання нейронної мережі, бо якість навчання моделі напряму пов'язана з якістю інформації, яка буде надходити. Тому важливим є проведення аналізу предметної області, дослідження існуючих алгоритмів, підходів, технологій та виявлення їх властивостей, переваг і недоліків.

Одним з найпопулярніших підходів до роботи з зображеннями є застосування GAN-нейромереж (генеративно-змагальних мереж) [1]. Основною задачею GAN була генерація зображень, але зараз алгоритм

набув широкого розповсюдження і модифікацій, може застосовуватися для завдань обробки чи створення послідовностей зображень, фотографій і відео, автоматичного передбачення, збільшення наборів даних, а також підвищення якості.

Саме дослідження застосування генеративно-змагальних мереж у задачі покращення якості зображень є метою цієї роботи.

Архітектурно GAN складається з двох нейромереж, а саме – генератора та дискримінатора. Генератор генерує зображення, а дискримінатор намагається відрізнити їх від справжніх об'єктів з тренувальної вибірки. Можна сказати, що ці дві моделі змагаються одна з іншою, і у процесі генератор навчається генерувати дедалі більш якісні об'єкти, щоб дискримінатору було складно відрізнити їх від реальних об'єктів вибірки.

Під час роботи було розроблено та навчено GAN, застосовуючи python, tensorflow, google colab. Архітектура генератора та дискримінатора представляє собою згорткові нейронні мережі з 12 та 8 згортковими шарами відповідно, а також шарів пулінгу та нормалізації.

В якості оптимізаторів було протестовано методи стохастичного градієнтного спуску (SGD), RMSprop (Root Mean Square propagation) та Adam (Adaptive Moment Estimation). Найкращі результати продемонстрував метод Adam, який поєднує в собі і ідею адаптивних методів, і руху з інерцією.

У подальших дослідженнях планується більш детальних підбір гіперпараметрів навчання та створення вебдодатку, до якого буде імплементована розроблена модель.

**Література:**

1. Generative Adversarial Nets [Електронний ресурс] URL: <https://arxiv.org/pdf/1406.2661>

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕНЬ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

**Кисельова М.О.**, [kyselova.m@fpm.dnu.edu.ua](mailto:kyselova.m@fpm.dnu.edu.ua), **Тонкошкур І.С.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара* ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))

Проблема забезпечення якості води у ріках і озерах є дуже важливою, оскільки поверхневі води є основним джерелом водопостачання для населення і промислових підприємств. З іншого боку, ріки є основними приймачами побутових та виробничих стічних вод, кількість яких з кожним роком все збільшується. Для прогнозування рівня забруднення поверхневих вод застосовують методи математичного моделювання.

В роботі розглядається задача про розповсюдження забруднень у неглибокій водоймі (річці) з плоским дном. Для визначення компонентів вектора швидкості застосовується модель потенціальних течій рідини та конвективно-дифузійна модель перенесення. Задача розв'язується у двовимірному наближенні, коли осереднення невідомих функцій проводиться по вертикальній координаті (планова задача). Диференціальні рівняння, що описують ці процеси, мають вигляд

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0, \quad u = \frac{\partial \varphi}{\partial x}, \quad v = \frac{\partial \varphi}{\partial y},$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + Q,$$

де  $\varphi$  – потенціал швидкості,  $u, v$  – компоненти вектора швидкості,  $C$  – концентрація забруднюючої речовини у водоймі,  $\mu_x, \mu_y$  – коефіцієнти турбулентної дифузії,  $Q$  – інтенсивність забруднення.

Для чисельного розв'язання крайових задач для наведених вище рівнянь використовується метод дрібних кроків, а також метод установлення розв'язку для рівняння Лапласа. Проведені розрахунки з використанням математичного пакета Matlab.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАДАЧ УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНИМИ ПРОЦЕСАМИ ЗАСОБАМИ ТЕОРІЇ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗБИТТЯ

**Кісельова<sup>1</sup> О.М.**, kiseleva47@ukr.net, **Притоманова<sup>1</sup> О.М.**, olgmp@ua.fm,

**Строєва<sup>2</sup> В.О.**, vikastroeva@ukr.net, **Строєва Г.В.<sup>1</sup>**, stroeva\_anna@ukr.net

<sup>1</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

<sup>2</sup>Дніпровський державний технічний університет

Концепція теорії оптимального розбиття полягає у добре розроблених та строго обґрунтованих математичних методах та моделях, нараховує велику кількість наукових результатів та активно розвивається. Кожен із запропонованих напрямів розвитку теорії неперервних задач ОРМ є важливим, так як дозволяє враховувати додаткові особливості процесів або систем, які розглядаються та дають можливість будувати адекватні математичні моделі. Отримані у даній роботі результати є продовженням досліджень, проведених раніше, а саме, досліджено задачі оптимального розбиття множин, до яких у своїй математичній постановці зводяться задачі управління соціальними процесами: задачі розміщення навчальних закладів, медичних центрів епідеміологічної допомоги, центрів надання гуманітарної допомоги.

Усі досліджені задачі є актуальними у вирішенні сучасних проблем оптимального управління соціальними процесами, а саме, ефективності використання бюджетних коштів, забезпечення якісної освіти та своєчасної медичної допомоги; належного, доступного та оперативного обслуговування кожного мешканця державними адміністративними органами.

Проведена робота доводить ефективність та необхідність залучання науки до вирішення актуальних задач, які висуває нам складне та динамічне сьогодення. Вирішення проблем управління соціальними процесами забезпечує зростання добробуту громадян та поліпшення якості їх життя, а від цього залежать стабільність суспільного життя та майбутнє нашої країни.

## ОЦІНКА ДИСПЕРСІЇ ДИСКРЕТНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ ЯК РІВНЯ ЗОВНІШНІХ ЗАГРОЗ

Козубцова Л.М., l.kozubtsova@i.ua

Палагута А.М., arpm17184@gmail.com

*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут, м.Київ*

Зовнішня загроза як виклик системі безпеки в даний час є об'єктом наукових досліджень та предметом низки прикладних задач. Кібертероризм та кібершпигунство наразі є одними з найнебезпечніших видів загроз в епоху розвитку комп'ютерних технологій та мобільних систем. Вважаючи випадковий процес як модель подачі сигналу на певний пристрій, доцільно оцінити ризики зовнішнього вторгнення через аналіз окремих числових характеристик випадкового процесу.

Інформація, яка подається через канал зв'язку на пристрій або вилучається з нього, заключається в сигналі. Розглянемо подачу сигналу на приймач, який оснащений реєстратором. Нехай під час проведення експерименту випадкова функція  $X(t)$  набула  $n$  різних реалізацій  $\{x_i(t), i = \overline{1, n}\}$ . При фіксації часу  $t$  кожна реалізація прийме певне числове значення, тобто матимемо сукупність дискретних значень випадкової величини, яку називатимемо перерізом випадкової функції у відповідний час  $t_j, j = \overline{1, k}$  [2]. Для дискретного випадкового процесу матимемо набір дисперсій кожного перерізу – оцінок  $D_x(t_j) = D_j, j = \overline{1, k}$ . Усереднене значення цього набору  $\overline{D_x} = \frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^k D_j$  є математичним сподіванням випадкової величини  $D_x(t)$ . Будь-яке відхилення, наприклад, сигналу розглядається як не що інше як вихід за межі допустимих флуктуацій. Тому для перевірки нормальної роботи системи необхідно перевірити гіпотезу про рівність математичного сподівання випадкової величини



заданому числу  $D$ . Це число може бути задане на основі попередніх експериментальних даних за відсутності зовнішніх загроз або ж як одна з технічних характеристик системи.

Тоді задача виявлення аномальних відхилень як індикаторів можливих зовнішніх атак (за умови нормального розподілу) зводиться до перевірки основної гіпотези  $H_0$  про рівність математичного сподівання досліджуваної величини  $D_x(t)$  заданому значенню  $D$  при альтернативній гіпотезі  $H_1$  за рівня значущості  $\alpha = P(H_1/H_0)$  (ймовірності відхилити завідомо вірну основну гіпотезу):

$$H_0: \overline{D}_x = D; H_1: \overline{D}_x > D.$$

За критерій перевірки гіпотези візьмемо критерій Стьюдента [1].  
Формула для розрахунку емпіричного значення:

$$t_{емп} = \frac{\overline{D}_x - D}{S} \cdot \sqrt{n}, \text{ де } S^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{j=1}^k (D_j - \overline{D}_x)^2.$$

Значення критерію знаходиться з додатків  $t_{кр} = t(\alpha, n-1)$ . При правосторонній гіпотезі будується правостороння критична область  $t > t_{кр}$ . При поданні в неї розрахованого значення  $t_{емп}$  основна гіпотеза відхиляється, тобто при вибраному рівні значущості можна зробити висновок про наявність відхилень.

1. Медведєв М.В., Пашенко І.О. Теорія ймовірностей та математична статистика. Підручник. – К: Вид-во «Ліра-К», 2008. – 536 с.
2. Сеньо П.С. Випадкові процеси: підручник. – Львів: Компакт-ЛВ, 2006. – 288 с.

**ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ БАЗ ДАНИХ****Корчага Т.А., Селіванова А.В., Юрченко Ю.Ю., tanyakorchaha@ukr.net***Державний торговельно-економічний університет*

Однією з основних особливостей інформаційних технологій прийняття рішень є методика взаємодії між людиною та системою. Таким чином, приймаються рішення за результатом детальної обробки всіх даних, які отримують з різноманітних джерел. Особливу роль в цьому відіграє база даних, адже ці дані можна використати для розрахунку за допомогою математичної моделі.

Інформаційні технології з прийняття рішень можна використовувати на різних рівнях управління. Окрім того, всі ухвали, які приймають на цих рівнях, зазвичай координуються. Саме тому головним завданням систем і технологій є узгодження людей, які затверджують такі рішення, як на одному рівні, так і на кількох рівнях управління.

Система підтримки прийняття рішень складається з трьох головних



компонентів: програмна система управління, база моделей, база даних (Рис.1).

Рис.1. Система підтримки прийняття рішень

Для керування автоматизованими системами управління, установами, адміністративними територіями, виробництвом притаманні завдання прийняття рішень на базі величезного числа даних, накопичених за великий проміжок часу. Досить часто ця інформація зберігається у формі БД, де кожна операція з ними проходить за сприянням СУБД - систем управління базою даних. Структура узагальненого порядку прийняття рішень керування за допомогою СУБД відображена на Рис. 2.



Алгоритм прийняття рішень можливо розглянути як трансформація  $F$  завдань  $X$  на рішення  $Y$  з даними, що отримані з бази дани  $B$  і відтворення стану  $I$ .  $Y = F(I, B)[X]$ . Отже, набір даних  $I$  та  $B$  є інформаційним зразком системи прийняття рішення.

Рис.2. Структура прийняття рішень

У такому випадку алгоритми залежать від того, для чого призначена система, а також від особливостей її застосування. Тобто при різних системах послідовність відрізняється. Трохи інший склад у інформаційної моделі системи прийняття рішень, де основою є база знань. До складу бази знань входять: набір загальновідомих даних із БД і правил взаємодії між ними. Послідовність прийняття рішень на базі правил та фактів ніяк не впливає на призначення системи управління.

**Висновок:** Система управління базами даних для прийняття рішень мають вирішальне значення для функціонування та зростання будь-якого підприємства чи установи. Хороша СУБД дозволяє швидко та легко провести аналіз рішення, щоб зрозуміти, що відбувається на даному етапі або що очікується найближчими днями. Головним питанням при розгляді побудови бази даних, як інформативної структури є — підбір зручних та зрозумілих описів типів взаємозв'язку між елементами даних.

## ОПТИМІЗАЦІЯ КОМПРЕСІЇ ІЗОПЛАНАТИЧНИХ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗА ІНФОРМАЦІЙНИМИ КРИТЕРІЯМИ

Корчинський В.М. korchins50k@i.ua

Козарь І.О., i.kozar97@gmail.com,

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Сучасні апаратні засоби дистанційного зондування (ДЗ) з отриманням видових даних формують відповідні зображення, отримані у різних спектральних інтервалах електромагнітного проміння, у растрових форматах [1]. Для таких даних характерна значна інформаційна надлишковість, яка спричиняє часові витрати для тематичного аналізу та інтерпретації отриманих даних. У зв'язку з цим актуальна проблема компресії багато спектральних цифрових зображень ДЗ за умови збереження рівня інформативності, необхідного для їх достовірної інтерпретації та тематичного аналізу.

Сукупність растрових зображень, поданих на растрі розміром  $N \times M$  пікселів та зафіксованих у  $k$  спектральних інтервалах, розглядаємо як єдиний багатовимірний геометричний об'єкт – багатоспектральне зображення (БСЗ).

Використане запропоноване у роботі [2] подання рівнів яскравості БСЗ у вигляді матриці  $\mathbf{A}_{L \times k}$ , де  $L = N \cdot M$ , кожний стовпець якої отриманий упорядкуванням кодів яскравості зображень  $k$ -го спектрального каналу по стовпцях растру:  $\mathbf{A}_{L \times k} = [\mathbf{X}_{L \times 1}^{(1)}, \mathbf{X}_{L \times 1}^{(2)}, \dots, \mathbf{X}_{L \times 1}^{(k)}]$ . Наступний етап запропонованого методу полягає в ортогоналізації стовпців  $\mathbf{A}_{L \times k}$  з метою їхньої декореляції, необхідність якої пов'язана з тим, що інформаційна надмірність растрових зображень зумовлена кореляцією між близькими пікселями [1]. Далі здійснюється розклад кожного стовпця ортогоналізованої матриці  $\mathbf{A}_{L \times k}$  по заданому дискретному ортонормованому базису (використовувалися базиси Уолша, Хаара та

Хартлі):  $\mathbf{Y}^{(k)}(n) = \sum_{p=1}^L c_p^{(k)} \cdot \varphi_p(n)$ , де  $\varphi_p(n)$  - базисні функції;  $c_p^{(k)}$  - коефіцієнти розкладу;  $n = \overline{1, L}$ .

Ключовий момент пропонованого методу компресії полягає у формуванні перетвореної множини коефіцієнтів розкладу  $c_p^{(k)}$  шляхом їх обнуління, починаючи з певного порогового значення:  $C_p^{(k)} = c_p^{(k)}$  при  $p = \overline{1, P}$ ;  $C_p^{(k)} = 0$  при  $p \geq P$ . Власне компресія здійснюється оберненим перетворенням  $\mathbf{Y}_c^{(k)}(n) = \sum_{p=1}^L C_p^{(k)} \cdot \varphi_p(n)$ .

Визначення порогу  $P$  обнуління коефіцієнтів розкладу  $c_p^{(k)}$  сформульоване як оптимізаційна задача збереження у відновлених векторах  $\mathbf{Y}_c^{(k)}$  заданої частки інформаційної ентпропії БСЗ та індексу структурної схожості.

Зіставлення різних дискретизованих функціональних базисів показало найбільшу ефективність за зазначеними критеріями базису Хаара.

Наведені результати тестування пропонованого методу на прикладі багатоспектральних зображень дистанційного зондування Землі.

#### Список використаних джерел

1. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. Пер. с англ. М.: Техносфера, 2010. 556 с.
2. Корчинский В.М., Свиначенко Д.Н. Повышение пространственного и радиометрического разрешения многоспектральных цифровых изображений дистанционного зондирования на основе их аналитических сигналов. *Прикладні питання математичного моделювання*. 2020. Том 3. № 2.1. С.156 – 163.

## АЛГОРИТМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ЗАДАЧ

**Костенко О.В.,** rootalex.n@gmail.com, **Кузенков О.О.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Об'єктом вивчення логістичних задач є ресурсні, фінансові та інформаційні потоки. На своєму шляху від джерела сировини до кінцевого споживача, ці потоки проходять різні виробничі, складські та транспортні ланки. При традиційному підході задачі з управління ресурсними потоками вирішуються в кожній ланці окремо одна від іншої. Для розв'язку логістичних завдань використовують наукові знання. Логістичні завдання постають щодня, деякі потребують допустимого рішення у реальному часі. Покращення рішень або знаходження оптимального рішення за більш короткий час потребують нових алгоритмів та підходів.

Наукова база логістики містить широкий спектр методів, що належать різним дисциплінам. Таким як: теорія імовірності, математична статистика, теорія випадкових процесів, математична логіка, теорія нечітких множин, лінійне, нелінійне та динамічне програмування, теорія ігор, теорія статистичних рішень, теорія масового обслуговування, теорія управління запасами, методи імітаційного моделювання; метод мережевого планування та управління, теорія ефективності, економічні дисципліни та ін.

Сучасні логістичні задачі частіше доводиться формулювати та вирішувати як завдання, що відносять до завдань прийняття рішень в умовах, де ряд параметрів можуть бути неточними, нечіткими або недостовірними. Особливо в воєнний час, коли раптово зменшуються кількість та потужність як постачальників так і транспортних каналів, існує критична загроза для складів з запасами значних об'ємів, зменшується надійність інформаційних каналів для передачі управлінських сигналів. Водночас через критичний брак ресурсів, неможливо забезпечити надлишкові запаси, для компенсації дефіциту. Вирішення таких задач потребує нових, нестандартних, децентралізованих рішень. Використовуючи для пошуку останніх весь наявний математичний та інформаційно-технологічний апарат.

## MODELLING DYNAMICAL PROCESSES DESCRIBED BY TIME SERIES DATA WITH NEURAL DIFFERENTIAL EQUATIONS

**Koshel Eugene**, eugenefade@gmail.com

**Belozorov Vasiliy**, belozvye2017@gmail.com

*Faculty of Applied Math, Dnipro National University*

A neural ordinary differential equation (NODE) is a type of neural networks that is evaluated by solving a differential equation defined by its neural architecture [1]. So an NODE is integrated for the time  $T$  with its input values as a starting point and the last point in the trajectory is then returned as an output.

NODEs can be trained to learn the dynamics of a particular process given by the raw time series data. The dimensionality is a problem – the lower the dimensionality of an ODE, the less complex behaviors it can exhibit, and the time series data is often one-dimensional. The solution is to use PECUZAL algorithm on the time series data to obtain the embedding dimension of the NODE model [2]. After that, we can define an architecture and train the model to produce trajectories that resemble the original time series.

As an example, let's try to fit the following model:

$$NODE = \frac{dx}{dt} = W_3 \tanh(W_2 \tanh$$
 (1)

to the time series data generated by a sum of two sine waves:

$$f(x) = \sin(x) + \frac{\sin\left(\frac{3x}{2}\right)}{2}$$
 (2)

First, we run the PECUZAL algorithm on the series of points generated by the function (2). The algorithm suggests that the embedding dimension of the time series is 3, so the model (1) must define a 3-dimensional ODE. The matrices  $W_i$  can have the following dimensions then:

$$W_1: 3 \times N, W_2: N \times N, W_3: N \times 3$$
 (3)

with  $N = 50$ . So, when a 3-dimensional vector is passed through the model, the result will also be 3-dimensional and trajectories of the system (1) will exist in the same space as the time series data, allowing direct comparison.

Now, let's define the loss function as follows:

$$loss(t_0, T) = \sum_{t=t_0}^T \left( f(t) - \left( \int_{t_0}^t NODE dt \right) [1] \right) \quad (4)$$

Function (4) allows us to compare the first coordinate of the NODE's trajectory to the values in the time series. Then we use backpropagation method to minimize the difference between them. The result is a system of ordinary differential equations that fits the data and can be used for qualitative analysis.

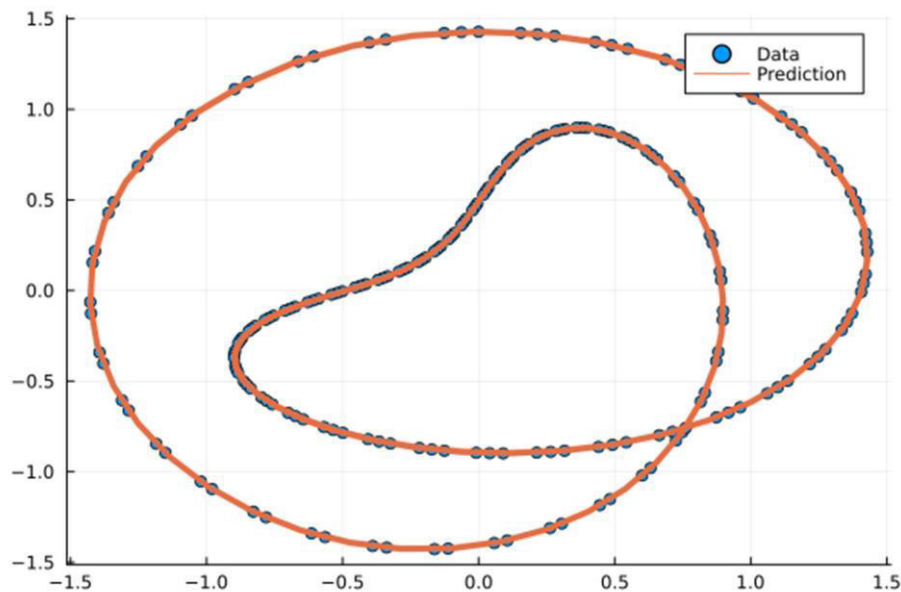


Fig. 1: Time-delay embedded data (blue dots) and the trajectory produced by the system (1).

#### Бібліографічні посилання

- Ricky T. Q. Chen, Yulia Rubanova, Jesse Bettencourt, David Duvenaud, Neural Ordinary Differential Equations, arXiv, <https://arxiv.org/abs/1806.07366>, 10.48550/ARXIV.1806.07366
- Kraemer K. H., Datseris G., Kurths J., Kiss I. Z., Ocampo-Espindola J. L., Marwan N., A unified and automated approach to attractor reconstruction, New Journal of Physics, Volume 23, Issue 3, 10.1088/1367-2630/abe336



**ДО РОЗРОБКИ АЛГОРИТМІВ ОЦІНКИ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО  
СТАНУ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ ІЗ ЗАЛУЧЕННЯМ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ МОНІТОРИНГУ****Крак Ю.В.<sup>1,2</sup>, Пашко А.О.<sup>1</sup>, Куляс А.І.<sup>2</sup>, Кузнецов В.О.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка<sup>2</sup>Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України

Психофізіологічний стан організму – сукупність показників, які включають в себе серцевий пульс, тиск, насиченість киснем та ін. [1]. В медичній діагностиці та лікуванні певних видів серцево-судинних захворювань є актуальним є збереження цих показників в припустимих межах. Проте, наявність навантажень, які не завжди є можливим вимірювати поза клінічними дослідженнями та стаціонарним обстеженням ставить питання: *яким чином опосередковано оцінити ці навантаження і відповідно віднормувати їх відносно певних показників організму.*

Для вирішення цієї задачі пропонується система моніторингу психофізіологічних показників на підставі вимірювання еталонних показників людського організму в стані спокою – електроенцефалограми (ЕЕГ), кардіограми (ЕКГ) та, за можливості, насичення кисню. Суть системи полягає у встановленні нормальних показників (без навантаження) та оцінки їх зміни впродовж часу навантаження із різними еталонами навантаження та тривалості навантаження. На підставі цих еталонів вимірюється відгук організму – миттєвий та (з запізненням) від стану спокою до стану насичення із переходом назад до стану спокою (відсутності навантаження і повернення організму у початковий стан). За множиною відгуків на елементарні впливи оцінюється відгук кожного із показників, що дозволяє віднормувати ці показники за величиною навантаження (наприклад миттєве зусилля при статичному навантаженні або величина роботи при виконанні певної еталонної фізичної вправи).

Для проведення експериментів та отримання даних пропонується наступна інформаційна технологія захоплення та аналізу показників:

- 1) на вхід поступають показники, а саме дані із давачів ЕЕГ і ЕКГ;
- 2) виконується певна фізична вправа та вимірюється відгук;
- 3) отримані результати заносяться в базу даних (БД);
- 4) показники для конкретної людини нормуються відносно величини найбільшого і найменшого прояву (спокою і навантаження);
- 5) дані з БД передаються у систему інтелектуального аналізу;
- 6) система інтелектуального аналізу перетворює набір показників у набір параметрів, які перетворюються у графічне подання [2].

Таким чином, запропонована технологія дозволяє перейти від певного набору параметрів у часі до набору точок у багатовимірному представленні даних, в яких кожна точка даних відповідає певному стану.

Під час експериментальних випробувань було встановлено: 1) найбільш *інформативним психофізіологічним показником* є зміна ЕЕГ, оскільки вона змінювалася майже одночасно зі зміною величини навантаження в статичному стані; 2) інші показники, відповідно, реагували із певним *запізненням відносно початку впливу*, причому серцевий ритм реагував на вплив найшвидше; 3) дослідження змін при динамічних навантаженнях із різною інтенсивністю показало, що існує *нелінійність відгуку* і наявність *локального оптимуму* при певному ритмі навантажень.

Саме тому, у подальших дослідженнях пропонується вирішити цієї задачі в динаміці, а саме запропонувати алгоритми пошуку прихованих параметрів, які є залежними від інтенсивності навантаження.

#### Використана література

1. I. Krak, A. Pashko, O. Khorozov and O. Stelia, Physiological Signals Analysis, Recognition and Classification Using Machine Learning Algorithms, Third International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020), pp.955-965.

2. Крак Ю.В., Петрович В.М., Кузнецов В.О. Розробка алгоритму ідентифікації багатопараметричної біологічної системи за набором параметрів. XV міжнародна конференція «Контроль і управління в складних системах» (КУСС-2020). 2020 р. – с.16.

## HETEROGENEOUS COMPUTER NETWORKS SIMULATION IN CISCO PACKET TRACER ENVIRONMENT

**Krasnoshapka D.V.**, dimakrasnoshapka@yahoo.com

**Siryk S.F.**, siryk600@gmail.com

*Oles Honchar Dnipro National University (www.dnu.dp.ua)*

Computer network modeling allows you to make more accurate, compared to expert estimates, the calculation of the required performance of individual components and the network, including system and application software [1]. The main advantage of the modeling is the ability to conduct various experiments with the object under study, without resorting to physical implementation, which allows to predict and prevent many unexpected situations during operation.

Heterogeneous computer network (meaning different transmission media) is more complex than homogeneous, as it consists of several signal transmission media. Therefore, they are often the object of research and modeling using general simulation tools such as Matlab [2] and a variety of special applications such as Cisco Packet Tracer, Opnet Modeler, GNS3 and others [3, 4].

The main goal is to simulate of a heterogeneous local network that uses unshielded twisted pair (UTP) and optical fiber. Switch models with modules such as PT-SWITCH-NM-1FGE are used to connect different types of network segments. The single-port Cisco Gigabit Ethernet Network Module (part number PT-SWITCH-NM-1FGE) provides Gigabit Ethernet optical connectivity for access routers. The module is supported by the Cisco 2691, Cisco 3660, Cisco 3725, and Cisco 3745 series routers.

To create a computer network you need to create models of personal computer, switch and connect them unshielded twisted pair and fiber.

To create a computer model, select End Devices - PC-PT from the model area and bring it to the work area. Left-click on the computer model. On the Config tab, select Fast Ethernet. In the IP Configuration menu, select Static and specify a static IP address with a subnet mask. In the Settings item in the

Display Name column, specify the PC1 domain name. In the Gateway/DNS menu, select Static and specify the network configuration information.

To create a switch model from the model area, select Switches - Switch-PT-Empty and bring it to the work area. Left-click on the switch model. On the Physical tab, turn off the device using the visual switch. Select PT-SWITCH-NM-1CFE and move it to the "empty" port of the model five times (three computers, server, router), turn on the switch.

To create a computer network based on fiber optic cable, you must use a fiber cable that connects to the optical ports of the switch of the appropriate standard. For example, a PT-SWITCH-NM-1FFE port supports a bandwidth of 100 MB/s and a PT-SWITCH-NM-1FGE port supports 1000 MB/s.

Modeling a heterogeneous local area network allows you to investigate the interaction of subnets with different signal transmission media. Further research can be conducted to model computer internets.

#### References

1. Mohammad S. Obaidat, Petros Nicopolitidis, Faouzi Zarai Modeling and Simulation of Computer Networks and Systems, Methodologies and Applications, Copyright © 2015 Elsevier Inc. All rights reserved. 2015, 924 p.
2. Dac-Nhuong Le, Abhishek Kumar Pandey, Sairam Tadepalli, Pramod Singh Rathore, Jyotir Moy Chatterjee, Network Modeling, Simulation and Analysis in MATLAB: Theory and Practices, Scrivener Publishing LLC, 2019, 338 p.
3. Hussein Al-Bahadili, Simulation in Computer Network Design and Modeling: Use and Analysis, IGI Global, Pennsylvania, 2012, 581 p.
4. Jesin A , Packet Tracer Network Simulator (Professional Expertise Distilled) Kindle Edition, Amazon.com Services LLC, 134 p.

## TRAINING ROBOTS FOR ELIMINATING THE TECHNOGENIC DAMAGE WITH MACHINE LEARNING

**Kuzenkov O.**, kuzenkov1986@gmail.com,  
**Zmievskaya O.**, alex.zmievskaya@gmail.com, **Baleiko N.**  
*Oles Honchar Dnipro National University ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Every year we are scared of the end of the world. Scientists predict global warming, meteorite impacts, radioactive threats and other dangers that often threaten our health and life.

Nowadays for Ukraine, it is necessary to find a solution which will help to save as many people as possible in the catastrophe situations. The main task of civil defense is to carry out urgent work in the lesions.

The aim of rescuing operations is searching for the affected civils, extracting them from the rubble, destroyed buildings and structures. Then to provide the victims with the first aid. These works are performed by specialists with a great risk. Therefore, scientists are considering of using robots to solve man-made damages.

Robots are able to act quickly in unpredictable and dangerous environments. Their vision, communication and movement systems operate in the intense smoke, dust and fire conditions in a disaster area. Due to machine learning, the robots will be able to self-develop in emergency situations. Soon, artificial intelligence can conduct searching and rescue operations independently. Meanwhile, it will eliminate the human factor.

One of the most suitable programming languages is C#, for which was developed an entire Machine Learning library - ML.Net. The Microsoft platform allows you to work with this framework in an accessible VS environment, which is multi-platform. ML.Net introduces a user-friendly and responsive interface, where it uses a model builder for creating, training and deploying machine learning models into an application. The model builder also has autorunning settings which help in learning and finding the right settings for an individual ML. With AutoML, an add-on for ML.Net, you can automatically integrate ready-made settings and models from Python neural networks libraries.

**ALGORITHMS FOR SOLVING LOGISTIC PROBLEMS UNDER  
CONDITIONS OF UNCERTAINTY****Kuzenkov A. A.**, kuzenkov1986@gmail.com,**Lozovskyi A. V.**, lozartval@gmail.com,*Oles Honchar Dnipro National University*

**Decision-making under conditions of uncertainty** is a decision-making process characterized by the multivariate development of events and the possibility of unforeseen situations. The task is to find a vector of target variables that satisfies the imposed constraints and optimizes a vector target function that forms a system of criteria and interdependent characteristics. The multi-criteria problem of mathematical programming is modeled on their basis. In this case, it is difficult to find a solution that satisfies all the conflicting criteria and the system of constraints. In general, the optimization logistics problem has the following form:

$$\begin{cases} y = f(x) \rightarrow \max (\min) \\ x \in X \end{cases},$$

where  $X$  is the set of admissible plans (alternatives, actions, previous variants of logistical solutions);  $f$  – a numerical function defined on a set  $X$ , which together with the maximization or minimization requirement is called the target function.

The solution of the optimization logistic problem is formed by the pair  $X^*$ ,  $y^*$ , where  $X^*$  is the set of optimal plans,  $y^*$  is the optimal (maximum, largest or minimum, smallest – depending on the optimization orientation) value of the objective function, which is achieved by it on the set of admissible of plans  $X$ . Usually limited to a partial (rather than general) solution of the problem, determining only one among the set of optimal plans, and not the whole set.

They find a solution to the optimization logistics problem using special mathematical methods of optimization, computer programs and computer tools based on the appropriate source information.

An arbitrary optimization logistic problem contains two components: an objective function and constraints. The objective function formalizes the criterion of optimality, according to which the best one is determined among alternative options of logistics solutions. Constraints, on the other hand, define a set of acceptable alternatives. Constraints are given in the form of inequalities and/or equations.

Examples of optimization logistics tasks are the following:

- formation of a better economic plan for transportation of products, raw materials or other production resources from suppliers to consumers - directly or through certain distribution centers;
- determination of the maximum carrying capacity of the transport network;
- determination of the cheapest transport route between two specified points of the transport network;

The type of problem (linear, nonlinear, discrete) determines the methods that will be used to solve it, namely:

- linear programming (simplex method, dual simplex method, others);
- integer programming (methods of segmentation, branched search, combinatorial, heuristic, random search);
- non-linear programming (direct, indirect; design, linearization, etc.);
  - others (depending on the specifics of the problem being solved).

### References

1. Olhova M.V. Optimizaciya logistichnih procesiv: tutorial. KNUMG – 2021 – 75 p.
2. Savchenko L. V. Optimizaciya reshenij v logistike: teoriya i praktika. – Kiyiv: RIO NTU, 2007. – 248 s.

## THE USE OF SYSTEM APPROACHES FOR THE AUTOMATIC CREATION OF ROBOT-FIREFIGHTER PROTOCOLS

**Kuzenkov O., Masych O., Siryk S.,** kuzenkov1986@gmail.com

*Oles Honchar Dnipro National University ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

During last several month Ukraine was facing multiple russian terrorists attacks on it's energetic infrastructure. Country is spending multiple human resources to deal not only with destruction but also with fires. Paying attention to the latest science achievements in robotics it would be extremely useful to implement robots-firefighters into the State Emergency Service of Ukraine to save as many people lifes as possible.

Before development starts we need to determine the exact tasks the robot must do, such as: successful movement to the fire, analyzing the environment around, firing water or foam, behaving during burning, alerting about critical situations e.g. sticking in a burning building or being pinned down by something.

Robot has to be able to measure temperature, atmosphere pressure, recognize it's position in space and after data processing send it to the server. In addition to direct control, the robot has to be at least semi-autonomous so it has to have movement, firing and notification algorithms executed by itself.

The most suitable programming language to resolve such problems is Python. It simplifies work with computer vision and is able to compute data from multiple sources in parallel. As far as the operator will take on the bulk of the work, we have to worry about the fast and convenient application-based interface, which will allow responding as quickly as possible to changing circumstances and the situation around.



## THE USE OF SYSTEM APPROACHES FOR THE AUTOMATIC CREATION OF CLEAR MINE ROBOT PROTOCOLS

**Kuzenkov O., Oleshko O.,** kuzenkov1986@gmail.com

*Oles Honchar Dnipro National University ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

In connection with the martial law and the de-occupation of Ukrainian territories from russia, the issue of demining, especially remote, is gaining relevance.

For the development of remote demining machines, it is necessary to take into account all stages of work. First of all, this robot must get to the mine (taking into account all the bumps and obstacles in the scene). The next step is the demining of the explosive itself.

To create the software part of the robot, it must be taken into account that the robot needs its own mine analysis algorithm and ways to neutralize it, taking into account such facts as temperature, depth, type of mine, and so on.

To train the robot, it is necessary to collect and process data. Among them are the types of mines, their type, methods of neutralization. The stage of data preprocessing will standardize the data to one type and facilitate the training of the neural network for further identification of the projectile type.

The learning process is one of the most important. The neural network learns to recognize the type of mine and, based on the type, works out possible demining algorithms. It is also worth noting that gigabytes of data are needed for the learning process, among them photographs of mines from different angles, as well as their clearance methods, will take up most of them.

After that, the process of testing training on new data begins. The chance of error must be minimized, and in case of retraining, the process must start over.

That is, even with an error on the part of the manager, the neural network will minimize the undesirable impact of the projectile both on the robot itself and on the environment around.

To train machines, it is necessary to use the Python programming language, which simplifies the work with neural networks and computer vision. The opencv library will allow you to process the image and, using artificial intelligence, set the type of mine, as well as other variables necessary for successful demining. Obviously, the manager will take on the bulk of the demining work, but do not forget about the convenient and fast application-based interface, which will allow him to respond as quickly as possible to changing circumstances and the situation around.

#### **Bibliographic references**

1. Kavitha Duraipandian Multiple Object Recognition Using OpenCV, June 2021.
2. Jaydip Sen Object Detection and Tracking Using OpenCV in Python, 2020.

## **MACHINE LEARNING FOR ROBOTS**

**Kuzenkov O.O.**, kuzenkov1986@gmail.com

**Tryputen M.M.**, triputen2014@gmail.com, **Baleiko N.**

*Oles Honchar Dnipro National University ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Currently, robots have become indispensable assistants to humans in solving many problems. In many cases, a controller and simple sensors are enough to solve these problems. However, when solving more complex problems that require taking into account the interaction of the robot with the environment, it is necessary to use algorithms for processing information about the environment.

Among the information processing algorithms, a special place is occupied by machine learning algorithms that determine the relationship between

combinations of input and output data. As a result of machine learning, a model is synthesized based on data sets. Data sets can be presented in a structured form or as raw data, from which the algorithm independently extracts features and patterns. Machine learning on structured data is called supervised learning. Machine learning on unlabeled data - unsupervised learning and as a special case of supervised learning - semi-supervised learning. There is also reinforcement learning as one of the methods of machine learning, during which the system under test learns by interacting with some environment.

At the moment, the most popular are supervised learning algorithms based on linear regression. These algorithms show or predict the relationship between two variable or factors by fitting a continuous straight line to the data. The line is often calculated using the Squared Error Cost function.

#### **Bibliographic references**

John D. Kelleher, Brian Mac Namee, Aoife D'Arcy. Fundamentals of machine learning for predictive data analytics. The MIT Press; 1st edition (July 24, 2015) 624p.

## **USING CELLULAR AUTOMATA IN SIMULATION AND FORECASTING OF COMPLEXLY ORGANIZED PROCESSES AND SYSTEMS**

**Kuzenkov O.O., Trotsenko A.G., Padalko V.**

kuzenkov1986@gmail.com, trotsenko1998@gmail.com

*Oles Honchar Dnipro National University ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Many complex phenomena and processes, such as self-reproduction, growth, development, etc., are difficult to describe using differential equations and their systems. However, this can be easily modeled using cellular automata. Accordingly, the popularity of models built on their basis is growing. A cellular automaton is characterized by discrete space and time. Such a structure is convenient for modeling various physical, biological and informational processes. The use of cage automata allows to simulate the complex behavior of objects or phenomena without using a complex and cumbersome mathematical

description. The popularity of cage automata is explained by their relative simplicity combined with great possibilities of use for modeling a set of homogeneous interconnected objects.

In my work, I studied cellular automata in detail. Analyzed many different examples. I found out in which areas CA are used. I got acquainted with modern modeling systems, namely: Wolfram Mathematica and CelLab. I plan to go deeper into the study of the material and create my own program for the implementation of CA.

#### **Bibliographic references**

1. Lande D.V., Furashev V.M. Basics of informational and socio-legal modeling: monograph. - K.: "PanTot" LLC, 2012. - 144 p.
2. O. O. Serdyuk. Modern methods of research of nonlinear dynamic systems. Handbook for students of specialty 151 "Automation and computer-integrated technologies"/ O. O. Serdyuk. – Kramatorsk: DDMA, 2018. – 120 p.
3. Kobylnyk Taras. Cellular Automata As A Means Complex Systems Modelling. Physical and Mathematical Education. 2018. Issue 4(18). P. 71-75.
4. Joel Schiff. Cellular Automata: A Discrete View of the World. – 2011. – 272 p.

### **METHODS AND ALGORITHMS TO INDUCE THE OPTIMAL TRAJECTORY OF THE ROBOT'S MOVEMENT BY A GIVEN 3D SCENE**

**Kuzenkov O., Feshchenko M.** kuzenkov1986@gmail.com

*Oles Honchar Dnipro National University (www.dnu.dp.ua)*

Due to the development of artificial intelligence and robotics technologies, a large number of companies set themselves the goal of replacing the use of human resources with the automation of some complex and multi-component processes by integrating software or robotic production. One of the critical points for achieving the goal is not only the implementation of the

underlying algorithm but also the study of the environment around it, its analysis, and the adoption of further decisions depending on external factors.

Determining the optimal trajectory of robots in the environment is one of the most difficult tasks for artificial intelligence and computer vision, since the construction of the rotation is possible only after analyzing the scene around, as well as calculating all possible paths.

It is necessary to build an environmental matrix to analyze the external conditions. For example, it is possible to process a picture of the environment using the CV2 computer vision library, which can be integrated using the Python programming language.

One of the ways to collect a complete picture of the scene around is to analyze the scene from several angles and build a 3D matrix around the robot. After that, it becomes possible to calculate the path of the robot. This matrix is a more complex version of its mathematical counterpart, as it must include the physical characteristics of the environment in order to avoid damage to expensive equipment. Having studied the physical properties of obstacles in the path of the robot, the main task of the work is to determine which path is optimal and less costly in terms of energy costs and machine operation time.

#### **Bibliographic references**

1. <https://www.irjet.net/archives/V8/i1/IRJET-V8I145.pdf>
2. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8237584>
3. <https://openarchive.nure.ua/bitstream/document/11568/1/ijeter82842020.pdf>

## ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ ДО ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ВІТРЯНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

**Кузнецова А.В.**, [ali.kuznecova@gmail.com](mailto:ali.kuznecova@gmail.com), **Шевельова А.Є.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

В останні роки в електроенергетиці простежується тенденція щодо децентралізації виробництва електричної енергії, оскільки це обумовлено вичерпанням традиційних енергоносіїв, а також збільшенням частки генераторів відновлюваної енергії. При цьому в умовах погіршення економічної ситуації, що склалася в Україні, а саме, зростанням цін на електричну енергію, виникла необхідність у впровадженні енерго- та ресурсозаощаджувальних технологій, які спрямовані на зниження собівартості електроенергії в різних галузях промисловості. Приділимо особливу увагу найважливішій сфері господарської діяльності, а саме – залізничному транспорту, який є проміжною ланкою між виробником продукції та кінцевим споживачем.

В Україні достатньо велика щільність населення, а для даного типу територій перспективними є розподілені генератори, розміщені вздовж наявних об'єктів з лінійним розташуванням в просторі. До числа таких об'єктів належать залізниці разом з земельними смугами відчуження, які на правах власності являються її майном. На цих смугах можна розміщувати як розподілені фотоелектричні генератори, так і вітроелектростанції. Останні два типи генеруючих джерел безпосередньо належать до відновлювальних джерел живлення, застосування яких в Україні кожен рік набирає великі оберти.

Розробка методів та алгоритмів вирішення розміщення джерел живлення триває вже багато років, але вони все ще дуже важливі. В основному це пов'язано з тим, що проблема є NP-повною, і важко розробити загальний алгоритм, який дозволить знайти точний розв'язок за

розумний час. Поява нових і вдосконалених обчислювальних пристроїв, що забезпечують потужні обчислювальні ресурси, а також постійно зростаючі вимоги до конструкційних пристроїв - все це стимул для розробки нових алгоритмів для розв'язання проблеми розміщення джерел живлення.

З метою підвищення швидкості та точності розв'язку задачі було обрано генетичний алгоритм. Генетичний алгоритм - це потужний метод пошуку, заснований на природному відборі та природно-генетичному механізмі, який часто застосовується для розв'язання задач оптимізації.

В роботі були вирішені наступні завдання:

1. Було обрано реальний об'єкт, на якому будемо розміщувати вітроелектростанції.
2. Обрано тип вітроелектростанцій (а саме з горизонтальною віссю) та знайдено горизонтальні вітроелектростанції з різною потужністю.
3. Проаналізовано позитивні та негативні сторони генетичного алгоритму
4. Побудована математична модель розв'язуваної задачі.
5. Розроблено програмне забезпечення, яке реалізує оптимальне розміщення вітроустановок за допомогою генетичного алгоритму.
6. Було порівняно генетичні алгоритми з різними селекціями, а саме: турнірною, елітною та на основі рулетки. На практиці було виявлено, що найкраще працює генетичний алгоритм з елітною селекцією, завдання якого оптимально розмістити декілька ВДЕ (різних типорозмірів), і одночасно закріпити споживачів за цими джерелами живлення.

## ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ЗВОРОТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ДЕФОРМІВНИХ СИСТЕМАХ

Кузьменко В.І., Плащенко С.О.

vasilkuzmenko50@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Розглядається деформівна система, яка змінює свій стан під дією зовнішнього навантаження. З іншого боку, завдяки особливій структурі системи зміна її стану спричиняє зміну зовнішнього навантаження. Тому така система вивчається як система зі зворотними зв'язками. Зауважимо, що зазвичай аналіз зворотних зв'язків асоціюється з керованими системами, а зворотні зв'язки формуються свідомо для досягнення певної мети. Для даного класу систем структура зворотних зв'язків має природне походження. Запропоновано загальний підхід до вивчення задач такого класу. Математичні моделі ґрунтуються на формулюванні задач у вигляді операторних рівнянь. Встановлено достатні умови існування та єдиності розв'язку. Отримано аналітичні та числові розв'язки низки задач про зворотний вплив поведінки деформівної системи на зовнішні чинники. Розглядаються зв'язані задачі взаємодії рідини з мембранами, течії рідини високого тиску у товстостінних трубах, взаємодії провідників зі струмом. Вивчаються особливості тиску високих штампів на поверхню пружного півпростору під дією гравітаційних та магнітних полів, а також відстежувального навантаження. Виконано моделювання тиску резервуарів несиметричної форми у процесі заповнення рідиною, а також поворотів високих споруд унаслідок підйому вантажу уздовж стін. Встановлено критичні значення параметрів, за яких відбувається якісна зміна поведінки системи. Відзначено нелінійний характер реакції системи у процесі монотонного зростання навантаження.



## ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА РЕЗЕРВУВАННЯ ПАРКУВАЛЬНИХ МІСЦЬ

Лапінський О.В., olexsandr.lapinskiy@gmail.com,

Басюк Т. М., taras.m.basyuk@lpnu.ua

*НУ «Львівська політехніка»*

З кожним роком в Україні збільшується кількість автомобілів. Виходячи з статистики за другу половину 2021 року: кількість автомобілів на 1000 жителів становить 407. За останній рік кількість автомобілів збільшилась на 50 тисяч, що являє собою 4,1%. Середній показник по Україні це 245 автомобілів на 1000 жителів. Серед основних областей друге місце після Київської області посідає Волинська (314 авто/1000 жителів), далі іде Запорізька (300), Кіровоградська (271) і Рівненська (269). Враховуючи те, що кількість автомобілів збільшується, не в усіх містах інфраструктура пристосована до того, щоб можна було зручно розмістити авто біля всіх об'єктів. Дефіцит паркувальних місць – проблема яка не має універсального рішення, і через збільшення кількості транспортних засобів з кожним роком лише збільшується.[1] В новобудовах, як правило присутні підземні паркінги, проте багато водіїв навіть за наявності таких, залишають авто де їм заманеться. Однією з найбільших проблем є те, що сучасні будинки, які зводяться на обмеженій ділянці, часто не мають власних паркувальних зон. Така ж ситуація складається здебільшого і з іншими об'єктами інфраструктури, такими як: торговельні центри, дитячі садочки, школи, тощо. Найскладніша ситуація складається в старіших містах України де частини міста були побудовані досить давно і не підлягають реконструкції, для того, щоб можна було додати необхідну кількість паркувальних зон. Враховуючи перелічені фактори, необхідно реорганізувати наявну доступну на даних час кількість парковок.

Найголовнішим завданням було створити просту, інтуїтивно зрозумілу систему, яка забезпечить водіїв надійним помічником у виборі

та завчасному резервуванні паркувальних місць. Використовуючи систему водії б змогли краще організувати свої поїздки, розвантажити місця паркувальних зон від скупчення автомобілів, які шукають де припаркуватись.

Початковий етап розробки являв собою аналіз систем-аналогів, основних елементів системи, які необхідно передбачити. Основний функціонал для різних типів користувачів зображено на діаграмі варіантів використання (use case diagram).

Visual Paradigm Online Free Edition

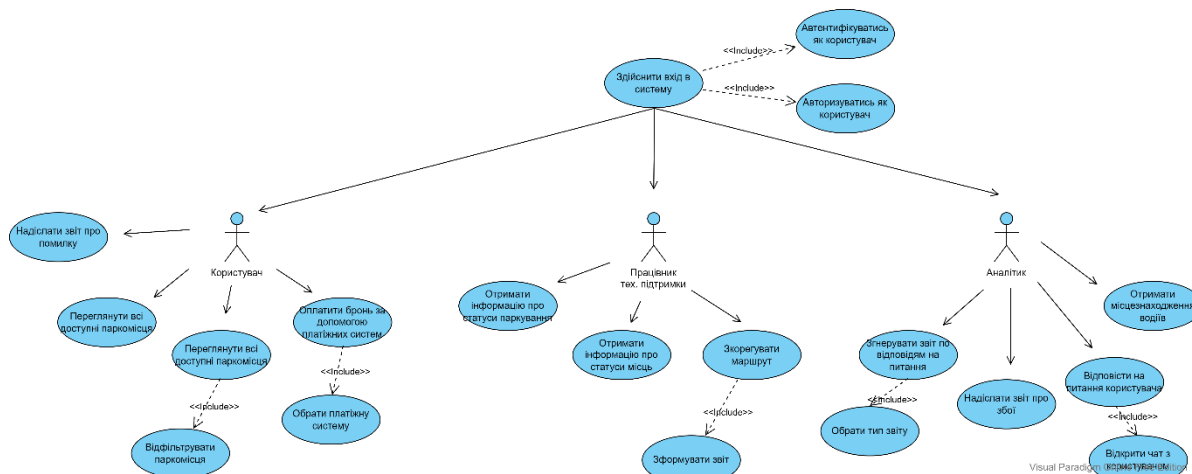


Рис. 1. Діаграма варіантів використання системи

На діаграмі видно, що система на початковому етапі вимагає від користувача зареєструватись, або увійти, після чого відкриваються доступні функції в залежності, які права надані тому чи іншому користувачу.

1. Проблеми з паркуванням у Києві: чому забудовники неохоче будують паркінги: веб-сайт URL: <https://realestate.24tv.ua/problemi-parkovkami-kiyevi-chomu-zabudovniki-ne-buduuyut-parkingi> (дата звернення 22.10.2022)

2. Stanislaw Wrycza, Bartosz Marcinkowski. Towards a Light Version of UML2.X: Appraisal and Model, 2007.

## МЕТОД РОЗВ'ЯЗАННЯ ПЕРІОДИЧНОЇ ЗАДАЧІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ЧАСОВИМИ ВІКНАМИ

Ленський М.М., Михальчук Г.Й., [lmichael1003@gmail.com](mailto:lmichael1003@gmail.com)

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Задача оптимального планування перевезень та зниження транспортних витрат є важливою та завжди актуальною для економіки. Одним із різновидів цієї задачі є періодична задача маршрутизації транспортних засобів з часовими вікнами.

Маємо набір замовників, яким потрібно доставити товар. Горизонт планування становить  $N$  днів. Для кожного замовника надається адреса, об'єм товару, часове вікно, під час якого замовник може прийняти товар, а також можливі шаблони відвідування. Один шаблон визначає перелік днів, в межах горизонту планування, в які замовник очікує доставку. Замовника потрібно відвідати у кожний зазначений в шаблоні день. Для кожного замовника, як правило, сформовано декілька можливих шаблонів. Відвідування замовника має здійснюватися відповідно до одного з можливих шаблонів. Для надання послуг доступний парк транспортних засобів заданої місткості.

Необхідно побудувати  $N$  наборів маршрутів мінімальної вартості, які задовольняють такі умови: місткість автомобілів не має бути перевищена; клієнтів треба відвідати у дні, що відповідають одному з можливих шаблонів відвідування; обслуговування клієнтів має здійснюватися у межах встановлених часових вікон; маршрути мають починатися та закінчуватися на складі.

Для вирішення поставленої задачі розроблено двоетапний алгоритм. Першим етапом алгоритму є побудова початкового рішення. Рішення будується за допомогою алгоритму найближчого сусіда. Алгоритм на кожному етапі додає до маршруту найближчу невіддану точку. Точка додається до маршрутів кожного вказаного в її шаблоні відвідування дня. Якщо точка має декілька шаблонів відвідування, то на етапі побудови

початкового рішення використовується будь-який з них. Алгоритм найближчого сусіда припиняє роботу, коли всі точки додані до маршрутів.

На другому етапі виконується оптимізація отриманих маршрутів за допомогою алгоритмів Shift, Swap та 2-opt [1].

Алгоритм Shift для пари маршрутів видаляє точку з одного маршруту та додає її в інший. Застосування цього алгоритму до періодичної задачі маршрутизації передбачає видалення точки з маршрутів усіх днів поточного шаблону відвідування. Після чого перебираються усі можливі шаблони відвідування і здійснюються спроби додати цю точку до маршрутів тих днів, що зазначені для чергового шаблону. Зміна приймається, якщо сумарна довжина маршрутів зменшилася. Такі дії виконуються для кожної точки.

Алгоритм Swap міняє місцями пару точок з різних маршрутів. Щоб його адаптувати до періодичної задачі, будується множина всіляких пар точок. Кожна точка з пари видаляється з маршрутів усіх днів свого поточного шаблону. Далі виконуються спроби додати першу з видалених точок до машини, з якої була видалена друга точка. Для цього перебираються усі шаблони першої точки. Аналогічні дії виконуються для другої точки з пари. Зміна приймається, якщо сумарна довжина маршрутів зменшилася.

Алгоритм 2-opt змінює послідовність відвідування точок в кожному маршруті за рахунок видалення двох ребер та вставки двох нових ребер. Маршрут вважається локально оптимальним, якщо неможливо отримати маршрут меншої довжини в результаті заміни пари ребер іншою парою.

#### **Бібліографічні посилання**

1. Eliana M. Toro O., Antonio H. Escobar Z., Mauricio Granada E. Literature review on the vehicle routing problem in the green transportation context. Luna Azul. 2016. No 42. P. 362–387.

**ЗАСТОСУВАННЯ АРАСНЕ SPARK ДЛЯ АНАЛІЗУ  
«ВЕЛИКИХ ДАНИХ» МЕДИЧНОГО МОНІТОРИНГУ  
СЕРЦЕВО-СУДИННИХ ЗАХВОРЮВАНЬ**

**Лирчиков В.О.,** [lyrchykov.victor@gmail.com](mailto:lyrchykov.victor@gmail.com),  
**Байбуз О.Г.,** [obaybuz@ua.fm](mailto:obaybuz@ua.fm)

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

«Великі дані» та машинне навчання з кожним роком знаходять все ширше застосування у різних сферах людської діяльності. Зокрема, у сфері охорони здоров'я «великі дані», спільно з досягненнями в галузі машинного навчання, дають можливість вирішувати широкий спектр проблем, пов'язаних зі здоров'ям. До великих обсягів даних важко застосовувати методи інтелектуального аналізу, що їх надають традиційні програмні засобами, тому виникає потреба у застосуванні спеціалізованого програмного забезпечення .

Apache Spark - це система аналізу даних, яка забезпечує їх розподілену обробку. Ця система відома завдяки своїм вбудованим можливостям машинного навчання та кластерним обчисленням для великомасштабних розподілених обчислювальних середовищ. Spark дозволяє здійснювати обробку широкого спектру робочих навантажень, включаючи пакетні процеси, спільні запити, ітеративні алгоритми та потокову передачу даних.

Багато постачальників медичних послуг використовують Apache Spark для аналізу записів пацієнтів, щоб визначити, хто з них, ймовірно, зіштовхнуться з проблемами зі здоров'ям після виписки з клініки. Це допомагає лікарням запобігти повторній госпіталізації, оскільки вони можуть надавати пацієнтові медичні послуги вдома, заощаджуючи на витратах як для лікарень, так і для пацієнтів.

Ця робота спрямована на розробку моделі машинного навчання із використанням Sparks MLlib для прогнозування стану здоров'я пацієнта. Система націлена на застосування моделі до даних про інсульт з певними атрибутами для прогнозування серцевих захворювань. Було використано набір даних із репозиторію UCI. Дані включають такі атрибути: Gender,

Age, Hipertention, Heart disease, Ever married, Work type, Residence type, Average glucose level, Bmi, Smoking status, Stroke.

Після попередньої обробки, підготовлений набір даних став містити 41227 записів. З них 655 вказують на наявність інсульту, решта 40 572 свідчать про його відсутність. Також 1864 мають захворювання серця і у 39363 цього не спостерігається. Дані розбиваються на навчальну та тестову вибірки у співвідношенні 80:20.

Прогностичний аналіз інсульту виконано за допомогою бібліотеки MLlib. Використовувався алгоритм класифікації з на основі дерев рішень (random forest). Дерево рішень - це популярний метод класифікації, який є простим в інтерпретації і часто вибирається для вирішення завдань прогнозування. MLlib підтримує дерева рішень, які можна використовувати для створення масштабованої моделі машинного навчання, що здатна ефективно обробляти великі набори даних [1].

Для вимірювання різних параметрів, таких як точність, використовувалися матриця невідповідностей (Confusion matrix), що містить інформацію про фактичні та очікувані результати класифікації [2]. У таблиці 1 наведено результати, отримані з матриці невідповідностей із застосуванням класифікатора random forest.

Таблиця 1.

Матриця невідповідностей результату класифікації

	Передбачене «ні» (0)	Передбачене «так» (1)
Фактичне «ні» (0)	8196	4
Фактичне «так» (1)	502	25

Як видно з матриці невідповідностей, точність класифікації становить 94%.

#### Список використаних джерел

1. Nair L. R., Shetty S. D., Shetty S. D. Applying spark based machine learning model on streaming big data for health status prediction //Computers & Electrical Engineering. – 2018. – Т. 65. – С. 393-399.
2. Ali A. A. Stroke prediction using distributed machine learning based on Apache spark //Stroke. – 2019. – Т. 28. – №. 15. – С. 89-97.

## РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ КОМІВОЯЖЕРА З ЧАСОВИМИ ВІКНАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ АЛГОРИТМУ ЗГРАЇ ВОВКІВ

**Ліфаренко П.Є.**, lifarenko99@gmail.com,

**Шевельова А.Є.**, shevelevaee@dnu.dp.ua

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Задача комівояжера з часовими вікнами допомагає вирішувати важливі проблеми в логістиці. Вона може бути використана для моделювання маршрутизації, а також задач планування. Ідея полягає у тому, що кожний пункт, який необхідно відвідати, має певне часове вікно. Комівояжер, так само як і в класичній постановці задачі, повинен відвідати усі міста із витрачанням мінімальної кількості коштів. Тому стає актуальною проблема вибору маршруту таким чином, щоб встигнути в усі міста і водночас мінімізувати вартість подорожі.

Метою роботи є застосування алгоритму зграї вовків, який був натхнений природою та імітує соціальну ієрархічну структуру та механізм полювання зграї сірих вовків, для розв'язання задачі комівояжера з часовими вікнами.

Для досягнення мети в роботі поставлені і вирішені наступні завдання:

- розгляд задачі комівояжеру з часовими вікнами та проведення аналізу задачі та попередніх досліджень;
- запровадження математичної постановки задачі;
- проведення аналізу алгоритму зграї вовків;
- реалізація алгоритму зграї вовків для задачі з використанням мови програмування Python;
- тестування, аналіз та порівняння з роботою іншого алгоритму для різних прикладів, щоб перевірити функціональність реалізації.

Було розглянуто задачу комівояжера з часовими вікнами та представлено математичну постановку.

Розглянуто та проаналізовано алгоритм зграї вовків. Побудова розв'язку складається з кількох етапів, які починаються з визначення часу та обмежень, після цього створюється початкова популяція, яка представлена як зграя вовків, що розповсюджені між вузлами. Після побудови початкового розв'язку система починає працювати шляхом переміщення вовків від вузла до іншого вузла. Для того, щоб побудувати інші розв'язки і знайти найкращий розв'язок, пам'ять зберігає три оптимальних та оновлює їх, коли знайде кращі розв'язки. Процес створення розв'язків триватиме, доки не буде знайдено найкращий можливий або не буде досягнуто умови зупинки. Оптимізація зграї вовків є динамічним алгоритмом, тому що він уникає локальних розв'язків завдяки можливості змінювати розташування в ієрархії.

Представлено реалізацію алгоритму для ЗКЧВ із застосуванням мови програмування Python та продемонстровано роботу програмного забезпечення із візуалізацією та можливістю виставлення параметрів для роботи алгоритму.

Після тестування програми, проаналізовано отримані результати і порівняно їх із оптимальними значеннями та роботою алгоритму імітації відпалу. Грунтуючись на отриманих значеннях цільової функції і проведеному порівнянні, зроблено висновок що алгоритм зграї вовків показує ефективні результати та здатен знаходити оптимальний розв'язок для задачі комівояжера з часовими вікнами.



## МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТУ РОЗФОКУСУВАННЯ В СИСТЕМАХ КОНЦЕНТРАЦІЇ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Масаликін С.С., Книш Л.І., masalykin.ss@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

В останні роки сонячна енергетика грає помітну роль у формуванні світового енергетичного балансу. Важливим питанням є дослідження сонячних енергетичних установок, які діляться на два типи – фотоелектричні та термодинамічні. На відміну від фотоелектричних систем, які, як правило, не орієнтуються на Сонце, в термодинамічних системах з концентраторами передбачається чітка орієнтація на Сонце. Тому актуальною задачею, що досліджується в даній роботі, є визначення впливу ефекту розфокусування на енергетичні показники сонячної установки з концентратором. В ймовірнісну модель переносу сонячного випромінювання для параболоїдного концентратора, в якій враховані аберації його поверхні, було додано фактор розфокусування. В створений алгоритм Монте-Карло введено додаткові кути  $\mu$  та  $\lambda$ , які характеризують помилку розфокусування. Кут  $\mu$  показує відхилення падаючого пучка променів від напрямку концентратора на Сонце. Кут  $\lambda \in [0; 2\pi]$  характеризує оберт падаючого пучка у площині концентратора. Визначено, що на енергетичні показники системи при розфокуванні впливає лише кут  $\mu$ , а саме, при його збільшенні спостерігається помітне зменшення фокальної плями на поверхні теплоприймача. Порівняно вплив аберацій поверхні і помилки розфокусування на енергетичні показники системи. Проведено порівняння середнього значення теплового потоку для математично ідеального концентратора і концентраторів з різним ступенем помилок розфокусування і аберацій поверхні. Визначено наявність взаємної компенсації помилок за рахунок незначних аберацій поверхні та ефекту розфокусування, яка приводить до зменшення енергетичних втрат системи.

## РОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ РІВНЯННЯ ПУАССОНА

Махно А. В., [makhno.arthur@gmail.com](mailto:makhno.arthur@gmail.com), Книш Л.І.

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Метою даної роботи є розробка мобільного додатку для моделювання стаціонарних процесів на основі рівняння Пуассона та порівняння результатів роботи рівняння на зображеннях з різними характеристиками.

Розподіл Пуассона – це розподіл, який показує вірогідне число випадків, коли подія відбудеться протягом заздалегідь визначеного періоду часу. Він використовується для незалежних подій, які відбуваються з постійною швидкістю протягом заданого інтервалу часу. Розподіл Пуассона є дискретною функцією, що означає, що подія може бути виміряна тільки як *происходящее* або не як *происходящее*, то є змінна може бути виміряна тільки в цілих числах.

Число наступів певної випадкової події за одиницю часу, коли факт настання цієї події в даному експерименті не залежать від того, скільки разів і в які моменти часу вона здійснювалася в минулому, і не впливає на майбутнє. А випробування виробляються в стаціонарних умовах, то для опису розподілу такої випадкової величини зазвичай використовують закон Пуассона

Цей закон можна також описувати як граничний випадок біноміального розподілу, коли ймовірність  $p$  здійснення події, що цікавить нас, в одиничному експерименті дуже мала, але число експериментів  $m$ , вироблених в одиницю часу, досить велике, а саме таке, що в процесі  $p \rightarrow 0$  і  $m \rightarrow \infty$   $mp$  прагне до деякої позитивної постійної величини  $\lambda$  (тобто  $mp \rightarrow \lambda$ ).

В результаті виконаної роботи розроблений програмний продукт, легкий та доступний у використанні, у якому студенти можуть обчислити краєві умови а також вирішити рівняння Пуассона.

**САМООРГАНІЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ДЕКІЛЬКОМА  
БПЛА ДЛЯ ДИНАМІЧНОГО ОТРИМАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ В  
ТРИВИМІРНОМУ ПРОСТОРИ**

**Мельниченко О.В.,** [oleksandr.melnychenko@live.com](mailto:oleksandr.melnychenko@live.com)

*Хмельницький національний університет*

Для розв'язання задачі, де група БПЛА має виконувати розпізнавання структурних об'єктів в режимі реального часу, потрібно використовувати більш точніші засоби та засоби, які суттєво автоматизуватимуть сам процес. Тому, перспективним напрямом для дослідження є використання самоорганізованих систем. Для створення самоорганізованої системи управління групою БПЛА використано технологію отримання вхідних даних для побудови маршрутів Real Time Kinematic (RTK).

Інтегрована архітектура розробленої системи подана узагальненою схемою основних складових на рисунку 1.1. Для оцінювання якості планування польоту групи БПЛА розроблені критерії якості планування, а саме: 1) виконання завдання за найменший час; 2) відстань під час виконання переміщення у робочому середовищі; 3) ресурси апаратних пристроїв; 4) кількість даних, яку БПЛА може опрацювати під час роботи у режимі реального часу. Для самоорганізованої системи кількість БПЛА, дальність польоту, мінімальний радіус розвороту, діапазон швидкостей визначено, як вхідні дані. Розподілення цілей між декількома БПЛА, послідовність проходження кожним БПЛА підмножини цілей та спосіб переміщення до кожної робочої області визначено, як характерні властивості у задачах планування маршрутів. Згідно сформованих вимог до самоорганізованої системи управління декількома БПЛА, на основі функцій системи та її характеристик архітектуру розробленої системи синтезувано у вигляді сукупності декількох компонентів: формування групи БПЛА, “розумна” система планування маршрутів, система самовідновлювання, система планування роботи та система управління і моніторингу.

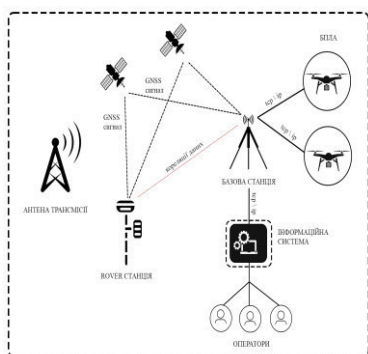


Рисунок 1.1 - Мережева схема кінематики реального часу

Результатом виконання самоорганізованої системи є об'єднаний відеоряд, який надалі подається на модуль розпізнавання та обчислення кількості структурних об'єктів. Врахування таких складових в моделі інформаційної системи є основою її архітектури. В межах самоорганізованої системи передбачено задання пунктів призначення (іншими словами, точок в розглядуваному середовищі), які кожен безпілотник повинен досягти в межах свого сегмента та відмітити на утвореній мапі.

Важливим елементом модуля побудови маршрутів є розроблені механізми для утворення самостійних дій у плануванні траєкторій у координатному просторі.

### Перелік посилань

1. Mannings R. Ubiquitous positioning. Boston : Artech House, 2008. 203 p.
2. Teunissen P. J. G., Khodabandeh A. Review and principles of PPP-RTK methods. Journal of Geodesy. 2014. Vol. 89, no. 3. Pp. 217-240. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-014-0771-3>
3. Савчук С., Задемленюк А., Піскорівський А. Експериментальні дослідження точності визначення координат методом RTK з використанням GPRS INTERNET з'єднання. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. 2009. № 1 (17). С. 58-69
4. Chen C. et al. Conversion control of a tilt tri-rotor unmanned aerial vehicle with modeling uncertainty. International Journal of Advanced Robotic Systems. 2021. Vol. 18, no. 4. Pp. 72988142110270.

**ОБЕРНЕНІ ЗАДАЧІ ВІДТВОРЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ  
ПОЛІВ У НЕДОСТУПНИХ ОБЛАСТЯХ****Молчанов А.О., evandr73@gmail.com***Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Обернені задачі – це ті задачі, в яких за даним наслідком потрібно розрахувати причину. Наприклад, за значеннями прискорення тіла, потрібно розрахувати силу, що діє на тіло. Інший приклад: за заданими значеннями сили, що діє на тіло, потрібно розрахувати силове поле (гравітаційне, електромагнітне). До обернених задач відносяться задачі визначення деяких фізичних властивостей об'єктів, таких як щільність, коефіцієнт теплопровідності, модулі пружності в залежності від координат або у вигляді функцій інших параметрів. Успіх процедури розв'язання таких задач в значній мірі залежить як від якості і кількості отриманої з експерименту інформації, так і від способу її обробки. Розглянемо задачу відновлення потенціального поля в недоступній області за даними значеннями вимірювань цього поля в доступній області.

Нехай деяке фізичне поле описується рівнянням Лапласа:

$$\Delta u = 0. \quad (1)$$

Область існування поля  $\Omega$  складається з двох частин:  $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2$ . Частина  $\Omega_1$  доступна для вимірювання характеристик поля. Вимірювання в області  $\Omega_2$  неможливе. Нехай у точках  $P_1, \dots, P_n \in \Omega_1$  відомі (виміряні) значення потенціалу  $u_1, u_2, \dots, u_n$ . Потрібно побудувати функцію  $u^*(x)$ , яка в точках усієї області  $\Omega$  задовольняє рівняння (1), а в точках вимірювання  $P_1, \dots, P_n \in \Omega_1$  буде близька до виміряних значень  $u_1, u_2, \dots, u_n$ . У реальних прикладних задачах точки  $P_i$  розташовані по периметру деякої плоскої фігури ( в разі двомірної задачі) або на границі деякого тіла ( в разі тривимірної задачі).

Нехай  $\varphi_1(x), \varphi_2(x), \dots, \varphi_m(x), x \in R^n$  ( $n = 2$  або  $n = 3$ ) - лінійно незалежні розв'язки рівняння Лапласа. Тоді їх лінійна комбінація

$$u_m(x) = \sum_{i=1}^m A_i \varphi_i(x) \quad (2)$$

також буде розв'язком цього рівняння. В якості функцій  $\varphi_i(x)$  можна взяти гармонічні поліноми або функції виду  $G(x - \beta_i)$ , де  $G(x)$  - фундаментальний розв'язок (функція Гріна) оператора Лапласа,  $\beta_i$  - набір точок (розташування джерел), які повинні лежати поза областю  $\Omega$ . Розташування цих точок можна обирати довільним чином, але для кращої точності рекомендується вибирати їх розташування рівномірним навколо  $\Omega_1$ . Знайдемо коефіцієнти  $A_1, A_2, \dots, A_m$  з умови близькості  $u_m(x)$  до вимірних значень потенціалу в точках  $P_1, \dots, P_n \in \Omega_1$ . За міру близькості узято середньоквадратичне відхилення

$$F(A_1, A_2, \dots, A_m) = \sum_{j=1}^n \left[ \sum_{i=1}^m A_i \varphi_i(x_j) - u_j \right]^2. \quad (3)$$

Коефіцієнти лінійної комбінації (2) знаходимо з умови мінімуму функції  $F(A_1, A_2, \dots, A_m)$ . Ця умова дає  $m$  лінійних алгебраїчних рівнянь. При великих  $m$  задача знаходження мінімуму функції (3) є некоректною, оскільки СЛАР є нестійкою. Для побудови наближеного розв'язку отриманої СЛАР застосовано метод регуляризації Тихонова. На модельних прикладах розглянуто якісну залежність розв'язку від значення параметра регуляризації.

В подальших дослідженнях планується дослідити більш детально вплив вибору розташування джерельних точок  $\beta_i$  на точність обчислень. Інша цікава проблема, яку планується дослідити - побудова базису для випадку розривних граничних умов. Адже у місцях різкого перепаду поля такий метод у звичайному вигляді не застосовний з-за наявності явища Гіббса.

## ГРАФІЧНА ФАКТОРИЗАЦІЯ У НАВЧАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Наконечна<sup>1</sup> Т.В., naktanya@ukr.netНікулін<sup>2</sup> О.В., Максименко<sup>2</sup> О.П., avnikulin@ukr.net<sup>1</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)<sup>2</sup>Дніпровський державний технічний університет

Сучасні дослідження, які виконуються в університетських умовах здобувачами вищої освіти та їх керівниками, обмежені в ресурсах і за часом. Тому на усіх кроках роботи, починаючи зі складання плану дослідження, повинна забезпечуватись ефективність дій за рахунок використання інновацій. При науковому підході робота починається з розгляду причинно-наслідкових зв'язків між факторами (причинами), які визначають явище або процес, та їх вихідними характеристиками (наслідками). В переробній промисловості, зокрема прокатному виробництві, схему причинно-наслідкових зв'язків можна будувати відповідно до діаграми Ісікави [1]. Даний інструмент використовують, коли необхідно швидко впорядкувати за ключовими категоріями [2].

Початковий крок побудови діаграми причини-слідства для аналізу «Управління режимом натяжін прокатки», представлено на рис. 1.

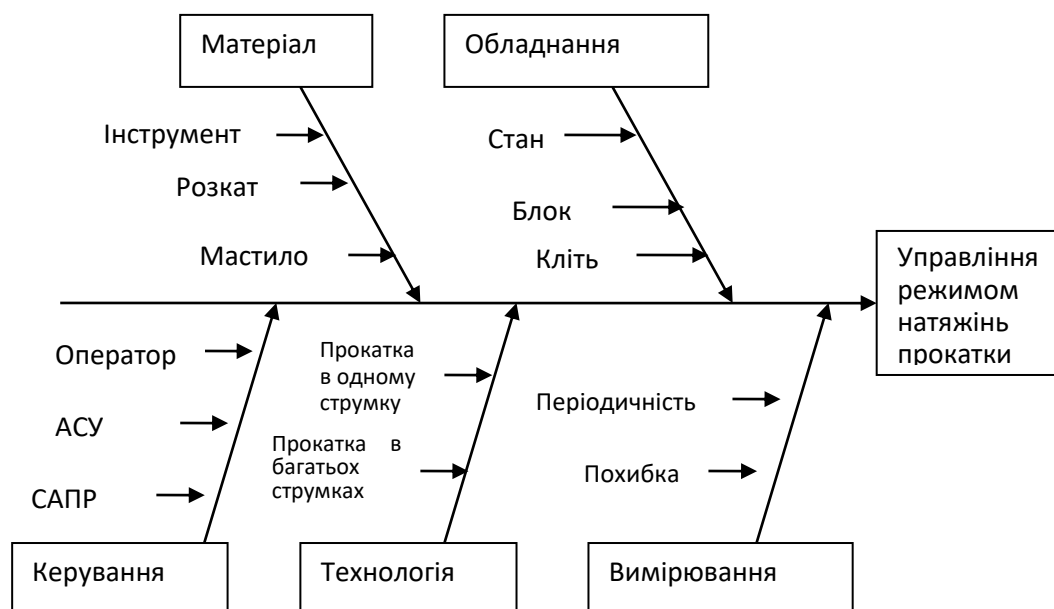


Рис. 1. Діаграма Ісікави проблеми «Управління режимом натяжін прокатки»

Розв’язання проблеми досліджень управління режимом натяжін у процесі прокатки виконується за явними 5М причинами. Проводиться факторизація результатів досліджень, як впорядкування за чинниками та їх властивостями, відомими по темі публікацій та розробок. Доцільно узагальнити результати аналізу впливу технологічних чинників при безперервній прокатці на сучасних станах із включенням дротяних блоків. Наочність факторизації досягається графічним моделюванням ( рис. 2).

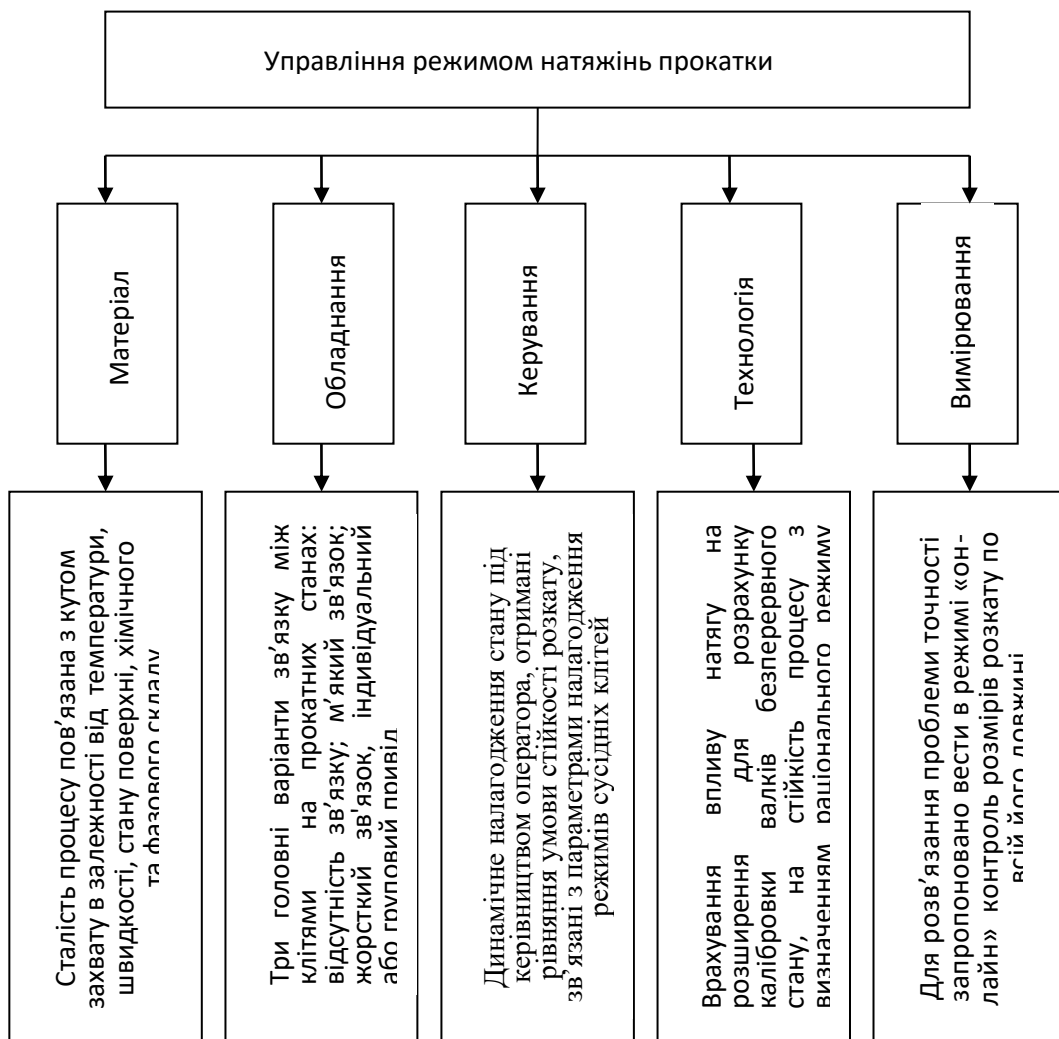


Рис. 2. Графічна факторизація впливу технологічних чинників

### Література

1. Исикава К. Японские методы управления качеством. – М.: Экономика, 1988. – 214 с.
2. Максименко О.П., Нікулін О.В., Головняк В.В. Графічне планування дослідження впливу факторів на поздовжню стійкість прокатки. Збірник наукових праць ДДТУ. – 2020. – № 2(37). – С. 39 – 42.



## РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ДОДАТКУ ЩОДО РОЗРАХУНКУ ЙМОВІРНОСТІ ВИНИКНЕННЯ КОЛІЗІЙ ШТУЧНИХ НЕБЕСНИХ ТІЛ З КОСМІЧНИМ СМІТТЯМ

**Невкритий І.О., nevkrityi@gmail.com, Антоненко С.В.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

На даний момент особливо актуальною є проблема космічного сміття на орбіті Землі. За даними експертів, станом на поточний момент, там знаходяться мільйони небезпечних для людей та техніки уламків.

Саме тому було запропоновано розробити систему, яка буде розраховувати ймовірність зіткнення для космічного тіла, такого як супутник чи ракета, виведеного на певну орбіту з деякою траєкторією, з космічним сміттям.

Попередній етап написання роботи включав в себе ознайомлення з предметною областю, виокремлення та аргументування необхідних математичних та фізичних формул, написання специфікації до майбутнього програмного продукту та планування етапів реалізації.

Нині робота перебуває на другому етапі реалізації, а саме: написанні практичної частини, яка буде виконувати необхідні розрахунки на основі мови програмування C++, та повідомляти про це користувача у вигляді PDF звіту. Додаток використовує базу даних космічного сміття з параметрами, згенерованими випадковим чином. В роботі використовується ціла низка уже існуючих алгоритмів та власні методи по пришвидшенню знаходження факту колізії множини тіл.

Очікується, що після завершення реалізації програмного додатку буде запропоновано рішення, що дозволить значно пришвидшити розпізнання колізій множини тіл. Ця реалізація буде містити унікальну комбінацію з існуючих алгоритмів та власних алгоритмів автора. Також планується співпраця з космічними обсерваторіями для отримання реальних даних космічного сміття.

## РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ГРАНИЧНОЇ ЗАДАЧІ ДЛЯ БІГАРМОНІЧНОГО РІВНЯННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНТЕГРАЛЬНОГО РІВНЯННЯ ФРЕДГОЛЬМА

Нікітченко М.І., semensemenich731@gmail.com,

Волошко В. Л., VVL56@i.ua,

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Випадки формулювання природничих задач за допомогою інтегральних рівнянь зустрічалися вже у першій половині XIX ст. Першими прикладами були інтегральні перетворення Фур'є та рівняння Абеля, які привернули до себе увагу дослідників, серед яких найбільш відомі Вольтерр, Фредгольм, Гільберт, Шмідт. В їх роботах яких були розглянуті основи теорії інтегральних рівнянь, які далі використовуються для математичної постановки та розв'язування широкого класу задач природознавства. Серед таких задач слід відзначити вивчення дифузії та явища переносу, закони пружності та теплопровідності, аналіз динаміки машин і механізмів, оптимальний синтез електричних ланцюгів. Особлива роль належить інтегральним рівнянням у дослідженні і розв'язуванні граничних задач рівнянь математичної фізики.

Розглянемо приклад одного з рівнянь еліптичного типу. Необхідно знайти функцію  $w = w(x, y)$ , неперервну в області  $\Omega$ , обмежену замкненим контуром  $\Gamma$ , в якій ця функція має неперервні частинні похідні до четвертого порядку включно і задовольняє рівнянню та крайовим умовам

$$\Delta\Delta w \equiv \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = 0 \quad (1)$$

$$w(x, y)|_{\Gamma} = \varphi(x, y), \quad \left. \frac{\partial w(x, y)}{\partial n} \right|_{\Gamma} = \psi(x, y), \quad (2)$$

де  $\varphi$  і  $\psi$  неперервні функції.

Зведення граничної задачі (1) – (2) до системи інтегральних рівнянь необхідно проводити з використанням властивостей бігармонічних потенціалів, дослідження яких дозволяє ефективно використати квадратурні формули, провести дискретизацію системи інтегральних рівнянь і звести їх до системи алгебраїчних [1]. При розв'язуванні останніх проводиться контроль обумовленості матриці. Слід відзначити значну перевагу такого інтегрального підходу при якому забезпечується врахування складності і неканонічності контуру, який обмежує область визначення шуканої функції. Саме висока точність квадратурної формули Симпсона у поєднанні з простотою у застосуванні дозволяє ефективно враховувати «складність контуру».

При цьому актуальними залишаються забезпечення точності отриманих результатів та побудови модельної функції. В [2] наведено обґрунтування існування та єдиності розв'язку граничної задачі для бігармонічного рівняння, поданий спосіб представлення бігармонічних функцій через гармонічні, а також наведена формула обчислення точного розв'язку задачі у випадку, коли область має форму круга [2]. Отриманий таким способом результат можна розглядати як модельний і порівняти з наближеними.

Збіжність результатів розв'язування граничної задачі, отриманих точним та наближеним методами з точністю понад 99%, свідчить про ефективність застосування інтегральних рівнянь у цих задачах.

#### **Бібліографічні посилання**

1. Волошко В.Л. Щодо розв'язування крайової задачі теорії пластин для областей складної форми / В.Л. Волошко, М.П. Петулько // «Питання прикладної математики і математичного моделювання». Збірник наукових праць. Вип.19 – Дніпро: Ліра, 2019р. – С.41–50.
2. Тихонов А.М., Самарський А.А. «Рівняння математичної фізики». – М.: Головна редакція фізико-математичної літератури видавництва «Наука», 1966р. – 735с.

**СИСТЕМНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕРЕЖІ  
МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ З РОМБОВИДНИМ КОНТУРОМ**

**Новік К.О., pulherio.alexandrov@gmail.com, Наконечна Т.В.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Теорія масового обслуговування (ТМО) – розділ теорії ймовірностей, метою досліджень якого є раціональний вибір структури системи та процесу обслуговування на основі вивчення потоків вимог на обслуговування, що надходять до системи та виходять із неї, тривалості очікування та довжини черг. В ТМО досліджуються такі системи, у яких у випадкові моменти часу на обслуговування надходять вимоги (ззовні чи зсередини системи). Вони мають бути обслужені системою на деякому приладі, причому тривалість обслуговування у загальному випадку є випадковою. Природа вимог та їх обслуговування залежить від конкретного виду системи. Якщо під вимогами розуміти, наприклад, відмови елементів системи і під обслуговуванням їх заміну чи ремонт, тоді численні задачі теорії надійності можна вирішувати методами теорії масового обслуговування.

Авторами було досліджено стаціонарний розподіл мережі з ромбовидним контуром для марковського та немарковського процесів, а також для мережі з негативними заявками.

Було встановлено, що за будь-якого розподілу часу обслуговування заявки з фіксованим математичним сподіванням стаціонарні розподіли марківського процесу та немарковського збігаються (стаціонарний розподіл при дисципліні обслуговування LCFS PR інваріантний по відношенню до розподілу часу обслуговування з фіксованим математичним сподіванням).

**Бібліографічні посилання**

1. Литвинов А.Л. Теорія систем масового обслуговування : навч. посібник. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 141 с.

## ВИКОРИСТАННЯ WEBRTC ТА ПРОТОКОЛУ WEBSOCKET ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕДАЧІ ПОТОКОВИХ ДАНИХ

Одійко А.О., [odiykoartem@gmail.com](mailto:odiykoartem@gmail.com)

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))

Сучасні інформаційні та мережеві технології активно використовуються в усіх сферах людської діяльності. Можливість швидкої і зручної комунікації дуже важливі в поточний час для великої кількості людей і компаній.

WebSocket може бути дуже корисним для підвищення швидкості роботи сайту. Завдяки легкості цього протоколу, він дозволяє швидко отримувати і відправляти данні у таких випадках як: чати, соціальні мережі, IoT і трейдерські програми [1].

Це протокол комп'ютерного зв'язку, що забезпечує повнодуплексні канали зв'язку через одне TCP-з'єднання. Надає можливість взаємодії між веб-браузером та веб-сервером із меншими витратами, ніж у напівдуплексних альтернативах, таких як опитування HTTP, полегшуючи передачу даних у реальному часі з сервера та на сервер.

WebSocket вирішує кілька проблем з HTTP:

- Двонаправлений протокол — будь-який клієнт/сервер може надіслати повідомлення іншій стороні.
- Повнодуплексний зв'язок - клієнт і сервер можуть спілкуватися один з одним незалежно один від одного в один і той же час.
- Одиночне TCP-з'єднання — після оновлення HTTP-з'єднання на початку клієнт і сервер взаємодіють через те саме TCP-з'єднання.

WebRTC — це технологія, яка дає змогу веб-додаткам і сайтам захоплювати та за бажанням передавати аудіо та/або відео медіа, а також обмінюватися довільними даними між браузерами без потреби посередника. Набір стандартів, що включають WebRTC, дає змогу

обмінюватися даними та проводити однорангові телеконференції, не вимагаючи від користувача встановлення плагінів або будь-якого іншого стороннього програмного забезпечення [2].

До переваг цієї технології можна додати:

- Непотрібність встановлення програмного забезпечення;
- Сучасні відео та аудіо кодеки, автоматичне регулювання якості;
- Усі з'єднання захищені та зашифровані;
- Проект з відкритим кодом, який можна вбудувати у ваш продукт;
- Додаток WebRTC однаково добре працює з будь-якою системою.

До недоліків відноситься:

- Рішення WebRTC несумісні один з одним, оскільки стандарт описує лише методи передачі відео- та аудіо даних;
- WebRTC виявляє справжні IP-адреси;
- WebRTC не підтримує керування віддаленим робочим столом.

В підсумку ці технології допомагають зменшити навантаження на сервери і клієнтські машини, дозволяють збільшити обсяг оброблених і переданих даних з подальшим їх контролем.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. RFC 6455 - The WebSocket Protocol [Електронний ресурс]. - <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc6455>
2. WebRTC [Електронний ресурс]. – <https://webrtc.org/>

## ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ЗАВАНТАЖЕННЯ СЕРВЕРУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЧАСОВИХ РЯДІВ ДАНИХ

**Олійник Д.І.**, [darya.olejnik@gmail.com](mailto:darya.olejnik@gmail.com), **Зайцева Т.А.**, [ztan2004@ukr.net](mailto:ztan2004@ukr.net)  
**Сірик С.Ф.**, [siryk600@gmail.com](mailto:siryk600@gmail.com), **Фридман О.Д.**, [afridman@i.ua](mailto:afridman@i.ua)  
*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Однією з задач оцінки роботи програмного продукту є дослідження та прогнозування завантаження процесору та оперативної пам'яті цим додатком, щоб не допустити становища, коли додаток стане недоступним для користувачів. З даною проблемою може зіштовхуватися кожний розробник, який після етапу створення програмного продукту, не проводячи необхідних кроків щодо тестування і різних оцінок додатку, одразу надасть доступ реальним користувачам до його застосування.

Для вирішення даної проблеми було розроблено Java-додаток та розгорнуто на двох серверах. Програмна розробка отримує інформацію з брокеру повідомлень (додаток, що перетворює повідомлення за одним протоколом від додатка-джерела в повідомлення протоколу додатка-приймача) та записує інформацію у реляційну базу даних. Додаток зберігає багато інформації, тому було проведено кластеризацію даних. Створено каталог, що містить інформацію про те, які дані зберігаються на кожному з шардів (реляційних базах даних). Після розробки додатку було налаштовано його моніторинг (відстеження даних про сервер та додаток), де зокрема показниками оцінки його роботи було обрано: кількість повідомлень, які потрапляють у чергу (елемент брокеру повідомлень, що зберігає інформацію на основі способу організації FIFO) до додатку; кількість оброблених успішно та не оброблених; інтенсивність завантаження оперативної пам'яті, процесору та JVM; кількість, час створення з'єднань з базою даних та тривалість використання їх.

Для дослідження завантаження серверу було обрано наступні допоміжні інструменти: Prometheus (система моніторингу, що записує метрики в реальному часі у базу часових рядів – TSDB) і Grafana (система

візуалізації даних, отриманих з TSDB). Розроблений Java-додаток кожні 15 секунд сканує всю систему, створює сторінку для Prometheus, де висвітлює дані щодо завантаженості серверу. В свою чергу Prometheus кожні 15 секунд робить GET запит щоб отримати ці дані зі сторінки та завантажує їх у базу даних часових рядів (TSDB). Отже TSDB зберігає у собі назву часового ряду (надалі – метрика) і момент часу, коли він його отримав. Для того, щоб інформація щодо серверу була зображена зрозуміло для людського ока було використано Grafana, яка дозволяє зобразити всі метрики у зручних графіках та таблицях. Для цього було застосовано назви метрик та прості арифметичні операції.

На основі цих даних було зроблено дослідження. У час пікового навантаження додатку, коли обсяг використання оперативної пам'яті досягав майже 85%, зростав час створення з'єднання з базою даних, через це повідомлення, які потрапляли у додаток, оброблялися з помилкою та потрапляли у Lazy чергу, в якій вони зберігаються до того часу, поки не будуть перевірені і видалені власноруч. Було зрозуміло, що час створення з'єднань з базою даних вплинув на якість обробки повідомлень.

Виходячи з цього було вирішено, що в часи пікового завантаження програмного продукту, необхідно збільшувати кількість реплік (копій) додатку для користувачів, що допомогло розподілити навантаження між серверами, зменшило час створення з'єднання з базою даних. Після цього, повідомлення, які надходили до програмної розробки, були оброблені успішно. Дану візуалізацію і аналіз може бути застосовано до будь-якого подібного Java-додатку.



## РЕКУРЕНТНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ

Омельян А.В., [nastia.shulik@gmail.com](mailto:nastia.shulik@gmail.com)

Зайцев В.Г., [vadymzaytsev65@gmail.com](mailto:vadymzaytsev65@gmail.com)

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Електроенцефалограма (ЕЕГ) – метод реєстрації біопотенціалів головного мозку через непошкоджені покриви голови, що дозволяє судити про його фізіологічну зрілість, функціональний стан, наявність вогнищевих поразок, загально мозкові розлади та їх характер. ЕЕГ є єдиним об'єктивним та інформативним способом дослідження функціонального стану периферичної нервової системи, патологія якої у структурі неврологічних захворювань займає провідне місце.

Найбільш інформативною є реєстрація ЕЕГ хворих з епілептичними випадками. В першу чергу ЕЕГ допомагає відрізнити епілептичні напад від неепілептичних і класифікувати їх.

Аналіз результатів вимірювання параметрів це задача, яку вирішують лікарі для діагностики проведеної реєстрації ЕЕГ. Лікарі часто користуються візуальним аналізом, але він має суттєві недоліки, такі як суб'єктивність, низьку точність та тривалість у часі.

У роботі розглянуто задачу з напрямку пошуку підходу до класифікації сигналів ЕЕГ людини з використанням нелінійних методів.

Для оцінки та отримання інформації у роботі проводиться візуальний аналіз реальних даних у вигляді часових рядів ЕЕГ наданих пацієнтів. У програмному комплексі `srptools` програмного середовища Matlab для аналізу даних використовувався нелінійний рекурентний аналіз RP за допомогою якого автоматизується аналіз ЕЕГ.

Головна проблема, яка виникає при обробці інформації яка була надана, полягає у виявленні схованої інформації, використовуючи методи

нелінійного рекурентного аналізу для кожного часового ряду ЕЕГ у точках з'єму сигналів O1, O2, Pz, які розташовані на задній частині голови.

По-перше, для отриманих значень параметра затримки та параметру розмірності вкладення потрібно побудувати рекурентні діаграми (RD), використовуючи значення параметру  $\varepsilon = 0.1 - 0.25$ . По-друге, для визначених значень параметра затримки та параметру розмірності вкладення обрахувати чисельні значення параметрів рекурентної діаграми та занести їх до таблиці відповідно для кожного сигналу та усіх пацієнтів.

У роботі проводиться аналіз отриманої чисельної інформації з точки зору їх інтерпретації та класифікації для пацієнтів, що мають діагноз епілепсія.

#### **Список використаних джерел**

1. Меклер А.А. Применение аппарата нелинейного анализа для обработки сигналов ЭЭГ, п/ред. проф. Калашникова Е.В., изд. ЛГУ им. А.С. Пушкина, С.-Пб., 2004 г. Т. 13 (вып. 2), стр. 112 – 140.
2. Torse Dattaprasad, Veena Desai, Rajashri Khanai. Classification of Epileptic Seizures using Recurrence Plots and Machine Learning Techniques. <https://www.researchgate.net/publication/332675878>
3. Исследование электрической активности головного мозга / Н.В.Звёздочкина. – Казань: Казан. ун-т, 2014. – 59 с.

**ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ПРИ  
МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСУ КОНТРОЛЮ ДІЙ  
РОЗРОБНИКА ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ**

**Онищенко Д.Р.В.**, onidanil@gmail.com,

**Черницька О.В.**, chernitskaya.olga@ukr.net

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Розглядається задача розробки та реалізації моделі процесу контролю дій розробника програмного продукту на стадії виявлення вимог. На цій стадії задача розробника полягає у документуванні вимог до програмного забезпечення за допомогою практики бізнес аналізу, використовуючи категорії з enterprise architecture framework, який адаптовано для роботи бізнес-аналітиків. Кожна практика записується у окремий документа та має коефіцієнт відносної важливості до інших в залежності від типу продукту. Правильна послідовність виявлення та опис поняттями зрозумілими клієнту є ключем для створення бажаного клієнтом продукту. В свою ж чергу клієнт може мати бажання контролювати даний процес, та запросити усі документи які були зроблені за певний час стадії виявлення вимог. Також він може дізнатися їх статус виконаності. Продивившись документи, клієнт дає свій відгук зрозумілості документа щодо кожного. Задача моделі - допомагати клієнту дізнаватись статус етапу виявлення вимог, а також надання рекомендацій або вказання на ризики, задля самостійного контролю та вирішення можливих проблем заздалегідь, які можуть виникнути з допущених помилок на стадії вияву вимог розробником.

На етапі розробки моделі описані вхідні і вихідні лінгвістичні змінні, сформовано базу правил системи нечіткого виведення. Цими правилами охоплені наступні процеси:

1. Встановлення якості і ефективності документів, для розуміння, як сильно буде кожен документ окремо впливати на результат.

2. Встановлення ефективності категорій документів, для з'ясування розуміння збереження структури виявлення вимог до продукту.
3. Знаходження лінгвістичного значення для кожної категорії документів, яке дає змогу передати контролюючому відповідь у звичній йому формі.
4. Формулювання нечітких продукцій для виводу рекомендацій та ризиків.

Отримана модель процесу контролю дій розробника програмного продукту, яка може показувати існуючі ризики, надавати рекомендації і інформувати про статус етапу виявлення вимог, що може допомогти зберегти гроші проектного бюджету та отримати бажаний продукт. Скорочує ризики провалу нових стратапаїв. Для розвитку, модель контролю, потребує додаткову модель розвитку, яка зможе приймати дані з досліджень та вчити вже розроблену модель давати точніші відповіді. Дослідження у сфері вияву вимог програмного забезпечення, а саме виявлення зв'язків між коефіцієнтом важливості практики вияву вимог та типом продукту, і статистика значення відповіді замовника розуміння документованих вимог, для більш ретельного підбору параметрів налагодження коректної роботи системи. Це допоможе робити більш точні висновки, та не помилятися у специфічних видах програмного продукту.

1. International Institute of Business Analysis. Business Analysis Body of Knowledge® - Version 3.0. International Institute of Business Analysis: Toronto, Ontario, Canada. 2015. 502p.
2. Кравець П., Киркало Р. Системи прийняття рішень з нечіткою логікою. Національний університет "Львівська політехніка", кафедра інформаційних систем та мереж. 2009. URL: [http://vlp.com.ua/files/special/17\\_0.pdf](http://vlp.com.ua/files/special/17_0.pdf)

**PACKING OBLIQUE 3D OBJECTS IN  
A MINIMUM-VOLUME CUBOID**

**Pankratov A.**, pankratov2001@yahoo.com,

**Romanova T.**, tarom27@yahoo.com,

**Dubinsky V.**, volodymyr.dubinskyi@gmail.com,

**Maximov S.**, maksimovsergey08@gmail.com

*Institute for Mechanical Engineering Problems  
of the National Academy of Sciences of Ukraine*

Packing problems aim to allocate a set of objects in a container subject to placement constraints. The latter typically stipulates non-overlapping between the objects and the boundary of the container. Additional placement constraints may include weight distribution and stacking, cargo stability, balance constraints, loading and unloading preferences, etc. In optimized packing certain criteria have to be optimized, e.g., maximizing the number of the packed objects, minimizing the waste or optimizing characteristics of the container, its volume or shape [1]. Packing problems are proved to be NP-hard [2].

In this research, packing irregular 3D objects in a cuboid of minimum volume is considered. Continuous translations and rotations for all objects are allowed. Each complex object is composed by a number of convex shapes including a family of oblique circular cylinders, cones and truncated cones. Studying composed objects requires new modelling tools, different from those used previously for simpler objects (see, e.g., [3] and the references therein). In this paper, the phi-function technique [4] is applied to represent analytically containment and non-overlapping conditions. Using the concept of quasi-phi-functions [5], an exact mathematical model is formulated and a corresponding nonlinear programming problem is stated.

The model represents all globally optimal solutions to the original irregular packing problem. It can be solved by any available global solver, e.g.,

BARON or LGO included in AMPL. However, due to large number of variables and constraints, a direct solution to this problem may be time consuming and complicated. A solution approach is proposed to search for a local minimum of the problem, using decomposition procedure [5]. This algorithm can be used either as a reasonable approximation to the original global solution, or as a starting point for a global solver or heuristics.

Computational results are presented to illustrate the approach.

[1] Leao, A.A.; Toledo, F.M.; Oliveira, J.F.; Carravilla, M.A.; Alvarez-Valdés, R. Irregular packing problems: A review of mathematical models. *Eur. J. Oper. Res.* 2020, 282, 803–822

[2] Chazelle B, Edelsbrunner H and Guibas L (1989) The complexity of cutting complexes. *Discrete Comput. Geom.* 4(2):139–181

[3] Pintér, J.D.; Kampas, F.J.; Castillo, I. Globally optimized packings of non-uniform size spheres in  $R^d$ : Acomputational study. *Optim. Lett.* 2017, 12, 585– 613

[4] Chernov, N.; Stoyan, Y.; Romanova, T. Mathematical model and efficient algorithms for object packing problem. *Comput. Geom.* 2010, 43, 535–553

[5] Romanova, T.; Stoyan, Y.G.; Pankratov A.V., Litvinchev, I.; Marmolejo Saucedo, J.A. Decomposition Algorithm for Irregular Placement Problems. In *Advances in Intelligent Systems and Computing*; Springer Nature Switzerland AG, 2019; 214–221.

## MINIMUM-AREA CONVEX HULL FOR NON-OVERLAPPING CONVEX POLYGONS

**Pankratov<sup>1</sup> A., Romanova<sup>1</sup> T., Melashenko<sup>1</sup> O., Infante<sup>2</sup> Luis**

<sup>1</sup>*Department of Mathematical Modeling and Optimal Design, Institute for Mechanical Engineering Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine; [tarom27@yahoo.com](mailto:tarom27@yahoo.com)*

<sup>2</sup>*Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Graduate Program in Systems Engineering, Nuevo Leon State University (UANL), Monterrey, Mexico; [igorlitvinchev@gmail.com](mailto:igorlitvinchev@gmail.com)*

Finding a convex hull for a given number of polygons fixed to position and orientation is a classical problem in computational geometry and has important applications in packing and cutting, manufacturing, operations research, mechanics, chemistry. In most applications analyses of several polygons are substituted by studying a single geometric object (convex hull). The problem becomes more complicated when the polygons are freely translated and rotated without mutual overlapping of their interiors. Correspondingly, the problem to find a minimum convex hull arises [1].

Polynomial solution techniques for minimum-perimeter convex hulls are known for a few (two or three) polygons [2, 3]. In [4] the minimal surface convex hull problem for circles was studied numerically and analytically. In this research the problem of packing freely translated and rotated convex polygons in a minimum-area convex polygonal container with variable number of vertices is considered. The maximal number of vertices of the container is given, however the shape of the container is not specified and is defined to minimize the area. More specifically, the problem is as follows: find a minimum-area convex polygon with at most  $m$  vertices containing all given convex polygons without overlapping.

Analytical tools to state placement conditions for variable polygonal shape domain are presented. Two models as nonlinear optimization problems are formulated. The first model uses phi-functions for describing non-overlapping conditions while the second model employs quasi-phi-functions [5].

A number of problem instances are solved to optimality by the global optimizer BARON [6] and can be used as the benchmark problems for further research. Numerical experiments for medium-sized instances local optima have been calculated by freely available solver IPOPT [7] in a reasonable computation time.

[1] Alt H., de Berg M., Knauer C. (2015) Approximating Minimum-Area Rectangular and Convex Containers for Packing Convex Polygons. In: Bansal N., Finocchi I. (eds) Algorithms - ESA 2015. Lecture Notes in Computer Science, vol 9294. Springer, Berlin, Heidelberg

[2] Park D., Bae S.W., Alt H., Ahn H.K., Bundling three convex polygons to minimize area or perimeter, Computational Geometry, 2016, 51, 1-14,

[3] Bennell J., Scheithauer G., Stoyan Y., Romanova T., Pankratov A., Optimal clustering of a pair of irregular objects, Journal of Global Optimization 61 (3), 497-524.

[4] Kallrath, J., Frey, M.M.: Packing Circles into Perimeter-Minimizing Convex Hulls. Journal of Global Optimization 73(4), 723–759 (2019).

[5] Stoyan, Yu., Pankratov, A., Romanova, T., Quasi-phi-functions and optimal packing of ellipses, Journal of Global Optimization, 2016, 65(2), 283–307.

[6] Sahinidis N.V. BARON 19.12.7: global optimization of mixed-integer nonlinear programs, User's manual, 2019.

[7] Wächter, A., Biegler, L.T. On the implementation of an interior-point filter line-search algorithm for large-scale nonlinear programming, Mathematical Programming, 2006, 106, 1, 25–57.



## ОЦІНКА ДОСТОВІРНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ З ДАТЧИКІВ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПІДВІСКОЮ

**Панкратова Н.Д., Панкратов Є.В.**

natalidmp@gmail.com, pankratov.science@gmail.com

*КПІ ім.Ігоря Сікорського, Київ, Україна*

Система автоматизованого керування підвіскою двоколісного транспортного засобу (САКП) – це складна кіберфізична, комплексна система з обчислювальними та фізичними компонентами [1]. Удосконалення систем керування підвіскою двоколісного транспортного засобу (ДТЗ) дозволить підвищити плавність ходу та експлуатаційні показники ДТЗ, такі як надійність, довговічність, прохідність. Підвіска ДТЗ виконує одночасно кілька важливих функцій, від її конструкції та робочих характеристик залежать керуваність, стійкість, плавність ходу та інші властивості ДТЗ, що визначають його безпеку, комфортність, надійність та економічність. Інтеграція підвіски та електронних систем керування дозволяє вирішувати завдання підвищення якості процесів керування, адаптивного налаштування та підтримки параметрів або структури системи ДТЗ при його функціонуванні [2].

Головною задачею САКП є своєчасна в режимі реального часу обробка та аналіз інформації, отриманої з датчиків та сенсорів, що розташовані в ключових точках транспортного засобу. На основі отриманих даних, відбувається супроводження функціонування та керування фізичною системою, що забезпечує оптимальну реакцію підвіски, дозволяючи переміщуватись по складному рельєфу з максимальним комфортом та швидкістю.

У даній роботі достовірність роботи датчиків реалізується із залученням критерія Шовене. На підставі даного критерію на тестовій вибірці, а також на кожному подальшому кроці при отриманні нового елемента з множини вхідних показників, для кожної координати окремо розраховуються з багатьох попередніх значень цих показників оцінки

математичного очікування і дисперсії. Потім ці оцінки підставляються у зворотну функцію розподілу Гаусової випадкової величини і для кожної координати визначається ймовірність. Потім виконується множення на розмір вибірки, розглянутої до поточного моменту, і якщо отримана величина більше 0.5 хоча б по одній координаті показників, за якими контролюється датчик, то датчик вважається несправним.

Процедура виявлення позаштатної (або аварійної) ситуації побудована на використанні порогових значень  $y\_neshtat_j$  ( $y\_avar_j$ ) для поточного  $j$ -го датчика (причому використовується не тільки поточні значення, а й прогнозовані). Нештатна ситуація настає у разі, якщо  $\exists j (y_j < (>)y\_neshtat_j)$ , залежно від того, мінімальне або максимальне граничне значення позаштатної ситуації. Аварійна ситуація настає у разі, якщо  $\exists j (y_j < (>)y\_avar_j)$  залежно від того, мінімальне або максимальне граничне значення аварійної ситуації. При переході одного з датчиків через граничний стан, показник «якості» ситуації підвищується до певного значення (індикатора «штатна», «нештатна», «аварійна»). Паралельно створюється «пояснення», а саме опис причини виникнення відповідної ситуації, а також обчислюється значення фактора ризику за формулою:

$$q_j = \frac{|y_j - y\_neshtat_j|}{|y\_neshtat_j - y\_avar_j|},$$

де  $y_j$  – поточне значення датчика,  $y\_neshtat_j$  – граничне значення настання нештатної ситуації,  $y\_avar_j$  – граничне значення настання аварійної ситуації

#### Перелік посилань

1. Pankratova, N.D. Creation of Physical Models for Cyber-Physical Systems. Lecture Notes in Networks and Systems, 2020. P.68-77. DOI: 10.1007/978-3-030-34983-7.
2. О. Я. Никонов, В. И. Фастовец, В. Н. Шуляков, Исследование эффективности функционирования системы управления адаптивной подвески автомобиля // Вісник НТУ «ХП». 2015. № 9 (1118). С.33-37.

## НЕЧІТКО-ПРОДУКЦІЙНА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ ЗАВДАНЬ

Петух П.В., petukh@dlit.dp.ua

Козакова Н.Л., kozakova.natali@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Для керівників організацій та підприємств актуальною є задача розподілу завдань, що дозволяє підвищити оперативність отримання інформації, необхідної для прийняття управлінських рішень, а також здійснювати оперативний контроль виконавчої дисципліни.

Розглянуто задачу оптимального розподілу завдань з метою підтримки прийняття рішень щодо раціонального вибору виконавця доручення для кожного з  $N$  завдань. Побудована нечітко-продукційна модель на основі методів максимінної та адитивної згортки.

При аналізі було встановлено, що отримана нечітко-продукційна модель розподілу завдань є адаптивною і має динамічний змінний параметр, залежно від якого розраховуються достовірності нечітких правил, що визначають корисність вибору виконавців завдань. Запропонований алгоритм нечіткого логічного виводу формує конфліктну множину правил зі всієї сукупності вихідних нечітко-продукційних правил. З конфліктної множини вибирали одне вирішальне правило з максимальною комплексною оцінкою достовірності прийнятого рішення.

Аналіз методів максимінної та адитивної згорток показав, що розрахунок значень коефіцієнтів важливості аналізованих критеріїв, а також знаходження перетину зважених критеріальних оцінок, дозволяє для кожного конкретного завдання обирати найкращого виконавця.

## РОЗРОБКА ОНЛАЙН ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Полонська А.Є., polindroma81@gmail.com,

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Останні декілька років досить актуальним стало проведення навчання у дистанційній формі. За цей час галузь програмного забезпечення цього процесу активно розвинулась від сервісів гугл до цілих окремих веб-платформ, у яких зібрано певний функціонал інструментів для проведення дистанційного навчання. Як правило, такий функціонал – універсальний набір певних інструментів для усіх галузей навчання і немає можливості змінити налаштування під певні вимоги. Звідси існує певна проблематика, яка пов'язана з методикою та специфікою викладання матеріалу. І полягає вона в тому, що викладання гуманітарних та технічних дисциплін досить суттєво різняться. Так, наприклад, серед останніх багато матеріалу надається у вигляді формул з використанням спеціальної символіки.

Розглянемо це на проблемі моніторингу знань, що були отримані під час проходження курсу. Можна, звісно, намагатися вирішити дану проблему існуючими методами. Наприклад, проводити усні опитування. Але використання такого підходу буде вимагати від викладача досить багато часу і вимагатиме присутності обох опонентів у бесіді. Можна використати інший варіант – тести. Такий підхід подає учню декілька варіантів відповідей з яких слід обрати правильну та робить не обов'язковим присутність викладача та учня на тесті одночасно. Але наявність вже готових відповідей надає учню можливість вгадувати відповіді з певною вірогідністю. Це можна було б усунути, якщо надати можливість учню формувати відкриту відповідь. Для гуманітарних наук відкриті відповіді – це текстова інформація, яку доволі нескладно перевіряти автоматично. Для природничих наук відповіді на задачі – це набір спеціальних символів або формул, який у існуючих веб-платформах немає можливості ввести правильно і, більше того, задати автоматичну перевірку.

Отже, виникає потреба у розробці онлайн платформ, які націлені на організацію дистанційного навчання для певної галузі з можливістю змін та налаштування функціоналу з урахуванням специфіки та підходів до викладання матеріалу.

### Список використаних джерел

Дистанційні платформи для навчання, саморозвитку та отримання допомоги й перевіреної інформації [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/news/distancijni-platформи-dlya-navchannya-samorozvitku-ta-otrimannya-dopomogi-j-perevirenoyi-informaciyi>.

## РОЗРОБКА СИНТАКСИЧНОГО АНАЛІЗАТОРА ДОКУМЕНТІВ ІЗ РОЗКЛАДОМ ЗАНЯТЬ

Полтава А.М., Магас О.С.

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Організація роботи факультету без перебоїв пов'язана із систематизацією елементів розкладу занять. У зв'язку з цим розглядається задача розробки програмного забезпечення по усуненню труднощів по роботі із документами, що містять такі розклади.

Програма повинна мати простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, бути зручною у використанні. Відповідно до цього пропонується розробити два модулі. Перший має зчитувати інформацію з обраного користувачем файлу формату Microsoft Excel, систематизувати її та записувати в базу даних. Другий модуль має зчитувати систематизовану інформацію з бази даних та створювати файли гіпертекстової розмітки HTML для наглядної та зручної візуалізації. Для цього необхідно спроектувати архітектуру бази даних, вибрати технології розробки програмного забезпечення, розробити формальні граматики для аналізу документів [1], на основі розроблених граматик створити синтаксичний аналізатор, що має на меті перетворити текстові дані документа на інформацію, що буде збережена у базі даних. Також необхідно застосувати цю програму до документів із актуальним.

Модуль із синтаксичним аналізатором як програма під назвою ExtractExcel реалізований мовою програмування C# із використанням бібліотек Microsoft.Office.Interop.Excel [2], Microsoft.Data.Sqlite. Ця програма із використанням написаних класів Program, Connector, DB, Parser та UnderRecord зчитує та аналізує файл користувача, створює новий тип даних та зберігає його до бази даних. Для синтаксичного аналізатора була побудована граMATика 2 типу за ієрархією Холмського, яка є контекстно-вільною, лінійною, породжуючою та контекстною, оскільки не містить  $\epsilon$ -правил.

Основний алгоритм цього модуля опрацьовує всі комірки файлу формату Microsoft Excel: отримує адресу та текст комірки, номер заняття та значення «чисельник/знаменник». Якщо текст комірки містить одну з попередньо заданих послідовностей термінальних символів, то записує дані до створеного типу. У іншому випадку використовуються функції аналізу тексту для наступного запису цього типу.

В якості бази даних використовується рушій SQLite, оскільки він може працювати у будь-якому середовищі, а дані зберігається в єдиному файлі. Для збереження даних створені наступні таблиці:

- Таблиця Class містить id, назву заняття та тип заняття.
- Таблиця Groups містить id та назву групи.
- Таблиця Groups містить id та назву групи.
- Таблиця Plan містить id, id класу, номер аудиторії, id підгрупи, номер заняття, id викладача, день тижня та значення чисельник/знаменник.
- Таблиця Professors містить id та прізвище з ініціалами викладача.
- Таблиця Groups містить id, назву підгрупи та id групи.

Модуль візуалізації реалізований як програма WebWoke із розробленими класами Program, DB, FileCreator та UnderRecord. Цей модуль зчитує базу даних та створює відповідну сторінку розмітки HTML.

Результати роботи розробленої програми продемонстровано для систематизації та наглядної візуалізації розкладів факультету прикладної математики за 2020-2022 роки навчання.

#### Бібліографічні посилання

1. **Волошин В.Г.** Комп'ютерна лінгвістика: Навчальний посібник. – Суми: Університетська книга, 2004. – 382 с.
2. Workbook Interface. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/api/microsoft.office.interop.excel.workbook>

## ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ГОСТРОТИ ЗОРУ

**Приходько М.О.**, [maxymprikhodko@gmail.com](mailto:maxymprikhodko@gmail.com),

**Мацуга О.М.**, [olga.matsuga@gmail.com](mailto:olga.matsuga@gmail.com)

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

У роботі розглядається задача побудови моделі регресії для прогнозування максимально корегованої гостроти зору на реальному медичному наборі даних. Набір даних містить результати обстеження 91 пацієнта з проблемами зору. Кожен пацієнт описується 120 показниками. Враховуючи, що кількість показників досить велика порівняно з кількістю пацієнтів, розв'язання задачі вимагає застосування алгоритмів відбору інформативних показників поряд з алгоритмами регресійного аналізу [1,2].

Для розв'язання задачі у роботі було розроблено вебдодаток, в якому реалізовано побудову моделі лінійної багатовимірної регресії, покроковий відбір показників для даної моделі, а також попередню обробку даних. Усі етапи обробки даних та побудови моделі візуалізуються у вигляді таблиць та графіків. Сам вебдодаток складається з HTML-сторінок з CSS, для створення яких використано мову Javascript та бібліотеку JQuery. Серверну частину вебдодатку було написано на мові Python з використанням Flask для побудови вебсервісу та багатопоточної обробки http-запитів.

У ході апробації розробленого програмного забезпечення та розв'язання прикладної задачі спочатку було проведено попередню обробку заданого набору даних. Вона включала в себе пошук помилок та пропусків у даних, пошук аномальних значень, перевірку розподілу кількісних показників на нормальність, дослідження кореляційних зв'язків та мультиколінеарності між кількісними показниками, бінаризацію якісних показників, вилучення неінформативних показників або тих, що дублюють інформацію інших. Після попередньої обробки було проведено побудову моделей лінійної багатовимірної регресії з усіма показниками та

показниками, які найсильніше корелюють з цільовим, а також було здійснено покроковий відбір показників для моделі регресії.

В результаті було побудовано 4 моделі лінійної багатовимірної регресії та порівняно їх якість. Для оцінювання якості моделей використано скорегований коефіцієнт детермінації, який дозволяє коректно порівнювати моделі з різною кількістю параметрів. Цей коефіцієнт розраховувався як на навчальній, так і на тестовій вибірках для виявлення перенавчання.

Першу модель регресії було побудовано на усіх наявних у наборі незалежних показниках. Вона з очевидних причин виявилася сильно перенавченою. Другу модель було побудовано на 5 незалежних показниках, які найсильніше корелювали з цільовим. Для неї скорегований коефіцієнт детермінації на навчальній та тестовій вибірках становив 88.34% та 78.16% відповідно. При цьому значущими в цій моделі виявилися лише 3 показники. На їх основі було побудовано третю модель, для якої скорегований коефіцієнт детермінації дорівнював 88.58% на навчальній та 78.82% на тестовій вибірках. Найефективнішою виявилася остання модель, побудована на показниках, отриманих шляхом покрокового відбору. До цієї моделі увійшли чотири показники. Скорегований коефіцієнт детермінації для неї становив 91.78% на навчальній та 84.06% на тестовій вибірках.

Таким чином, у роботі було розроблено вебдодаток для побудови моделі лінійної багатовимірної регресії і за його допомогою побудовано якісну модель регресії для прогнозування показника «Максимально корегована гострота зору».

#### Список використаної літератури

1. Бабак В.П., Білецький А.Я., Приставка О.П., Приставка П.О. Статистична обробка даних. К.: МІВВЦ, 2001. 388 с.
2. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ: 3-е изд. М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. 912 с.



## АНАЛІЗ ТОНАЛЬНОСТІ ТЕКСТУ

Пугач А.С., andrew.pugach21@gmail.com,

Козакова Н.Л., kozakova.natali@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Визначення тональності тексту є однією з найактуальніших задач у цифровій журналістиці. Велика кількість нових медіа використовують у своїх публікаціях слова та мовні конструкції, що сприяють підвищенню емоційності у читача та жодним чином не допомагають розширенню інформації для виявлення фактів. Такий прийом спотворює сприйняття інформації та є прямою маніпуляцією зі сторони ЗМІ або інших інформаційних ресурсів. З'являється необхідність використання обчислюваних інструментів для аналізу інформації.

Тональність тексту є одним із різновидів такого аналізу. Розглянута система визначення тональності твердження. Побудована модель, яка класифікує приналежність твердження до одного з двох класів: позитивних тональностей та негативних.

Задача аналізу тональності тверджень була вирішена за допомогою методу логістичної регресії. Було проведено кількісну оцінку тональності текстової інформації. Початкові дані моделі прогнозування були перетворені у числовий вектор за допомогою таких засобів обробки природної мови:

- токенизація рядка;
- приведення тексту до нижнього регістру;
- видалення не впливових конструкцій тексту та пунктуації;
- визначення спільнокореневих слів.

Створено програмне забезпечення, що реалізує розроблений алгоритм для розв'язання поставленої задачі.

## **ЗАСІБ РОЗПОДІЛЕНОГО ВИЯВЛЕННЯ ЗЛОВМИСНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ЕМУЛЮВАННЯ**

**Регіда П. Г.**

*Хмельницький національний університет*

Широке розповсюдження та використання інформаційних технологій спричинило широке застосування комп'ютерної техніки у багатьох сферах. Водночас, із метою отримати доступ до персональної або цінної інформації, зловмисники почали застосовувати віруси. За статистикою AVTEST, фіксується щорічне зростання кількості нового зловмисного програмного забезпечення (ЗПЗ), та темпу їх появи. Тому, пошук та запровадження нових методів та засобів виявлення ЗПЗ є актуальною задачею.

Розробники ЗПЗ щоразу вдосконалюють методи їх розробки, і намагаються приховати їх діяльність в середовищах де вони виконуються. За історію розвитку ЗПЗ отримали велику кількість засобів захисту від виявлення, зокрема однією з ключових є техніка обфускації [1]. Методи виявлення ЗПЗ також еволюціонують, і однією із основних технік є використання технології емуляції. Емуляція виступає у ролі проміжного етапу, перед тим як дати можливість виконувати невідому програму у системі. Також уже досліджено важливість використання штучного інтелекту (ШІ) у питаннях класифікації ЗПЗ [2]. Як відповідь, ЗПЗ отримують нові антиемуляційні техніки, які направлені на аналіз та сканування середовища, де вони виконуються з метою приховати своє існування, до того моменту, коли файл буде допущено у реальну систему. Поки, нова програма не пройде перевірку, визначимо її як – потенційно зловмисне програмне забезпечення (ПЗПЗ). Проблема перевірки ПЗПЗ із описаними вище техніками, полягає у обчислювальній складності перевірки. Тому, визначимо наступне:

$$N = \{s_1 \dots s_i\}$$

де,  $N$  – компонент системи із емулятором,  $s_1 \dots s_i$  – кількість станів емулятора, які дозволять виявити ЗПЗ під час тестування.

Виходячи із поставлених тверджень, можемо сформувати модель для вирішення поставленої задачі. Враховуючи, те, що кількість вірусів зростає [3] та їх антиемуляційні техніки покращуються [4], потрібно забезпечити необхідний рівень обчислювальних ресурсів для проведення перевірки усіх станів для кожного нового ПЗПЗ, для виявлення серед них ЗПЗ.

Для вирішення поставленої задачі, пропонується використати розподілену систему. Така система повинна бути багаторанговою, що дозволить вирішити питання її масштабування. Визначимо головні її компоненти: сервер, набір проміжних серверів, обчислювальні компоненти із емулятором для виявлення ЗПЗ, база даних уже розпізнаних сигнатур із розподіленим доступом. У даній системі сервер отримує ПЗПЗ як нове завдання, та обирає групу компонентів для її аналізу. Кожна така група керується проміжним сервером, який визначає набір станів, що буде опрацьований кожним елементом групи. При виявленні ЗПЗ, проміжний сервер буде оновлювати базу даних сигнатур. Використання ШІ також є перспективною технологією для цієї задачі, зокрема уже частково використовується для обробки та аналізу команд емулятора.

#### Список літератури

1. You I, Yim K. Malware obfuscation techniques: A brief survey. In 2010 International conference on broadband, wireless computing, communication and applications 2010 Nov 4 (pp. 297-300). IEEE.
2. Li JH. Cyber security meets artificial intelligence: a survey. *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*. 2018 Dec;19(12):1462-74.
3. Vlachos V, Ilioudis C, Papanikolaou A. On the evolution of malware species. In *Global Security, Safety and Sustainability & e-Democracy 2011 Aug 24* (pp. 54-61). Springer, Berlin, Heidelberg.
4. Kang MG, Yin H, Hanna S, McCamant S, Song D. Emulating emulation-resistant malware. In *Proceedings of the 1st ACM workshop on Virtual machine security 2009 Nov 9* (pp. 11-22).

## САМООРГАНІЗОВАНА РОЗПОДІЛЕНА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ ЗЛОВМИСНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ

Савенко Б.О., savenko\_bohdan@ukr.net

*Хмельницький національний університет*

Актуальною є наукова задача з розробки нових типів засобів [1, 2] з імплементованими в них методами виявлення зловмисного програмного забезпечення (ЗПЗ), які б могли функціонувати в комп'ютерних мережах тривалий час і не потребували б постійних втручань адміністраторів та користувачів. Перспективним напрямом з розробки таких засобів є створення самоорганізованих систем. Такі системи могли б самостійно здійснювати виявлення ЗПЗ в різних вузлах комп'ютерної мережі. Різноманітні та різнофункційні засоби виявлення ЗПЗ в комп'ютерних мережах створюють зловмисникам проблеми щодо врахування їх при здійсненні зловмисних дій і для цього вони повинні знати їх особливості. Для уникнення отримання відомостей про засоби виявлення ЗПЗ в комп'ютерних мережах і системах важливо, щоб засоби мали такі можливості зміни своєї конфігурації динамічно і мали можливості переміщення та міграції центру керування або різних центрів. Враховуючи перспективність такої стратегії необхідним є розробка частково централізованих систем виявлення ЗПЗ в комп'ютерних мережах і системах та імплементация в них методів виявлення.

Метою роботи є покращення ефективності виявлення ЗПЗ в комп'ютерних мережах і системах при використанні самоорганізованих частково централізованих систем.

Частина компонент частково централізованих систем міститиме центр системи або його частини. Також, в певних компонентах центр може переміщуватись. Решта компонент системи не міститиме центр системи, але за потреби матиме таку можливість. Задамо модель архітектури

частково централізованої системи з використанням опису компонентів системи як її підмножин та предикатів для відображення успішного/неуспішного виконання функцій між компонентами системи за формулою:

$$\mathcal{M} = \langle S, P \rangle, \quad (2)$$

де  $S$  – проєктована частково централізована система;  $\mathcal{M}$  - модель архітектури частково централізованої системи  $S$ , в якій виділено підмножинами компоненти;  $P$  – множина предикатів для бінарного відображення результатів виконання функцій, які встановлюватимуть різні варіанти з'єднань між різного типу компонентами системи в залежності від можливостей свого виконання.

Визначення архітектури частково централізованої системи  $S$  її моделлю архітектури заданою формулою (2) відповідає вимогам щодо можливості динамічної зміни конфігурації, поділу центру прийняття рішень, розподілу компонентів за можливостями з наявності центру прийняття рішень в них і, тому, є основою для подальшого синтезу в ній властивостей адаптивності і самоорганізованості, реалізація яких буде здійснюватись безпосередньо в компонентах системи, в основному тих з них, в яких знаходитиметься центр прийняття рішень системи.

#### Перелік посилань

1. Лукова-Чуйко Н. В. Методологічні основи забезпечення функціональної стійкості розподілених інформаційних систем до кібернетичних загроз: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06, Київ, 2018, 40 с.
2. Lysenko S, Bobrovnikova K, Kharchenko V, Savenko O. IoT Multi-Vector Cyberattack Detection Based on Machine Learning Algorithms: Traffic Features Analysis, Experiments, and Efficiency. *Algorithms*. 2022; 15(7):239. <https://doi.org/10.3390/a1507023>

## НЕЧІТКА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ БІОХІМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В АКВАРІУМІ

Самодрига О.В., samodrigaalex@gmail.com,

Черницька О.В., chernitskaya.olga@ukr.net

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Розглядається задача побудови нечіткої системи управління біохімічними процесами в акваріумі типу «травник». Такий акваріум має достатньо велику ємність (від 70 літрів), там мешкають нехижі риби невеликих розмірів, які не риють ґрунт, акваріум засаджено водоростями та великою кількістю інших рослин. У такому акваріумі відбувається низка біохімічних процесів. Нечітка модель управління акваріумом має стабілізувати біохімічні процеси таким чином, щоби задовільнити потреби як риб, так і рослин.

На даному етапі введено вхідні та вихідні лінгвістичні змінні, сформовано базу правил системи нечіткого виведення. Цими правилами охоплені наступні процеси: контроль за освітленням та температурою води, підтримка достатнього рівня вуглекислого газу та кисню у воді, підтримка стабільного та нешкідливого азотного циклу, забезпечення виконання пропорції Редфілда (співвідношення фосфатів до нітратів), контроль за вмістом заліза та калію у воді.

Отримана система управління для річкового середовища. Морські та океанічні акваріуми потребують зовсім інших параметрів. В акваріумі можуть бути не тільки риби та рослини, а й інші мешканці водного світу, кожен з яких може потребувати додаткових умов існування. Така система, як акваріум, може бути дуже різноманітною. Модель може бути спрощено або навпаки ускладнено виходячи з потреб конкретного акваріума.

1. **Леоненков А. В.** Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. Петербург: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.

## ENTERPRISE SECURITY IN THE INFORMATIONAL ENVIRONMENT

**Samoylenko H.T., Selivanova A.V., Yurchenko Yu.Yu.**

anna\_zak@ukr.net, ann.selivanova1@gmail.com, yura253245@gmail.com

*State University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine*

A characteristic feature of the XXI century is the formation and development of the information society. In the information society that information and communication technologies are actively developing, conditions are created for the effective use of knowledge and solutions to the most important problems of economic management and democratization of public life. Characteristic features and features of the information society are: the formation of a single information and communication space of the country as part of the world information space; formation and further dominance in various fields of intellectual information technologies, telecommunications and computer technology; creation and development of the market of information and knowledge as factors of timely adoption of expedient investment decisions; qualitative improvement of the level of education and modification of its role in the world information society, the creation of an effective system for ensuring the rights of citizens and social institutions to freely receive, disseminate and use information. Data protection models are one of the main elements of security. They are key components of the overall modeling process, which can be divided into two components: model construction and model implementation. The main goal of this research is to develop a conceptual model of the security of a conditional enterprise in an information environment.

Thus, in the information society, the country's economy undergoes changes and is transformed into an economy based on information and knowledge, using information technology. As stated in [1] "In modern conditions, information technology and digital transformation are a driver of technological change and a condition for the competitiveness of the country." The Information Society also makes significant qualitative changes in the methodology of the modern economy: knowledge forms the basis for the realization of the needs of the economy and constitutes one of the most important production factors. Businesses seek competitive advantages, including lower costs and increased production efficiency.

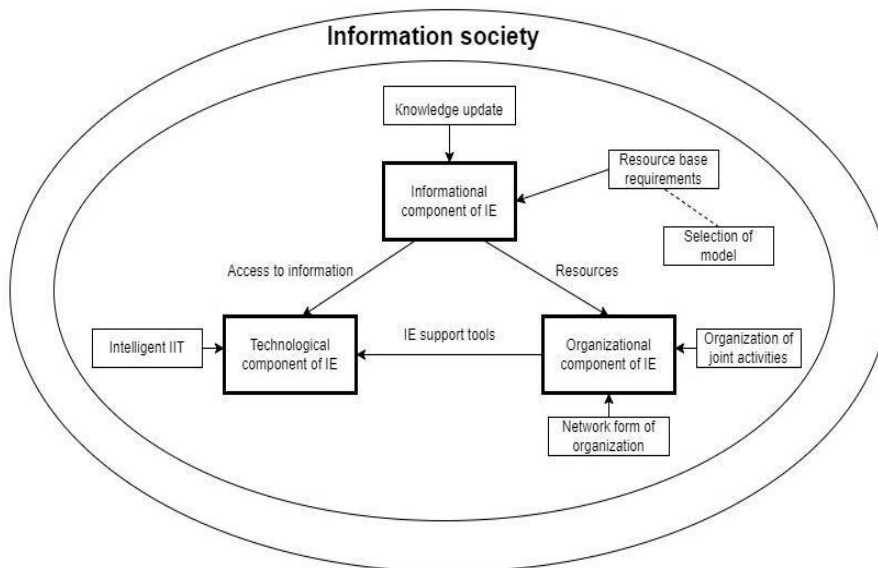


Fig.1 Model of information society [adapted by the authors]

The main purpose of the models is to create conditions for an objective assessment of the overall state of the system in terms of vulnerability or the level of data protection in it. Ensuring the necessary level of security of the enterprise is a complex task that requires for its solution the creation of a complete system of organizational measures and the use of specific means and methods of data protection. Success in the implementation of any project depends not only on the interaction of all its participants, but also on the surrounding information environment (IE). As stated in [4], such interaction should coexist in a single environment, the main components of which should be knowledge, practice and skills, which in turn are intensively updated. IE is a virtual environment that provides its participants with information, analytical (mathematical), organizational and methodological resources, as well as means of carrying out joint activities on the basis of global computer communications.

The main components of IE are:

- organization (from local units to virtual enterprises);
- technology (intelligent information technology),
- digital repository of information and methodological resources;
- services;
- mathematical methods of modeling;
- system of modeling the safety of the enterprise according to types, goals, and principles.
- information and telecommunication infrastructure (a set of communication channels, workstations, server and client software).

#### REFERENCES

1. V.I. Gritsenko, L.I. Desirable. Digital transformation of economics / V.I. Gritsenko, L.I. Bazhan / Control systems and machines. — 2017. — № 6. - P. 3-16.
2. Verenysh, O.V. Formalized model of mental space of project manager/project team / O.V. Verenysh / Management of complex systems development. – 2015. – №24. – P. 23 – 29.
3. Skabtsov N. Audit of security of information systems. St. petersburg.: Poulter, 2018. 272 p. K. Elissa, "Title of paper if known," unpublished.
4. Kolos V. V. Klassifying of telecommunication on the basis of functional characteristics / Control systems and machines. - 2008. - No 1. - P. 49-54



## ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГІПЕРПОСИЛАНЬ З ГУГЛ-ДОКУМЕНТАМИ

Сегеда Н.Є., [segeda@ua.fm](mailto:segeda@ua.fm)

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Гіперпосилання важливі не тільки для Інтернету, їх використання у застосунках пакету Microsoft Office може бути корисним в технології документообігу. За допомогою гіперпосилань можна забезпечити переміщення в книгах Excel, документах Word, презентаціях PowerPoint, також організувати швидкий перехід між ними або на інші ресурси. Наприклад, через гіперпосилання в Excel можна виконувати переміщення до певного розташування в поточній книзі, відкриття різних документів та вибір вказаної області у документі, перехід до веб-сторінок з аркуша і т.п.

Більшість можливостей щодо створення гіперпосилань у застосунках MS Office поширюється на гугл-документи, окрім використання мови VBA. Посилання, що були розміщені в документах MS Office командами з меню або програмним засобом, після завантаження файлів на гугл-диск можна виконати (звичайно, за наявності доступу до необхідних ресурсів). В свою чергу, гіперпосилання у файлах застосунків MS Office на документи з гугл-диску або сайти Інтернету виконуються за допомогою новітніх версій браузерів Firefox або Google Chrome.[1]

Різноманітні експерименти із створенням та використанням гіперпосилань, що стосуються гугл-документів, дозволяють використати цей досвід для поглибленого викладання на сучасному рівні дисциплін «Офісні технології» і «Технології документообігу» студентам спеціальностей «Програмна інженерія», «Інформаційні системи та технології».

### Бібліографічні посилання

Сегеда Н.Є. Створювання і використання гіперпосилань у MS Office // Проблеми математичного моделювання: матеріали Всеукр. наук-метод. конф., 25-27 трав. 2022 р. Кам'янське: ДДТУ, 2022, 89 с. – с. 83.

## ВИЯВЛЕННЯ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ GIS

Сизоненко О. Д., [aleksandra.fedii@gmail.com](mailto:aleksandra.fedii@gmail.com)

Божуха Л. М., [bozhukha.li@gmail.com](mailto:bozhukha.li@gmail.com)

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Бази даних географічної інформаційної системи (ГІС) містять інформацію про багато об'єктів, яка може бути використана на вирішення різних завдань комп'ютерного зору. Пропонується розглянути метод покращення виявлення об'єктів з використанням набору абсолютних значень, отриманих із баз даних ГІС. При наявності бази даних об'єктів з ГІС і зображення запиту з метаданими, необхідно обчислити очікуване просторове положення видимих об'єктів на зображенні. Перший крок алгоритму виявляє об'єкти у зображенні запиту (наприклад, за допомогою DPM), який отримує набір рамок для об'єктів, що обмежують його. Поєднання абсолютних даних ГІС з потенційними виявленими необхідно для того, щоб знайти остаточні обмежувальні рамки об'єкта. Для уникнення різних неточностей та практичних ускладнень (зашумлені метадані, неточності в ГІС та погане виявлення об'єктів), можна сформулювати наведене поєднання як завдання зіставлення графів вищого порядку, яке вирішується за допомогою RANSAC. Отже, цей підхід перевершує детектори об'єктів, що добре зарекомендували себе, такі як DPM, з великим відривом. Крім того, можна використовувати об'єкти ГІС як підказки для виявлення місця, де було зроблено знімок. Гіпотеза ґрунтується на ідеї, що об'єкти, видимі на одному зображенні, поряд з їх відносним просторовим положенням, дають різні ознаки для геолокації. Для оцінки геолокації на основі типових об'єктів проводиться пошук щільної сітки локацій по покритій області та формування оцінки схожості кожному місцезнаходженню. Наведений семантичний підхід може значно звужити простір пошуку локалізації, а також знайти правильне місцезнаходження.

## ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ В СИСТЕМАХ ГРОМАДСЬКОГО ХАРЧУВАННЯ

Смола О.І., alexsmola200016@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Серед таких відомих методів побудови моделей як макетне (наочне), ситуаційне, аналогове, математичне (аналітичне), особливу роль відіграє метод імітаційного моделювання.

При імітаційному моделюванні найбільш поширеними є підходи що базуються на реальному, віртуальному та конструктивному підходах . В даній роботі пропонується імітаційна модель, що використовує конструктивний підхід для наступної задачі.

Постановка задачі: розглядається система, пов'язана з громадським харчуванням в якій передбачається скінчена множина видів обслуговування. На кожен вид обслуговування поступає скінченна множина заявок. Враховуючи статистичні дані за попередні періоди роботи закладу, заданий час обслуговування заявок та прогнозована їх кількість на кожен вид обслуговування задається відповідним імовірнісним законом розподілу. Треба узгодити кількість персоналу, який закріплюється за обслуговуванням окремих видів заявок, з метою оптимізації часу обслуговування.

В даній роботі розглядаються наступні види обслуговування: спецзамовлення, бронювання окремих місць та обслуговування в режимі Online. Базуючись на конструктивному підході, пропонується побудова відповідних імітаційних сіткових мереж та проведено їх аналіз на можливість розпаралелення розрахунків при проведенні обчислювальних експериментів.

## РОЗРОБЛЕННЯ РОЗПОДІЛЕНОЇ СИСТЕМИ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АСИНХРОННОЇ АРХІТЕКТУРИ

Соколовський Г. О., [george.sokolovsky2001@gmail.com](mailto:george.sokolovsky2001@gmail.com)

Мацуга О. М., [olga.matsuga@gmail.com](mailto:olga.matsuga@gmail.com)

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Останнім часом все більшою популярністю для побудови високонавантажених систем користується асинхронна архітектура. Її перевагами є зведена до мінімуму зв'язаність компонентів системи та асинхронні комунікації. Метою даної роботи було розробити розподілену систему інвентаризації з використанням асинхронної архітектури.

У ході роботи було створено розподілену систему інвентаризації, в якій передбачено 3 типи користувачів (спеціаліст, майстер та адміністратор) та 4 сервіси (користувачів, інвентаризації, ремонту та аналітики). У сервісі користувачів реалізовано можливість переглядати список користувачів, додавати, видаляти користувачів і надавати їм певні права. Останні 3 функції доступні лише адміністраторам. У сервісі інвентаризації реалізовано логіку видачі та повернення предметів на склад. Деякі предмети можуть видаватися назавжди, відповідно після видачі вони видаляються із системи. Після заходження в сервіс інвентаризації, користувач бачить усі предмети, які він уже взяв, а також усі предмети, які зараз знаходяться на складі. До сервісу ремонту мають доступ лише майстри та адміністратори. У цей сервіс потрапляють лише поламани предмети. Після ремонту предмет повертається у сервіс інвентаризації. Якщо предмет не можна відремонтувати, майстер може відмітити це і предмет буде вилучено із системи. У сервісі аналітики розраховується відсоток взятих зі складу предметів певного типу і якщо він менше 80%, то надсилається повідомлення у Телеграм-канал адміністраторів.

Систему було написано мовою програмування Python у середовищі розробки PyCharm. У ході створення системи було використано веб-

фреймворк Django та його розширення django-rest-framework. Для оперативного повідомлення адміністраторів про недостатність предметів було створено Телеграм-канал та Телеграм-бот, для відправлення повідомлень використано бібліотеку telegram\_send.

Враховуючи, що створювалася система з асинхронною архітектурою, важливо було дотримуватися такої послідовності у ході розроблення: розбиття бізнес-вимог на події, будівництва бізнес-ланцюжків, будівництва моделі бази даних, розбиття системи на домени, визначення комунікацій, імплементація та тестування.

Для розбиття бізнес-вимог на події зручним виявився підхід Event Storming.

У ході імплементації для забезпечення асинхронності комунікацій, зокрема асинхронного логування, було написано окремий сервіс з використанням меседж-брокеру у вигляді розподіленої черги подій RabbitMQ. Саме такий вибір було зроблено через простоту концепції та можливість роумінгу. RabbitMQ запускався через Docker-контейнер.

У ході тестування код було покрито юніт-тестами та інтеграційними тестами майже на 100%. Було також проведено тестування асинхронного логування та тестування на рівні UI. Для перевірки якості коду використовувався модуль Flake8, також було налагоджено процес Continuous Integration за допомогою інструменту Travis CI.

Таким чином, у роботі розроблено розподілену систему інвентаризації з використанням асинхронної архітектури. Проаналізовано різні підходи до кожного з етапів розробки і обрано найбільш ефективний для даної системи.

#### **Список використаної літератури**

1. Richardson C. *Microservices Patterns: With examples in Java*. 2018. 520 p.

## ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РІШЕНЬ

Солодка Н.О., nataliya\_solodka@udhtu.edu.ua

Перцев Ю.О., yuriy.pertsev@gmail.com

Міщанинець Г.В., meschaninets@gmail.com

*Державний вищий навчальний заклад*

*«Український державний хіміко-технологічний університет»*

Інформаційні системи відіграють роль висококваліфікованих помічників, здатних дати корисну пораду та повідомити необхідні відомості її користувачу. Дані фінансової галузі, які є переважно статистичними, можуть використовуватися для підтримки прийняття рішень, наприклад, потенційного інвестора на валютному ринку.

Запропоновано розробка мобільного додатку під платформу iOS, за допомогою якого потенційний інвестор має можливість спрогнозувати динаміку валютного курсу на основі статистичних даних та отримати дані для визначення власної інвестиційної стратегії.

Головною задачею системи є можливість надавати актуальну інформацію про:

- курси покупки, продажу різноманітних валют у державних та комерційних банках України,
- курс національного банку,
- курс валюти на міжбанку,
- ціни на дорогоцінні метали,
- останні фінансові новини,
- зміни курсу у розрізі день, місяць, тиждень, рік,

– розрахований прогноз зміни валютного ринку на основі статистичних та аналітичних даних, які стануть у нагоді інвесторам у формуванні валютного портфелю.

Додатково мобільний додаток має функцію інформування користувача про зміну актуального курсу валют та надання пуш-повідомлення про останні фінансові новини.

Під час проектування системи виділено наступні основні частини:

- адміністративна;
- користувацька.

При розробці серверної частини мобільного додатку використано наступний стек технологій: мова розробки Python; середовище розробки: PyCharm з актуальною ліцензією; бібліотеки Django, Requests, Django REST framework, asyncio. Для створення фронтенд частини застосовано: мова розробки Swift; середовище розробки Xcode з ліцензією розробника Apple та бібліотеки CoreData, Alamofire, Firebase, FirebaseCore, FirebaseAnalytics, Flex.

Для аналізу можливостей розробленого продукту застосовано метод аналізу характеристик конкурентів (Competitors feature analysis) [1], який показав його переваги над існуючими аналогами конкурентів та можливість вирішувати певні задачі, що притаманні інвесторам.

Мобільний додаток може бути модернізований бо архітектура та бібліотеки мобільного додатку передбачають оновлення та постійно підтримуються в актуальному стані.

### Бібліографічні посилання

1. Product Templates: Competitive Feature Market Analysis [Електронний ресурс] //Блог – Режим доступу до ресурсу: <https://productschool.com/blog/product-management-2/skills/templates/product-templates-feature-market-analysis/>

## МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИБОРУ КОМПЛЕКТУЮЧИХ ДЛЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМП'ЮТЕРА В ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМАХ

Солошенко М.О., nikisoloshenko@gmail.com

Солодка Н.О., nataliya\_solodka@udhtu.edu.ua

*Державний вищий навчальний заклад*

*«Український державний хіміко-технологічний університет»*

Персональний комп'ютер – невід'ємна частина для більшості людей, але персональний підбір індивідуальної конфігурації з певним набором комплектуючих є достатньо нетривіальною задачею. Для такого вибору може допомогти експертна система, котра з урахуванням потреб користувача підбере найкращу конфігурацію. Користувач відповідає на поставленні питання експертної системи, і в залежності від відповідей, експертна система проходить по базі даних і відбирає найкращі комплектуючі.

При розробці подібної системи встає питання щодо принципу вибору експертною системою найбільш підходящою комплектуючою із бази даних. Для цього можна використати експертні оцінки. Під час додавання комплектуючої в базу даних, експерту потрібно оцінити наскільки комплектуюча підходить під усі можливі відповіді на кожне питання. Експертні оцінки виставляються за десятибальною шкалою, де: 10 – ідеально підходить; 5 – не дуже підходить; 1 – зовсім не підходить.

В запропоновану конфігурацію повинні входити: центральний процесор – основний компонент математичних обчислень; відеокарта – графічний процесор для роботи із графікою; материнська плата – розподільна система електроенергії та взаємодії компонентів; оперативна пам'ять, в котрій зберігається виконуваний машинний код програми; накопичувачі – для зберігання даних; кулер – для охолодження центрального процесора; блок живлення – для забезпечення всіх



компонентів електроенергією; звукова карта – окрема система для розширення взаємодії з звуком. В базі даних потрібно вказувати сокет центрального процесору, щоб материнська плата й кулер могли з ним взаємодіяти. Також повинна бути інформація щодо тепловідведення процесора, щоб підібрати підходящий кулер. Ще потрібно вказати електроживлення для підбору найкращого блоку живлення. Для відеокарти теж потрібно вказати електроживлення. Для материнської плати необхідно вказати сокет, щоб було розуміння підходить материнська плата для конкретного процесора чи ні. В базі даних для блоку живлення повинна бути інформація щодо його потенційного електропостачання.

Для визначення ефективного об'єму оперативної пам'яті та накопичувачів ефективно буде створення лічильника. В базі даних вартість оперативної пам'яті вказується за вісім гігабайт, а накопичувачі за один терабайт. Одночасно із внесенням експертних оцінок стосовно оперативної пам'яті та накопичувача, експерт також повинен визначитися з достатнім об'ємом оперативної пам'яті та накопичувача для кожної можливої відповіді на кожне питання. Таким чином, коли користувач відповів на усі поставлені питання, то експертна система проходиться по усім питанням на котрі відповів користувач і знаходить найбільше значення. Для швидкої роботи експертної системи по вибору найкращого блоку живлення достатньо вказувати електроживлення основних комплектуючих (відеокарти та центрального процесору). Після чого підсумувати їх, і додавати ще 20% відсотків від загальної суми за формулою:

$$E_{\text{ел.постачання}} = E_{\text{ел.проц}} + E_{\text{ел.від}} + (E_{\text{ел.проц}} + E_{\text{ел.від}}) * 0,2$$

Наведений опис дозволяє врахувати при побудові бази правил прототипу експертної системи деякі технічні виключення при зборці його конфігурації.

**РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНОГО МЕТОДУ МАТЕМАТИЧНОГО  
ПЛАНУВАННЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖ  
ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ  
ОПТИЧНИХ МАГІСТРАЛЬНИХ МЕРЕЖ**

**Соф'їн О.П.**, olexiy.sofin@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

З самого початку телефонії та досвіду того, що підключення одного клієнта до кожного іншого клієнта в телефонній мережі не є найекономічнішим способом надання телефонних послуг, планування було важливим аспектом для мережевих операторів. Новаторську роботу А. К. Ерланга в цій галузі можна розглядати як сходинку для наукового інтересу до планування комунікаційних мереж.

На жаль, методи планування, витрати та економія великих (комерційних) комунікаційних мереж добре зберігаються в таємниці, що ускладнює оцінку впливу планування на бізнес мережевих операторів. Однак для німецьких дослідників плоди мережевого планування очевидні щодня: німецькі університети та дослідницькі інститути з'єднані через швидкі, але економічно ефективні мережі, які неможливо було б реалізувати без математичних методів планування. У більш комерційному контексті, у 2000 році AT&T стверджувала, що заощадила «сотні мільйонів доларів», використовуючи вдосконалений метод планування резервних можливостей у своїй магістральній мережі в США.

Враховуючи той факт, що провайдери комунікаційних мереж, очевидно, вже поводяться набагато раціональніше, ніж їхні колеги в інших галузях (як, наприклад, залізнична галузь, де математичне планування лише досягло обізнаності), чому планування комунікаційних мереж все ще цікаве як тема дослідження? Відповідь на це запитання можна стиснути двома словами: постійні зміни. Щоб повністю зрозуміти вплив цього

твердження, важливо розуміти, що при плануванні великих мереж - нелегко слідувати абстрактним моделям. Проте мережеві технології постійно розвиваються. Як наслідок, проблеми планування, які ми повинні вирішити, також змінюються. Крім того, наші можливості планування покращуються: беручи за приклад лінійну оптимізацію, математичні вдосконалення можуть призвести до прискорення в рази за останні 20 років, не беручи до уваги прискорення апаратного забезпечення комп'ютера. Ще більші вдосконалення були зроблені з алгоритмами, що стосуються конкретних проблем. Отже, нам потрібне досконале розуміння обох — базових технологій і математичних методів, щоб мати можливість знаходити рішення для реалістичних проблем.

Бажання знайти хороші рішення є високим: з одного боку, постачальники послуг змушені пропонувати послуги якомога дешевше, щоб мати можливість вижити на висококонкурентному ринку. З іншого боку, постачальники апаратного забезпечення повинні мати можливість запропонувати економічно ефективні рішення для участі в тендерах у глобальній конкуренції. Ми хочемо наголосити на цьому останньому пункті: оскільки постачальники апаратного забезпечення мають надати економічно ефективне рішення, а не просто хорошу ціну за певний перелік обладнання, значний інтерес до оцінки різних варіантів обладнання з точки зору мережі виникає вже під час розробки.

#### Список використаних джерел

1. Е.Ш. Зайнуллина - МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ ДАННЫХ В КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ <https://core.ac.uk/download/pdf/197384084.pdf>
2. А. Филимонов - Алгоритмы оптимальной структуры компьютерной сети <https://moluch.ru/archive/102/23257/>

## МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ІНЕРЦІЇ БУДІВЛІ В УМОВАХ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КРИЗИ

**Стельмашенко П.В.**, [stelmashenko@dlit.dn.ua](mailto:stelmashenko@dlit.dn.ua), **Книш Л.І.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Проблема енергозбереження особливо гостро постає в Україні у зв'язку з обмеженням природних ресурсів, зміною логістики енергопостачання, агресією Росії. Витрати палива на теплопостачання будинків складають більшу частину від загальної теплової енергії, що виробляється в Україні під час військового стану. Більш того, руйнація значної кількості будівель ставить питання про збільшення об'ємів житлового, комерційного та промислового будівництва. Це зумовлює проектування нових будівель з підвищеною енергоефективністю, яка залежить від теплозахисних властивостей матеріалів для огорожувальних конструкцій. Оптимальний вибір цих матеріалів забезпечує зменшення втрат тепла та підвищення загальної теплової інерційності будівлі.

Наразі існує багато програмних продуктів для визначення енергоефективності будівель, які зазвичай є комерційними або не достатньо детальними. В роботі розроблено нестационарну математичну модель теплообміну, яка дозволяє визначити енергоефективність в шарі огороження будівлі під час критичної ситуації з теплопостачанням. Модель базується на класичному рівнянні теплопровідності в часткових похідних з відповідними граничними умовами, що враховують стан навколишнього середовища, характерний для кліматичних умов України.

Математична модель була апроксимована на основі методу контрольних об'ємів та реалізована за допомогою явної та неявної розрахункових схем. Розроблений додаток на мові C# дозволяє визначити поля температур в будівлі та її огорожувальних конструкціях, а також критичні часові інтервали для запобігання руйнівних аварій у теплопостачанні та інших критичних ситуацій.

**ПРО ДВОЕТАПНУ ТРАНСПОРТНУ ЗАДАЧУ З НЕВІДОМИМИ ПОТРЕБАМИ СПОЖИВАЧІВ**Стецюк П.І.<sup>1</sup>, Хом'як О.М.<sup>1</sup>, Ляшко В. І.<sup>2</sup>

stetsyukp@gmail.com

<sup>1</sup>Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України,  
<sup>2</sup>Національний університет «Києво-Могилянська академія»

Розглядається математична модель двоетапної транспортної задачі з невідомими потребами споживачів та заданими їхніми нижніми і верхніми межами [1]. Її частковим випадком є класична двоетапна транспортна задача, яка визначає найбільш економічний план перевезення продукції від постачальників до споживачів через проміжні пункти. Розглядається дискретний аналог модельної задачі оптимального розбиття множини та наведено результати обчислювальних експериментів з використанням солвера Gurobi.

**Двоетапна транспортна задача з невідомими потребами споживачів.**

Нехай в  $m$  пунктах постачання  $A_1, \dots, A_m \in a_1, \dots, a_m$  одиниць продукції, яку потрібно перевезти до  $n$  споживачів  $B_1, \dots, B_n$ . Об'єми потреб споживачів будемо вважати невідомими, а їх нижні межі  $b_1^{low}, \dots, b_n^{low}$  та верхні межі  $b_1^{up}, \dots, b_n^{up}$  будемо вважати заданими. Для транспортування продукції від постачальників до споживачів можна задіяти  $l$  проміжних пунктів  $D_1, \dots, D_l$ . Потрібно знайти оптимальний план транспортування продукції, де  $c_{ik}$  – витрати на перевезення одиниці продукції від постачальника  $A_i$  до проміжного пункту  $D_k$ , а  $c_{kj}$  – витрати на перевезення одиниці продукції від проміжного пункту  $D_k$  до споживача  $B_j$ , та відповідні оптимальному плану потреби споживачів.

Нехай  $x = \{x_{ik}\}_{i=1, \dots, m}^{k=1, \dots, l}$ , де  $x_{ik}$  – кількість одиниць продукції, яка

перевозиться від постачальника  $A_i$  до пункту  $D_k$ ;  $y = \{y_{kj}\}_{k=1, \dots, l}^{j=1, \dots, n}$ , де  $y_{kj}$  – кількість продукції від пункту  $D_k$  до споживача  $B_j$ ;  $z = \{z_j\}_{j=1, \dots, n}$ , де  $z_j$  – кількість продукції, яка постачається споживачу  $B_j$ .

Двоетапна транспортна задача з невідомими потребами споживачів має такий вигляд: знайти

$$f_{xyz}^* = f(x^*, y^*, z^*) = \min_{x, y, z} \left\{ f(x, y, z) = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l c_{ik} x_{ik} + \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^n c_{kj} y_{kj} \right\} \quad (1)$$

за обмежень

$$\sum_{k=1}^l x_{ik} = a_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^l y_{kj} = z_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} - \sum_{j=1}^n y_{kj} = 0, \quad k = \overline{1, l}, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n z_j = \sum_{i=1}^m a_i, \quad (5)$$

$$b_j^{low} \leq z_j \leq b_j^{up}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (6)$$

$$x_{ik} \geq 0, \quad y_{kj} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad k = \overline{1, l}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (7)$$

Задача (1) – (7) є задачею лінійного програмування (ЛП-задача), де цільова функція  $f(x, y, z)$  задає сумарні витрати на транспортування продукції від постачальників до споживачів через проміжні пункти. Обмеження (2) означають транспортування  $a_1, \dots, a_m$  одиниць продукції із пунктів постачання до проміжних пунктів, а обмеження (3) – що споживачам потрібно доставити невідомі об'єми  $z_1, \dots, z_n$  одиниць продукції з проміжних пунктів. Обмеження (4) задають умови на те, щоб уся продукція, яка приходить від постачальників до кожного проміжного пункту, була обов'язково відправлена споживачам. Обмеження (5) задає

умову на те, щоб сумарна продукція постачальників дорівнювала сумарній продукції виробників. Обмеження (6) задає нижні та верхні межі на невідомі потреби споживачів.

**Твердження 1 [1].** Система обмежень (2) – (7) є сумісною тоді й лише тоді, коли виконується умова

$$\sum_{j=1}^n b_j^{low} \leq \sum_{i=1}^m a_i \leq \sum_{j=1}^n b_j^{up}. \quad (8)$$

Умова (8) означає, що обмеження (2) – (5) є лінійно залежними та одну з рівностей в обмеженнях (2) та (4) може бути вилучено, причому довільну.

### Класична двоетапна транспортна задача

Якщо  $b_j^{low} = b_j^{up} = b_j, j = \overline{1, n}$ , то задача (1) – (7) переходить в класичну двоетапну транспортну задачу, яка має такий вигляд: знайти

$$f_{xy}^* = f(x^*, y^*) = \min_{x, y} \left\{ f(x, y) = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l c_{ik} x_{ik} + \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^n c_{kj} y_{kj} \right\} \quad (9)$$

за обмежень

$$\sum_{k=1}^l x_{ik} = a_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (10)$$

$$\sum_{k=1}^l y_{kj} = b_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} - \sum_{j=1}^n y_{kj} = 0, \quad k = \overline{1, l}, \quad (12)$$

$$x_{ik} \geq 0, \quad y_{kj} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad k = \overline{1, l}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (13)$$

Задача (9) – (13) є ЛП-задачею, де цільова функція  $f(x, y)$  задає сумарні витрати на транспортування продукції від постачальників до споживачів. Обмеження (10) означають транспортування  $a_1, \dots, a_m$  одиниць продукції із пунктів постачання до проміжних пунктів, а обмеження (11) – що споживачам потрібно доставити необхідні об'єми  $b_1, \dots, b_n$  одиниць

продукції з проміжних пунктів. Обмеження (12) задають умови на те, щоб уся продукція, яка приходить від постачальників до кожного проміжного пункту, була обов'язково відправлена споживачам.

**Твердження 2 [2, 3].** Система обмежень (10) – (13) є сумісною тоді й лише тоді, коли виконується умова

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j. \quad (14)$$

Рівність (14) означає, що обмеження (10) – (13) є лінійно залежними та одну довільну рівність з обмежень (10), (11) та (12) може бути вилучено.

### Модельна задача оптимального розбиття множини

Розглянемо застосування задачі (1) – (7) до задачі оптимального розбиття множини, описаної в роботі [4]. Деякий постачальник однорідного ресурсу (сировини), неперервно розподілений зі щільністю  $\rho(x) = 1$  в області  $\Omega = \{x = (x^{(1)}, x^{(2)}): 0 \leq x^{(1)} \leq 1, 0 \leq x^{(2)} \leq 1\}$ , постачає його в п'ять пунктів (першого етапу) для первинної переробки чи зберігання. Задані координати  $\tau_i^I, i = \overline{1,5}$ , розташування цих пунктів:  $\tau_1^I = (0,2;0,2)$ ,  $\tau_2^I = (0,3;0,5)$ ,  $\tau_3^I = (0,8;0,3)$ ,  $\tau_4^I = (0,6;0,8)$ ,  $\tau_5^I = (0,6;0,1)$ . Задані також координати  $\tau_j^{II}, j = \overline{1,3}$ , пунктів (другого етапу) споживання ресурсу, що був перероблений (зберігався) в пунктах першого етапу:  $\tau_1^{II} = (0,2;0,8)$ ,  $\tau_2^{II} = (0,6;0,4)$ ,  $\tau_3^{II} = (0,8;0,7)$ .

Вартість транспортування одиниці ресурсу від постачальника з координатами  $x = (x^{(1)}, x^{(2)})$  в пункт першого етапу з координатами

$\tau_i^I = (\tau_i^{I(1)}, \tau_i^{I(2)})$  задана у вигляді

$$c_i^I(x^{(1)}, x^{(2)}, \tau_i^I) = \sqrt{(x^{(1)} - \tau_i^{I(1)})^2 + (x^{(2)} - \tau_i^{I(2)})^2}, i = \overline{1,5}.$$

Затрати на транспортування одиниці продукції з  $i$ -го пункту першого



етапу  $\tau_i^I = (\tau_i^{I(1)}, \tau_i^{I(2)})$  в пункт другого етапу  $\tau_j^II = (\tau_j^{II(1)}, \tau_j^{II(2)})$  задані у вигляді  $c_{ij}^{II}(\tau_i^I, \tau_j^II) = \sqrt{(\tau_i^{I(1)} - \tau_j^{II(1)})^2 + (\tau_i^{I(2)} - \tau_j^{II(2)})^2}$ ,  $i = \overline{1,5}$ ,  $j = \overline{1,3}$ .

Потрібно розбити множину  $\Omega$  постачальників ресурсу на сфери їх обслуговування в п'яти пунктах першого етапу, тобто на підмножини  $\Omega_1, \dots, \Omega_i, \bigcup_{i=1}^5 \Omega_i = \Omega$ ,  $i = \overline{1,5}$ , і визначити об'єми перевезень  $v_{ij} \geq 0$ ,  $i = \overline{1,5}$ ,  $j = \overline{1,3}$ , від пунктів першого етапу  $\tau_i^I$ ,  $i = \overline{1,5}$ , в пункти споживання другого етапу  $\tau_j^II$ ,  $j = \overline{1,3}$  так, щоб мінімізувати сумарну вартість транспортування ресурсу від постачальників в пункти первинної переробки (першого етапу) і доставки переробленого ресурсу в пункти кінцевого споживання (другого етапу):

$$F(\{\Omega_1, \dots, \Omega_5\}, \{v_{11}, \dots, v_{ij}, \dots, v_{53}\}) = \sum_{i=1}^5 \int_{\Omega_i} c_i^I(x, \tau_i^I) \rho(x) dx + \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 c_{ij}^{II}(\tau_i^I, \tau_j^II) v_{ij} \rightarrow \min \quad (15)$$

і при цьому весь перероблений продукт зі всіх пунктів першого етапу необхідно вивезти в пункти другого етапу

$$\sum_{j=1}^3 v_{ij} = \int_{\Omega_i} \rho(x) dx, \quad i = \overline{1,5}, \quad (16)$$

причому попит у всіх пунктах другого етапу потрібно задовольнити

$$\sum_{j=1}^5 v_{ij} = b_j^{II}, \quad j = \overline{1,3}, \quad (17)$$

і повинна виконуватись умова балансу

$$\sum_{i=1}^5 \int_{\Omega} \rho(x) dx = \sum_{j=1}^3 b_j^{II}. \quad (18)$$

Дискретний аналог задачі (15)–(18) легко описати за допомогою задачі (1)–(7), де постачальниками є  $m$  ділянок з дискретного розбиття області  $\Omega$ , споживачами є три пункти другого етапу, а проміжними

пунктами – п’ять пунктів першого етапу. Якщо обсяги ресурсу постачальників вибрати пропорційними площам ділянок, то розв’язок задачі (1) – (7) буде відповідати одному з варіантів оптимального розбиття множини  $\Omega$  постачальників ресурсу з точністю до вибраної дискретизації ділянок.

### Обчислювальний експеримент

Розглядалися два розбиття  $\Omega$  на квадратні ділянки:  $31 \times 31$  та  $500 \times 500$ . Задачі (1) – (7) мають 4823 змінних та 970 лінійних обмежень для сітки  $31 \times 31$ , 1250018 змінних та 250009 лінійних обмежень – для сітки  $500 \times 500$ . Перша задача розв’язувалась за допомогою солвера Gurobi менше секунди, а друга задача – за декілька секунд.

На рис. 1 наведено оптимальні розбиття множини  $\Omega$  з об’ємами виробництва 0.0832466; 0.220604; 0.238293; 0.361082; 0.0967742 та об’ємами споживання у пунктах другого етапу 0.220604; 0.418314; 0.361082 (рис. 1, а, сітка  $31 \times 31$ ); з об’ємами виробництва 0.09066; 0.22896; 0.232524; 0.342172; 0.105684 та об’ємами споживання у пунктах другого етапу 0.22896; 0.428868; 0.342172 (рис. 2, б, сітка  $500 \times 500$ ).

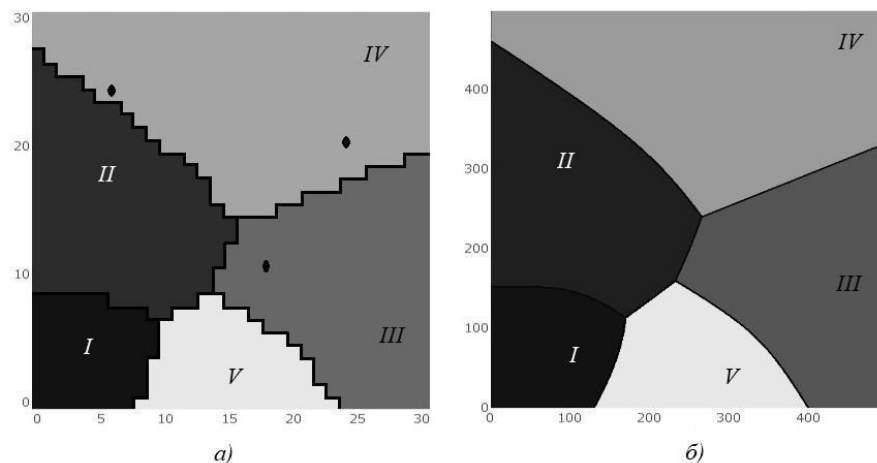


Рис. 1. Оптимальні розбиття  $\Omega$ :  $0 \leq b_i \leq 1$ ,  $i = \overline{1,3}$ .

План перевезення  $v_a$  відповідає оптимальному розбиттю з рис. 1, а, план перевезення  $v_b$  – оптимальному розбиттю з рис. 1, б:

$$v_a = \begin{pmatrix} 0.0000 & 0.0832466 & 0.0000 \\ 0.220604 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.238293 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.361082 \\ 0.0000 & 0.0967742 & 0.0000 \end{pmatrix},$$

$$v_{\bar{o}} = \begin{pmatrix} 0.0000 & 0.09066 & 0.0000 \\ 0.22896 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.232524 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.342172 \\ 0.0000 & 0.105684 & 0.0000 \end{pmatrix}.$$

На рисунку 2 наведено оптимальні розбиття множини  $\Omega$  з об'ємами виробництва 0.0686785; 0.3; 0.23975; 0.3; 0.0915713 та об'ємами споживання у пунктах другого етапу 0.3; 0.4; 0.3 (рис. 2, а, сітка  $31 \times 31$ ), з об'ємами виробництва 0.07418; 0.3; 0.226712; 0.3; 0.099108 та об'ємами споживання у пунктах другого етапу 0.3; 0.4; 0.3 (рис. 2, б, сітка  $500 \times 500$ ).

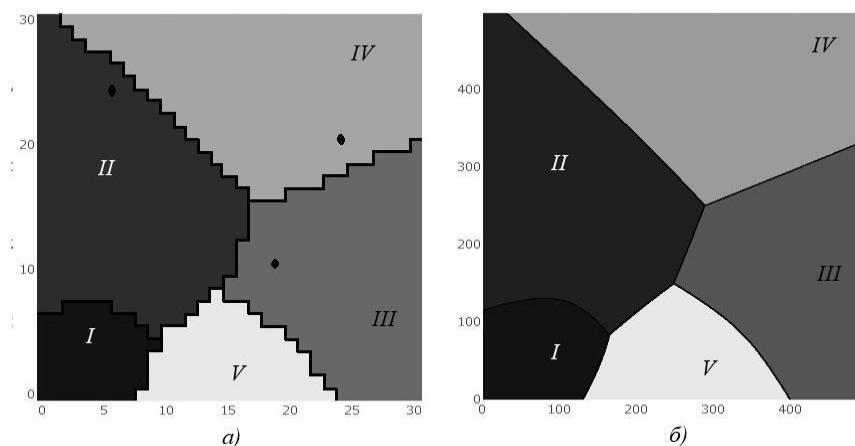


Рис. 2. Оптимальні розбиття  $\Omega$ :  $b_1^{low} = b_1^{up} = 0.3$ ;  $b_2^{low} = b_2^{up} = 0.4$ ;

$$b_3^{low} = b_3^{up} = 0.3.$$

План перевезення  $v_a$  відповідає оптимальному розбиттю з рис. 2, а, план перевезення  $v_{\bar{o}}$  – оптимальному розбиттю з рис. 2, б:

$$v_a = \begin{pmatrix} 0.0000 & 0.0686785 & 0.0000 \\ 0.3000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.23975 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.3000 \\ 0.0000 & 0.0915713 & 0.0000 \end{pmatrix}, v_o = \begin{pmatrix} 0.0000 & 0.07418 & 0.0000 \\ 0.3000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.226712 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.3000 \\ 0.0000 & 0.099108 & 0.0000 \end{pmatrix}.$$

**Висновок.** Розглянуто математичну модель лінійного програмування для двоетапної транспортної задачі з невідомими потребами споживачів та заданими їхніми нижніми і верхніми межами. Розглянуто приклади застосування побудованої моделі до задачі оптимального розбиття множини  $\Omega$  з дискретизацією області  $\Omega = \{x = (x^{(1)}, x^{(2)}): 0 \leq x^{(1)} \leq 1, 0 \leq x^{(2)} \leq 1\}$  рівномірними сітками  $31 \times 31$  та  $500 \times 500$ . Наведено результати обчислювальних експериментів з використанням солвера Gurobi.

Робота частково підтримана CRDF Global (грант G-202102-68020).

#### Список літератури

1. Стецюк П.І., Хом'як О.М., Ляшко В.І. Двоетапна транспортна задача з невідомими потребами споживачів. *Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки*. 2022. Т. 5.
2. Карагодова О.О., Кігель В.Р., Рожок В.Д. Дослідження операцій: Навч. посіб. К.: Центр учбової літератури, 2007. 256 с.
3. Стецюк П.І., Стовба В.О., Трегубенко С.С., Хом'як О.М. Модифікації двоетапної транспортної задачі та їх застосування. *Кибернетика та системний аналіз*. 2022. № 6. С. 54-70.
4. Киселева Е.М., Притоманова О.М., Ус С.А. Решение двухэтапной непрерывно-дискретной задачи оптимального разбиения-распределения с заданным положением центров подмножеств. *Кибернетика и системный анализ*. 2020. № 1. С. 3-15.

**PACKING SOFT ELLIPSES IN AN OPTIMIZED RECTANGLE**

**Stoyan<sup>1</sup> Yu., Pankratov<sup>1</sup> A., Romanova<sup>1</sup> T., Kravchenko<sup>1</sup> O.,  
Duryagina<sup>2,3</sup> Z., Chugay<sup>1</sup> A., Veligodsky<sup>1</sup> D. and Melashenko<sup>1</sup> O.**

<sup>1</sup>*Institute for Mechanical Engineering Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine; tarom27@yahoo.com*

<sup>2</sup>*Lviv Polytechnic National University, 12 Bandera St., Lviv, 79013, Ukraine*

<sup>3</sup>*Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II, Al. Raclawickie 14, 20-950 Lublin, Poland; zduryagina@gmail.com*

Packing ellipses is NP-hard [1] and one can find various applications of this problem in molecular dynamics and powder metallurgy, logistics and transportation, robotics and manufacturing.

Our interest in this kind of packing problems is motivated by modeling porous media under pressure [2]. These problems arise frequently in the oil and gas extracting industry [3,4]. Elements of porous media can be deformed by external force, however, the mass of each individual element remains unchanged. In a 2D setting this is equivalent to area conservation.

To the best of our knowledge packing problems for soft ellipses were not considered before.

The new problem of packing soft ellipses in a rectangle of minimum height is studied. Each ellipse has variable metric characteristics and placement parameters. Transformations of translation, rotation and stretching ellipses are allowed. The limits for stretching (shrinking) ratio of the half-axes of ellipses are assigned. The phi-functions are used for analytical presentation of placement conditions (non-overlapping ellipses and layout (complete or relaxed) of ellipses in a container) [5].

A mathematical model is formulated as a continuous nonlinear optimization problem. To find local solutions of the optimized soft ellipse packing problem, a combined methodology is proposed. Two related problems are solved successively. First, an optimized circle packing problem is considered for the circles having the same area as individual ellipses. It is based on a multistart strategy, a method of constructing feasible starting points (using

homothetic transformations of circles) and a decomposition approach to reduce the large original problem to several smaller subproblems.

To find local solutions of the problem a multistart strategy is used. It combines a starting point algorithm using a circular packing problem and a decomposition procedure.

The main solution approach consists in the following principal stages:

Stage 1. Generate a set of feasible solutions to the problem by solving the circular packing problem.

Stage 2. Using a compaction algorithm get local minima of the ellipse problem starting from each feasible point obtained at Stage 1.

Stage 3. Choose the best local minimum from those found at Stage 2.

In most cases this approach results in reducing the problem to smaller nonlinear programming problems with dimensions linear to the number of ellipses. Computational results are provided.

[1] Chazelle B, Edelsbrunner H and Guibas L (1989) The complexity of cutting complexes. *Discrete Comput. Geom.* 4(2):139–181

[2] Duryahina Z, Kovbasyuk T and Bepalov S et al (2016) Micromechanical and electrophysical properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanostructured dielectric coatings on plane heating elements. *Mater. Sci.* 52: 50–57

[3] Eichheimer P, Thielmann M, Popov A, Golabek G, Fujita W, Kottwitz M and Kaus B (2019) Pore-scale permeability prediction for Newtonian and non-Newtonian fluids *Solid Earth.* 10(5):1717–1731

[4] Kravchenko O, Veligotskyi D, Bashtovyi A and Veligotska Y (2019) Improving the controllability and effectiveness of the chemical-technological process of the technology for hydrogen thermobaric chemical stimulation of hydrocarbon recovery *Eastern-Eur. Enterprise Technol.* 6(6):57–86

[5] Pankratov A, Romanova T and Litvinchev I (2019) Packing ellipses in an optimized convex polygon *J. Global Optim.* 75(2): 495-522

## ПРОЕКТУВАННЯ ТА СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СТЕГАНОГРАФІЇ В ЗВУКОВИХ СИГНАЛАХ

**Стружко В.Р., Антоненко С.В.**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Протягом багатьох років вирішувалась задача захисту інформації від несанкціонованого доступу. Ще у стародавньому світі отворилося два основних напрямки рішення цієї задачі. Вони існують і донині, це криптографія та стеганографія. Мета криптографії полягає в тому, щоб приховати вміст повідомлень за рахунок їхнього шифрування. Навпаки, стеганографія приховує сам факт існування таємного повідомлення.

Слово «стеганографія» має грецькі корені, воно буквально означає «тайне письмо». Загальною рисою стеганографії та криптографії є те, що приховуване повідомлення вбудовується в деякий об'єкт, що не привертає уваги. При використанні криптографії наявність зашифрованого повідомлення саме привертає увагу, але при стеганографії наявність схованого зв'язку залишається непомітним.

Стегосистема — це сукупність методів та засобів, які застосовуються для того, щоб створити прихований канал для передачі інформації.

Вимоги, що можуть пред'являтися до застосовуваних стегосистем:

- приховувана інформація має бути стійкою до наявності різних шумів, стиску із втратами, фільтруванню, аналогово-цифровому й цифро-аналоговому перетворенням;
- приховувана інформація не повинна вносити в сигнал перекручування, сприймані системою слуху людини;
- спроба видалення приховуваної інформації повинна приводити до помітного ушкодження контейнера (для цифрового водяного знаку, далі ЦВЗ);
- приховувана інформація не повинна вносити помітних змін у статистику контейнера.

Інформаційна технологія буде використовувати такі методи приховування інформації, як метод розширення спектру та метод луни сигналу.

Метод відлуння сигналу дозволяє вводити дані в сигнал прикриття, шляхом зміни параметрів відлуння сигналу. До параметрів луни, яка несе вбудовану інформацію, відносяться: початкова амплітуда, час загасання й зсув (час затримки між вихідним сигналом і його відлунням). Коли зсув зменшується, два сигнали зміщуються. У певний момент людське вухо перестає розрізняти два сигнали. Цей момент важко точно визначити, оскільки він залежить від джерела запису, типу звуку й слухача. Для більшості типів сигналів і для більшості слухачів два сигнали зливаються на відстані приблизно 0,001 секунди. Кодер використовує дві затримки: для кодування нуля та одиниці. Обидва часи затримки менше за час, коли людське вухо може розпізнати луну. Крім зменшення часу затримки необхідно переконатися що введена інформація не може бути сприйнята слуховою системою людини, задавши початкову амплітуду і час затухання.

Метод розширення спектру заснований на прямолінійному розширеному спектрі. Додаткова інформація, що призначена для вбудовування, модулюється псевдошумовою послідовністю, що призводить до розширення її спектру. Після цього до сигналу застосовуються методи маскування в частотній області. Результуюча інформаційна послідовність додається до аудіосигналу-носія як адитивний шум. Мета полягає в тому, щоб побудувати таку схему, енергія ЦВЗ якої була б максимальною і при цьому викривлення аудіосигналу не перевищували допустимих меж. Потужність ЦВЗ, що вбудовується, залежить від особливостей системи слуху людини та характеристик аудіосигналу. Розв'язком даної задачі є використання ефекту маскування, характерного для системи людини.



## USING THE METHOD OF FREQUENCY EXTRACTION TO FORM AN INVESTMENT PORTFOLIO WITH HELP OF TIME-SERIES ANALYSIS

**Трофімов О.В.**, atrof2222@gmail.com,

**Луценко О.М.**, lutsenko.o20fpm@fpm.dnu.edu.ua

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Manual market trading entails a lot of mistakes and unconsciousness of actions. Humans have been replaced by high-performance machines capable of following an algorithm without emotion. The new era of trading is dominated by the use of machine learning and artificial intelligence. We will look at machine learning algorithms, specifically learning with a teacher.

To train the model and set the target function, it is necessary to clear the series and perform labeling. Select the lower and upper frequencies and approximate them. Approximation and selection of frequencies are the background for training, testing, and investment portfolio generation.

First of all, it is necessary to consider the accuracy with which the algorithm extracts frequencies, to simplify its work, it is necessary to conduct trend scanning. With its help, we will be able to cut off high, and low frequencies and, based on the cleaned and approximated 5-minute candles series, perform feature engineering. After establishing the labels depending on a chosen quantile classification model is then fit using these labels to determine which stocks to buy and sell for a long/short portfolio. The returns used for the quantile creation may be volatility-adjusted.

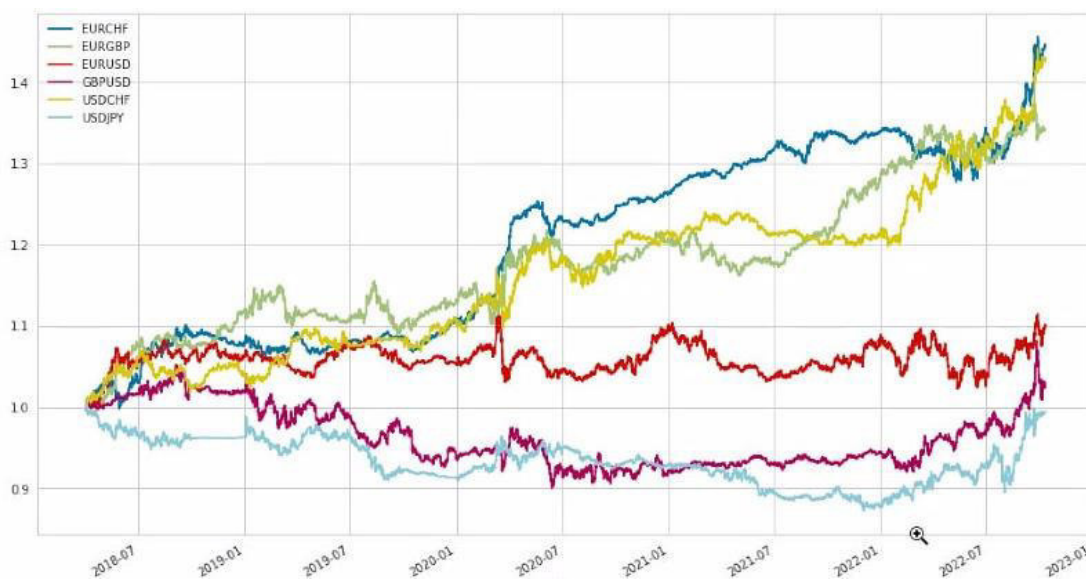
$$r(t - t', t) = \frac{R(t - t', t)}{vol(t)}$$

This trading model uses software from companies that use such models in practice, namely in nature, to isolate the necessary frequencies.

A large number of libraries and mathematical functions have been created for learning with a teacher, which have their own change factors for capturing

frequencies. The task becomes engineering in character and requires full automation of the work. After clearing and labeling the series, we can start testing solutions from Microsoft (TPOT), Amazon (AutoGluon), and the rest of the ML software, including self-written. More than 100 technological solutions are tested with classification algorithms, discrete analysis, and multilayer stacking.

Such a large sample of technological solutions allows to find the best algorithms with uncorrelated variables and factors, from which a portfolio is created, and on the basis of approximated calculations from the range  $[0,1]$  a portfolio is created for each algorithm, and after tests, on non-test (live) data a single trading solution is given. You can see on the chart that the selected technological sampling worked best for EURCHF, USDCHF, EURGBP.



### References

1. **Quintillion asset allocation.** Providing us an trading algorithm with ML.
2. **Mifinlab,** Definition of labeling and trend scanning functions.

## МОДЕЛЬ ДИНАМІЧНОГО КЕРУВАННЯ ЗАПАСАМИ ПРИ ВИЗНАЧЕНОМУ З ТОЧНІСТЮ ДО ПАРАМЕТРА ПОПИТУ

Трофімов О. В., Шатохін М.А., maks.shat2002@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Високий рівень волатильності ринкових цін, що пов'язаний з глобальними економічними та геополітичними факторами, а також нестабільний попит, спонукають трейдингові структури до оптимізації стратегії створення та поповнення запасів. Вибір оптимальної стратегії управління запасами для трейдера будемо проводити на основі статистичних даних про попит за відомими об'ємами місячних (або кварталних) споживань –  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Також вважатимемо відомим розподіл  $F$  попиту з точністю до невідомого параметра, що належить відомому класу функцій розподілу  $\Omega$ . По мірі накопичення даних, є можливість уточнювати параметр функції розподілу попиту і поновлювати критичні значення стратегії управління запасами. Тому найбільш оптимальним буде застосування моделей динамічного планування запасів з використанням теорії статистичних рішень, яка має перевагу над класичним методами оцінки параметрів розподілу, оскільки дозволяє враховувати можливі наслідки прийняття неправильних рішень з використанням функції ризику.

Нехай  $W(F, d)$  – невід'ємна функція збитків, що характеризує втрату від прийняття рішення  $d$ , якщо  $F$  – істинний розподіл попиту. Розіб'ємо множину  $\Omega$  на підкласи функцій розподілу  $\Omega_i$  так, що

$$\begin{cases} W(F, d_i) = 0 \text{ при } F \in \Omega_i \\ W(F, d_i) > 0 \text{ при } F \notin \Omega_i \end{cases}$$

В наслідок випадкового попиту та рандомізованих керуючих правил – вибір повинен бути реалізований з  $k$  гіпотез, сумарні витрати будуть стохастичною величиною з наступним математичним сподіванням:

$$r(F, \delta) = \sum_{i=1}^k W(F, d_i) \cdot \delta_{0i} +$$

$$+ \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{i=1}^k \int_{X_m} [W(F, d_i) + cm] \cdot P(m, d_i | \delta, x_1, x_2, \dots, x_m)$$

$$\times f(x_1, x_2, \dots, x_m | F) dx_1 dx_2 \dots dx_m,$$

де  $\delta = \{\delta_{im}\}$  – послідовність керуючих функцій, що визначають імовірність прийняття рішення  $d_i$  після  $m$  спостережень реалізації попиту;  $P(m, d_i | \delta, x_1, x_2, \dots, x_m)$  – імовірність прийняття рішення  $d_i$  на  $m$ -тому кроці при заданому керуючому правилі  $\delta$  та реалізації попиту  $(x_1, x_2, \dots, x_m)$ , а інтегрування відбувається на просторі  $X_m$  всіх  $m$ -мірних вибірок.

Вираз  $r(F, \delta)$  пов’язує ризик з вибором керуючого правила при відомому розподілі  $F$ . Будемо вважати розподіл попиту пуасонівським з невідомим параметром  $\lambda$  і далі застосовуємо байєсовську стратегію для отримання розв’язку. Байєсовське керуюче правило  $\delta^0$  мінімізує очікуваний ризик  $\bar{r}(\zeta, \delta)$  по всім можливим правилам  $\delta$

$$\bar{r}(\zeta, \delta^0) = \min_{\delta} \bar{r}(\zeta, \delta).$$

Використовуючи описаний алгоритм динамічного керування запасами при визначеному з точністю до параметра попиту, можна розрахувати вектор очікуваного ризику та за його мінімальним компонентом визначити відповідне оптимальне значення запасу  $\hat{Y}$  та мінімальні витрати  $\hat{S}$ .

#### Біографічні посилання

1. Рижиков Ю. І. Управління запасами. М.: «Наука», 1969, 344 с.
2. Starr M., Miller D., Inventory control: theory and practice. Prentice-Hall. N. Y., 1962.
3. Mandeep Mittal, Nita H. Shah, Optimal Inventory Control and Management Techniques, 2016, 406 p.

## СИСТЕМА АНАЛІЗУ РЕКОМЕНДАЦІЙ ПРИ ВИНИКНЕННІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Туз О. І., ost.tuz@gmail.com, Басюк Т. М., taras.m.basyuk@lpnu.ua

*НУ «Львівська політехніка»*

Надзвичайні ситуації завжди переслідують людей, як у мирний так і військовий час. З початком повномасштабної війни для багатьох українців вони, на жаль, стали буденністю.

Враховуючи це державна служба цивільного захисту розробляє різні системи для оповіщення населення, залучаючи до цього найрізноманітніші засоби: сирени, радіо, теленовини, соціальні мережі тощо[1]. Зазначені оповіщення бувають як загальнодержавні, так і більш локальні, місцеві, та виникає питання чи достатньо вони персоналізовані для потенційних користувачів? Чи можуть стандартні засоби інформування врахувати можливі обставини, адже повідомлення про небезпеку наприклад, в центрі міста не завжди є актуальним на її околицях, окрім того кожна конкретна людина може мати свої персональні обмеження.

В результаті досліджень було вирішено створити систему, яка вирішує цю проблему. Головна мета – створити додаток, який буде адаптуватись під актуальні проблеми користувача і надавати необхідні рекомендації.

Проаналізувавши ринок подібних систем, визначено що подібним функціоналом володіє додаток «Ostrzezenia» [2], який є інтегрованим в польську систему оповіщення населення. Даний додаток не тільки оповіщає населення, але і надає першочергові рекомендації. Оскільки дане програмне забезпечення є захищене авторськими правами то постала проблема розробки подібної системи із зазначеними функціями

Перед етапом конструювання було здійснено процес її системного дослідження та побудовано множину діаграм. Зокрема на рис.1 зображена контекстна діаграма, що відображає взаємодію системи із зовнішніми

сутностями (Рис.1). Зокрема, Державна служба надзвичайних ситуацій є головним джерелом інформації про надзвичайну ситуацію. Програма опрацьовує дані і збирає можливі рекомендації, які розміщуються в сховищі даних. На базі цього утворюється модель, яка опрацьовує запити користувачів і надсилає їм коректні відповіді.

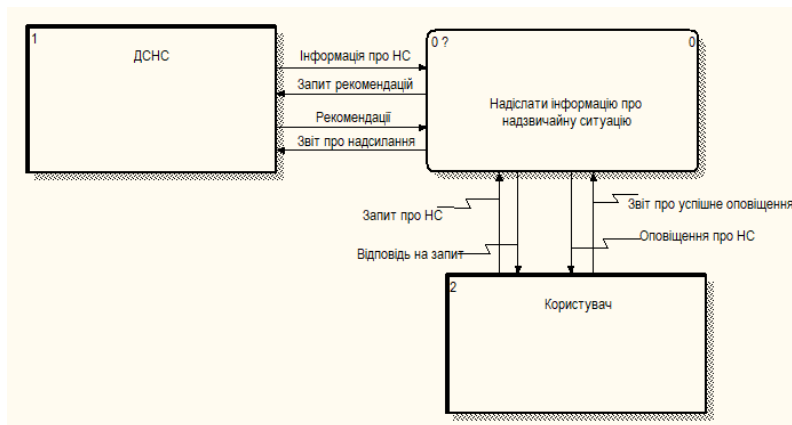


Рис.1 Контекстна діаграма

Через вимогу мобільності і доступності, було прийнято рішення відтворити її у вигляді мобільного додатка. Також система містить функцію швидкого виклику екстрених служб і можливість побудови звіту, з усією необхідною для них інформацією. Класифікація надзвичайної ситуації здійснюється з використанням методів машинного навчання. Базуючись на зібраних даних будуються моделі, які з високою точністю визначають вид небезпеки. Підсумовуючи результати дослідження, можна визнати, що розроблений додаток допоможе розширити покриття оповіщення серед громадян, а також забезпечить користувачів більш персоналізованими рекомендаціями. Це суттєво зменшить кількість постраждалих, а в деяких випадках навіть зможе врятувати життя.

#### Список використаних літературних джерел

1. Кодекс цивільного захисту України: закон від 02 жовтня 2012 р. № 5403-VI// Відомості Верховної Ради України. 2013. № 34-35. Ст. 458.
2. Міністерство внутрішніх справ та адміністрації Польщі. Регіональна система оповіщення: веб-сайт. URL: <https://www.gov.pl/web/mswia/regionalny-system-oprzegania>

## НАЯВНІСТЬ АНОМАЛІЙ ПРИ ПОБУДОВІ ПАРАЛЕЛЬНИХ УПОРЯДКУВАНЬ ДЛЯ ОДНОГО КЛАСУ ГРАФІВ

Турчина В.А., Малієнко О.О., [chelpanovaolha@gmail.com](mailto:chelpanovaolha@gmail.com)

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Задача паралельного упорядкування полягає в розміщенні вершин орієнтованого ациклічного графа на мінімальній кількості місць так, що на кожному місці стоїть фіксована їх кількість і виконується умова слідування.

Поняття аномалій в задачах теорії упорядкувань було вперше введено Р. Л. Грехемом. Під «аномаліями» розуміються випадки логічного покращення початкових умов задачі, що призводять до погіршення значення цільової функції. У [1] досліджено узагальнення декількох випадків, а саме: одночасної зміни двох або трьох параметрів.

Дана робота присвячена випадкам наявності аномалій для довільних деревовидних структур (дерев та лісів). Зокрема, отримано наступні результати: для зв'язних ациклічних графів має місце аномальне погіршення розв'язку при зменшенні ваги вершин. Дана аномалія виникає за рахунок вільного вибору вершин при побудові паралельного упорядкування за алгоритмом, заснованим на рівневому принципі. Також, вивчено випадок збільшення ширини упорядкування за умови видалення у початковому дереві окремих дуг. Дана ситуація може бути описана як перехід від дерева до лісу. Виникнення парадоксальної зміни результату у цьому випадку так само пояснюється вільним вибором вершин.

Подальшого дослідження потребують умови відсутності аномалій для даних підкласів орієнтованих графів.

### Перелік використаних джерел

Челпанова О.О. Узагальнення аномальних випадків у задачах упорядкування. / О.О. Челпанова, В.А. Турчина. // Питання прикладної математики та математичного моделювання: зб. наук. пр. Дніпро, 2021. – Вип. 21. – С. 220-226

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАДАЧ УПОРЯДКУВАННЯ ТА ПАКУВАННЯ

Турчина В.А., Коваленко Є.О. kovalenko.y20@fpm.dnu.edu.ua

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Задачі паралельного упорядкування вершин орграфів, так само як і задачі пакування, мають широке практичне застосування. Було досліджено зв'язок між ними для випадків лінійного пакування та упорядкування вершин повних дводольних орграфів  $K_{m,r}$ ,  $m, r \in N$ , де  $m$  та  $r$  — кількість вершин відповідно у першій та другій долях. Вага усіх вершин орграфа є однаковою і позначається як  $a$ . Виявляється, що розміщення вершин однієї долі в упорядкуванні можна розглядати як задачу про оптимальне лінійне пакування, яка має наступне формулювання [1].

Задача 1. Нехай задана множина одновимірних комірок довжини  $L$  і  $m$  об'єктів із заданими довжинами  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_m$ . Необхідно знайти мінімальне ціле число комірок  $B$  і розбиття множини об'єктів  $M = \{1, \dots, m\}$  на  $B$  підмножин  $M_1, M_2, M_3, \dots, M_B$  так, щоб  $\bigcup_{i=1}^B M_i = M$ ;  $M_i \cap M_j = \emptyset$ ;

$$\sum_{j \in M_i} a_j \leq L, \quad i = 1, 2, \dots, B.$$

Для формалізації задачі введено величини  $x_{ij}$  та  $y_i$  наступним чином:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } j\text{-ий об'єкт міститься в } i\text{-тій комірці} \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases}; \quad y_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i\text{-та комірка непорожня} \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases}.$$

Цільова функція:

$$B = \sum_{i=1}^m y_i \rightarrow \min. \quad (1)$$

Обмеження:

$$\sum_{j=1}^m a_j x_{ij} \leq L y_i, \quad i = 1, 2, \dots, B; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^B x_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, m; \quad (3)$$



$$y_i \in \{0;1\}, i = 1, 2, \dots, B; \quad (4)$$

$$x_{ij} \in \{0;1\}, i = 1, 2, \dots, B, j = 1, 2, \dots, m. \quad (5)$$

Проводячи аналогію між задачею паралельного упорядкування та задачею про оптимальне лінійне пакування, показано, що коміркам відповідають місця в упорядкуванні, а об'єктам довжини  $a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_m = a$  відповідають вершини. Тоді довжина комірок  $L = \frac{ma}{h}$ , де  $h$  — ширина упорядкування. При зведенні однієї задачі до іншої, для кожної доли оргграфа формулюється окрема задача.

Розглянуто також випадок, коли при побудові упорядкувань дозволені переривання [2]. Обмеження (5) в цьому випадку має вигляд

$$0 \leq x_{ij} \leq 1, i, j \in \{1, 2, \dots, m\}. \quad (6)$$

При заміні обмеження (5) на (6) одержуємо розбиття та оптимальне значення цільової функції при дозволених перериваннях відповідної задачі упорядкування.

Співставивши одержані розв'язки задач лінійного пакування та паралельного упорядкування, було показано, що вершини, які відповідають об'єктам в перших  $h$  розбиттях розподіляються групами по ширині упорядкування, при цьому вершини з підмножин  $M_i$ , де  $i > h$ , розміщуються на наступних позиціях упорядкування.

Встановлення такого зв'язку дозволить проаналізувати можливість використання методів розв'язання однієї із задач до іншої та надати практичні рекомендації.

#### Бібліографічні посилання

1. S. Martello, P. Toth. Knapsack problems. — Chichester, UK: John Wiley and Sons, 1990. — 296 p.
2. Турчина В.А., Коваленко Є.О. Паралельні упорядкування для повних дводольних графів. Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем». 2022. С.82-86.

## АЛГОРИТМИ ПЕРЕХОДУ МІЖ ФОРМАМИ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ГРАФИ

Турчина В.А., Маркова А.О., nmarkova273@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))

**Вступ.** В прикладних задачах, що зводяться до оптимізаційних задач на графах, одним із важливих питань є питання про зручне представлення інформації про граф. Іноді буває необхідно під час реалізації алгоритму, маючи початкове представлення інформації, переходити до більш зручного на певному етапі алгоритму іншого представлення. В даній роботі розглядаються три форми представлення такої інформації та способи переходу від однієї до іншої [1].

**Перехід між рівняннями та матрицею.** Нехай інформація про граф задана системою рівнянь вигляду  $f_k = f(x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_p})$ ,  $k = \overline{1, m}$ ,  $p \leq m$  (кількість аргументів функції в кожному рівнянні може бути різною). Щоб перейти від даної форми інформації до матричної, треба побудувати матрицю  $A = (a_{ij})_{m \times m}$ . Наявна залежність в  $k$ -му рівнянні від змінної  $x_{i_s}$  ( $s = \overline{1, p}$ ) відповідає тому, що в матриці  $A$  елемент  $a_{k, i_s} = 1$ , а решта елементів дорівнюють нулю. Так само можна виконати перехід від матриці до системи рівнянь. Якщо задана матриця суміжності, то перехід до рівнянь буде відповідати заміні  $k$ -го рядка матриці функцією  $f_k = f(x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_p})$ , в якій  $x_{i_s}$  присутній, якщо у відповідному стовпці елемент  $a_{k, i_s} = 1$ .

**Перехід між матрицею та комутативною діаграмою.** Під комутативною діаграмою розуміється структура, що має графічне зображення спеціальної структури графу, вершини якого відповідають об'єктам певних категорій, а ребра – відношенням між об'єктами. Перехід від матриці до комутативної діаграми здійснюється шляхом побудови дводольного графа. В ліву та праву долю входять по  $m$  вершин. Для кожного елемента матриці, що дорівнює одиниці, вводиться дуга з лівої

долі графа до правої. Перехід від комутативної діаграми до матриці відповідає тому, що значення елемента  $a_{k,i_s} = 1$ , якщо існує відповідна дуга  $(f_k, x_{i_s})$ .

**Перехід між рівняннями та комутативною діаграмою.** Кожне рівняння утворює тензори лінійного простору. Тобто для рівняння

$f_k = f(x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_p})$  результуючими векторами будуть  $\overline{f_k, x_{i_s}}$  (їх кількість відповідає кількості аргументів функції). В термінах комутативної діаграми вектори є дугами, що поєднують вершини  $f_k$  лівої долі графа та вершини  $x_{i_s}$  правої долі. Таким чином, здійснюється перехід від системи рівнянь до комутативної діаграми. В зворотному напрямку відновлюється залежність кожної вершини лівої долі  $f_k$  від вершин правої долі  $x_{i_s}$  через дуги  $(f_k, x_{i_s})$  у відповідне рівняння  $f_k = f(x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_p})$ .

**Приклад.** На рис. 1 зображено різні форми представлення однієї і тієї ж інформації.

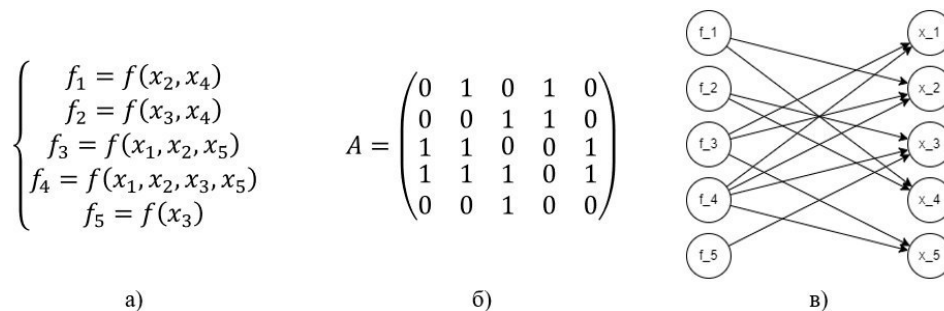


Рисунок 1. Форми представлення інформації: рівняння (а), матриця (б) та комутативна діаграма (в).

Проведено аналіз та даються практичні рекомендації щодо використання відповідної форми для окремих оптимізаційних задач на графах.

**Перелік використаних джерел**

Hilding Elmqvist, Martin Otter. Methods for Tearing Systems of Equations in Object-Oriented Modeling. In: Proc. ESM'94 European Simulation Multiconference Barcelona, Spain, June 1-3, - 1994, - pp. 326-332.

## СПОСОБИ АВТОМАТИЧНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ТЕКСТУ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ СУЧАСНИМИ СЕРВІСАМИ

**Федотов К. В.**, kirillfedotov.info@gmail.com

**Божуха Л. М.**, bozhukha.li@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Існує багато підходів до автоматичної класифікації тексту, які можна згрупувати в три різні типи систем: системи на основі правил; системи на основі машинного навчання; гібридні системи. Підходи, що ґрунтуються на правилах, поділяють тексти на організовані групи за допомогою набору створених людиною лінгвістичних правил. Ці правила повідомляють системі, як визначити відповідну категорію на основі вмісту тексту. Кожне правило складається з шаблону та категорії, що відповідає цьому шаблону. Системи, засновані на правилах, зрозумілі людині та можуть покращуватися з часом. Але такий підхід має деякі недоліки. По-перше, ці системи вимагають глибоких знань предметної області. Вони також забирають багато часу, оскільки створення правил для складної системи може бути досить складним і зазвичай потребує багато аналізу та тестування. Системи на основі правил також важко підтримувати та масштабувати, оскільки додавання нових правил може вплинути на результати попередніх правил. Класифікація на основі машинного навчання ґрунтується на минулих спостереженнях. Використовуючи попередньо класифіковані навчальні дані, алгоритм машинного навчання може дізнатися про різні асоціації між частинами тексту та про те, що певний вихід (тобто група, клас, категорія) очікується для певного введення (тобто тексту). Гібридні системи класифікації поєднують класифікацію на основі машинного навчання та на основі правил. Гібридні системи можна легко налаштувати, додавши спеціальні правила для тих конфліктуючих класів, які не були правильно змодельовані базовим класифікатором.

- John Gantz, David Reinsel, «The Digital Universe: Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East», December 2012 – С. 187-192.
- Abdur Rehman, Haroon A. Barbi, Mehreen Saeed, «Feature Extraction for Classification of Text Documents», 2012 – С.285-289.
- Лифшиц Ю., «Алгоритмы для интернета: Автоматическая классификация текстов», 2006 – С. 59-71.

## РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕРПОЛЯЦІЙНОГО МНОГОЧЛЕНА ЛАГРАНЖА З ВИКОРИСТАННЯМ PYTHON

Філімонова Т.О., tatyana0377@gmail.com,

Компанець В.С., Vladkompanets28@gmail.com

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ

**Постановка задачі.** Побудувати інтерполяційний багаточлен Лагранжа  $L_n(x)$  для функції  $f(x)$ , що задана таблицею. Побудувати графік інтерполяційної функції  $y = L_n(x)$  за наявним набором точок.

Таблиця 1. Таблично задана функція  $f(x)$

$x_i$	-3	-2	0	2
$f(x_i)$	-22	-13	-7	3

**Розв'язання.** У випадку  $n = 3$  розрахункова формула матиме вигляд [1]:

$$L_3(x) = \frac{(x-x_1)(x-x_2)(x-x_3)}{(x_0-x_1)(x_0-x_2)(x_0-x_3)}y_0 + \frac{(x-x_0)(x-x_2)(x-x_3)}{(x_1-x_0)(x_1-x_2)(x_1-x_3)}y_1 +$$

$$+ \frac{(x-x_0)(x-x_1)(x-x_3)}{(x_2-x_0)(x_2-x_1)(x_2-x_3)}y_2 + \frac{(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)}{(x_3-x_0)(x_3-x_1)(x_3-x_2)}y_3.$$

Розв'яжемо задачу з використанням Python. Імпортуємо необхідні бібліотеки [2] (рис. 1).

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.interpolate import lagrange
```

Рис. 1. Імпортування бібліотек

Задаємо точки  $x_i$  та відповідні значення функції  $f(x_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . За допомогою функції `lagrange()` реалізуємо побудову багаточлена Лагранжа (рис. 2).

```
x=np.array([-3.,-2.,0.,2.], dtype=float)
y=np.array([-22.,-13.,-7.,23.], dtype=float)
```

```
def lagranz(x,y,t):
    z=0
    for j in range(len(y)):
        p1=1; p2=1
        for i in range(len(x)):
            if i==j:
                p1=p1*1; p2=p2*1
            else:
                p1=p1*(t-x[i])
                p2=p2*(x[j]-x[i])
        z=z+y[j]*p1/p2
    return z
```

Рис. 2. Побудова багаточлена Лагранжа

Візуалізуємо отримані результати. Побудуємо графік інтерполяційної функції за наявним набором точок. Перевіримо правильність обчислень за допомогою функції `lagrange()`, що належить бібліотеці `scipy` [3]. На рис. 3 наведено графік інтерполяційної функції, побудованої за наявним набором точок і графік функції Лагранжа, побудованої за допомогою `lagrange()`. Ми отримали ідентичні графіки. Можна зробити висновок, що багаточлен Лагранжа побудовано правильно.

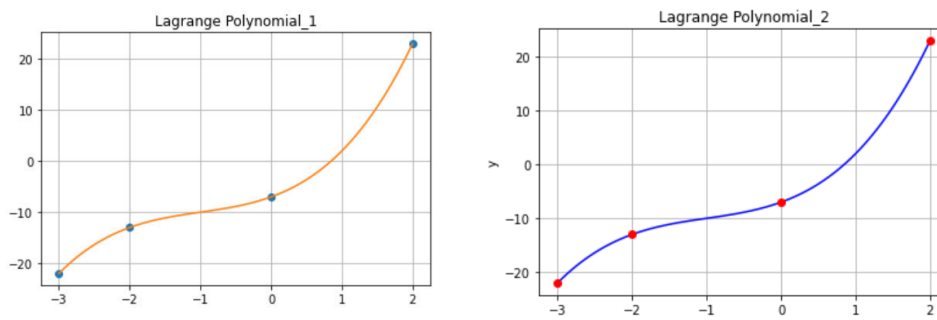


Рис. 4. Візуалізація результатів

**Висновки.** В роботі реалізовано багаточлен Лагранжа з використанням Python. Результати візуалізовано. Графіки інтерполяційної функції Лагранжа за наявним набором точок і за да допомогою функції `lagrange()` співпали.

#### Список використаних джерел

1. Програмування числових методів мовою Python : навч. посіб. / А. Ю. Дорошенко, С. Д. Погорілий, Я. Ю. Дорогий, Є. В. Глушко ; за ред. А. В. Анісімова. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2013. – 463 с.
2. NumPy. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://numpy.org/doc/stable/index.html#>
3. Scipy. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/>

## НАБЛИЖЕННЯ ФУНКЦІЙ ПОЛІНОМОМ ТЕЙЛОРА З ВИКОРИСТАННЯМ PYTHON

Філімонова Т.О., tatyana0377@gmail.com,

Санжаров Д.Р., daniilsan347@gmail.com

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ

**Постановка задачі.** Апроксимувати функцію  $f(x) = x + \sin x$  поліномом Тейлора 4 степені на відрізку  $[-2; 2]$ . Побудувати графік заданої та наближеної функцій та визначити похибку.

*Розв'язання.* Знайдемо похідні до п'ятого порядку та їх значення при  $x = 0$  [1]:

$$f'(x) = 1 + \cos x ,$$

$$f''(x) = -\sin x ,$$

$$f'''(x) = -\cos x ,$$

$$f^{(4)}(x) = \sin x ,$$

$$f^{(5)}(x) = \cos x ,$$

$$f(0) = 0, f'(0) = 2, f''(0) = 0, f'''(0) = -1, f^{(4)}(0) = 0.$$

Маємо:

$$f(x) \approx f(0) + f'(0)(x - 0) + f''(0) \frac{(x - 0)^2}{2!} + f'''(0) \frac{(x - 0)^3}{3!} + f^{(4)}(x) \frac{(x - 0)^4}{4!}.$$

Підставляючи конкретні значення:

$$f(x) \approx 0 + 2x + 0 \cdot \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{6} + 0 \cdot \frac{x^4}{24} \approx 2x - \frac{x^3}{6}.$$

Для оцінки похибки оцінимо п'яту похідну. П'ята похідна при  $x \in [-2; 2]$  не перевищуватиме 1, тому при оцінці похибки  $M$  візьмемо 1, і маємо:

$$|R_4| \leq \frac{1}{24} \left| \int_0^2 (t - 2)^4 dt \right| = \frac{1}{24} \left| \frac{(t - 2)^5}{5} \Big|_0^2 \right| = \frac{4}{15}.$$

Розв'яжемо задачу з використанням Python. Імпортуємо необхідні бібліотеки (рис.1) [2, 3].

```
import sympy as sp
from math import factorial as fact
```

Рис. 1. Імпорт бібліотек

Створимо функцію  $taylor()$ , яка створить наближену функцію (рис.2).

```
def taylor(f, x, n):
    diffs = []
    for i in range(1, n+1):
        diffs.append(sp.diff(f, x, i))
    y = f
    for i in range(n):
        y += diffs[i] * (x - 0)**i / fact(i)
    return y
```

Рис. 2. Функція  $taylor()$

Створимо список символів  $x$ , задаймо функцію  $f(x) = x + \sin x$  (рис.3) та побудуємо графіки (рис.4).

```
x = sp.symbols('x')
f = x + sp.sin(x)
taylor_x = taylor(f, x, 4)
sp.plot(taylor_x, f, (x, -2, 2))
```

Рис. 3. Задання змінних та побудова графіків

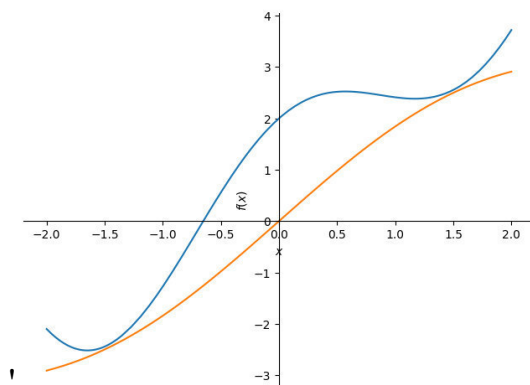


Рис. 4. Графіки функції  $f(x) = x + \sin x$  та наближеної до неї

**Висновки.** Задана функція апроксимована багаточленом Тейлора, побудовано графік оригінальної та наближеної функцій з використанням Python.

#### Список використаних джерел

1. Чисельні методи: конспект лекцій / О.В. Горда. – К.: КНУБА, 2009. – 76 с.
2. SymPy Python. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.sympy.org/en/index.html>
3. Math Python. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://docs.python.org/3/library/math.html>



## DEVELOPMENT OF A NEURAL NETWORK FOR SOLVING THE PROBLEMS OF MEDICAL DIAGNOSTICS

Furs S.O., sesergejfurs@gmail.com

Chernitska O.V., chernitskaya.olga@ukr.net

*Oles Honchar Dnipro National University*

A large number of medical institutions, whether private or public, need automation and improvement in various directions, especially when it comes to establishing patient diagnoses. This process is always different for each person, but still has the same type of actions and algorithms based on special analyses, research and personal experience, which the specialist comes to a more likely diagnosis.

To implement the problem of disease diagnosis, a feed-forward neural network was chosen, which transmits information from input to output and has layers, where each layer consists of input, output, or hidden neurons. The neurons of the same layer are not connected to each other, but the layers are closely connected. This neural network is trained using the method of error backpropagation, in which the network receives sets of input and output data. This process is called "learning with a teacher".

To train the neural network, a classified and organized database was loaded, where the data is official and collected by one famous medical university from real patient disease stories and their diagnoses. A neural network trained on these data can make a diagnosis with minimal error. To obtain a diagnosis, the neural network receives input data such as gender, age, blood pressure, sports activity (must be from 1 to 10), cardiac workload, and others. At the output, the system offers a ready-made diagnosis.

1. Субботін С.О. Нейронні мережі: теорія та практика: навч. посіб. – Житомир: Вид. О.О.Євенок, 2020. – 184 с.

## АНАЛІЗ ТА ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КУБАТУРНОЇ ФОРМУЛИ СІМПСОНИ ТА МЕТОДУ МОНТЕ-КАРЛО НАБЛИЖЕНОГО ОБЧИСЛЕННЯ ІНТЕГРАЛІВ

Харун Д.К., davidharun3151@gmail.com, Волошко В. Л., VVL56@i.ua,

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Інтеграл - одне з найважливіших понять математичного аналізу, яке

виникає при розв'язуванні завдань:

- знаходження площі фігури, обмеженої кривою;
- визначення довжини шляху у випадку нерівномірного руху;
- знаходження маси неоднорідного тіла;
- задача відновлення функції за її похідною (невизначений інтеграл).

Спрощено інтеграл можна подати як аналог суми для нескінченного числа нескінченно малих доданків. Залежно від простору, на якому задана підінтегральна функція, інтеграл може бути подвійним, потрійним, криволінійним, поверхневим. Існують різні підходи визначення інтеграла — розрізняють інтеграли Рімана, Лебега, Стильєса та інші [1].

Розвиток математичної фізики приводить до ускладнених і різноманітних постановок граничних задач, переважна більшість яких потребує ефективних методів обчислення інтегралів у випадках складних форм областей визначення функцій. Складною може бути також сама функція, первісну якої не завжди вдається знайти. Наразі є багато ефективних традиційних обчислювальних методів (формула Сімпсона), які прості у застосуванні до одновимірних інтегралів. Для інших випадків, застосування цих формул стає більш складним або взагалі неможливим.

Методи Монте-Карло (ММК) – це чисельні методи розв'язання математичних задач за допомогою моделювання випадкових величин. ММК дозволяють успішно розв'язувати математичні проблеми, зумовлені ймовірнісними процесами. Для вирішення завдань можна пов'язати їх з

випадковими числами, тобто штучно побудувати ймовірнісну модель і, навіть, не одну, що нерідко спрощує проблему. Розглянемо, наприклад

$$J = \int_a^b f(x) dx$$

При обчисленні цього інтеграла за формулою прямокутників інтервал  $[a, b]$  розбиваємо на  $N$  однакових інтервалів, у середині яких обчислювалися значення підінтегральної функції. Обчислення значень функції у випадкових точках дає більш точний результат:

$$J = \int_a^b f(x) dx \approx \frac{b-a}{N} \sum_{i=1}^N f(x_i)$$

$$x_i = a + \gamma_i(b-a)$$

Тут  $\gamma_i$  - випадкове число, рівномірно розподілене на інтервалі  $[0, 1]$ . Похибка обчислення інтеграла ММК  $\sim \frac{1}{\sqrt{N}}$

Кубатурна формула Сімпсона має в основі квадратурну формулу Сімпсона застосовану двічі до розписаного інтегралу через повторний [2]:

$$\begin{aligned} \iint_D f(x, y) dx dy &= \int_a^A dx \int_b^B f(x, y) dy = \frac{k}{3} \int_a^A f(x, y_0) + 4f(x, y_1) + f(x, y_2) dx \\ &= \frac{k}{3} \int_a^A f(x, y_0) dx + 4 \int_a^A f(x, y_1) dx + \int_a^A f(x, y_2) dx \\ &= \frac{hk}{9} (f(x_0, y_0) + f(x_2, y_0) + f(x_2, y_2) + f(x_0, y_2) + 4f(x_0, y_1) \\ &\quad + 4f(x_1, y_0) + 4f(x_2, y_1) + 4f(x_1, y_2) + 16f(x_1, y_1)) \end{aligned}$$

При визначенні ефективності методів звертають увагу на такі параметри як швидкість обчислення та точність відповіді у конкретних задачах.

#### Бібліографічні посилання

1. Кратні, криволінійні, поверхневі інтеграли. Елементи теорії поля – Романчук Н.О., Шаповал Н.О., Майборода О.В. – НУК, 2020 – 152 с.
2. Вища математика. – В.П. Легеза, М.А. Мартиненко, Ю.І. Іванова. – Четверта хвиля, 2014 – 368 с.

## ОЦІНКА ОБҐРУНТОВАНOSTІ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДЛЯ ДАНИХ ВИСОКОЇ РОЗМІРНОСТІ

Холоша І.І., holoshai@gmail.com, Наконечна Т.В.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Кластеризація є однією із задач логічного аналізу даних. Її призначення формально можна визначити як розбиття сукупності об'єктів на однорідні за якоюсь ознакою групи – кластери. Головна відмінність кластеризації від класифікації полягає в тому, що перша з них не має жодних відомостей про класи, які їй належить виділити, за винятком, у кращому випадку, їх числа чи розміру. Найбільшого поширення кластеризація набула у біології, біоінформатиці, маркетингових дослідженнях, інформаційному пошуку і навіть у психології.

Однією з численних областей застосування кластеризації є пошук зображень за змістом. Існує гіпотеза, що активно розробляється і на даний момент підтверджена рядом експериментів, про те, що для різних семантичних класів зображень буде корисно використовувати різні алгоритми пошуку за змістом [1,2], а виділення класів із множини даних – пряме завдання кластеризації.

Мета даної роботи полягає у визначенні нової метрики обґрунтованості, що поєднує в собі можливість деякого "візуального" сприйняття результатів кластеризації та вірну оцінку якості одержаної кластерної структури.

Запропонована метрика обґрунтованості базується на двох основних поняттях: *ядро* кластера та *щільність* кластера.

Кластерним ядром, загалом, називається частина елементів кластера, найбільш приближена до його центру. У цій роботі ми визначаємо радіус кластерного ядра як

$$R_i = \bar{r}_i + \sqrt{2} \cdot \sigma_i$$

тут  $\bar{r}_i$  це середня відстань між центром кластера та кластерними елементами, а  $\sigma_i$  – середньоквадратичне відхилення вищезгаданої величини.

Зазвичай під щільністю кластера мають на увазі дисперсію відстаней від кожного елемента до центру кластера.

Ми пропонуємо розраховувати щільність кластера наступним чином

$$\rho_i = \frac{R_i}{\bar{N}_i} .$$

У разі  $R_i$  це радіус кластерного ядра, визначений вище, а  $\bar{N}_i$  число елементів, складових ядро. Оцінкою для всього результату кластеризації буде середня щільність

$$\bar{\rho} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_{n_c}}{n_c} .$$

Таким чином, ми отримуємо метрику обґрунтованості, яка легко обчислювана, стійка до викидів і здатна дати вірне уявлення про компактність кластерів та близькість елементів кластера до його центру.

Щільність ядра ніяк не враховує другий з критеріїв обґрунтованості, відокремленість, але в даному випадку це припустимо, оскільки кластери зображень здебільшого не є чіткими. Зроблені експерименти показують, що незважаючи на простоту введена метрика здатна надавати адекватні результати.

#### Бібліографічні посилання

1. George Karypis: CLUTO A Clustering Toolkit.
2. Moses Charikar, Chandra Chekuri, Tomas Feder, Rajeev Motwani: Incremental Clustering and Dynamic Information Retrieval.

## КОМП'ЮТЕРНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ТЕКСТУ НА ОСНОВІ ШТУЧНОЇ МОВИ ІТКУЇЛЬ

**Храпак Б. С., Михальчук Г. Й., bohdan.khrapak@gmail.com**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Представлення тексту залишається основним завданням у обробці природної мови, оскільки багато важливих застосувань у суміжних областях полягають у розумінні речень, наприклад, узагальнення, машинний переклад, аналіз настроїв і система діалогу [1].

В той же час, проблеми представлення мови досліджувалися не тільки в комп'ютерних науках, але в багатьох інших, зокрема - лінгвістиці. Як один із прикладів дослідження - штучна мова Іткуїль. Іткуїль - це експериментальна сконструйована мова, створена Джоном Кіхадю. Вона розроблена, щоб коротко, але чітко висловити більш глибокі рівні людського пізнання.

Створення речення в Іткуїль складається з ряду кроків, на кожному з яких обирається один чи декілька символів, які будуть репрезентувати певні характеристики речення [2]. Як приклад, можна розглянути таблицю кроку IV, який відповідає за функцію, специфікацію та контекст (табл. 1).

Таблиця 1 – Таблиця значень кроку IV

Функція	Специфікація	Контекст			
		Екзистенціальний	Функціональний	Представницький	Змішаний
Статична	Базова	a	ai	ia / uä	ao
	Змістова	ä	au	ie / ue	aö
	Установча	e	ei	io / üä	eo
	Предметна	i	eu	iö / üe	eö
Динамічна	Базова	u	ui	ua / iä	oa
	Змістова	ü	iu	ue / ie	öa
	Установча	o	oi	uo / öä	oe
	Предметна	ö	ou	uö / öe	öe

Спираючись на граматичну конструкцію мови Іткуїль, запропоновано структуру представлення речення, яка буде відображати всі необхідні характеристики. Більше того, для точнішого передання неоднозначностей природних мов структура вміщує не одно значення характеристики, а цілий масив можливих характеристик. Так, наприклад, загальну структуру з характеристиками з кроку IV подано на рисунку 1.

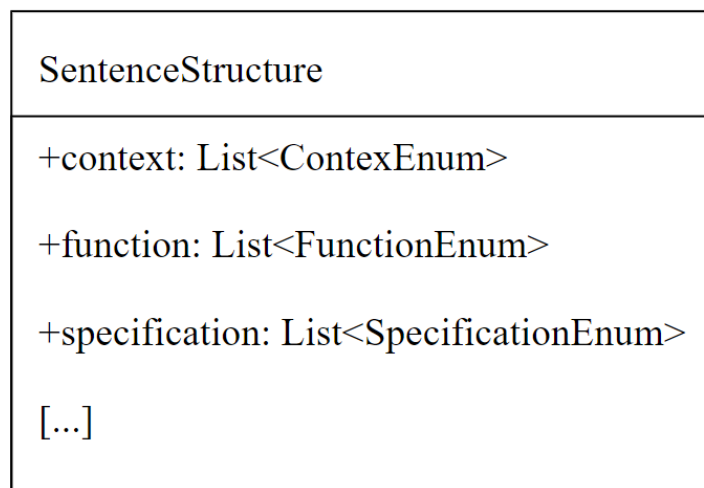


Рисунок 1 – Структура представлення тексту

Використання такої структури у якості абстрактного незалежного від мови представлення дозволяє показувати неоднозначні моменти в перекладі. Наприклад, фраза “You smiled” отримує можливі значення кількості підмета як однина, і множина, а рід – як будь-який. Переклад цієї фрази українською з інтерлінгва є “Ви посміхнулися”, “Ти посміхнулася”, “Ти посміхнувся”, “Ти посміхнулося”.

#### Бібліографічні посилання

1. Sentence Representation [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-5573-2\\_4](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-5573-2_4).
2. A Grammar of the Ithkuil Language - Introduction [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.ithkuil.net/00\\_intro.html](http://www.ithkuil.net/00_intro.html)

## СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ЗАДАЧАХ ОПТИМІЗАЦІЙНОГО ГЕОМЕТРИЧНОГО ПРОЄКТУВАННЯ

**Чугай А.М., Яськов Г.М., Шеховцов С.Б.**

chugay.andrey80@gmail.com, yaskov@ukr.net, tarom7@yahoo.com

*Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України*

Одним із інструментів вивчення та оптимізації складних технічних систем для досягнення стану їх оптимального функціонування є теорія оптимізаційного геометричного проєктування, яка призначена для вирішення класу прикладних оптимізаційних задач розміщення геометричних об'єктів (розкрою, пакування та покриття) [1]. Ці задачі пов'язані зі створенням енерго- та ресурсозберігаючих технологій в енергетиці, машино-, судно-, авіабудуванні, будівництві, хімічній промисловості, а також у наукових дослідженнях у галузі нанотехнологій, у сучасних задачах біології, мінералогії, медицини, матеріалознавства, в робототехніці, задачах кодування інформації, системах розпізнавання образів, системах управління космічними апаратами під час автоматизації та моделювання процесів розміщення різних тривимірних тіл.

Для задач геометричного проєктування сформулюємо загальну постановку та узагальнену математичну модель, яка може мати велику кількість різних реалізацій (різні функції цілі, технологічні обмеження).

В даний час створено досить широкий спектр методів розв'язання оптимізаційних задач розміщення двовимірних та тривимірних тіл.

Слід зазначити, що складність аналітичного опису області допустимих рішень, багатовимірність і багатоекстремальність цих задач, нелінійність функцій обмежень області допустимих рішень вимагають розробки сучасних інтелектуальних інформаційних технологій для їх ефективного вирішення.

Через складність математичних моделей задач оптимізаційного геометричного проєктування та надзвичайно велику обчислювальну складність для успішного вирішення таких задач необхідно застосовувати сучасні підходи.



Сучасним підходом для досягнення максимального прогресу у вирішенні складних наукових проблем наразі є "штучний інтелект", одним із напрямів якого є інтелектуальні інформаційні технології [2], що дають змогу створити інтелектуальні системи. Вони здатні вирішувати задачі, що традиційно вважаються творчими та належать до конкретної предметної галузі.

Під інтелектуальною інформаційною системою розуміють взаємопов'язану сукупність засобів, моделей та методів, алгоритмів та програмного забезпечення, здатного обробити масив вхідної інформації про задачу, проаналізувати систему технологічних обмежень та, ґрунтуючись на проведеному аналізі, вибрати оптимальну математичну модель та стратегію розв'язання, самостійно провести налаштування параметрів методів вирішення залежно від вихідних даних та специфіки розв'язуваної задачі.

Для розробки інтелектуальних технологій велике значення має виявлення загальних закономірностей моделювання оптимізаційних задач геометричного проектування, що пов'язано із забезпеченням можливості застосування методів вирішення одного класу завдань до іншого, відмінного за своєю неформальною постановкою.

Створення інтелектуальних технологій виходячи з єдиного підходу до математичного моделювання та вирішення оптимізаційних задач пакування тривимірних тіл на базі арсеналу засобів, розвинених у рамках теорії оптимізаційного геометричного проектування, дасть можливість створити сучасну інформаційну систему, що забезпечує автоматизовану підтримку прийняття рішень у задачах оптимізаційного геометричного проектування.

Chernov N., Stoyan Y., Romanova T. Mathematical model and efficient algorithms for object packing problem. *Computational Geometry. Theory and Application*. 2010. № 43(5). С. 535–553.

Pashchenko F. F., An B. T., Hieu T. D., Pashchenko A. F. and Trong N. Van. "Intelligent Technologies in Decision-Making Support Systems," 2020 International Conference Engineering and Telecommunication (En&T), 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/EnT50437.2020.9431248.

**PIEZOELECTRIC BIMATERIAL WITH ELECTRICALLY  
CONDUCTIVE AND ELECTRICALLY PERMEABLE COLLINEAR  
CRACKS AT THE INTERFACE**

**Shevelova N.V.**, nataliya.shevelyova@gmail.com,

**Khodanen T.V.**, thod@ua.fm

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

The problem of the electrically conductive and electrically permeable cracks situated along an interface of two piezoelectric materials is considered. The materials polarization is co-directed with the crack front and an anti-plane mechanical loading and an in-plane electric field are applied. A combined Dirichlet-Riemann boundary value problem with respect to the function analytic in the whole plane cut along the crack segments is formulated. An analytical solution of this problem is presented. It permitted to find relatively simple expressions for the shear stress and the electric field at different bonded parts of the material interface. The intensity factors of these components at the crack tips are also found. The mechanical and electric displacement jumps along the crack regions are presented and their behavior at the crack tips are considered. Special attention is devoted to the energy release rates. With use of asymptotic expressions of the stress, electric field, mechanical and electrical displacement jumps at the crack tips the analytical expressions for the ERR are found for the electrically conducting and the electrically permeable cracks, respectively.

The results of the numerical analysis demonstrated the variations of the crack sliding, electric displacement jump, stress and electric field along the correspondent parts of the material interface for different distances between the cracks at different intensities of mechanic and electric loadings. The associated variations of the ERR are demonstrated. It is found that for a large distance between cracks the electric field significantly affects the ERR of the electrically conductive crack and does not change these values for the electrically permeable one.

**ТЕХНОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРУ ОБ'ЄКТА  
НА МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ**

**Шевченко Р.Р.**, [groleore@gmail.com](mailto:groleore@gmail.com)

**Мацуга О.М.**, [olga.matsuga@gmail.com](mailto:olga.matsuga@gmail.com)

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Під час опрацювання та аналізу медичних зображень постає потреба виділяти на зображеннях певні об'єкти та обчислювати їх розмір. Наприклад, у гінекології для визначення терміну вагітності та діагностування затримок у розвитку плоду лікарі-акушери оцінюють розмір матки за зображеннями, отриманими за допомогою ультразвукової діагностики. В онкології для прийняття рішення про необхідність хірургічного втручання обчислюють об'єм пухлини на зображеннях, одержаних за допомогою магнітно-резонансної (МРТ) або комп'ютерної томографії.

У даній роботі задано зображення МРТ головного мозку пацієнтів із уперше діагностованою гліобластомою і поставлено задачу виділення на цих зображеннях пухлин та обчислення їх розміру.

Для розв'язання цієї задачі запропоновано обчислювальну схему, яка базується на комбінуванні алгоритму нарощування області (region growing) та алгоритму виділення контурів. Схема складається з наступних етапів:

1. Обираємо початкову точку та задаємо порогове значення для алгоритму нарощування області.
2. Отримуємо множину точок сегменту за допомогою алгоритму нарощування області.
3. На початковому зображенні усі пікселі, які не належать виділеному сегменту, встановлюємо в 0 (чорний колір), а пікселі сегменту – в 1 (білий колір). Цей крок необхідний як для ізоляції потрібної області, так і для бінаризації усього зображення, що є необхідною умовою для наступних кроків

4. Виділяємо контури на зображенні, одержаному на попередньому кроці за допомогою алгоритму, запропонованому Сатоші Судзукі.

5. Обчислюємо площу сегменту, що відповідає контуру, за допомогою формули Гріна.

Виділення контурів дозволяє, по-перше, використати вже існуючі формули для обчислення площі; по-друге, зменшити об'єм інформації, який необхідно зберігати для експорту розмічених даних; по-третє, зробити більш акуратну візуалізацію отриманого сегменту та позбавитись від “викидів” (окремих точок, що фактично належать пухлині та потрапляють у межі контуру, проте не потрапляють у множину, виділену алгоритмом нарощування області).

Слід зазначити, що формула Гріна дозволяє обчислити абсолютне значення площі (кількість пікселів). Для того, щоб отримати значення, яке може бути інтерпретоване лікарем-онкологом, необхідно обчислити площу усього зрізу мозку (для цього слід перевести початкове зображення у grayscale, застосувати пороговий метод, а потім кроки 4-5 зі схеми) та з метаданих DICOM-файлу дістати відомості про площу усього зрізу у см<sup>2</sup>. Площу виділеного сегменту у см<sup>2</sup> (наприклад, пухлини) тоді можна вирахувати через пропорцію.

Запропонована обчислювальна схема реалізована у системі Tumor Segmentator, яка призначена для сегментації медичних зображень. Система також дозволяє здійснювати імпорт та експорт виділених областей у форматі JSON.

**ПРО ВІДНОВЛЕННЯ КУСКОВО-НЕЛІНІЙНИХ РЕГРЕСІЙНИХ  
ЗАЛЕЖНОСТЕЙ З ОДНИМ ВУЗЛОМ****Шеремет В.С., valerasheremet96@gmail.com****Мацуга О.М., olga.matsuga@gmail.com***Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Задача відновлення регресійних залежностей постає в різних сферах діяльності. В багатьох ситуаціях існуючі залежності не можна описати за допомогою класичної лінійної або навіть кусково-лінійної моделі. Виникає потреба у застосуванні кусково-нелінійних моделей.

У роботі розглянуто і програмно реалізовано ефективні алгоритми відновлення кусково-нелінійних залежностей з одним вузлом.

Перш за все, варто зазначити, що відновлення кусково-нелінійних регресійних залежностей з одним вузлом за набором даних  $\{x_i, y_i; i = \overline{1, N}\}$  базується на їх приведенні до кусково-лінійних і у загальному вигляді складається з наступних етапів [1]:

1. Перетворення початкового набору даних до вигляду  $\{X_i, Y_i; i = \overline{1, N}\}$ , де  $Y_i = \varphi_1(y_i)$ ,  $X_i = \varphi_2(x_i)$ , а функції  $\varphi_1$  та  $\varphi_2$  залежать від виду нелінійної залежності.

2. Оцінювання параметрів, включаючи вузол склеювання, кусково-лінійної регресійної залежності з одним вузлом.

3. Зворотне перетворення для одержання оцінок параметрів нелінійної моделі.

Для оцінювання параметрів кусково-лінійної регресійної залежності з одним вузлом, що здійснюється на другому кроці, авторами запропоновано ефективні програмні алгоритми [2], використання яких є основою для швидкого та якісного відновлення нелінійних моделей. Стандартний алгоритм передбачає, що вузол склеювання знаходиться шляхом перебору усіх елементів вибірки, і для кожного потенційного вузла формується система лінійних алгебраїчних рівнянь, для чого здійснюється обчислення сум елементів вибірки, їх квадратів і т.п. шляхом

обходу усієї вибірки. Такий алгоритм є досить ресурсовитратним. Для пришвидшення його роботи в [2] пропонуються модифікації, суть яких у наступному:

1) попередньо для кожного елемента вибірки розрахувати суми потрібних величин від початку вибірки до цього елемента та від елемента до кінця вибірки, що обмежить кількість проходів вибіркою під час формування системи лінійних алгебраїчних рівнянь;

2) використовувати для пошуку вузла метод оптимізації, наприклад, золотого перетину.

На основі розглянутої схеми було розроблено програмне забезпечення відновлення кусково-нелінійних регресійних залежностей з одним вузлом, перевагами якого є швидкість роботи. У ньому реалізовано відновлення кусково-лінійної та 22 кусково-нелінійних залежностей. Для кожної моделі програмне забезпечення дозволяє

1) знаходити оцінки параметрів моделі, включаючи вузол склеювання;

2) відображати відновлену регресію на графіку з кореляційним полем;

3) будувати толерантні межі;

4) розраховувати такі метрики якості як корінь із залишкової дисперсії та коефіцієнт детермінації;

5) моделювати набір даних на основі заданої залежності.

Програмне забезпечення написано мовою C# на платформі .NET Framework 4.6.1. Його тестування було проведено на модельованих даних і засвідчило адекватність та швидкість роботи розробленої програми.

#### Список використаної літератури

1. Приставка О.П., Байбуз О.Г., Ємел'яненко Т.Г. Методи та алгоритми сплайн-регресійного аналізу. Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2012. 144 с.

2. Мацуга О.М., Шеремет В.С. Ефективні алгоритми відновлення кусково-лінійної регресії з одним вузлом. *Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій*: зб. наук. пр. Дніпро, 2021. Т. 25. С. 119-130.

## ВИКОРИСТАННЯ ПОНЯТТЯ КЛІК ГРАФУ ПРИ АНАЛІЗІ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

Щербатий К.Ю., gromell99@gmail.com, Турчина В.А.

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Надійність інфраструктури міста напряму залежить від безперебійності подачі електроенергії споживачам. Дуже показовими є ситуації, коли у випадку виведення з ладу однієї ланки системи, інші елементи нівелюють пошкодження, подаючи електроенергію в обхід пошкодженої ланки, що дає можливість у короткі терміни відновити електропостачання без зайвих витрат та попереднього відновлення системи.

Для того, щоб виділити із цієї енергетичної системи підсистему (підмножину), елементи якої будуть мати спільні з'єднання (або сполуки) один з одним, потрібно формалізувати саму множину, властивості, і структуру підмножини, яку шукаємо.

Для формалізації даної задачі зручно використовувати апарат теорії графів. У випадку, коли на пункти не накладаються ніякі спеціальні обмеження, отримаємо неорієнтований граф  $G = (V, E)$ ,  $|V| = n$ , в якому вершинам відповідають пункти з електрообладнанням, які живлять певну свою територію, а дугам – лінії електропередачі, що зв'язують пункти між собою, дозволяючи пропускати через себе струм в обидві сторони.

Тоді виникає задача – оцінити надійність ( $L$ ) системи в цілому, та знайти найбільш надійну ділянку даної системи.

В цьому випадку необхідно знайти в незваженому графі кліку максимального розміру, вершини якої і будуть відповідати найбільш надійнішим ділянкам.

Так, для графу із рис. 1 максимальною клікою буде кліка  $(v_4, v_5, v_8, v_9, v_{10})$ , яка виділена на графі. Вона складається з 5 вершин (пунктів з електрообладнанням) і приймає значення надійності  $L = 5$ .

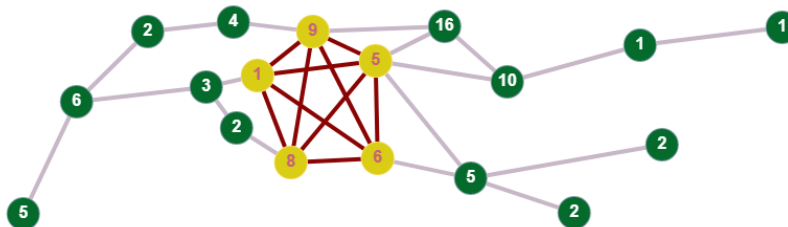


Рисунок 1. Максимальна кліка в графі з незваженими вершинами.

У випадку, коли кожній вершині присвоюється відповідна вага (максимальна спроможність пункту), то максимальною зваженою клікою буде кліка, сумарна вага вершин якої є максимальної серед всіх можливих клік. В цьому випадку виникає задача пошуку саме максимальних зважених клік.

Для прикладу із рис. 2, в якому номер кожної вершини замінено вагою цієї вершини, максимальною зваженою клікою буде кліка, що складається із трьох вершин  $(v_{10}, v_{11}, v_{12})$ . Їй відповідає максимальна сумарна потужність в 35 умовних одиниць.

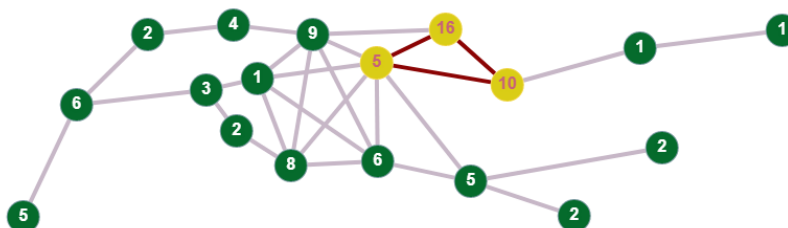


Рисунок 2. Максимальна кліка в графі з зваженими вершинами.

Для розглянутих задач використовувався відомий алгоритм Брона-Кербоша [1]. Потребують подальшого дослідження узагальнення даної задачі на випадок зважених вершин та ребер і розробка відповідних алгоритмів.

#### Бібліографічні посилання

1. **Alessio Conte.** Review of the Bron-Kerbosch algorithm and variations // School of Computing Science, University of Glasgow. – 2013. P. 2-3. URL: <https://t2m.io/M1CDVarx>



## ПРО МЕТОД ВІДТВОРЕННЯ ТРИВИМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Щур С.М., faint1fix@gmail.com

Божуха Л.М., bozhukha.li@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Процес відтворення тривимірного об'єкту – це процес охоплення форми і зовнішнього вигляду реальних об'єктів [1]. Метод відтворення форми тривимірного об'єкту з одного вхідного зображення, який базуються на підході глибокого навчання нейронної мережі, реалізований у архітектурі нейронної мережі PSGN [2].

Спочатку репрезентуємо відтворюваний тривимірний об'єкт, як хмару невпорядкованих точок у тривимірному просторі, які задають форму цього об'єкту. Основна ідея цього методу полягає у побудові мережі для передбачення набору таких точок.

Архітектура нейронної мережі включає у себе енкодер та дві гілки для передбачення. Одна має високу гнучкість у захопленні складних структур, а інша використовує геометричну безперервність.

У якості функції втрат використовуються функції вимірювання відстані між навчальним та отриманим наборами точок: Earth Mover's distance [2] або Chamfer distance [2]. Оскільки нейронна мережа може будувати множину передбачень форм об'єкту, функція втрат обгортається у функцію мінімізації. При використанні цієї архітектури домінують два тренди помилок: нейронна мережа видає композицію декількох об'єктів або зовсім не ту форму (наприклад, літак без крил).

### Бібліографічні посилання

1. 3D reconstruction [Електронний ресурс] //URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/3D\\_reconstruction](https://en.wikipedia.org/wiki/3D_reconstruction)
2. A Point Set Generation Network for 3D Object Reconstruction from a Single Image [Електронний ресурс] //URL: <https://arxiv.org/pdf/1612.00603.pdf>

## НЕЧІТКА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДАЛЬНОЇ ТРАЄКТОРІЇ НАВЧАННЯ

Яриш О.О., sanya.yarysh.17@gmail.com

Черницька О.В., chernytska\_o@fpm.dnu.edu.ua

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Для викладачів навчальних закладів актуальним на сьогоднішній час є задача та можливість використовувати адаптивне навчання. Сьогодні – система дистанційного навчання з можливістю адаптації для студента навчальних матеріалів з врахуванням його індивідуальних особливостей та можливостей, на базі яких формується індивідуальна траєкторія навчання з використанням навчальних фрагментів заданого рівня складності, додатковий матеріал та до результатів проміжного тестування.

Розглянута задача введення нечітких характеристик щодо оцінки начального матеріалу що може допомогти у підготовці та розробці тестів. За приклад візьмемо що викладач може дуже швидко визначити чи є те або інше завдання складним для учня чи навпаки – легке, але з точністю сказати на скільки воно є складним за 100-бальною шкалою, або ж оцінити різницю складності двох завдань – важко.

З точки зору студента нечітка оцінка знань матиме наступне «відмінно», «дуже добре», «добре», «задовільно», «незадовільно» - буде більш зрозумілою, ніж кількість балів яка набрана у результаті тестування.

База нечітких знань нечітких знань моделі нечіткого формування індивідуальної траєкторії навчання містить два входи: «Рівень знань учня», «Складність навчального фрагменту», та лише один вихід «Час вивчення начального фрагменту».

## РЕКУРЕНТНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ ЗОРОВИХ ВИКЛИКАНИХ ПОТЕНЦІАЛІВ ГОЛОВНОГО МОЗКУ

Яцевська О.А., oyatsevskayamr@gmail.com

Зайцев В. Г., vadymzaytsev65@gmail.com

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

Дослідження викликаних потенціалів (ВП) мозку дозволяє отримати об'єктивну інформацію про стан різноманітних сенсорних систем, наприклад, зору, слуху, при чому не тільки периферичних, але й центральних відділів. ВП є слабкими і надслабкими змінами електричної активності мозку у відповідь на стимул, наприклад, зоровий, слуховий, чуттєвий.

Дослідження зорових ВП (ЗВП) дає змогу отримати об'єктивну інформацію про стан зорового нерва, об'єктивно оцінити гостроту зору, провести диференціальну діагностику функціональних і органічних порушень та їх динаміку при лікуванні, тестувати стан порушень зорового тракту і кори, порушення полів зору, знайти наявність патології в зоровій системі специфічної і неспецифічної аференції у хворих з порушенням свідомості. У літературі наявні відомості про високу інформативність аналізу ЗВП у діагностиці і моніторингу стану хворих з розсіяним склерозом, при порушенні мозкового кровонаповнення, при епілепсії та ін.

Для аналізу ЗВП в лабораторіях та медичних установах застосовують програмно-апаратні комплекси вітчизняного виробництва DX-NT, Tredex, NeuroSoft, які є стаціонарними, виділення ЗВП виконують на основі усереднення постстимульних реалізацій, для прийняття рішення порівнюють амплітудно-часові характеристики екстремумів оцінки ЗВП з нормативними значеннями.

У роботі розглянуто задачу з напрямку пошуку підходу до класифікації сигналів ЗВП людини з використанням нелінійних методів.

Виконано візуальний аналіз реальних даних у вигляді часових рядів ЕЕГ наданих пацієнтів. Використано методи нелінійного рекурентного аналізу для виявлення схованої інформації для кожного часового ряду ЗВП у точках з'єму сигналів O1, O2, Pz, Fz, Cz.

Розраховано візуальні результати процедури пошуку перших 3-5 точок та відповідних значень параметра затримки кожного сигналу.

Для визначених параметрів затримки розраховано та надано значення, обрахування параметру розмірності вкладення. Обрахунки його проведено для усіх норм ( $L_1, L_{max}, L_2$ ).

Для отриманих значень параметра затримки та параметру розмірності вкладення побудовано атрактори сигналів ЗВП. Для отриманих значень параметра затримки та параметру розмірності вкладення побудовано рекурентні діаграми (RD), використовуючи значення параметру  $\varepsilon = 0.1 - 0.25$ .

Для визначених значень параметра затримки та параметру розмірності вкладення обрахувано чисельні значення параметрів рекурентної діаграми та занесено їх до таблиці відповідно для кожного сигналу та усіх пацієнтів.

Проведено аналіз отриманої чисельної інформації з точки зору їх інтерпретації та класифікації.

#### Список використаних джерел

1. Гнездицкий, В. В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике / В. В. Гнездицкий. – Таганрог: ТРТУ, 1997. – 252 стр. – ISBN 5-98322-268-6.

## МЕТОД ВІДНОВЛЕННЯ КОЛЬОРІВ НА ЦИФРОВИХ НАПІВТОНОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ

Яшнєва А.О., [yashnieva.a@gmail.com](mailto:yashnieva.a@gmail.com),

Сердюк М.Є., [me\\_serdyuk@i.ua](mailto:me_serdyuk@i.ua)

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Відновлення кольорів на цифрових зображеннях – проблема, яка в сьогоденні є досить актуальною та зустрічається у таких галузях, як фотомистецтво, кіноіндустрія, історична сфера. Останнім часом запитів на відновлення кольорів старих фотографій та фільмів стало дуже багато, а технічні засоби та методи реалізації цієї задачі мають певні обмеження та не завжди коректно працюють. Тому вдосконалення існуючих та розробка нових методів колоризації залишається актуальною.

Основною проблемою відновлення кольорів на зображеннях у відтінках сірого є те, що неможливо встановити взаємно однозначну відповідність між відтінком сірого та кольором. На теперішній час існують ручні та напівавтоматичні методи колоризації, які потребують участі користувача, та автоматичні методи, які часто є ресурсоємними [1]. Напівавтоматичні алгоритми колоризації дають найбільш чітке представлення кольору. Крім того, велику актуальність у фотомистецтві зараз набирають фотографії, в яких кольори відновлені частково. Наприклад, фотограф може обробити фотографію так, що кольоровими будуть лише очі та небо або якийсь фрагмент одяжі людини. На це може витратитися доволі багато часу, ресурсів, а тому і виходити ця робота буде дорожче.

Дана робота присвячена розробці напівавтоматичного методу, в основі якого лежить ідея перенесення колірною «настрою» з зображення-джерела на цільове зображення [2]. Метод, що пропонується, базується на відновленні кольорів за допомогою зображення-зразка та підготовки зображення у просторі LAB. Першим кроком методу є переведення зображення у кольоровий простір LAB, після чого необхідно промаркувати зображення чотирма маркерами (червоний, зелений, синій та фіолетовий),

кожен з яких буде вказувати своїм кольором на номер порогу препа­рації. Далі виконується препа­рація, пороги котрої вираховуються за наступною формулою:

$$\frac{x * (maxC - minC)}{y},$$

де  $x$  – номер порогу,  $y$  – загальна кількість порогів,  $maxC$  – максимальна яскравість,  $minC$  – мінімальна яскравість.

За результатами препа­рації на напівтонове зображення переносяться кольори з зображення-зразка за наступним правилом: на найсвітлішу область переноситься колір з області, що відмічено червоним маркером, на трохи темнішу – зеленим, ще темнішу – синім і на чорну область препа­рації – фіолетовим. Після конвертації назад у простір RGB отримуємо результуюче зображення.

Описаний вище метод був реалізований програмно за допомогою технологій .Net та Windows Forms. Тестування програмного додатка показало прийнятні результати та ефективність реалізованого метода і наразі може бути використаний для відновлення напівтонових зображень. Зображення, на яких багато деталей, відновлюються гірше, і часто частини, які мають однакову яскравість, але повинні бути різних кольорів, зафарбовуються одним кольором. Тому передбачається подальше вдосконалення методу.

#### Бібліографічні посилання

1. Žeger, Ivana, et al. Grayscale image colorization methods: Overview and evaluation. IEEE Access, 2021.
2. Welsh T., Ashikhmin M., Mueller K. Transferring color to grayscale images / ACM Transactions on Graphics, 2002, vol. 21, no. 3, pp. 277-280.

## FUNCTIONING OF THE CYBER-PHYSICAL SYSTEM WITH DIGITAL TWIN CONTROL

**Pankratova N.D., Pankratov V.A.**

natalidmp@gmail.com, pankratov.volodya@gmail.com

*Institute for Applied System Analysis Igor Sikorsky*

*Kyiv Polytechnic Institute Kyiv, Ukraine*

Many governments have placed cyber-physical systems (CPS) on their priority list of innovations, deeming them critical to protecting their interests. Nowadays, SPS is spreading to almost all human activities, including a variety of technical systems, industrial, energy, military, transportation and many other.

The main common feature of CPS is the interaction between physical and computational processes, complexity, uncertainty, the connection with the Internet things. In cyber-physical systems computing elements interact with sensors that monitor cyber-physical indicators, and with actuators that make changes to the cyber-physical environment. Cyber-physical systems carry out computational procedures in their distributed structure, they include “smart nodes” and make it possible to reconfigure flows in the network depending on conditions. The main CPS characteristics are its complexity, heterogeneity, uncertainty of a different nature, multidisciplinary nature and provision of guaranteed strategy for CPS functioning throughout its entire life cycle [1]. Distributed CPS integrate a wide range of heterogeneous aspects such as physical process dynamics, process control, machine learning, and error handling. To ensure the effectiveness and efficiency of CFS functioning, which can significantly change its physical structural and production processes in response to external influences, it is necessary to have the system accurate models and its environment in the digital twin form [2].

A further digital twin development is to provide simulations to continuously optimize system behaviour by creating a software architecture based on the information between the cyber-physical system, its physical environment and the digital twin model. A cyber-physical system interacts both with its real

object and with its simulation model using the same interface [3]. It should be noted that software performance tuning is done for simulation so that events in the digital twin can be simulated much faster than in the real world, i.e., the time required for the simulation should not exceed the flow of the physical process. Then digital twins can be used not only in the system design, but also during its operation for predicting behaviour and identifying faults, finding physical system modifications in the future based on its observed effects. Digital twins can be used in the production of large and small enterprises to solve the optimizing technological processes problems, in particular: for metallurgical plants during steel casting; when creating aircraft engines to account for their manufacture and maintenance during operation; when creating structural elements of space technology; when solving monitoring growth of the agricultural plants for their future crop capacity; as well as in many other human activity areas.

The digital twin presence for the CFS provides the system with efficient and reliable operation throughout its entire life cycle. When adopting a management strategy, the digital twin makes it possible to adequately reflect the physical process dynamics, predict behaviour and detect system malfunctions online during modelling, find modifications in the real physical system structure and its production process based on its observed effects in the future.

The functioning of the cyber-physical system as a deep circulating system with the control of its functioning by a digital twin, which ensures the reliability of operation throughout the life cycle of the system, is given.

### References

1. Pankratova N.D. Creation of the physical model for cyber-physical systems // Lecture notes in networks and systems. 2020. Book Chapter. Springer international publishing. doi: 10.1007/978-3-030-34983-7. P.68-77.
2. Grieves M. Origins of the Digital Twin Concept. Florida Institute of Technology, 2016.
3. Minaev V.A., Mazin A.V., Zdiruk K.BKulikov., L.S. Digital twins of plants in solving control problems, Radio industry, №3, 2019, pp. 68–78.



## ЗМІСТ

1.	<b>Аврахов Ф. В., Хижа О. Л.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ДОВЕДЕННЯ ПРАВИЛЬНОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ ЗАСОБАМИ ПЛАТФОРМИ ДЕДУКТИВНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ ПРОГРАМ WNUZ	3
2.	<b>Аврахов Ф. В., Хижа О. Л.</b> УДОСКОНАЛЕННЯ НАВЧАННЯ ПРОГРАМУВАННЮ НА ОСНОВІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ДЕДУКТИВНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ ПРОГРАМ	5
3.	<b>Агєєва Г.О., Антоненко С.В.</b> ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ У МОБІЛЬНОМУ ЗАСТОСУНКУ	7
4.	<b>Алексєєв М. А., Наконечна Т.В.</b> ЗАДАЧА ПОШУКУ ДОСТАТНІХ УМОВ КЕРОВАНOSTІ В ЛІНІЙНИХ СТАЦІОНАРНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМАХ	9
5.	<b>Анацький І.О., Дзюба П.А.</b> РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ВИБОРУ ДИСЦИПЛІН	11
6.	<b>Андрєєв Д.А., Золотько К.Є.</b> РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОСВІТНІХ ЗАКЛАДІВ	12
7.	<b>Антоненко С.В., Ізмайлова М.К.</b> ВИКОРИСТАННЯ СЕРВІСУ МЕНТІМЕТЕР У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ	14
8.	<b>Антонюк В.А., Сидорова М.Г.</b> МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ «DRAW & GO» У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ	15
9.	<b>Akhmetshina L.G., Yegorov A.A.</b> AUTOMATIC ENHANCEMENT OF METALLOGRAPHIC IMAGES OF THE SAMPLE SURFACE	17
10.	<b>Басько А.В., Пономарьова О.А.</b> АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОШКОДЖЕНЬ НЕДОРОГИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ	19
11.	<b>Безродня Т.В., Тонкошкур І.С.</b> КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕНЬ У ПРИМІЩЕННІ	21
12.	<b>Березін В.В.</b> РОЗПІЗНАВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗА РАДІОЧАСТОТНИМ СИГНАЛОМ	22
13.	<b>Бельфер Р.Е.</b> АРХІТЕКТУРА БАГАТОРІВНЕВОЇ ОДНОРАНГОВОЇ РОЗПОДІЛЕНОЇ БЛОКЧЕЙН МЕРЕЖІ	24
14.	<b>Білецький А. С.</b> ПРО ФОРМАЛЬНУ МОВУ ДЛЯ ГНУЧКОГО НАДАННЯ РЕСУРСІВ ВЕБ-СЛУЖБ У МІКРОСЕРВІСНІЙ АРХІТЕКТУРІ	26
15.	<b>Білий Д. В.</b> ОДНОМІРНИЙ П'єЗОЕЛЕКТРИЧНИЙ КВАЗІКРИСТАЛ З МІЖФАЗНОЮ ТРИЩИНОЮ ПІД ВПЛИВОМ ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ЗАРЯДУ ТА АНТИПЛОСКОГО НАВАНТАЖЕННЯ	28
16.	<b>Білоус О.В., Зайцева Т.А.</b> ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ МЕХАНІКИ	29
17.	<b>Біляєв М.М., Русакова Т.І., Лапшин Є.С. Дзюба С.В.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПРОМИСЛОВИХ ТЕРИТОРІЯХ З УРАХУВАННЯМ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ	30
18.	<b>Blyuss O., Zaikin A., Abrego L.</b> ANALYSIS OF MULTIPLE LONGITUDINAL BIOMARKERS FOR THE EARLY DETECTION OF OVARIAN CANCER	33
19.	<b>Богомаз В.М., Боренко М.В., Борисенко А.М.</b> АЛГОРИТМ ПОБУДОВИ ЕФЕКТИВНОГО РОЗПОДІЛУ ОБ'ЄМІВ РОБІТ ДЛЯ ТЕХНІКИ ПІДПРИЄМСТВА	34

20.	<b>Божуха Л.М.</b> ПІДХОДИ АЛГОРИТМІЗАЦІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ДАНИХ	36
21.	<b>Божуха Д. І., Байбуз О.Г.</b> ПРО ФОРМАЛІЗАЦІЮ ВНУТРІШНІХ ПРОЦЕСІВ ПЛАТФОРМИ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ	38
22.	<b>Бондаренко Б. Р., Сидорова М. Г.</b> МЕТОДИ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ТА ВИКОРИСТАННЯ ЇХ В ДОДАТКУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ФІЗИЧНИХ ВПРАВ	39
23.	<b>Братуга О.В., Козакова Н.Л.</b> ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ДО ВИРОБНИЧОЇ МОДЕЛІ ЦІНОУТВОРЕННЯ	41
24.	<b>Бузовський Є.О., Божуха Л.М.</b> ПРО КОМБІНАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМІВ СТИСНЕННЯ ПРИ ГРУПУВАННІ СЕГМЕНТІВ НАБОРУ PNG ЗОБРАЖЕНЬ	43
25.	<b>Булат А.Ф., Кісельова О.М., Гарт Л.Л., Притоманова О.М.</b> ПРО ДВОЕТАПНІ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ-РОЗБИТТЯ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ	44
26.	<b>Верба О.В., Доценко Т.С., Зайцева Т.А., Лисиця Н.М.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ CONTENT MANAGEMENT SYSTEM «СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА АВТОБУСНИХ МАРШРУТАХ М.ДНІПРА»	46
27.	<b>Вовченко Т.О., Антоненко С.В.</b> ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ ПІДБОРУ ОКУЛЯРІВ У МОБІЛЬНОМУ ЗАСТОСУНКУ	48
28.	<b>Володарець Д.В., Володарець М.В., Шевельова А.Є.</b> МЕТОД СИНГУЛЯРНИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ РІВНЯНЬ В ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧАХ МІЦНОСТІ ДЛЯ ТІЛ З ТРІЩИНАМИ	50
29.	<b>Волошко В. Л.</b> ДОСВІД ВИКЛАДАННЯ БІОІНФОРМАТИКИ ТА ФОРМУВАННЯ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ ОСВІТНЬОЇ ПРОГРАМИ «БІОХІМІЯ ТА ФІЗІОЛОГІЯ»	52
30.	<b>Ганжа А.С., Антоненко С.В.</b> ВИКОРИСТАННЯ БІБЛІОТЕКИ CLOSED.XML ДЛЯ ПАРСИНГУ ДАНИХ З ЕЛЕКТРОННИХ ТАБЛИЦЬ EXCEL ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ СТУДЕНТІВ	54
31.	<b>Гарт Л.Л., Братуга О.В.</b> АПРОКСИМАЦІЙНИЙ АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ПРО ОПТИМАЛЬНИЙ РОЗПОДІЛ ТЕПЛА В НАПІВОБМЕЖЕНОМУ СТРИЖНІ	56
32.	<b>Гарт Л.Л., Кучер В.О., Журавель С.В.</b> ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ РЕГУЛЯРИЗАЦІЇ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ВІДНОВЛЕННЯ РОЗМИТИХ ЗОБРАЖЕНЬ	58
33.	<b>Гарт Л.Л., Ружевич В.О.</b> НЕПРЯМІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ СХЕМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ	61
34.	<b>Гіль Н. И., Пацук В. М.</b> МЕТОД ПОБУДУВИ РНІ-ФУНКЦІЇ ДЛЯ НЕЯВНОЇ ФОРМИ РІВНЯНЬ КОНТУРА ОБ'ЄКТІВ	64
35.	<b>Гончаров Я.А., Зайцева Т.А.</b> МАТЕМАТИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ НЕЛІНІЙНОЇ МЕХАНІКИ	66
36.	<b>Гошко О. В., Басюк Т. М.</b> ПРОЄКТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ	67
37.	<b>Гранковський С.В.</b> ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО АНАЛІЗУ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЗАРОБІТНУ ПЛАТУ	69
38.	<b>Гриценко А.О., Дзюба П.А.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ З ІДЕНТИФІКАЦІЇ РУКОПИСНОГО ТЕКСТУ	70

39.	<b>Guk N.A., Gerasimov E.A.</b> DEVELOPMENT OF AUTOMATED FILE MANAGEMENT SYSTEM FOR UNIVERSITY	72
40.	<b>Гук Н.А., Ємельянова Ю.С.</b> РОЗРОБКА МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ВЕБ-САЙТІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЇХ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК	74
41.	<b>Гулий Т.О., Білозьоров В. Є.</b> ПОБУДОВА КЛАСИФІКАТОРА ДЛЯ ПОШУКУ АНОМАЛІЙ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ	75
42.	<b>Гурдіш А. О., Сердюк М.Є.</b> МЕТОД ВІДНОВЛЕННЯ СПОТВОРЕНИХ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР'Є	77
43.	<b>Диханов С.В., Гук Н.А.</b> СТРУКТУРНИЙ ПІДХІД ДО ВИЛУЧЕННЯ ТЕКСТІВ З ВЕБ-СТОРИНОК	79
44.	<b>Дорошенко Р.К.</b> РОЗРОБКА ВНУТРІШНЬОЇ СТУДЕНТСЬКОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ (SIS)	81
45.	<b>Єгошкін Д. І., Гук Н. А.</b> АДАПТИВНА РЕДУКЦІЯ НЕЧІТКИХ ПРАВИЛ ВІДНОСНО НАВЧАЛЬНОЇ ВИБІРКИ	83
46.	<b>Єловікова І. Є., Волошко В. Л.</b> РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ГРАНИЧНИХ ЗАДАЧ ЕЛІПТИЧНОГО ТИПУ	85
47.	<b>Жушман В.В.</b> КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ТІЛ СКЛАДНОЇ ФОРМИ З ПРУЖНИМ ПІВПРОСТОРОМ ПІД ДІЄЮ ПОЗАЦЕНТРОВОЇ СИЛИ	87
48.	<b>Задорожний Б.О., Корчинський О.О., Стецюк П.І., Швець А.В.</b> ЯК ЗНАЙТИ ВСІ РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧІ КОМІВОЯЖЕРА?	88
49.	<b>Захаров Д.В., Книш Л.І.</b> КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПОЛІВ ТЕМПЕРАТУР НА ЕФЕКТИВНІСТЬ СОНЯЧНОЇ ПАНЕЛІ	90
50.	<b>Зельонкіна А.Р., Степанова Н.І.</b> АНАЛІЗ МІКРОСЕРВІСНИХ ТА МОНОЛІТНИХ АРХІТЕКТУР	91
51.	<b>Земляний О.Д., Байбуз О.Г.</b> ВИКОРИСТАННЯ ПОСЛІДОВНОГО АНАЛІЗУ ПРИ МОНІТОРИНГУ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ	93
52.	<b>Івахненко А.В., Івахненко І.В., Черницька О.В.</b> ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ РОЗВ'ЯЗАННЯ КЛАСИЧНИХ АНТАГОНІСТИЧНИХ ІГОР	95
53.	<b>Караваєв К.Д.</b> ВИКОРИСТАННЯ ІНВАРІАНТІВ ГРАФІВ ДЛЯ СКОРОЧЕННЯ НАПРЯМЛЕНОГО ПЕРЕБОРУ У ЗАДАЧАХ УПОРЯДКУВАННЯ	96
54.	<b>Карамбович О. І., Золотько К.Є.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ 3D ОБ'ЄКТІВ	98
55.	<b>Кашталян М.О., Сидорова М.Г.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ GAN-НЕЙРОМЕРЕЖІ У ЗАДАЧІ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ	100
56.	<b>Кисельова М.О., Тонкошкур І.С.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕНЬ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ	102
57.	<b>Кісельова О.М., Притоманова О.М., Строева В.О., Строева Г.В.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАДАЧ УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНИМИ ПРОЦЕСАМИ ЗАСОБАМИ ТЕОРІЇ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗБИТТЯ	103
58.	<b>Козубцова Л.М., Палагута А.М.</b> ОЦІНКА ДИСПЕРСІЇ ДИСКРЕТНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ ЯК РІВНЯ ЗОВНІШНІХ ЗАГРОЗ	104
59.	<b>Корчага Т.А., Селіванова А.В., Юрченко Ю.Ю.</b> ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ БАЗ ДАНИХ	106
60.	<b>Корчинський В.М., Козарь І.О.</b> ОПТИМІЗАЦІЯ КОМПРЕСІЇ ІЗОПЛАНАТИЧНИХ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗА ІНФОРМАЦІЙНИМИ КРИТЕРІЯМИ	108

61.	<b>Костенко О.В., Кузенков О.О.</b> АЛГОРИТМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ЗАДАЧ	110
62.	<b>Koshel E., Belozyorov V.</b> MODELLING DYNAMICAL PROCESSES DESCRIBED BY TIME SERIES DATA WITH NEURAL DIFFERENTIAL EQUATIONS	111
63.	<b>Крак Ю.В., Пашко А.О., Куляс А.І., Кузнецов В.О.</b> ДО РОЗРОБКИ АЛГОРИТМІВ ОЦІНКИ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ ІЗ ЗАЛУЧЕННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ МОНІТОРИНГУ	113
64.	<b>Krasnoshapka D.V., Siryk S.F.</b> HETEROGENEOUS COMPUTER NETWORKS SIMULATION IN CISCO PACKET TRACER ENVIRONMENT	115
65.	<b>Kuzenkov O., Zmievska O., Baleiko N.</b> TRAINING ROBOTS FOR ELIMINATING THE TECHNOGENIC DAMAGE WITH MACHINE LEARNING	117
66.	<b>Kuzenkov O., Lozovskyi A.</b> ALGORITHMS FOR SOLVING LOGISTIC PROBLEMS UNDER CONDITIONS OF UNCERTAINTY	118
67.	<b>Kuzenkov O., Masych O., Siryk S.</b> THE USE OF SYSTEM APPROACHES FOR THE AUTOMATIC CREATION OF ROBOT-FIREFIGHTER PROTOCOLS	120
68.	<b>Kuzenkov O., Oleshko O.</b> THE USE OF SYSTEM APPROACHES FOR THE AUTOMATIC CREATION OF CLEAR MINE ROBOT PROTOCOLS	121
69.	<b>Kuzenkov O., Tryputen M., Baleiko N.</b> MACHINE LEARNING FOR ROBOTS	122
70.	<b>Kuzenkov O., Trotsenko A., Padalko V.</b> USING CELLULAR AUTOMATA IN SIMULATION AND FORECASTING OF COMPLEXLY ORGANIZED PROCESSES AND SYSTEMS	123
71.	<b>Kuzenkov O., Feshchenko M.</b> METHODS AND ALGORITHMS TO INDUCE THE OPTIMAL TRAJECTORY OF THE ROBOT'S MOVEMENT BY A GIVEN 3D SCENE	124
72.	<b>Кузнецова А.В., Шевельова А.Є.</b> ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ ДО ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ВІТРЯНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ	126
73.	<b>Кузьменко В.І., Плашенко С.О.</b> ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ЗВОРОТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ДЕФОРМІВНИХ СИСТЕМАХ	128
74.	<b>Лапінський О.В., Басюк Т. М.</b> ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА РЕЗЕРВУВАННЯ ПАРКУВАЛЬНИХ МІСЦЬ	129
75.	<b>Ленський М.М., Михальчук Г.Й.</b> МЕТОД РОЗВ'ЯЗАННЯ ПЕРІОДИЧНОЇ ЗАДАЧІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ЧАСОВИМИ ВІКНАМИ	131
76.	<b>Лирчиков В.О., Байбуз О.Г.</b> ЗАСТОСУВАННЯ АРАСНЕ SPARK ДЛЯ АНАЛІЗУ «ВЕЛИКИХ ДАНИХ» МЕДИЧНОГО МОНІТОРИНГУ СЕРЦЕВО-СУДИННИХ ЗАХВОРЮВАНЬ	133
77.	<b>Ліфаренко П.Є., Шевельова А.Є.</b> РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ КОМІВОЯЖЕРА З ЧАСОВИМИ ВІКНАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ АЛГОРИТМУ ЗГРАЇ ВОВКІВ	135
78.	<b>Масаликін С.С., Книш Л.І.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТУ РОЗФОКУСУВАННЯ В СИСТЕМАХ КОНЦЕНТРАЦІЇ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	137
79.	<b>Махно А. В., Книш Л.І.</b> РОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ РІВНЯННЯ ПУАССОНА	138

80.	<b>Мельниченко О.В.</b> САМООРГАНІЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ДЕКІЛЬКОМА БІПЛА ДЛЯ ДИНАМІЧНОГО ОТРИМАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ В ТРИВИМІРНОМУ ПРОСТОРИ	139
81.	<b>Молчанов А.О.</b> ОБЕРНЕНІ ЗАДАЧІ ВІДТВОРЕННЯ ФІЗИКО- МЕХАНІЧНИХ ПОЛІВ У НЕДОСТУПНИХ ОБЛАСТЯХ	141
82.	<b>Наконечна Т.В., Нікулін О.В., Максименко О.П.</b> ГРАФІЧНА ФАКТОРИЗАЦІЯ У НАВЧАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ	143
83.	<b>Невкритий І.О., Антоненко С.В.</b> РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ДОДАТКУ ЩОДО РОЗРАХУНКУ ЙМОВІРНОСТІ ВИНИКНЕННЯ КОЛІЗІЙ ШТУЧНИХ НЕБЕСНИХ ТІЛ З КОСМІЧНИМ СМІТТЯМ	145
84.	<b>Нікітченко М.І., Волошко В. Л.</b> РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ГРАНИЧНОЇ ЗАДАЧІ ДЛЯ БІГАРМОНІЧНОГО РІВНЯННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНТЕГРАЛЬНОГО РІВНЯННЯ ФРЕДГОЛЬМА	146
85.	<b>Новік К.О., Наконечна Т.В.</b> СИСТЕМНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕРЕЖІ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ З РОМБОВИДНИМ КОНТУРОМ	148
86.	<b>Одійко А.О.</b> ВИКОРИСТАННЯ WEBRTC ТА ПРОТОКОЛУ WEBSOCKET ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕДАЧІ ПОТОКОВИХ ДАНИХ	149
87.	<b>Олійник Д.І., Зайцева Т.А., Сірик С.Ф., Фридман О.Д.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ЗАВАНТАЖЕННЯ СЕРВЕРУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЧАСОВИХ РЯДІВ ДАНИХ	151
88.	<b>Омельян А.В., Зайцев В.Г.</b> РЕКУРЕНТНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ	153
89.	<b>Онищенко Д.Р.В., Черницька О.В.</b> ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСУ КОНТРОЛЮ ДІЙ РОЗРОБНИКА ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ	155
90.	<b>Pankratov A., Romanova T., Dubinsky V., Maximov S.</b> PACKING OBLIQUE 3D OBJECTS IN A MINIMUM-VOLUME CUBOID	157
91.	<b>Pankratov A., Romanova T., Melashenko O., Infante Luis</b> MINIMUM- AREA CONVEX HULL FOR NON-OVERLAPPING CONVEX POLYGONS	159
92.	<b>Панкратова Н.Д., Панкратов Є.В.</b> ОЦІНКА ДОСТОВІРНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ З ДАТЧИКІВ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПІДВІСКОЮ	161
93.	<b>Петух П.В., Козакова Н.Л.</b> НЕЧІТКО-ПРОДУКЦІЙНА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ ЗАВДАНЬ	163
94.	<b>Полонська А.Є.</b> РОЗРОБКА ОНЛАЙН ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ	164
95.	<b>Полтава А.М., Магас О.С.</b> РОЗРОБКА СИНТАКСИЧНОГО АНАЛІЗАТОРА ДОКУМЕНТІВ ІЗ РОЗКЛАДОМ ЗАНЯТЬ	165
96.	<b>Приходько М.О., Мацуга О.М.</b> ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ГОСТРОТИ ЗОРУ	167
97.	<b>Пугач А.С., Козакова Н.Л.</b> АНАЛІЗ ТОНАЛЬНОСТІ ТЕКСТУ	169
98.	<b>Регіда П. Г.</b> ЗАСІБ РОЗПОДІЛЕНОГО ВІЯВЛЕННЯ ЗЛОВМИСНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗЧЕННЯ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ЕМУЛЮВАННЯ	170
99.	<b>Савенко Б.О.</b> САМООРГАНІЗОВАНА РОЗПОДІЛЕНА СИСТЕМА ВІЯВЛЕННЯ ЗЛОВМИСНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ	172
100.	<b>Самодрига О.В., Черницька О.В.</b> НЕЧІТКА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ БІОХІМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В АКВАРІУМІ	174

101.	<b>Samoylenko H.T., Selivanova A.V., Yurchenko Yu.Yu.</b> ENTERPRISE SECURITY IN THE INFORMATIONAL ENVIRONMENT	175
102.	<b>Сегеда Н.Є.</b> ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГІПЕРПОСИЛАНЬ З ГУГЛ-ДОКУМЕНТАМИ	177
103.	<b>Сизоненко О. Д., Божуха Л. М.</b> ВИЯВЛЕННЯ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ GIS	178
104.	<b>Смола О.І.</b> ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ В СИСТЕМАХ ГРОМАДСЬКОГО ХАРЧУВАННЯ	179
105.	<b>Соколовський Г. О., Мацуга О. М.</b> РОЗРОБЛЕННЯ РОЗПОДІЛЕНОЇ СИСТЕМИ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АСИНХРОННОЇ АРХІТЕКТУРИ	180
106.	<b>Солодка Н.О., Перцев Ю.О., Міщанинець Г.В.</b> ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РІШЕНЬ	182
107.	<b>Солошенко М.О., Солодка Н.О.</b> МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИБОРУ КОМПЛЕКТУЮЧИХ ДЛЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМП'ЮТЕРА В ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМАХ	184
108.	<b>Соф'їн О.П.</b> РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНОГО МЕТОДУ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ОПТИЧНИХ МАГІСТРАЛЬНИХ МЕРЕЖ	186
109.	<b>Стельмашенко П.В., Книш Л.І.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ІНЕРЦІЇ БУДІВЛІ В УМОВАХ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КРИЗИ	188
110.	<b>Стецюк П.І., Хом'як О.М., Ляшко В. І.</b> ПРО ДВОЕТАПНУ ТРАНСПОРТНУ ЗАДАЧУ З НЕВІДОМИМИ ПОТРЕБАМИ СПОЖИВАЧІВ	189
111.	<b>Stoyan Yu., Pankratov A., Romanova T., Kravchenko O., Duryagina Z., Chugay A., Veligodsky D., Melashenko O.</b> PACKING SOFT ELLIPSES IN AN OPTIMIZED RECTANGLE	197
112.	<b>Стружко В.Р., Антоненко С.В.</b> ПРОЕКТУВАННЯ ТА СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СТЕГANOГРАФІЇ В ЗВУКОВИХ СИГНАЛАХ	199
113.	<b>Трофімов О.В., Луценко О.М.</b> USING THE METHOD OF FREQUENCY EXTRACTION TO FORM AN INVESTMENT PORTFOLIO WITH HELP OF TIME-SERIES ANALYSIS	201
114.	<b>Трофімов О. В., Шатохін М.А.</b> МОДЕЛЬ ДИНАМІЧНОГО КЕРУВАННЯ ЗАПАСАМИ ПРИ ВИЗНАЧЕНОМУ З ТОЧНІСТЮ ДО ПАРАМЕТРА ПОПИТИ	203
115.	<b>Туз О. І., Басюк Т. М.</b> СИСТЕМА АНАЛІЗУ РЕКОМЕНДАЦІЙ ПРИ ВИНИКНЕННІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ	205
116.	<b>Турчина В.А., Малієнко О.О.</b> НАЯВНІСТЬ АНОМАЛІЙ ПРИ ПОБУДОВІ ПАРАЛЕЛЬНИХ УПОРЯДКУВАНЬ ДЛЯ ОДНОГО КЛАСУ ГРАФІВ	207
117.	<b>Турчина В.А., Коваленко Є.О.</b> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАДАЧ УПОРЯДКУВАННЯ ТА ПАКУВАННЯ	208
118.	<b>Турчина В.А., Маркова А.О.</b> АЛГОРИТМИ ПЕРЕХОДУ МІЖ ФОРМАМИ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ГРАФИ	210
119.	<b>Федотов К. В., Божуха Л. М.</b> СПОСОБИ АВТОМАТИЧНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ТЕКСТУ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ СУЧАСНИМИ СЕРВІСАМИ	212
120.	<b>Філімонова Т.О., Компанець В.С.</b> РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕРПОЛЯЦІЙНОГО МНОГОЧЛЕНА ЛАГРАНЖА З ВИКОРИСТАННЯМ PYTHON	213

121.	<b>Філімонова Т.О., Санжаров Д.Р.</b> НАБЛИЖЕННЯ ФУНКЦІЙ ПОЛІНОМОМ ТЕЙЛОРА З ВИКОРИСТАННЯМ PYTHON	215
122.	<b>Furs S.O., Chernitska O.V.</b> DEVELOPMENT OF A NEURAL NETWORK FOR SOLVING THE PROBLEMS OF MEDICAL DIAGNOSTICS	217
123.	<b>Харун Д.К., Волошко В. Л.</b> АНАЛІЗ ТА ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КУБАТУРНОЇ ФОРМУЛИ СІМПСОНИ ТА МЕТОДУ МОНТЕ-КАРЛО НАБЛИЖЕНОГО ОБЧИСЛЕННЯ ІНТЕГРАЛІВ	218
124.	<b>Холоша І.І., Наконечна Т.В.</b> ОЦІНКА ОБІРУНТОВАНОСТІ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДЛЯ ДАНИХ ВИСОКОЇ РОЗМІРНОСТІ	220
125.	<b>Храпак Б. С., Михальчук Г. Й.</b> КОМП'ЮТЕРНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ТЕКСТУ НА ОСНОВІ ШТУЧНОЇ МОВИ ІТКУЇЛЬ	222
126.	<b>Чугай А.М., Яськов Г.М., Шеховцов С.Б.</b> СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ЗАДАЧАХ ОПТИМІЗАЦІЙНОГО ГЕОМЕТРИЧНОГО ПРОЄКТУВАННЯ	224
127.	<b>Shevelova N.V., Khodanen T.V.</b> PIEZOELECTRIC BIMATERIAL WITH ELECTRICALLY CONDUCTIVE AND ELECTRICALLY PERMEABLE COLLINEAR CRACKS AT THE INTERFACE	226
128.	<b>Шевченко Р.Р., Мацуга О.М.</b> ТЕХНОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРУ ОБ'ЄКТА НА МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ	227
129.	<b>Шеремет В.С., Мацуга О.М.</b> ПРО ВІДНОВЛЕННЯ КУСКОВО-НЕЛІНІЙНИХ РЕГРЕСІЙНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ З ОДНИМ ВУЗЛОМ	229
130.	<b>Щербатий К.Ю., Турчина В.А.</b> ВИКОРИСТАННЯ ПОНЯТТЯ КЛІК ГРАФУ ПРИ АНАЛІЗІ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ	231
131.	<b>Щур С.М., Божуха Л.М.</b> ПРО МЕТОД ВІДТВОРЕННЯ ТРИВИМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ	233
132.	<b>Яриш О.О., Черницька О.В.</b> НЕЧІТКА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДАЛЬНОЇ ТРАЄКТОРІЇ НАВЧАННЯ	234
133.	<b>Яцевська О.А., Зайцев В. Г.</b> РЕКУРЕНТНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ ЗОРОВИХ ВИКЛИКАНИХ ПОТЕНЦІАЛІВ ГОЛОВНОГО МОЗКУ	235
134.	<b>Яшнєва А.О., Сердюк М.Є.</b> МЕТОД ВІДНОВЛЕННЯ КОЛЬОРІВ НА ЦИФРОВИХ НАПІВТОНОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ	237
135.	<b>Pankratova N.D., Pankratov V.A.</b> FUNCTIONING OF THE CYBER-PHYSICAL SYSTEM WITH DIGITAL TWIN CONTROL	239

---

Підп. до друку 14.11.2022 р. Формат 60x84/16. Друк цифровий.

Папір офсетний. Гарнітура Times. Ум.-друк. арк. 15,5.

Наклад 150 прим. Зам. №

---

ПП «Ліра ЛТД»

49107, м. Дніпро, вул. Наукова, 5.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 6042 від 26.02.2018 р.