



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 COMMUNITY

IT Dnipro Community

**XIX міжнародна науково-практична конференція**  
**МАТЕМАТИЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ**  
**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ**  
**(МПЗІС-2021)**  
*ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ*

**MATHEMATICAL SUPPORT AND SOFTWARE  
FOR INTELLIGENT SYSTEMS**  
**(MSSIS-2021)**  
*ABSTRACTS*

**17-19 листопада 2021 року**  
**Дніпро, Україна**

**Міжнародний науковий комітет**

I.B. 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
A.F.del Moral Bueno	– професор, Іспанія
P. Pardalos	– професор, США
А.М. Пасічник	– професор, Україна
С.В. Яковлев	– професор, Україна
M. Polyakov	– засновник компанії Noosphere Ventures USA, Inc, США

**М 34 Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (МПЗІС-2021):**

Тези доповідей XIX Міжнародної науково-практичної конференції, Дніпро, 17-19 листопада 2021 р. / Під загальною редакцією О.М. Кісельової. – Дніпро: ДНУ, 2021. – 224 с. – Текст: укр., англ., рус.

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-2021): Abstracts of the XIX International scientific and practical conference, Dnipro, November 17-19, 2021 / Under the general editorship of E.M. Kiseleva. – Dnipro: DNU, 2021. – 224 p. – Text: Ukrainian, Russian, 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:**

**голова** **Кісельова Олена Михайлівна** – чл.-кор. НАН України, декан факультету прикладної математики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, д-р фіз.-мат.наук, професор

**вчений секретар** **Кузенков Олександр Олександрович** – канд.фіз.-мат.наук

**члени** 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; О.М. Притоманова – д-р фіз.-мат.наук; Н.С. Сегеда – ст.викладач; Н.В. Балейко – м.н.с.; Н.Є. Яцечко – пров.інж.

**Адреса** Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
**Оргкомітету:** Кафедра обчислювальної математики та математичної кібернетики  
пр. Гагаріна, 72, Дніпро, 49010, Україна

телефон: +38(067)772-11-51

e-mail: [mpzisdnudnu@gmail.com](mailto:mpzisdnudnu@gmail.com)

URL : [mpzis.dnu.dp.ua](http://mpzis.dnu.dp.ua)

## ВИБІР НАЙКРАЩОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ШВІДКОГО СТВОРЕННЯ ПРОТОТИПУ

Антоненко С.В., [szemlyanaya@gmail.com](mailto:szemlyanaya@gmail.com), Лєсной В.І., [vlad@lesnoy.name](mailto:vlad@lesnoy.name),  
*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Головна задача для більшості IT-проектів, які не мають великих бюджетів – наслідувати принципи Lean Startups. Найголовніший принцип – якомога швидкий запуск прототипу, який містить найголовнішу цінність для користувачів, але при цьому допустимо мати багато спрощень й недоліків, за допомогою яких й створюється економія часу.

Окреме питання – це виділення цієї головної цінності для користувача й робота зі спрошеннями. Але не менш важлива й технічна складова. Як трансформувати ідею до працюючого прототипу? Витратив при цьому мінімум ресурсів, найголовніший з якого – час.

Під час реалізації проекту було спробовано 3 різних технічних підходи до реалізації прототипу:

- написання коду з нуля;
- використання конструктору веб-сервісів bubble.io;
- використання конструктору чатботів BotMother.ru.

Спочатку була самостійна реалізація шляхом написання коду. Використовувалися мови програмування Golang та JavaScript (з фреймворком Vue.js). Це зайняло приблизно 3 місяці розробки, де кожен день витрачалось приблизно 2 години часу.

Далі була реалізація проекту за допомогою сервісу Bubble.io. Це онлайн конструктор сайтів з широкими можливостями по створенню логіки та бази даних. Таким шляхом створювати сайти значно швидше, ніж програмувати з нуля. Є певні обмеження, потрібно витратити деякий час на вивчення сервісу, але потім можна за декілька тижнів реалізувати першу працючу версію проекту, з авторизацією, бізнес-логікою, взаємодією з іншими сервісами.

Головний мінус обох вищезгаданих варіантів – обмеження при конвертуванні веб-сервісів у мобільні додатки. Будь-який веб-сайт можна конвертувати у мобільний додаток для iOS та Android за допомогою технології Apache Cordova та похідних, але є деякі обмеження, які неможливо обійти.

Найголовніше з них – неможливість надсилати сповіщення на iOS.

Це обмеження операційної системи – надсилати сповіщення можуть тільки мобільні додатки, які написані «нативно», тобто з використанням реального коду на мовах програмування Swift, Obj C та інших.

До того ж, навіть без сповіщень, процес конвертації веб-сервісу у мобільний додаток також забирає час й/або кошти. Також потрібно спочатку зробити адаптивний дизайн для кожної веб-сторінки, а потім проводити конвертацію у додаток, інакше додаток буде виглядати погано.

Іншим варіантом є чатбот – це програма, яка виконується в іншій програмі-месенджері, а інтерфейс для користувача виглядає як звичайний діалог з деякими допоміжними елементами – кнопками. Чатбот можна реалізувати шляхом написання коду дляожної окремої платформи, або використовувати онлайн-конструктори чатботів, який дозволяє за допомогою візуальних блоків створювати логіку роботи й взаємодію з користувачем.

До переваг чатботу слід віднести швидкість створення, можливість надсилати сповіщення за допомогою месенджера, а також те, що користувачу не потрібно окремо встановлювати додаток та авторизуватися в ньому. Головний мінус – це вартість платформи-конструктора чат-боту, яка складає 40\$/місяць.

Висновки: шляхом порівняння та аналізу завдань до прототипу був обраний варіант створення чатбота на платформі-конструкторі чатботів.

**ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ  
АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У РОЗРОБЦІ  
ВЛАСНОГО ДОДАТКУ**

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

Сидорова М.Г., sidorova.m.g@gmail.com

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

Розробка будь-якого програмного забезпечення починається з проблеми. Існує певна проблема, яку необхідно вирішити. Щодня людина застосовує комп'ютер, виконує певний порядок дій: збирає, зберігає, передає та оброблює інформацію; створює пристрой, які полегшують працю. Для автоматизації процесів створюються програми-автоматизатори, які виконують однотипні дії замість користувача. Була проведена пошукова робота і з'ясовано, що на даний момент існує кілька програмних продуктів, які дозволяють встановлювати макроси для полегшення виклику програм. Розглянемо програми, які можуть записувати дії користувача:

AutoIt – програма, яка відтворює дії, записані у текстовому файлі. Недоліком програми є те, що вона не записує дії користувача, а лише відтворює те, що користувач напише у текстовому файлі власноруч. Програма розуміє лише декілька команд, але цей недолік компенсується зовсім малим розміром програми. Також програма не запам'ятовує розкладку клавіатури [1].

MacroMaker – програма записує дії користувача, досить зручна у використані. Проте недоліком програми є те, що вона зберігає макроси у реєстр, що є не досить вдалим рішенням [2].

JetBit Macro Recorder – потужна програма з великою кількістю вбудованих функцій, гнучким графіком відтворення макросів, налаштуванням швидкості відтворення, розумним аналізом середи відтворення тощо. Проте дана програма працює лише на операційній

системі Windows, що звужує коло користувачів, які активно використовують декілька пристройів з різними операційними системами [3].

Macro Recorder – крос-платформний додаток (Windows/macOS), що дозволяє записати та відтворити дії миші та клавіатури необмежену кількість разів. Завдяки easy-to-use interface програма не потребує специфічних знань мови програмування та підходить для звичайних користувачів [4].

Основуючись на власних потребах та недоліках вищезазначених програм було вирішено розробити власний програмний продукт «Draw & GO».

Draw & GO – це повністю крос-платформний продукт (Android, iOS, macOS, Windows, Web) з функцією синхронізації макросів між декількома пристроями. Draw & GO використовує систему плагінів, тому фактично має необмежену кількість функцій.

Також хотілось прискорити пошук та запуск макросів завдяки психологічній схильності людини до асоціативної пам'яті, саме тому кожен макрос асоціюється з графічним зображенням. Для запуску макросу достатньо відтворити зображення.

Draw & GO ще знаходиться на стадії розробки. Спробувати web-версію можна за посиланням [5].

## ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. AutoIt. – [Електронний ресурс]. – <https://www.autoitscript.com/site/autoit/>
2. MacroMaker. – [Електронний ресурс]. – <https://macromaker.en.softonic.com/>
3. JetBit Macro Recorder. – [Електронний ресурс]. – <https://www.jitbit.com/macro-recorder/>
4. Macro Recorder. – [Електронний ресурс]. – <https://www.macrorecorder.com/>
5. Draw & GO. – [Електронний ресурс]. – <https://drawgo.azurewebsites.net>

**ПРОГНОЗ ЦУНАМІ НА ОСНОВІ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ІЗ  
ЗАСТОСУВАННЯМ ПОБУДОВАНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ АНАЛІЗУ  
ХВИЛЬОВИХ РУХІВ РІДИНИ**

**Байбуз О.Г., obaybuz@ua.fm, Корочанський С.С.**

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

Численні людські жертви та велетенські матеріальні втрати від цунамі – велетенської хвилі, що виникає від раптових переміщень великих ділянок дна океану під час підводних землетрусів, змушують до різних теоретичних та статистичних досліджень причин її виникнення, а тому важливою та складною проблемою сучасної гідродинаміки та інформатики є розробка моделей прогнозу появи цунамі.

В даній роботі запропоновано за допомогою кластерного аналізу множину збурень вільної океанської поверхні розбити кластери, до яких застосувати побудовану авторами математичну модель руху збуреної рідини, який виникає під час різних фізичних дій на її поверхню, а також в результаті руху тіла в цій рідині, щодо оцінки можливості елементів кластерів перетворюватися в хвилю цунамі. Така процедура дозволить виділити загрозливі хвилі та побудувати програмний продукт, за допомогою якого здійснюється реалізація та дослідження запропонованої моделі, в залежності від різноманітних фізичних факторів.

В математичній моделі було обрано один з найбільш точних методів розрахунку плоских потенційних течій – чисельний метод граничних інтегральних рівнянь.

Задача прогнозу цунамі залежить від вибору початкових умов стану збудженої океанської водної маси та форми її вільної поверхні. Кластерний аналіз дозволяє сформулювати початкові умови через дві функції, одна із яких є гармонічна, а інша повинна бути неперервна, і які будуються на основі експериментальних даних за допомогою кластерного аналізу.

Проведено обчислювальний експеримент короткострокового прогнозу цунамі, яке відбулося 4-5 вересня 1952 року в Охотському морі. Результати обчислювального експерименту порівнювалися з історичними даними натурних спостережень та показали їх задовільне узгодження.

Розроблений програмний продукт може бути використаний в практичних та навчальних цілях, та при подальшому його вдосконалені може бути використаний для короткострокового прогнозу появи цунамі в конкретному районі.

## NUMERICAL EXPERIMENT WITH BIOMEDICAL APPLICATION IN CLUSTER AND CLOUD ENVIRONMENT

**Bardadym T.O.,** Tamara.Bardadym@gmail.com, **Osypenko S.P.**

*V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the NAS of Ukraine*

Modern scientific research is becoming substantially more complex and resource-intensive. This concern in particular calculations related to the analysis of the data obtained. It is especially evident in areas that operate on large amounts of data (particle physics, molecular biology). To meet the needs of the scientific community in computing resources, more and more powerful computer platforms are being created (CERN OpenStack Cloud, Cancer Genomics Cloud, Open Science Data Cloud, European Open Science Cloud); they contain hundreds of thousands of computing cores, operate with exabytes of information, and unite thousands of scientists around the world.

All these achievements are based on modern approaches and technologies aimed not only at operating large amounts of information, but also to ensure the reproducibility of scientific research. In particular, this concerns the decision to create a European Open Science Cloud.

We have gained experience in test deployment of the OpenStack cloud service and using the Slurm virtual cluster to test its capabilities in the context of modern scientific biomedical computing and transfer them to a more classic version of the cluster (SKIT-4.5).

The problem with using modern software on a cluster is that software is evolving rapidly and it becomes difficult to keep different versions of software on the same cluster at the same time to ensure the reproducibility of computing environments. Singularity application containerization technology, which is well-suited for use in clustered environments, helps to solve this problem. A containerized application was created to solve linear classification problems

using non-smooth optimization (using the software module NonSmoothLC developed by Yuriy Laptin [1-2]) in the software environment R, being de facto a standard tool for biomedical calculations.

Both on the Slurm virtual cluster deployed in OpenStack and on the "classic" cluster we tested the ability to scale calculations related to the leave-group-out cross-validation problem. This problem is well scalable, because independent processes do not require intensive data exchange. The test data set is a set of gene expressions (249 variables, 152 observations) isolated from 20 thousand, as the most informative features for building a classification model. An empirical study of the dependence of computing time on the number of parallel processes was performed on the cluster SKIT-4.5 at the V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the NAS of Ukraine. A nonlinear relationship between the considered variables is obtained. The optimal number of processes for this particular problem is 4 [3].

The results of numerical experiment confirmed the possibility to perform reproducible calculations. Moreover, modern technologies permit to keep scalability and portability of calculations in cloud and cluster environments.

### References

1. **Zhuravlev Y.I., Laptin Y.P. et al.** Linear classifiers and selection of informative features // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2017. – Т. 27. – №. 3. – P. 426–432.
2. **Bardadym T.O., Gorbachuk V.M., Novoselova N.A., Osypenko S.P., Skobtsov V.Yu.** Intelligent analytical system as a tool to ensure the reproducibility of biomedical calculations // Artificial Intelligence. – 2020. – № 3. – P. 65–78.
3. **Bardadym T.O., Lefterov O.V., Osypenko S.P.** Experience of OpenStack Test Deployment and Comparison of Virtual and Real Cluster Environments // Cybernetics and Computer Technologies. – 2021. – № 3. – С. 74 – 85. (Ukrainian)  
<https://doi.org/10.34229/2707-451X.21.3.0>

# МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ І МЕТОД РОЗВ'ЯЗАННЯ КРАЙОВОЇ ЗАДАЧІ НЕЙМАНА ТЕПЛООБМІНУ ДЛЯ ДВОЗВ'ЯЗНОЇ ОБЛАСТІ ПРИ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОМУ ЗВАРЮВАННІ

Бердник М. Г., MGB2006@ukr.net.

*Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"*

У виробництві зварних конструкцій все більшого поширення набувають тугоплавкі, жароміцні, антикорозійні і радіаційностійки матеріали, для зварювання яких потрібні особливі методики. Такі як електронно-променеве зварювання, при якій температура активної робочої зони досягає в тисячу разів більші показника, ніж при традиційних способах. Даний вид зварювання широко застосовується при зварюванні високоміцних легованих сталей і сплавів на титановій основі, а також таких металів, як молібден, tantal, ніобій, вольфрам, цирконій, берилій. При точній обробці і зварювання різних мікродеталей. Вона використовується в таких галузях, як ракетобудування, ядерна енергетика, точне приладобудування, мікроелектроніка та багатьох інших. Тому подальший розвиток методів розрахунку температурних полів зварних виробів є актуальною науково-технічною проблемою, що дозволить отримати більш ефективні і обґрунтовані рішення про напруженодеформований стан при зварюванні.

У даній роботі будемо розглядати електронно-променеве зварювання як спосіб з'єднання тіл для двозв'язної області (рис.1). Розглянемо розрахунок температурного поля при з'єднання тіл для двозв'язної області електронно-променевим зварюванням. Нехай  $D$  обмежена область з замкнутими кусково-гладкими контурами  $\Gamma, \Gamma^1$ , а  $n, n^1$  – зовнішні одиничні нормальні. При цьому всі нормальні повинні бути зовнішніми по відношенню до області  $D$ . Тепловий потік у тілі при зварюванні будемо моделювати точковим джерелом тепла, що рухається по контуру  $\Gamma$  з

швидкості  $V$  і інтенсивністю  $Q$ . Теплофізичні властивості тіла не залежать від температури. У початковий момент часу температура тіла постійна, а на зовнішній поверхні відомі значення теплового потоку.

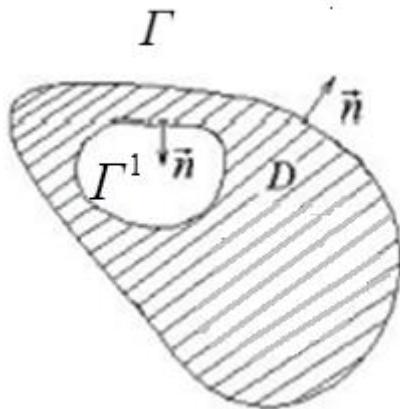


Рис.1. Область  $D$  обмежена декількома замкненими  
кусково-гладкими контурами

З урахуванням прийнятих допущень побудовано математичну модель розрахунку полів температури в двозв'язній області при електронно-променевому зварюванні у вигляді крайової задачі математичної фізики для параболічного рівняння тепlopровідності з граничними умовами Неймана. Тепловий потік у тілі при зварюванні моделювався точковим джерелом тепла, що рухається по контуру тіла із сталою швидкістю і відомою інтенсивністю за допомогою функції Дірака. За допомогою розробленого, для двовимірного кінцевого простору, кінцевого інтегрального перетворення для рівняння Лапласа, із застосуванням якого, а також методів кінцевих елементів і Гальоркіна, знайдено температурне поле у вигляді збіжного ряду. Знайдений розв'язок крайової задачі теплообміну в двозв'язній області при електронно-променевому зварюванні можна застосувати при модулюванні температурних полів, які виникають у тілах довільної конфігурації.

# БАГАТОКРОКОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ РЯДІВ, ЩО ПОРОДЖЕНІ СИСТЕМОЮ ІЗ ПАРАМЕТРАМИ, ЯКІ ПРИЗВОДЯТЬ ДО ЧАСТКОВО ПЕРЕДБАЧУВАНОГО ХАОСУ

Березін В., brzvalentin1997@gmail.com

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

**Вступ.** Розвиток світової економіки, торгівлі, засобів зв'язку і телекомунікації призвели до істотної зміни стану міжнародних ринків. Відомо, що більша частина часових рядів, породжених такими ринками є хаотичними. У даній роботі задача прогнозування хаотичного ряду на багато кроків вперед пропонується розв'язувати шляхом використання прогнозу по вже спрогнозованим значенням.

**Постановка задачі** [2]. Нехай задана сукупність  $y_0, y_1, \dots, y_t$ . Позначимо через  $y_{t+1}, y_{t+2}, \dots, y_{t+p}$  сукупність наступних спостережень ряду. А через  $\hat{y}_{t+1}, \hat{y}_{t+2}, \dots, \hat{y}_{t+p}$  оцінені значення наступних спостережень. Задача полягає в мінімізації оцінки прогнозування:  $I = M(\hat{y}_{(n+k)} - y_{(n+k)})^2 \rightarrow \min, k \geq 1$ ;  $\hat{y}_{(n+k)} = f(y_n, y_{n-1}, \dots, y_{n-p}, P(\hat{y}_n), \dots, P(\hat{y}_{n+k}))$ ;  $P(\hat{y}_{n+k}) = (y_n, \dots, y_{n+k-1})$ ,  
де  $I$ -похибка прогнозування,  $\hat{y}_{n+k}$  – оцінене значення  $k$ -ї точки після останньої спостережуваної,  $P(y_n)$  – додаткова інформація про  $y_n$  точку.

Для розв'язання поставленої задачі був застосований алгоритм прогнозування на основі класифікації та значення інваріантної міри прогнозної точки [2]. Для побудови прогнозу будемо брати лише ті точки, значення інваріантної міри яких більше за деякий поріг  $\alpha$ ,  $0 \leq \alpha \leq 1$ .

Для аналізу отриманих результатів побудовано наступні оцінки: зверху, знизу та апроксимація оцінок [2].

**Результати.** Описаний підхід був застосований до ряду Лоренца, отриманого інтегруванням системи Лоренца з параметрами, що призводять до частково передбачуваного хаосу. Ряди було спрогнозовано на 50 кроків вперед.

Оцінки зверху, знизу та апроксимація оцінок зображені на рисунку 1.

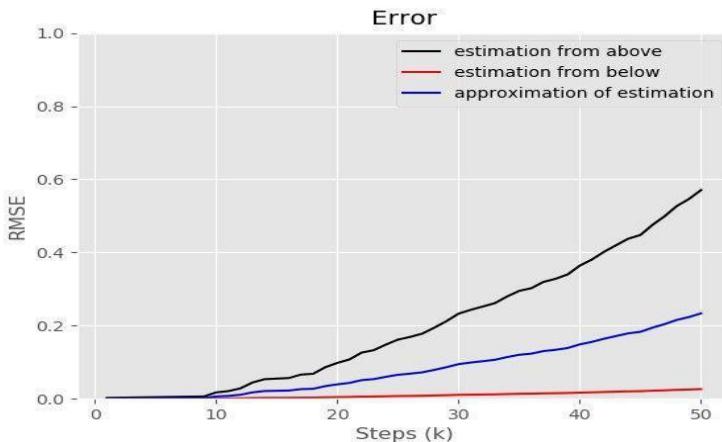


Рис. 1. Апроксимація оцінок при  $\alpha \in [0.7, 0.9]$  для ряду

**Висновки.** Для ряду, отриманого інтегруванням системи з параметрами, які призводять до частково передбаченого хаосу, результати прогнозування кращі, ніж для хаотичного ряду; та використання додаткової інформації про проміжні точки проміжку прогнозування, дозволяє пом'якшити проблему експоненційного росту функції похиби прогнозування.

### Список використаної літератури

1. Малинецкий Г.Г. Современные проблемы нелинейной динамики / Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б. // Эдиториал УРСС. – 2000. – 336 с.
2. В.А. Турчина. Использование прогнозных значений в промежуточных точках при прогнозировании хаотических временных рядов на много шагов вперёд / В.А. Турчина, В.В. Березин // Питання прикладної математики і математичного моделювання. – Д.:ДНУ.2019 – С.165-174.

## КЛАСИФІКАЦІЯ ТА АНАЛІЗ СУЧASНИХ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ

**Березін В.**

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

В сучасних умовах задачі прогнозування стають все більш актуальними. Велика мінливість різноманітних показників (характеристики погоди, здоров'я, фінансових ринків и т.д.) викликають певні труднощі у справі надійного прогнозування. Для їх подолання розробляються методики і алгоритми прогнозування, орієнтовані на різні ймовірнісні та евристичні моделі динаміки досліджуваних показників.

Моделі прогнозування можна поділити на статистичні і структурні[1]. В статистичних моделях існує функціональна залежність майбутнього значення від минулого. До статистичних моделей відноситься: регресійні (лінійна регресія, нелінійна регресія), авторегресії.

В структурних моделях[2] визначена деяка структура та правила переходу між елементами структури, які являють собою залежність майбутніх значень від минулих. До них відноситься: нейромережеві моделі[3], моделі на основі кластеризації[4].

До переваг регресійних моделей можна віднести простоту, гнучкість та однаковість аналізу. До недоліків слід віднести складність знаходження коефіцієнтів залежності.

До переваг авторегресійних моделей слід віднести численну множину прикладів застосування. Недоліками є неможливість моделювання нелінійностей та низьку адаптивність.

Перевагами нейромережевих моделей є нелінійність моделювання, широка масштабованість та адаптивність. До недоліків слід віднести численну кількість архітектур, високу залежність якості

результату від навчальної вибірки та складність вибору алгоритму навчання.

До переваг моделей на основі кластеризації відноситься нелінійність, масштабованість та висока адаптивність. Недоліками є залежність якості результату від алгоритму кластеризації, трудомісткість і ресурсомісткість обчислень.

При аналізі було встановлено, що найбільш адекватна модель для прогнозування на один крок є модель множинної регресії, а на декілька кроків вперед — модель на основі кластеризації.

### **Список використаної літератури**

1. Бокс Дж. Анализ временных рядов, прогноз и управление / Бокс Дж. Дженкинс Г.М. // М.: Мир, 1974. 406с.
2. Малинецкий Г.Г. Современные проблемы нелинейной динамики / Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б. // Эдиториал УРСС. – 2000. – 336 с.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М.: Вильямс. – 2006. – 1104с.
4. Ferreira, L. N. Time series clustering via community detection in networks / L.N. Ferreira, L. Zhao // Information Sciences. – 2016. – P. 227–242.

## МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИСТОСТІ

**Білоус О.В., [belous3006@gmail.com](mailto:belous3006@gmail.com)**

**Золотъко К.Є., [zolt66@gmail.com](mailto:zolt66@gmail.com)**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

В наш час однією з актуальних задач є задача ефективної ідентифікації користувача для забезпечення захисту конфіденційної інформації на достатньому рівні [1]. У звичайного паролю є як свої переваги, до яких відносять простоту і зручність, так і низка недоліків:

- користувач може вигадати пароль, що легко відгадати або підібрати;
- зробити його занадто коротким;
- з метою запобігання забування записати пароль і залишити на видному місці;
- потрапити на гачок до зловмисника і випадково використати пароль на фішинговому сайті;
- стати жертвою соціальної інженерії. Тобто, зловмисник під видом адміністратора може отримати пароль.

З метою забезпечення надійного рівня захисту все частіше стала використовуватися ідентифікація особистості на основі біометричних характеристик через ряд переваг, таких як важкість підробки, неможливість втрати або викрадення, зручності та достовірності [2].

Методи біометричної ідентифікації можна розділити на:

- статичні, що базуються на фізіологічних характеристиках і більш підходить для ідентифікації скучень людей;
- динамічні, що базуються на особливостях поведінки людини і простіша в реалізації, ніж статична.

Обидва методи пов'язані між собою і мають можливість взаємодоповнювати один одного.

Для ідентифікації людини використовуються знімки обличчя, відбитки пальців, сітківку ока, особливості мови, рукописний почерк та навіть відбитки вуха.

Метою цієї роботи є огляд та дослідження існуючих методів та моделей ідентифікації особистості для подального практичного використання й розробки додатку, що дозволить ідентифікувати особу, з використання машинного навчання та нейронних мереж.

Машинне навчання – це розділ штучного інтелекту, що вивчає алгоритми, здатні навчатися або адаптувати свою структуру на підставі обробленої вибірки даних [3].

Після огляду деяких типів нейронних мереж для задачі ідентифікації особистості була обрана згорткова нейронна мережа, що найчастіше використовується для обробки таких вхідних видів даних, як зображення, аудіо та інші. Згорткова нейронна мережа складається з різних видів шарів: згорткових (convolutional), субдискриптивних (subsampling) і звичайної нейронної мережі – перцептрона. Перші два чергуються між собою для того, щоб сформувати вектор ознак для багатошарового перцептрону.

### **Список використаних джерел**

1. Іванов А.І. Біометрична ідентифікація особистості за динамікою підсвідомих рухів - Пенза: Видавництво Пензенського державного університету, 2000, С. 188.
2. Голубєв Г. А., Габріелян Б. А. Сучасний стан та перспективи розвитку біометричних технологій // Нейрокомп'ютери. Розробка. Застосування. № 10, 2004, - С. 39 – 46
3. Mitchell Т. Machine Learning. [Текст] McGraw-Hill Science/Engineering/Math, p.2, 1997.

## NETWORK ANALYSIS FOR PREDICTING COVID-19 OUTCOMES

Blyuss O.<sup>1</sup>, Sushentsev N.<sup>2</sup>, Zaikin A.<sup>1</sup>  
[o.blyuss@ucl.ac.uk](mailto:o.blyuss@ucl.ac.uk)

<sup>1</sup> *Departments of Mathematics and Women's Health, University College London, London, UK*

<sup>2</sup> *Department of Radiology, Addenbrooke's Hospital and University of Cambridge, Cambridge, UK*

**Background.** Despite prostate cancer being one of the most common and deadly male cancer worldwide, about half of men in the UK present with low- and intermediate-risk localized disease are offered active surveillance (AS) as an alternative to radical treatment. Since tumor progression is the anticipated outcome for most of these patients, it is of utmost importance to identify novel and improve existing non-invasive diagnostics tools to predict risk of progression. In addition, given AS expect patients to visit radiologists regularly, these diagnostics tools should be able to accommodate not only information taken at a single time point, but also whole longitudinal pattern available up to date.

**Methods.** We started with the evaluation of predictive ability of characteristics of patients at baseline, which included standard-of-care clinical parameters in addition to MRI-derived texture features and have shown that prominent machine learning approaches are capable to predict the progression with the area under the ROC curve (AUC) of up to 0.75 [1]. Next, we proceeded to the evaluation of the longitudinal profiles by looking at delta-radiomics features computed using baseline and latest available MRI scans, which have led to the improvement of the AUC up to 0.815 [2]. Current work includes application of various architectures of recurrent neural networks to further improve the prediction of the cancer progression.

**Conclusion.** We are currently investigating the potential of the architectures of recurrent neural networks, such as LSTM and GRU, to predict the risk of cancer progression using longitudinal patterns of MRI-based texture features in addition to clinical parameters. The aim of this work is to improve the quality of life of men with prostate cancer by avoiding radical treatment for as long as possible while still treating them when necessary. This work is funded by the Pilot Award from International Alliance for Cancer Early Detection (ACED) and we hope to be able to present the results of this analysis next year.

1. N. Sushentsev, L. Rundo, O. Blyuss, V.J. Gnanapragasam, E. Sala, T. Barrett. MRI-derived radiomics model for baseline prediction of prostate cancer progression on active surveillance. *Scientific Reports* 11:12917, doi: 10.1038/s41598-021-92341-6216, (2021).
2. N. Sushentsev, L. Rundo, O. Blyuss, T. Nazarenko, A. Suvorov, V.J. Gnanapragasam, E. Sala, T. Barrett. Comparative performance of MRI-derived PRECISE scores and delta-radiomics models for the prediction of prostate cancer progression in patients on active surveillance. *European Radiology*, doi: 10.1007/s00330-021-08151-x, (2021).

## ПРО МЕТОДИ ТА ПІДХОДИ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ АРХІТЕКТУРИ ПЛАТФОРМИ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

**Божуха Д. І.,** [dbozhuha@gmail.com](mailto:dbozhuha@gmail.com)

**Надригайлло Т. Ж.,** [pary\\_star@ukr.net](mailto:pary_star@ukr.net)

*Дніпровський державний технічний університет*

Останнім часом актуальним стає питання формування ідеї та пошуку рішень проблем реалізації широкодоступного середовища при забезпеченні доступності та зручності використання інформаційних технологій (ІТ). Проблематикою будь-якої побудованої програмної системи є зміна форми експлуатації власних джерел на форму споживання послуг. Особливу увагу можна приділити способу поширення програмного забезпечення. На даному етапі в галузі ІТ спостерігається тенденція відмови організацій від розгортання власних програмних систем та перехід на споживання доступних у мережі послуг таких, як зберігання та обмін файлами, керування взаємодією з клієнтами та планування ресурсами. Протягом останніх років почалося формуватися глобальне розподілене середовище обслуговування попиту популярних ІТ у формі хмарних послуг [1]. Розвиток сфери хмарних обчислень надає користувачам середовище розроблення та розгортання від інформаційних структурних рішень до закінчених розподілених програмних середовищ. Хмарні обчислення містять механізм багаторівневого абстрагування та різні сценарії розгортання, що ускладнює розуміння. Збільшення попиту на такі хмарні послуги породжує велику кількість сценаріїв, що приводить іноді до хибних тверджень. При проектуванні будь-якої платформи висувається певна кількість вимог: мінімізація часу простою розподіленого обчислювального середовища, час інженерів-розробників, вартість обчислень та ін. Для дослідження наведених параметрів проведений аналіз методів та підходів для вирішення цієї задачі.

### Бібліографічні посилання

Синтез технологій платформ хмарних обчислень /А.П. Лозінський/ [Електронний ресурс] //URL: [https://www.researchgate.net/publication/338151461\\_Synthesis\\_of\\_Cloud\\_Computing\\_Platform\\_Technologies](https://www.researchgate.net/publication/338151461_Synthesis_of_Cloud_Computing_Platform_Technologies) (дата звернення: 22.09.2021).

# РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ДОДАТКУ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПЕРЕНЕСЕННЯ ЗАБРУДНЕНЬ У ДВОВИМІРНОМУ ПРОСТОРІ

Болдирєв Д.О., Молодець Б.В., Булана Т.М.

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

Питання екології завжди були актуальні, а з часом стали критичними. У сучасному світі існує проблема передбачення розповсюдження шкідливих викидів з джерел. Для початкового розуміння території, яка буде забруднена достатньо вирішити задачу перенесення забруднення у двовимірному просторі.

Для вирішення задачі існує ряд різноманітних моделей і всі їх результати є достовірними.

Метою цієї роботи стала розробка автоматизованого додатку для збору початкової інформації та відображення результатів, що використовує “Стаціонарну Гауссівську модель” для розрахунку розповсюдження хмари забруднень.

В розробленому додатку рівняння Гаусівської моделі описується наступною формулою[1]:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{(2\pi u \sigma_y \sigma_z)} \exp\left[-\frac{(y-y_0)^2}{2\sigma_y^2}\right] \left\{ \exp\left[-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\}, \text{ де}$$

$C(x, y, z)$ - Концентрація забруднюючих елементів у точці з координатам  $x, y, [г/м^3]$ ;  $Q$ - потужність безперервного точкового джерела забруднення,  $[г/с]$ ;  $H$  - ефективна висота джерела забруднення,  $[м]$ ;  $u$  - швидкість вітру на висоті  $H$  метрів,  $[м/с]$ ;  $\sigma_y$ -горизонтальні дисперсії,  $[м]$ ;  $\sigma_z$  - вертикальна дисперсія,  $[м]$ ; а напрямок вітру співпадає з напрямом осі ОХ.

Основним результатом розробки є програмний додаток на мові програмування Python, який бере необхідні погодні параметри з даних моделі ERA 5 [2] у форматі NETCDF, координати джерел викидів вводяться у відповідний файл. Для легкого коригування викидів були описані параметри основних забруднювачів таких, як: pm10, pm25, CO,

NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S. Отже слід просто обрати домішку та її концентрацію у викидах відповідно до інформації з сайту [3].

Результатом роботи додатку є погодинні картинки, що відображають поширення хмари забруднення, gif анімація та файл у форматах .cpg, .dbf, .prj, .qmd, .shp, .shx для відображення результатів на мапі. Приклади можна побачити на рисунку 1.1.

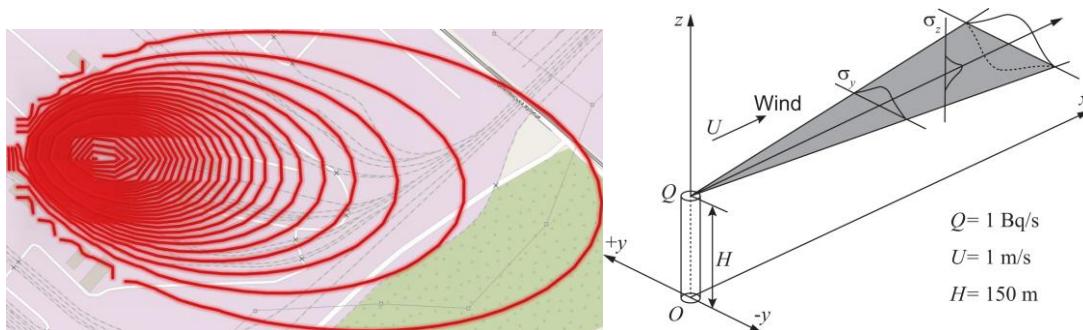


Рисунок 1.1 — Накладання результатів на реальні дані

Отриманий додаток може бути використаний на будь-якій операційній системі та полегшує роботу студентів та науковців, які зацікавлені у даному питанні. Перевагою додатку є можливість зображення дифузії викидів декількох джерел.

## ДЖЕРЕЛА

1. Self-study notes - GAUSSIAN PLUMES [Електронний ресурс] // URL: <https://www.eng.uwo.ca/people/esavory/Gaussian%20plumes.pdf>
2. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts [Електронний ресурс] // URL: [www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5](http://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5)
3. Реєстр викидів та перенесення забруднення [Електронний ресурс] // URL: <https://map.mepr.gov.ua>

## ВИЯВЛЕННЯ СТАТИСТИЧНО ЗНАЧУЩИХ ВІДМІНОСТЕЙ В РІВНЯХ ЕКСПРЕСІЇ ГЕНІВ ХВОРИХ НА БРОНХІАЛЬНУ АСТМУ

Бондаренко Я.С., [yana.bondarenko@pm.me](mailto:yana.bondarenko@pm.me)

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

**Вступ.** Бронхіальна астма – це гетерогенне захворювання, яке мають мільйони дорослих та дітей по всьому світу. Вважається, що причиною астми є поєднання двох факторів — генетичного та фактору зовнішнього середовища. Близько п'яти процентів дітей з астмою страждають від хронічних симптомів або важких загострень, незважаючи на лікування різними препаратами

Причини тяжкої терапевтично-резистентної астми у дітей до сьогодні погано вивчені. Але дослідження [1] показують, що існує спадкова компонента, яка відповідає за тяжкість астми. Клінічні ознаки важкої астми, хронічного запалення і наступних структурних змін дихальних шляхів, погіршення функції легень, дозволяють припустити, що гени, що беруть участь в цих процесах, можуть становити особливий інтерес. За допомогою використання спеціальних ДНК-мікрочипів та підходу, який базується на геноміці, в клітинах крові, взятих у дітей під час загострення астми і одужання, проводиться кількісний аналіз експресії генів.

**Постановка задачі.** Метою дослідження є спроба виявити набір генів у дітей з тяжкою терапевтично-резистентною астмою та контролюваною астмою для того, щоб знайти нові методи лікування астми. В експерименті брали участь три групи дітей: 17 хворих з терапевтично-резистентною астмою (severe asthma – SA), 19 хворих з контролюваною астмою (controlled asthma – CA) і 18 здорових (healthy controls – Control)[2]. Вчені провели секвенування біологічного матеріалу для того, щоб зрозуміти, які з генів найбільш активні в клітинах хворих. Необхідно визначити гени, активність яких у дітей з різним ступенем важкості астми відрізняється значущо.

**Метод розв'язання.** Для виявлення відмінностей експресії генів у кожній групі використано попарне порівняння середніх з поправками для множинної перевірки статистичних гіпотез.

1. З 21465 генів знайдено гени, рівні експресії яких нормально розподілені. У кожній групі перевірено нульову гіпотезу  $H_0: F = N_{a;\sigma^2}$  за допомогою *критерію Шапіро-Уілка*. Рівні експресії 17540 генів розподілені нормально одночасно в групах Control, CA, SA.

2. З 17540 генів знайдено гени, рівні експресії яких мають однакову дисперсію. Перевірено нульову гіпотезу  $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_m^2$  про рівність дисперсій за допомогою *критерію Бартлетта*. Рівні експресії 15904 генів мають однакову дисперсію в групах Control, CA, SA.

3. З 15904 генів знайдено гени, рівні експресії яких мають однакові середні значення. Перевірено нульову гіпотезу  $H_0: a_1 = a_2 = \dots = a_m$  про рівність середніх за допомогою *однофакторного дисперсійного аналізу*. Рівні експресії 12908 генів мають однакові середні значення. Отже, рівні експресії 2996 генів мають статистично значущі відмінності в групах Control, CA, SA.

4. Для 2996 генів проведено попарне порівняння середніх значень рівнів експресії генів в групах Control і CA, Control і SA, CA і SA за допомогою *критерію Стьюдента* з поправками для усунення ефекту множинних порівнянь – Бонферроні, Холма, Бенджаміні-Хохберга.

Гени, для яких було відхилено гіпотезу про рівність середніх значень рівнів експресії в групах SA і CA, SA і Control, CA і Control, було відсортовано за зростанням рівнів значущості, що досягаються, для того, щоб здобути гени, для яких рівні експресії відрізняються найбільше. Здобуті результати занесено до таблиці 1.

Зі здобутих результатів можна зробити висновок, що важку терапевтично-резистентну астму характеризує наявність генів TASR14, TAS2R13. Ці гени відповідають за рецептори смаку, а саме за сприйняття гіркого смаку. І цей результат дійсно підтверджує дослідження вчених, в

якому вони показали присутність цих рецепторів у легенях людини і, крім того, що їх стимуляція викликає розширення бронхів.

Таблиця 1. Гени, рівні експресії яких відрізняються найбільше (поправка Бенджаміні-Іекутіелі)

Group	Controlled asthma	Severe asthma
Healthy controls	NCR3, TTC38, TMEM181, AKR1C3, PRF1, SYNE2, INPP4A, PHLDB2, GPR21	TAS2R13, TAS2R14, GPR52, GPR21, ZEB2, OCR1, SYNE2, CD4, SNORA70B, ZBTB37
Severe asthma	GOT1, AP2M1, ZC3H7B, SNRNP200, POLA2, PIGU, TMEM38, ATP5B, AAR2, USP5	—

Для генів, рівні експресії яких не мають нормального розподілу і/або не мають однакову дисперсію в групах Control, CA, SA застосовано непараметричні статистичні критерії.

З 5561 генів знайдено гени, рівні експресії яких мають однакові середні значення. Перевірено нульову гіпотезу  $H_0: a_1 = a_2 = \dots = a_m$  про рівність середніх за допомогою *критерію Крускала-Уолліса*. Рівні експресії 4385 генів мають однакові середні значення. Отже, рівні експресії 1176 генів мають статистично значущі відмінності в групах Control, CA, SA.

Для 1176 генів проведено попарне порівняння середніх значень рівнів експресії генів в групах Control і CA, Control і SA, CA і SA за допомогою *критерію Данна* з поправками для усунення ефекту множинних порівнянь – Бонферроні, Холма, Бенджаміні-Хохберга.

Гени, для яких було відхилено гіпотезу про рівність середніх значень рівнів експресії в групах SA і CA, SA і Control, CA і Control, було відсортовано за зростанням рівнів значущості, що досягаються, для того, щоб здобути гени, для яких рівні експресії відрізняються найбільше. Здобуті результати занесено до таблиці 2.

Таблиця 2. Гени, рівні експресії яких відрізняються найбільше (поправка Бенджаміні-Іекутієлі)

Group	Controlled asthma	Severe asthma
Healthy controls	CD247, ZFAT, LINC00299, OSBPL5, SH2D2A, STAT4, MYBL1, GOLGA8O.1, TPST2, PDGFD.	SND1.IT1, SNORA2A, LOC100128175, CCNI, LOC100133106, LPP, PP7080.1, AGPAT4.IT1, ORM2, TAF15
Severe asthma	MDP1.1, ERCC2, STARD7, AAAS, PRPS1, VPS11, TCTN3, PCCB, DEXI, IGF1R	–

**Висновки.** На рисунку 1 наведено розподіл числа генів, рівні експресії яких мають статистично значущі відмінності у дітей з терапевтично-резистентною, контрольованою астмою та здорових дітей.

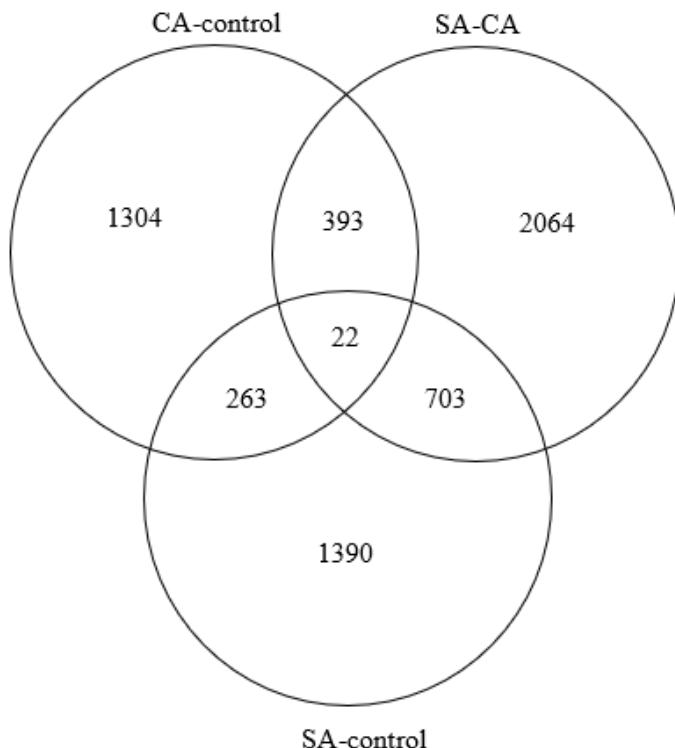


Рис. 1. Розподіл числа генів, активність яких у дітей в групах Control, CA, SA з різним ступенем важкості астми відрізняється статистично значущо (використано поправку Бенджаміні-Іекутієлі)

### Бібліографічні посилання

1. Orsmark-Pietras C., James A., Konradsen J.R., Nordlund B. et al. Transcriptome analysis reveals upregulation of bitter taste receptors in severe asthmatics // European Respiratory Journal. – 2013. – Vol. 42(1). – P. 65-78.
2. GEO DataSet Browser. URL: [www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/GDSbrowser?acc=GDS4896](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/GDSbrowser?acc=GDS4896)
3. Frank Bretz, Torsten Hothorn, Peter Westfall Multiple comparisons using R, 2011, 182 p.

## РОЗРОБКА 3D МОДЕЛІ ПЕРЕНОСУ В ТЕПЛОПРИЙМАЛЬНОМУ КАНАЛІ З НАНОРІДИНОЮ

**Борисенко А.Г., Книш Л.І., [andrewb1456@gmail.com](mailto:andrewb1456@gmail.com)**

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

Інтенсифікація конвективного теплообміну є ключовою технологічною проблемою, що виникає в різних галузях енергетики. Ця проблема особливо актуальна при проектуванні сучасних сонячних термодинамічних пристрій, які набувають все більший розвиток в рамках світової безвуглецевої концепції. Низька щільність сонячного випромінювання значно ускладнює технологію його термодинамічного перетворення. Реалізація такого перетворення неможлива без використання додаткового науковців обладнання, що суттєво підвищує вартість кінцевого енергетичного продукту. Зокрема, для отримання високих температур (від  $100^0\text{C}$ ) термодинамічні сонячні енергетичні системи повинні мати у своєму складі спеціальні пристрій – концентратори, які уловлюють сонячні промені та направляють їх на тепlopриймач для подальшого перетворення. Геометрія концентратора та тепlopриймача залежить від температурного рівня системи. Найбільш популярними є параболоциліндричні концентратори з трубчастими тепlopриймальними каналами у фокусі. Концентрований сонячний потік нагріває теплоносій, що рухається в каналі, й далі отримане тепло використовується для різних технологічних потреб або перетворюється в паротурбінному циклі в електрику. Інтенсифікація конвекції в каналі сприяє зменшенню його довжину та загальної площі концентратору. Таке зменшення призведе до зниження вартості найбільш коштовного елементу термодинамічної установки – її системи прийому. Переваги від зменшення габаритів системи особливо відчутні в разі промислового виробництва, бо часто термодинамічні установки займають десятки гектарів землі.

Найбільш перспективним методом інтенсифікації конвективного теплообміну є використання нанорідин, які створюються шляхом додавання в базовий теплоносій наночастинок різної природи (чисті метали та їх хімічні сполуки, вуглецеві нанотрубки та ін.). Нанорідини мають специфічні термодинамічні властивості, що потребує нових підходів до їх моделювання та розрахунку. Крім того, використання нанорідин в теплоприймальних каналах параболоцикліндричних станцій має додаткові особливості, пов'язані з нерівномірним розподілом концентрованого теплового потоку на поверхні каналу. Саме таку 3D математичну модель було розроблено та реалізовано числовим методом на основі створеного Python-коду. В основу моделі покладено класичну систему рівнянь Нав'є-Стоксу для нестисненої рідини, що рухається в каналі. Використання моделі тонкого шару дозволило спростити загальну систему рівнянь та сформулювати задачу у вигляді двох рівнянь – 3D рівняння енергії та рівняння руху. Ці рівняння доповнюються нелінійними граничними умовами на зовнішній поверхні теплоприймального каналу, які пов'язані з величиною концентрованого теплового потоку. Аналітичний вираз цієї величини, як функції від кута на поверхні каналу, було знайдено шляхом апроксимації відомих числових розв'язків. Теплофізичні властивості нанорідин, що використовувалась в якості теплоносія, знаходились на основі апроксимації експериментальних даних.

Для побудови числового алгоритму обрано метод контрольного об'єму з процедурою розщеплення по координатним напрямам. Стійкість розрахункової схеми в радіальному та кутовому напрямі забезпечувалась умовами стійкості неявної схеми, а в аксіальному напрямі – вибором відповідного значення для локального числа Пекле. На основі створеного числового алгоритму проведено параметричні дослідження, що визначили перспективи використання обраної нанорідини в якості теплоносія.

## СЕГМЕНТАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ ТА ГРУПУВАННЯ СЕГМЕНТІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ СТИСНЕННЯ НАБОРУ PNG ЗОБРАЖЕНЬ

Бузовський Є.О., [eug6n6@gmail.com](mailto:eug6n6@gmail.com),

Божуха Л.М., [bozhukha.li@gmail.com](mailto:bozhukha.li@gmail.com)

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

Формат зображень PNG має вбудований метод стиснення без втрат DEFLATE<sup>[1]</sup> (поєднує LZ77 і кодування Хаффмана), тому залежно від вмісту зображення ефективність стиснення може суттєво відрізнятись.

Попередні перетворення графічних даних можуть збільшений коефіцієнт стиснення, при цьому забезпечити зворотність перетворень – тобто покращити алгоритми стиснення без втрат, наприклад: поділ кожного зображення набору на сегменти; групування сегментів різних зображень у нове, в результаті чого буде отримано новий набір зображень.

Такий підхід нагадує існуючі способи стиснення PNG файлів з втратами, що у першу чергу полягають у зменшенні кольорової палітри<sup>[2]</sup>, але в даному випадку розглядається саме до набору зображень та без втрат.

Сегментація полягає у поділі всіх пікселів зображення на групи (сегменти). Можливі різні підходи до цієї задачі, наприклад, поділ на рівні за розміром сегменти або застосування методів кластеризації. На етапі групування в одну групу потраплять найбільш схожі за своєю палітрою фрагменти.

Попередні результати практичної реалізації показали покращення степеню стиснення до 26%, але шляхом параметризації та попереднього аналізу даних можливо забезпечити більшу оптимальність та ефективність.

### Бібліографічні посилання

1. McAnlis C. How PNG Works [Електронний ресурс] / Colt McAnlis – Режим доступу до ресурсу: <https://medium.com/@duhroach/how-png-works-f1174e3cc7b7>.
2. McAnlis C. Reducing PNG file Size [Електронний ресурс] / Colt McAnlis – Режим доступу до ресурсу: <https://medium.com/@duhroach/reducing-png-file-size-8473480d0476>.

# ЗАСТОСУВАННЯ ПРЯМОГО І НЕПРЯМОГО МЕТОДІВ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ЛІНІЙНОЮ СИСТЕМОЮ

**Гарт Л.Л., Крупський С.Л., Ящечко Н.С.**

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

Методи розв'язання задач оптимального керування, як відомо, можна класифікувати як прямі, так і непрямі [1]. Ці методи відрізняються підходами до пошуку розв'язків задачі оптимального керування. Непрямі методи передбачають розв'язання крайової задачі необхідних умов оптимальності, в той час як прямі методи не вимагають безпосереднього використання необхідних умов. Прямі методи не потребують складання спряженої системи рівнянь, системи керування та умов трансверсальності і зводять оптимізаційну задачу до побудови мінімізуючої (чи максимізуючої) послідовності, на підставі якої за допомогою граничного переходу може бути отримано точний розв'язок задачі оптимального керування [2].

У роботі розглядається задача оптимального керування з вільним правим кінцем, пов'язана з лінійною системою: знайти нижню грань функціонала

$$J(u) = \frac{1}{2} \int_0^T (x^2 + u^2) dt \quad (1)$$

за умов

$$\dot{x}(t) = -ax(t) + u(t); \quad 0 \leq t \leq T; \quad x(0) = x_0, \quad (2)$$

де  $u \equiv u(t)$  і  $x \equiv x(t) = x(t, u(t))$  – шукані функції на відрізку  $[0, T]$  (відповідно, керування і стан досліджуваної системи);  $a, x_0, T > 0$  – відомі сталі; на керування  $u(t)$  не накладено жодних додаткових обмежень.

Відповідно до теорем 1.5.3, 1.5.4 роботи [1], функціонал (1) за умов (2) є неперервно диференційованим в  $L_2[0,T]$  та його градієнт в кожній точці  $u \equiv u(t) \in L_2[0,T]$  обчислюється за формулою:

$$J'(u) \equiv -\frac{\partial}{\partial u} \left[ -\frac{1}{2}(x^2 + u^2) + \psi(-\alpha x + u) \right] = u(t) - \psi(t), \quad (3)$$

де  $\psi(t) \equiv \psi(t, u)$  – розв'язок спряженої задачі

$$\dot{\psi}(t) = \alpha \psi(t) + x(t), \quad 0 \leq t \leq T, \quad \psi(T) = 0. \quad (4)$$

Крім того, градієнт (3) задовольняє на  $L_2[0,T]$  умову Липшиця з константою  $L = 2Te^{2T}$ . Функціонал (1) є сильно опуклим на  $L_2[0,T]$  і досягає свого мінімуму в єдиній точці  $u = u^*(t)$ .

Для розв'язання задачі оптимального керування (1), (2) було застосовано два підходи, а саме: непрямий метод, що полягає у застосуванні необхідних умов оптимальності у формі принципу максимуму Л.С. Понтрягіна [3, 4], і прямий метод, заснований на безпосередній мінімізації цільового функціонала (1) градієнтним методом за умов (2) [5].

Під час реалізації непрямого методу було застосовано два способи розв'язання лінійної краєвої задачі (2), (4) принципу максимуму Понтрягіна: точний аналітичний метод теорії диференціальних рівнянь та чисельний метод стрільби з використанням методу Рунге-Кута для розв'язання допоміжних задач Коші. Під час застосування прямого методу побудовано сіткову апроксимацію вихідної задачі оптимального керування і реалізовано градієнтний метод мінімізації сіткового функціонала. Зазначені обчислювальні схеми було програмно реалізовано та виконано порівняльний аналіз отриманих результатів на прикладі розв'язання конкретної задачі.

Порівняльний аналіз отриманих результатів показав, що, незважаючи на те, що непрямий метод доволі простий у реалізації, він не є

найточнішим. Оскільки непрямий метод дає стаціонарний розв'язок задачі лінійного керування, є сенс використовувати його для попереднього наближеного розв'язання задачі оптимального керування та для застосування у процесі навчання. У свою чергу, прямий градієнтний метод є більш складним, потребує більш уважного опрацювання та використання. Головною проблемою у цьому методі є той факт, що початкове наближення  $u^{(0)} \equiv u^{(0)}(t)$ ,  $0 \leq t \leq T$  для шуканого керування, яке обирається довільно, може бути не завжди вдалим. Проте, цей метод більш точний та дозволяє знаходити розв'язки практичних задач оптимального керування, що серед різних економічних та наукових галузей має великий попит.

### Бібліографічні посилання

1. Васильев Ф.П. *Лекции по методам решения экстремальных задач*. М.: Изд-во МГУ, 1974. 376 с.
2. Марценюк В.П., Гандзюк Н.М. Задача оптимального керування компартментних систем. *Штучний інтелект*. 2014. № 1. С. 106-114.
3. 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.
4. 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.
5. Гарт Л.Л., Поляков Н.В. Применение проекционно-итерационных методов к решению задач оптимального управления со свободным правым концом. *Питання прикладної математики і математичного моделювання*. Д.: ДНУ, 2000. С. 23-29.

## ПРО НАБЛИЖЕНІ АЛГОРИТМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ

Гарт Л.Л., Сіряк А.Ю.

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

Зображення об'єктів є важливою складовою частиною опису предметів і явищ навколошнього світу в самих передових галузях науки, техніки, медицини. Зображення часто буває спотворене внаслідок недосконалості оптичних апаратів, дефокусування знімків, через вплив середовища між об'єктом і апаратом, в силу ряду інших причин [1]. В процесі передачі і перетворення за допомогою радіотехнічних систем, зображення піддається впливу різних перешкод, що в ряді випадків призводить до погіршення візуального якості і втрати ділянок зображень. На практиці часто зустрічаються зображення, спотворені шумом, який з'являється на етапах формування та передачі його по каналу зв'язку. Під час спотворення вся інформація перерозподіляється за деяким законом і може бути однозначно відновлена з деякими обмеженнями [2].

Відомі задачі відновлення спотворених зображень зазвичай описуються набором одновимірних інтегральних рівнянь Фредгольма I роду типу згортки:

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

де  $h$  – ядро інтегрального рівняння, що має смисл функції розсіювання точки (ФРТ), у більшості випадків просторово-інваріантної (різницевої);  $A$  – лінійний інтегральний оператор;  $w$  і  $g$  – розподіл інтенсивності за істинним та спотвореним зображеннями відповідно;  $\delta g$  – похибка. В (1) вісь  $Ox$  спрямована вздовж змазування, а  $y$  відіграє роль дійсного параметра [3].

Дана робота присвячена аналізу існуючих алгоритмів відновлення зображень, комп'ютерній реалізації найбільш поширеніх з них та дослідженю їх ефективності. Було алгоритмізовано, програмно реалізовано та проаналізовано результати роботи методу регуляризації

А.М. Тихонова та фільтру Вінера на прикладі розв'язання задач відновлення розмитих зображень.

Фільтр Вінера належить до одного з найбільш ефективних методів розв'язання задачі відновлення зображень. Фільтр Вінера скорочує рівень випадкового шуму на зображеннях. Ідея методу заснована на тому, що адитивний шум – це стаціонарний випадковий процес, що не залежить від розташування пікселя. Мета роботи фільтру полягає у пошуку такої оцінки для оригінального зображення, щоб середньоквадратичне відхилення цих зображень було мінімальне [4, 5].

Під час реалізації методу регуляризації Тихонова для розв'язання оберненої задачі зазвичай використовуються метод перетворення Фур'є та метод квадратур. В останньому випадку для розв'язання інтегральних рівнянь типу (1) інтеграл при кожному  $x$  замінюється скінченною сумою з цілим кроком дискретизації (в пікселях), в результаті чого виникає система лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) при кожному фіксованому  $y$ . Ця некоректна (як правило, нестійка) СЛАР, згідно з методом Тихонова, зводиться до так званої регуляризованої СЛАР

$$(\alpha E + A^T A)w_{\alpha y} = A^T g_y, \quad (2)$$

де  $\alpha > 0$  – параметр регуляризації,  $E$  – одинична матриця,  $A^T$  – транспонована матриця по відношенню до  $A$ . Матриця  $(\alpha E + A^T A)$  є симетричною і додатно визначеною, тобто СЛАР (2) має єдиний розв'язок і стійка [5].

Створений програмний продукт, що реалізує розроблені обчислювальні алгоритми відновлення розмитих зображень на основі фільтру Вінера і методу регуляризації Тихонова, може бути застосований під час аналізу моделей комп'ютерної графіки, у роботі з відео- та фотозображеннями, у медичних дослідженнях, у астрономії, у машинному навчанні та в задачах розпізнавання образів. Результати досліджень можуть використовуватись також під час розв'язання інших класів некоректних інтегральних рівнянь.

У подальшому планується порівняти результати застосування різних способів вибору параметра регуляризації в обчислювальних схемах методу Тихонова [6–8] та дослідити їх ефективність на прикладі розв'язання конкретних задач.

### **Бібліографічні посилання**

1. Ареф'єва М.В., Сысоев А.Ф. Быстрые регуляризирующие алгоритмы цифрового восстановления изображений // Вычислите. методы и программирование. - 1983. - Вып. 39. - С. 40—55.
2. Воскобойников Ю.Е., Литасов В.А. Устойчивый алгоритм восстановления изображения при неточно заданной аппаратной функции // Автометрия. - 2006. - Т. 42. № 6. - С. 3–15.
3. Гарт Л.Л. Оптимізація обчислень в регуляризаційних алгоритмах розв'язання задачі відновлення розмитих зображень // Первый независимый научный вестник. – 2015. – № 1. – С. 165–170.
4. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. // М.: Техносфера - 2006. – С. 1072.
5. Сизиков В.С., Белов И.А. Реконструкция смазанных и дефокусированных изображений методом регуляризации // Оптический журнал. – 2000. – Т. 67. – № 4. – С. 60–63.
6. Гарт Л.Л., Манойло М.В. О некоторых алгоритмах регуляризации для решения интегральных уравнений // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2015. – № 1. – С. 99–110.
7. Гарт Л.Л. О численных алгоритмах регуляризации для решения некорректных интегральных уравнений // Питання прикладної математики і математичного моделювання. – Д.: ДНУ, 2013. – С. 87–100.
8. Гарт Л.Л. Проекційно-ітераційний алгоритм розв'язання некоректних інтегральних рівнянь Вольтера // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2012. – № 1. – С. 101–112.

**ПРО СІТКОВІ АЛГОРИТМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ  
ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ СТАЦІОНАРНИМ ТЕПЛОВИМ  
ПРОЦЕСОМ**

**Гарт Л. Л., Фещенко М. С.**

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

Нині чисельне моделювання процесів теплообміну набуває все більш значущої ролі, оскільки для сучасної науки і техніки необхідний надійний прогноз таких процесів, експериментальне вивчення яких є складним і дорогим в лабораторних або природних умовах. Важливим класом прикладних задач є проблеми керування тепловим станом досліджуваного об'єкта, включаючи проблеми терmostатування, де через певні теплові ефекти необхідно підтримувати задану температуру в якісь частині обчислювальної області. Розподілені або точкові внутрішні джерела тепла, такі як обігрівачі, можуть виступати в якості керування. У цій роботі розглядається задача оптимального керування джерелами в задачі стаціонарної тепlopровідності, в якій якість керування оцінюється квадратичним цільовим функціоналом, а умови оптимальності формулюються через систему диференціальних рівнянь для вихідного і спряженого станів досліджуваного процесу.

Відповідно до джерела [1, с.546], де наведена двовимірна модель терmostатування, тут розглядається аналогічна задача оптимального керування у одномірному випадку: знайти нижню грань функціонала

$$J(v) = \int_0^l \left( u(x, v(x)) - \varphi(x) \right)^2 dx, \quad (1)$$

за умов

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

$$u(0) = \mu_1, \quad u(l) = \mu_2, \quad (3)$$

$$v \in H = L_2[0, l], \quad (4)$$

де  $\varphi(x)$ ,  $k(x)$  і  $f(x)$  – відомі функції, визначені і неперервні за  $x \in [0, l]$ ;  $u(x) \equiv u(x, v)$  і  $v \equiv v(x)$  – шукані функції на  $[0, l]$ ;  $l > 0$ ,  $\mu_1, \mu_2$  – відомі константи.

Для розв'язання задачі оптимального керування (1)-(4) розроблено, алгоритмізовано, програмно реалізовано та досліджено практичну збіжність наближених алгоритмів, заснованих на методі сіток і різних варіантах градієнтного методу для мінімізації цільового функціонала.

В ході досліджень розглянуто декілька способів вибору крокового множника у ітераційних процедурах мінімізації градієнтного типу, використано різні критерії зупинки алгоритмів, проаналізована точність та трудомісткість реалізованих обчислювальних схем на прикладі розв'язання модельних задач оптимального керування виду (1)-(4). Порівнюючи різні варіанти градієнтного методу, не можна дати однозначну відповідь, який з них є кращим та зручнішим у використанні для розглянутих модельних прикладів. Так, метод найшвидшого спуску є більш обчислювально складним, та програма, що реалізує його, відпрацьовує значно довше ніж для інших процедур. Але порівнюючи отримані наближені значення функціонала (1) і його градієнта, можна зробити висновок, що за будь-якого порядку дискретизації метод найшвидшого спуску приводить до менших їх значень. Тому доцільніше використовувати саме цей метод, коли точність обчислень більш важлива, аніж кількість обчислювальних витрат на його реалізацію.

Слід зазначити, що для підвищення швидкості збіжності сіткових алгоритмів розв'язання задач оптимального керування виду (1)-(4) можна запропонувати їх реалізацію на послідовності сіток за принципом [2–4], а також розглянути сіткові обчислювальні схеми [5], засновані на методі регуляризації А.М. Тихонова.

## Бібліографічні посилання

1. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. М.: Едиториал УРСС, 2003, 784 с.
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. 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., Feschenko 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. – P. 43-44.

# ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІТЕРАЦІЙНИХ МЕТОДІВ

## ВІДШУКАННЯ СПЕКТРУ ІНТЕГРАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА

Гарт Л.Л., Щербаченко Є.О.

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

Проблема власних значень виникає у багатьох обчислювальних і дослідницьких задачах, наприклад, під час досліджень динаміки процесів в різних областях: в техніці, біології, економіці і т.д. Задача знаходження власних значень і власних векторів (функцій) лінійного оператора є до того ж однією з основних задач для багатьох розділів фізики: принципове значення вона набула після створення в тридцятих роках минулого століття квантової механіки, яка стала базовою дисципліною дослідження мікросвіту. Дійсно, відповідно до одного з основних положень квантової механіки, всі спостережувані величини (тобто величини, які можуть бути вимірювані в результаті проведення конкретних фізичних експериментів) – це власні значення деяких нескінченновимірних ермітових операторів [1].

Дана робота присвячена аналізу основних теоретичних відомостей стосовно існуючих ітераційних методів та алгоритмів розв'язання проблеми знаходження власних значень і власних функцій інтегрального оператора, комп'ютерній реалізації цих алгоритмів та дослідженню їх практичної збіжності й ефективності на прикладі розв'язання конкретних задач. Більш докладно розглянуто числові схеми, основані на методі заміни інтеграла скінченною сумою (як методі апроксимаційного типу) та ітераційних алгоритмах під назвою LU-алгоритм [2] і QR-алгоритм [3].

LU-алгоритм ґрунтуються на зведені квадратної несиметричної матриці  $A$  до подібної їй матриці трикутного вигляду. За допомогою LU-розкладу задана матриця  $A$  представляється як добуток матриць  $L$  та  $U$ , де  $L$  – нижня трикутна матриця з одиничною діагоналлю, а  $U$  – верхня трикутна матриця. Таке представлення зручне для розв'язання системи алгебраїчних рівнянь, так як воно дозволяє перейти від задачі розв'язання

заданої системи рівнянь до послідовного розв'язання систем з трикутними матрицями.

QR-алгоритм є одним з найбільш відомих і популярних методів для обчислення всіх власних значень довільної квадратної матриці. QR-розкладанням квадратної матриці  $A$  називається її подання у вигляді добутку ортогональної матриці  $Q$  і верхньої трикутної  $R$ :  $A = QR$ . Таке розкладання існує завжди, причому не тільки для квадратних матриць [3]. Якщо вихідна матриця  $A$  вироджена, то на діагоналі у матриці  $R$  буде як мінімум один нульовий елемент. В іншому випадку таких елементів не буде.

Побудова QR-розкладання по суті не відрізняється від LU-розкладання: замість елементарних перетворень для приведення матриці  $A$  до верхньотрикутного вигляду слід використовувати ортогональні перетворення (наприклад, перетворення обертання або відображення).

QR-алгоритм та LU-алгоритм за результатами їх програмної реалізації для конкретних інтегральних операторів були порівняні за збіжністю, за кількістю операцій, за часом, за абсолютною та відносною похибками. QA-алгоритм виявся точніше за LU-алгоритм в середньому на 0.015%. Швидкість збіжності QA-алгоритму залежить від ступеня поділу власних чисел. LU-алгоритм розрахований тільки на дійсні матриці з дійсними власними значеннями; він близький до трикутного степеневого методу, збігається швидко, але не завжди стійкий.

Результати дослідження можна застосувати під час аналізу існування та єдиності розв'язку лінійного інтегрального рівняння Фредгольма другого роду, яке має широку сферу практичних застосувань, в тому числі під час дослідження роботи ядерних реакторів, розв'язання обернених задач геофізики та ін. [4]. У системах лінійних диференціальних рівнянь результати дозволяють визначити характер поведінки системи в часі та вирішити питання про її стійкість.

У подальшому зазначені та інші обчислювальні алгоритми [5] планується застосувати до розв'язання наступних задач, що мають прикладне значення: задача Штурма-Ліувіля та задача пошуку власних частот і форм коливань циліндричної пружини.

### **Бібліографічні посилання**

1. Чечин Г.М., Зехцер М.Ю. Собственные значения и собственные векторы матриц. Часть 1: Теоретические аспекты: учебное пособие. Ростов-на-Дону: РГУ, 2006. 36 с.
2. Меркулов Н.Н., Михайлов М.Д. Вычисление собственных значений и собственных векторов. Методы приближенных вычислений: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. А.В.Старченко. – Томск: Издательский Дом ТГУ, 2014. С. 199-227.
3. Шахно М., Дудикевич А.Т., Левицька С.М. Методи розв'язування задачі на власні значення. Практикум з чисельних методів: навч. посіб. Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2013. С. 122-128.
4. Краснов М.Л., Киселев А.Н., Макаренко Г.И. Характеристические числа и собственные функции. Интегральные уравнения: учебное пособие. Москва: Едиториал УРСС, 2003. С. 54-72.
5. Гарт Л.Л., Щербаченко Є.О. Про наближені алгоритми розв'язання проблеми на власні значення лінійних операторів. Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем: Тези доп. XVII міжнар. наук.-практ. конф. Дніпро: ДНУ, 2019. С. 59-61.

**РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЕНЕРГОПЕРЕНОСУ В  
НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОМУ ТЕПЛОВОМУ АКУМУЛЯТОРІ  
ФАХОВОГО ПЕРЕХОДУ «ТВЕРДЕ ТІЛО – РІДИНА»**

**Гарькавський І.В., Книш Л.І., [harkavskiy@ukr.net](mailto:harkavskiy@ukr.net)**

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

Пошук нових технологій акумулювання теплової енергії відноситься до найактуальніших проблем світової енергетики. Впровадження «зеленого переходу» прискорює наукові дослідження в цьому напрямі, стимулює розробку екологічно безпечних та дешевих методів зберігання теплової енергії. Серед таких методів суттєві переваги має фазоперехідне акумулювання, при якому надлишок теплоти йде під час зарядки на плавлення спеціального підібраного теплоакумулюючого матеріалу (ТАМу). Під час розрядки ТАМ твердіє, віддаючи накопичено тепло споживачеві. Такі теплові акумулятори проектируються під відповідний температурний рівень, що дорівнює теплоті фазового переходу вибраного ТАМу, тому для його безперебійної роботи важливим є визначення оптимального значення періоду «зарядки – розрядки», пошук раціональних геометричних розмірів контейнеру з ТАМом, які забезпечать відповідну періодичність роботи та розрахунок динамічних характеристик теплоносія, що вносить чи забирає теплоту. Розв'язання подібних задач базується на математичній моделі теплообміну в шарі ТАМу, в якому існує границя розподілу фаз, що рухається в часі з поглинанням чи виділенням прихованої теплоти фазового переходу. Такі нестационарні задачі відносяться до класу задач типу Стефана, які майже завжди передбачають лише числовий розв'язок. Більш того, в подібних задачах існує розрив теплофізичних параметрів на границі фазового переходу, що ускладнює використання під час дослідження стандартних багатофункціональний розрахункових пакетів. Тому розробка математичної моделі та створення

власного числового алгоритму відповідної задачі Стефана стає важливим етапом під час дослідження теплоакумулюючих пристрій.

Для розробки математичної моделі було обрано фізичну модель низькотемпературного теплового акумулятора, який досліджувався експериментально. В якості ТАМу використовувався різновид парафіну, теплофізичні властивості якого вивчені досить докладно. Запропонована математична модель складається із двовимірного нестационарного рівняння тепlopровідності для ТАМу, рівняння руху для теплоносія в каналі, граничних та початкових умов. Представлену систему рівнянь у часткових похідних було розв'язано числовим методом на основі створеного власного Python коду. Структура числового алгоритму передбачала процедуру розщеплення двовимірної задачі на дві одновимірні за відповідними просторовими координатами – поле температур, що було розраховано по одній просторовій координаті ставало початковою умовою для розрахунку поля температур в ТАМі для другої просторової координати. Для інтегрування рівнянь по кожній просторовій координаті використовувалась неявна розрахункова схема методу контрольного об'єму, яка є стійкою незалежно від кроку інтегрування. Положення границі розподілу фаз в ТАМі визначалось в процесі розрахунку, базуючись на методі «Myshy layer». Цей метод передбачає, що виділення чи поглинання прихованої теплоти відбувається в шарі ТАМу кінцевої товщини, де температура близька до температури фазового переходу. Такий підхід дозволяє уникнути розриву теплофізичних параметрів на границі фазового переходу та врахувати в цій зоні виділення або поглинання теплоти.

Використовуючи створене програмне забезпечення, були проведенні параметричні розрахунки по визначеню основних геометричних, енергетичних та динамічних показників існуючого прототипу сучасного фазоперехідного теплоакумулюючого модуля.

## ЗАСТОСУВАННЯ РНІ-ФУНКЦІЙ ТА КВАЗІ-РНІ-ФУНКЦІЙ 2Д-ОБ'ЄКТІВ, ОБМЕЖЕНИХ КАНОНІЧНИМИ КРИВИМИ 2-ГО ПОРЯДКУ, ДЛЯ ДЕЯКИХ ЗАДАЧ РОЗМІЩЕННЯ

Гіль М. І., Пацук В. М., [umpatsuk@gmail.com](mailto:umpatsuk@gmail.com)

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

В [1] введені квазі-Phi-функції для моделювання умов неперетину та включення в задачах геометричного проєктування. В даній доповіді розглядається підхід до побудови аналітичних умов взаємного неперетину та включення для плоских геометричних об'єктів, границі яких описуються рівняннями другого порядку канонічного виду (коло, еліпс, парабола), на основі Phi-функцій та квазі-Phi-функцій.

Система рівнянь, для побудови квазі-Phi-функцій двох об'єктів с гладкою границею включає зокрема натупні залежності.

1. Протилежність (або рівність для випадку включення) нормалізованих дотичних у змінній точці границь об'єктів.
2. Виконання рівнянь належності точки контуру.
3. Умови на співпадання або протилежність знака склярного добутку нормалей у змінній точці границь об'єктів відповідно для включення та неперетину.

Після рішення системи, що будується на базі цих умов, отримуємо квазі-Phi-функції, що можуть безпосередньо бути включені в математичну модель задачі. Проте, це стосується тільки умов неперетину. У випадку включення потрібен дещо складніший підхід.

Альтернативний метод полягає у знаходженні Phi-функції заздалегідь, якщо ми маємо квазі-Phi-функцію. Для цього знаходим максимум квазі-Phi-функції, або додаємо до умов 1 – 3 наступну:

4. Ортогональність вектора, з'єднуючого точки контуру об'єктів дотичним в цих точках. Це вимагає неперервного довизначення у разі дотику об'єктів, яке може бути проведено.

Як приклад застосування цього підходу була побудована математична модель, метод вирішення, алгоритм і программа розміщення кіл у мінімальному еліпсі з фікованим ексцентризитетом.

Задача нелінійного програмування для визначення координат кіл  $C_i$  у мінімальному еліпсі  $E_0(a, b, \gamma)$  може бути записана як

$$\begin{cases} \Phi_{C_i, C_j}(\Delta_{ij}) \geq 0, \\ \Phi_{C_i, E_0(a, b, \gamma)}^{\subseteq}(\mathbf{o}_i, \gamma) \geq 0, \\ \gamma \rightarrow \min. \end{cases}$$

де  $\Phi_{S_i, S_j}(\Delta_{ij})$  — це  $\Phi$ -функція  $C_i$  та  $C_j$ ,  $\Phi_{C_i, E_0(a, b, \gamma)}^{\subseteq}(\mathbf{o}_i, \gamma)$  — це  $\Phi$ -функція  $C_i$  та  $\mathbb{R}^2 \setminus \text{int } E_0(a, b, \gamma)$ ,  $\Delta_{ij}$  — різниця координат центрів кіл,  $\mathbf{o}_i$  — центри кіл,  $\gamma$  — коефіцієнт гомотетії еліпса  $E_0(a, b, \gamma)$ .

Умови неперетину для кіл відомі, умови для еліпса та кола при вирішенні системи, що визначає  $\Phi$ -функцію призводить нас до рівняння четвертого ступіню (якщо розглядати нормовану функцію), зокрема, після замін змінної, наступного

$$-\zeta^4 4b\Delta_{ijy} + (-2a^2 - 2a\Delta_{ijx} + 2b^2)\zeta^3 + (2a^2 - 2a\Delta_{ijx} - 2b^2)\zeta + b\Delta_{ijy} = 0.$$

Його можна розв'язати чисельно або точно. Таким чином, отримуємо задачу оптимізації, що може бути вирішена зокрема за допомогою відомого методу IPOpt (Interior point optimizer) та відповідної бібліотеки. Задача була вирішена для різних прикладів з кількістю кіл від 1 до 50.

[1] Стоян Ю. Г. Квази-phi-функции для математического моделирования отношений геометрических объектов / Ю. Г. Стоян, А. В. Панкратов, Т. Е. Романова, Н. И. Чернов // Доповіді Національної академії наук України. – 2014. – № 9. – С. 49–54. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/dnanu\\_2014\\_9\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/dnanu_2014_9_10).

## МОДЕЛЮВАННЯ КОНТУРНОГО РУХУ У СЕРЕДОВИЩІ, ЩО ЧИНІТЬ ОПІР

Годес Ю. Я., Холоша І. І., mechn@meta.ua

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

Розглядається циліндр радіуса  $a$ , вісь якого рухається поступально з постійною горизонтальною швидкістю  $v$ . З циліндра змотується з цією швидкістю важка однорідна нерозтяжна нитка, яка укладається на горизонтальну площину, що знаходиться на відстані  $h$  від осі циліндра. Рух провисаючої ділянки

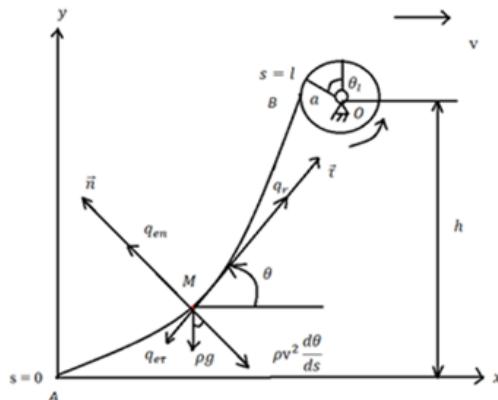


Рис. 1

нитки відбувається у середовищі, що чинить опір. Така модель описує процес прокладки кабелю у морі. Ставиться задача визначення форми і натягу вільної ділянки нитки.

Пов'язана з циліндром система координат  $Axy$  поступово переміщується з постійною швидкістю  $v$ . До нитки на провисаючій ділянці прикладені сила тяжіння  $\rho g$ , сила інерції контурного руху  $-\rho v^2 \frac{d\theta}{ds} \vec{n}$ , сила опору відносному руху  $\vec{q}_r = \mu_r v \vec{\tau}$  та сила опору переносному руху. Розглядаються дві трактовки цієї задачі, перша з яких належить Аппелю. Вони відрізняються одна від одної способом задання сили опору переносному руху. В постановці Аппеля ця сила пропорційна швидкості та розкладається в натуральному триграннику таким чином:  $\vec{q}_e = \mu_e v (-\cos\theta \vec{\tau} + \sin\theta \vec{n})$ , а в уточненій —  $\vec{q}_e = \lambda (-\varepsilon \cos\theta \vec{\tau} + \sin^2\theta \vec{n})$ . Тут  $\vec{\tau}$ ,  $\vec{n}$  — орти тригранника Френе,  $\rho$ ,  $\mu_r$ ,  $\mu_e$ ,  $\lambda$ ,  $\varepsilon$  — відомі параметри моделі.

В математичному плані задача зводиться до крайової задачі для системи звичайних диференціальних рівнянь відносно чотирьох невідомих функцій криволінійної координати  $s$  вздовж нитки: натягу  $T(s)$ , кута нахилу дотичної  $\theta(s)$ , координат точок нитки  $x(s)$ ,  $y(s)$ . Система рівнянь

включає два рівняння рівноваги та два геометричні рівняння

$$\frac{dT}{ds} + \vec{q}_\tau = 0, \quad T \frac{d\theta}{ds} + \vec{q}_n = 0, \quad \frac{dx}{ds} = \cos\theta, \quad \frac{dy}{ds} = \sin\theta.$$

Границі умови задачі

$$x|_{s=0} = 0, \quad y|_{s=0} = 0, \quad \theta|_{s=0} = 0, \quad y|_{s=l} = h + a \cos\theta_l, \quad \theta|_{s=l} = \theta_l,$$

де  $\theta_l$  – кут нахилу дотичної у точці сходу, що залежить від довжини нитки  $l$ . Одна з величин  $\theta_l$ ,  $l$  вважається заданою, інша визначається внаслідок моделювання. Відмінність двох постановок задачі полягає в описі сили опору переносному руху  $\vec{q}_e$ .

Загальний розв'язок системи диференціальних рівнянь у постановці Аппеля отримано аналітично, а в уточненій постановці – у квадратурах. Задовільнення границім умовам в уточненій постановці приводить до трансцендентного рівняння ( $F(\theta)$  – відома функція)

$$\frac{l}{a} \int_0^{\theta_l} \frac{\sin\theta e^{F(\theta)}}{\cos\theta - \lambda_n \sin^2\theta} d\theta = \left( \frac{h}{a} + \cos\theta_l \right) \int_0^{\theta_l} \frac{e^{F(\theta)}}{\cos\theta - \lambda_n \sin^2\theta} d\theta,$$

Розроблено програму моделювання форм рівноваги нитки. Для чисельного розв'язання трансцендентного рівняння використовується метод дихотомії. Інтеграли, які входять в розв'язок задачі, обчислюються за допомогою квадратурної формули Гаусса з сорока вузлами.

Для порівняння побудовано рівноважні конфігурації в обох постановках. Безрозмірні параметри  $\lambda_\tau$ ,  $\lambda_n$ ,  $\lambda_A$  описують силу тертя та силу опору переносному руху в уточненій постановці та в постановці Аппеля.

Видно, що постановка Аппеля правильно описує рівноважну конфігурацію якісно.

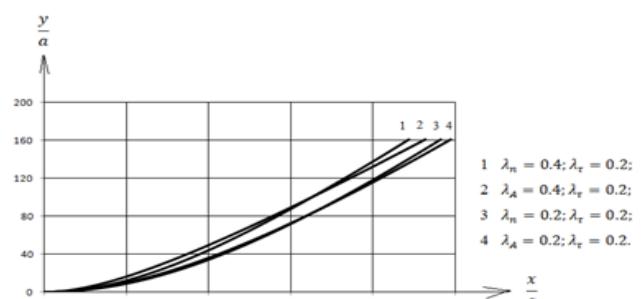


Рис. 2

## ПРО ПРОБЛЕМИ РЕКОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМ ЗДР ЗА ДОПОМОГОЮ ЧАСОВИХ РЯДІВ ДЛЯ ДАНИХ ЕЕГ

Гончаров Я.А., [goncharv.yar.an@gmail.com](mailto:goncharv.yar.an@gmail.com)

Зайцев В.Г., [vadym.zaytsev65@gmail.com](mailto:vadym.zaytsev65@gmail.com)

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

На даний момент дані електроенцефалографії (ЕЕГ) частіше аналізуються лікарями за допомогою лінійних методів, тобто візуально. Такий підхід потребує часу, значного досвіду та кваліфікації дослідника, але не завжди надає вірний результат. Складним прикладом є захворювання, наприклад епілепсія, вегето-сосудиста-дистонія (ВСД), інші які досліджуються у багатьох роботах [1].

Насамперед, головною проблемою дослідника є завдання прогнозувати поведінку пацієнта, якщо точно відомо його захворювання. Але для цього, з точки зору нелінійних методів динаміки, потрібно мати відповідну математичну модель патології конкретного пацієнта, без врахування зовнішнього збурення. Науковими дослідниками багато що зроблено в цьому напрямку, але значних зрушень поки немає, тому що проблема дуже складна.

Розвиток нелінійних методів динаміки, з урахуванням sparse моделювання, дозволяє зробити кроки, у побудові відповідних моделей. Тому використання методу SINDy, для побудови відповідної математичної моделі з використанням даних часових рядів, на наш погляд має сенс.

У роботі було використанні данні ЕЕГ пацієнта з діагнозом ВСД, що надані кафедрою неврології ДМІ. Дані мають вигляд часових рядів, зняті за системою «10-20%», частота дискретизації складала 250 Гц, мають різні роки протікання захворювання.

Для кожного ряду були проведені такі дії:

- Для кожного з досліджуваних рядів було встановлено розмірність простору вкладення;

- Для кожного часового ряду в точці  $O_1$ ,  $O_2$ ,  $P_z(X(t))$  було визначено значення часу затримки  $\tau$ .
- Далі для цієї затримки знаходиться 3-х вимірний простір вкладення  $X(t)$ ,  $X(t+\tau)$ ,  $X(t+2*\tau)$ .
- Були построєні графіки отриманих рядів та їх візуалізація у фазовому просторі.
- Для рядів  $X(t), X(t+\tau), X(t+2*\tau)$  були построєні рекурентні діаграми.

Перевірена робота методу SINDy на модельному тривимірному процесі. Виконується робота реконструкції системи ЗДР, використовуючи реальні ряди, для 3-вимірної квадратичної системи диференційних рівнянь.

Після отримання усіх даних для усіх часових рядів за усі роки дослідження ЕЕГ буде проведений аналіз отриманих результатів.

### Список використаної літератури

1. World Health Organization, (2016, February), Epilepsy [Online]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs999/en/>.
2. Eckmann J.P., Kamphorst S.O., Ruelle D. Recurrence Plots of Dynamical Systems// Europhysics Letters, 5. – 1987. – P. 973-977.
3. Webber C.L., Marwan N.. Recurrence Quantification Analysis. Theory and Best Practices / Springer. 2015, - 423 p.
4. Brunton S. L., Proctor J. L., Kutz J. N. Discovering governing equations from data by sparse identification of nonlinear dynamical systems. Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2016. 113(15). – P. 3932–3937.

## ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ БДЖОЛИНОГО РОЮ ДЛЯ ЗАДАЧ ГЛОБАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

**Горяний В.Д.,** [vladdp99@gmail.com](mailto:vladdp99@gmail.com), **Бойко Л.Т.,** [ltboyko@gmail.com](mailto:ltboyko@gmail.com)  
*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Для розв'язання задач глобальної оптимізації все частіше застосовують стохастичні евристичні методи, які базуються на імітації колективної поведінки комах в живій природі, зокрема рою бджіл [1], [2].

Для бджолиного алгоритму пошуку глобального екстремуму двовимірної функції була виконана програмна реалізація мовою C#. В якості тестового прикладу вибрана така цільова функція (див. рис.1):

$$f(x, y) = \frac{(\sin x + \sin y)}{1 + x^2 + y^2}, \quad x \in [-10; 10], \quad y \in [-10; 10].$$

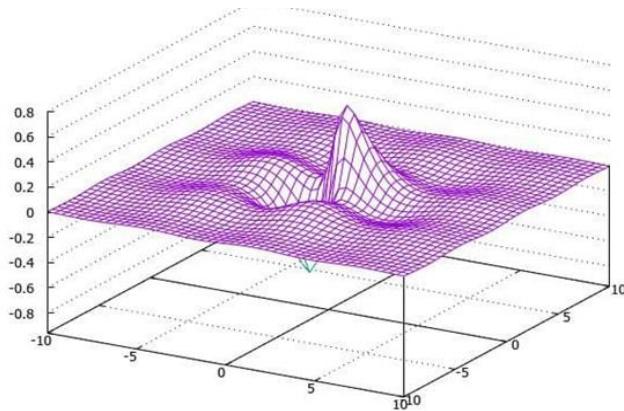


Рисунок 1 – Графік функції в тривимірному просторі

Як видно з рис.1, функція має один глобальний максимум, один глобальний мінімум та декілька локальних екстремумів. Результати роботи програми для вказаної функції зображені на рис.2 та рис.3.

У вікні інтерфейсу розташовані елементи керування роботою програми, які дозволяють: міняти цільову функцію та область її дослідження; зробити вибір для пошуку глобального екстремуму (max або min); показати найбільше (або найменше) значення цільової функції по всій області. Результати обчислень можна виводити після кожної ітерації, або після вказаної кількості ітерацій. Для прикладу, показаного на рис.2

(перша ітерація), рис. 3 (320-а ітерація), зафіксовано такі параметри задачі: кількість агентів (бджіл) – 70; початкова кількість агентів розвідників – 10; максимальна кількість ітерацій – 320. Відбувається пошук глобального максимуму. Ліворуч графічно виведено розташування бджіл, на вказаній ітерації. Праворуч показана графічна залежність найбільшого значення цільової функції, знайденого програмою, від номера ітерації. Програма видала значення глобального максимуму  $f(x^*, y^*) = 0,639$ .

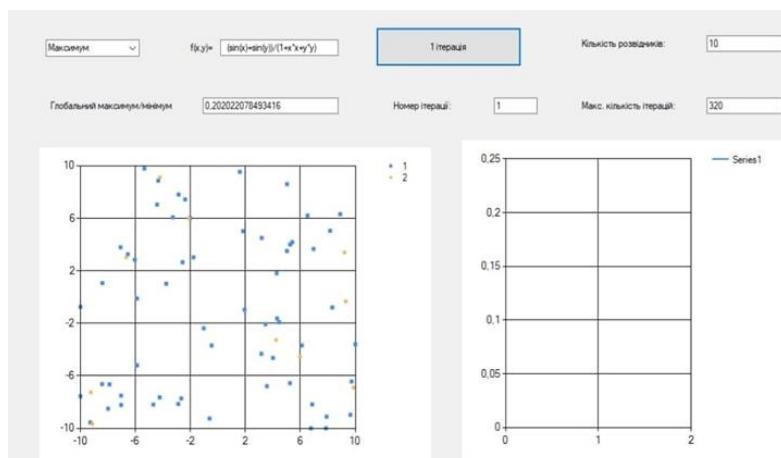


Рисунок 2 – Візуалізація 1-ї ітерації алгоритму

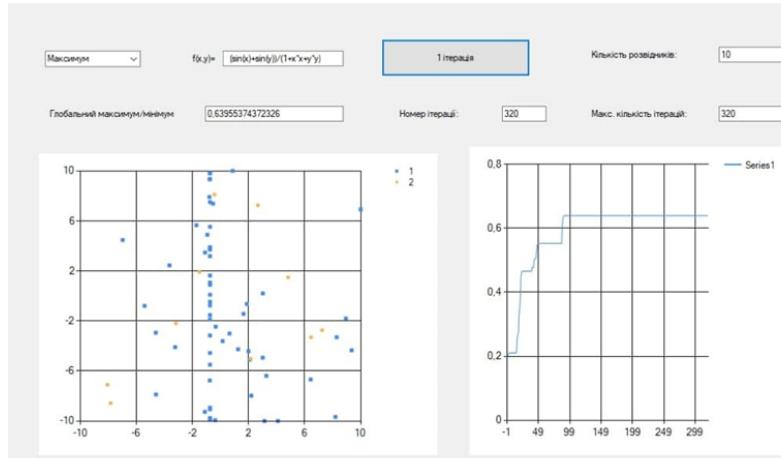


Рисунок 3 – Візуалізація 320-ї ітерації алгоритму

### Бібліографічні посилання

1. Курейчик В.В., Запорожец Д.Ю. Роевой алгоритм в задачах оптимизации // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2010. т. 108. №7. С. 28-32.
2. Курейчик В.В., Курейчик В.М., Родзин С.И. Теория эволюционных вычислений. – М.: Физматлит, 2012, – 260 с

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ВЕБ-САЙТУ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ СТРУКТУРИ ТА СТИЛЮ СТОРІНОК

Гук Н.А., [natalygu29@gmail.com](mailto:natalygu29@gmail.com), Диханов С.В.

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

Аналіз структури веб-сайту дозволяє суттєво покращити ряд його характеристик, таких як позиції сайту у пошукової видачі, зручність та адаптивність для користувача, цілісність та достовірність контенту. Для здійснення такого аналізу широко застосовується кластеризація веб-сторінок за їх структурою. На даний момент структурна складність сайтів є доволі високою, тому розробка методів для аналізу структур веб-сайтів з метою покращення їх рейтингу та зручності для користувачів є актуальною задачею.

Кластерний аналіз веб-сторінок є важливою технологією сортування мережевих ресурсів, яка застосовується для угрупування пов'язаних частин інформації. Шляхом кластеризації на основі подібності може бути ефективно організований великий обсяг інформації з веб-сторінок. Наприклад, в результаті кластеризації сторінок сайту інтернет-магазину з широким асортиментом товарів може бути отримана система ієрархічно пов'язаних кластерів.

Більшість веб-сторінок в мережі Інтернет представлено в форматі Hyper Text Markup Language 5 (HTML5), на основі якого сучасні браузери формують Document Object Model (DOM). Зазначена модель дозволяє зобразити сайт у вигляді дерева, де кожен елемент (вершина) індексується у порядку його «появлення», індексація починається з елементів на найнижчому рівні та проходить до кореня дерева `<html>`.

Використання такої моделі дозволяє порівнювати веб-сторінки між собою як деревовидні структури. Для визначення подібності елементів веб-сторінок на основі їх структури застосовується алгоритм, який дозволяє обчислити відстань між елементами дерева (Tree Edit Distance). Відстань між двома елементами обчислюється шляхом поступового вирівнювання вузлів операціями заміни, видалення та вставки, кількість необхідних для

вирівнювання операцій дозволяє порівняти дерева між собою. Структурна схожість двох дерев  $T_1$  і  $T_2$  обчислюється в такій спосіб:

$$sim_{struct} = 1 - \frac{TreeDistance(T_1, T_2)}{y \cdot \max(|T_1| + |T_2|)}.$$

Для аналізу стилістичної схожості веб-сторінок  $D_1$  та  $D_2$  застосовується коефіцієнт схожості Жаккара, який обчислюється шляхом визначення частини стилів, що є спільними для обох веб-сторінок:

$$sim_{style} = \frac{|classesD_1 \cap classesD_2|}{|classesD_1| + |classesD_2| - |classesD_1 \cap classesD_2|}.$$

Загальна схожість двох веб-сторінок на основі їх структурної та стилістичної подібності обчислюється у такий спосіб:

$$sim = k * sim_{struct} + (1 - k) * sim_{style},$$

де  $k$  – коефіцієнт значущості структурної подібності сторінок.

Для проведення обчислювального експерименту розроблено відповідне програмне забезпечення на мові Python 3 з використанням спеціалізованих бібліотек, яке складається з таких модулів: модуль побудови DOM моделі веб-сторінки за посиланням на неї; модуль реалізації алгоритмів порівняння двох веб-сторінок за їх структурою та стилем; модуль управління програмою.

Аналіз структурної схожості веб-сторінок за допомогою запропонованого підходу здійснено для задач двох типів: задачі визначення тематики, до якої належить кластер з веб-сторінками; задачі визначення структури окремого веб-сайту з використанням кластеризації його веб-сторінок (сторінки товарів, категорій, новини, блог тощо). Отримані результати показали, що за допомогою запропонованого підходу можливо відокремити групи сайтів за спільною тематикою, а в рамках одного сайту можливо отримати кластери, які відповідають сторінкам різних типів (головна сторінка, сторінки категорій товарів, сторінки карточок товарів тощо) подібність між елементами кластерів сягає 97%.

# ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ НЕЙРОННИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ТА НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ПРЯМОГО ПОШИРЕННЯ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Гулий Т.О., [guliytaras@gmail.com](mailto:guliytaras@gmail.com)

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

Прогнозування часових рядів є важливою проблемою, яка виникає в соціальних науках, фінансах, інженерії та метеорології. У таких сферах ефективне рішення часто залежить від точних прогнозів декількох майбутніх значень процесу, що описується заданими часовими рядами.

Одним із багатьох методів розв'язку проблеми є використання штучних нейронних мереж. Впродовж десятиліття було розроблено безліч моделей статичних нейронних мереж, які базуються на класичній архітектурі прямого поширення. Дані нейронні мережі є ефективними, коли мова йде про прогнозування рядів простих процесів, але якщо часовий ряд отриманий з складного процесу виникає значна похибка при прогнозі на нових даних.

Останні дослідження у даній сфері призвели до відкриття нового класу моделей нейронних мереж глибокого навчання, які базуються на звичайних диференціальних рівняннях (ЗДР). У статті [1] наводиться опис такої моделі, а також наведено широкий аналіз прикладних переваг та недоліків використання таких нейронних мереж, але не надано жодного якісного порівняння з класичними нейронними мережами прямого поширення.

Для якісного порівняння, було обрано одновимірний часовий ряд, який генерований енцефалограмою з однієї точки зчитування. Часовий ряд було замірено з фіксованою частотою виміру 250Гц, нові значення генерувалися впродовж 25 секунд кожні 0.004 секунди, ряд містить 6 тисяч записів.

Архітектура нейронної мережі прямого поширення була визначена за допомогою простого повнозв'язного персепtronу з двома скритими шарами сигмоїдної активаційної функції. Для даного експерименту було обрано навчання за допомогою методу зворотного розповсюдження помилки, який базується на принципі зменшення градієнту функції похибки на кожному кроці навчання. Для навчання було взято 75% вхідних даних і відповідно 25% відведено на тестування і визначення загальної похибки нейронної мережі.

На відміну від мережі прямого поширення, яка визначає функцію  $y_i = f(t_i; \theta)$ , у методі, пов'язаному з нейронними ЗДР, для знаходження цієї функції необхідно розв'язати рівняння типу  $\frac{dy}{dt} = f(y; \theta)$ . Для визначення динаміки зміни стану використаємо простий одношаровий повнозв'язний пресепtron, який має гіперболічний тангенс у якості функції активації. Для побудови шару нейронного ЗДР у середовищі Python було використано функцію `odeint` яка розв'язує ЗДР для раніше визначеної функції динаміки зміни. Подальше тренування зводиться до подібного за допомогою метода зворотного розповсюдження помилки, але налаштування відбувається згідно похибки градієнту ЗДР, а не похибки функції динаміки зміни.

В результаті цього дослідження, було встановлено, що тренування мережі нейронних ЗДР є більш складним, ніж звичайної мережі прямого поширення. Обидві нейронні мережі надали однакову низьку похибку, на тестовій частині даних, хоча тенденція обчислень значно краща у нейронних ЗДР за рахунок обробки не однієї частини вхідних даних, а всього масиву у якості вхідних даних на кожному кроці.

#### Бібліографічні посилання

1. Ricky T. Q. Chen, Yulia Rubanova, Jesse Bettencourt, David Duvenaud Neural Ordinary Differential Equations / M. Johnson, H. Farid. // ” arXiv preprint arXiv:1806.07366 2019.

# ЗАДАЧА ЛІНІЙНОГО ЦЛОЧИСЛОВОГО ПРОГРАМУВАННЯ ДЛЯ РОЗПОДІЛУ КАМЕНІВ НА ДВІ КУПИ РІВНОЇ ВАГИ

**Дацюк<sup>1</sup> Є.Е., Матей<sup>1</sup> А.А., [andrejmatey@gmail.com](mailto:andrejmatey@gmail.com), Стецюк<sup>1,2</sup> П.І.**

<sup>1</sup>*Ужгородський національний університет*

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

**Задача.** Задано  $n$  каменів відомої ваги  $w_1, \dots, w_n$ . Потрібно так розподілити камені на дві купи, щоб різниця ваг цих куп була мінімальною.

Зауважимо, що у теорії чисел та інформатиці ця задача відома як задача про розбиття множини натуральних чисел на дві підмножини [1].

Нехай  $N$  – множина  $N = \{1, \dots, n\}$ , а довільна непуста підмножина  $N_1 \subset N$  є першою купою каменів. Тоді другою купою каменів буде підмножина  $N_2 = N \setminus N_1$  за умови  $N_2 \neq \emptyset$ . Невід'ємну різницю між вагами першої та другої куп позначимо  $\Delta w$ . Її можна записати наступним чином

$$\Delta w = \left| \sum_{i \in N_1} w_i - \sum_{i \in N_2} w_i \right| = \left| \sum_{i \in N_2} w_i - \sum_{i \in N_1} w_i \right|. \quad (1)$$

Якщо для всіх  $i = 1, \dots, n$  ввести булеві змінні  $x_i \in \{0, 1\}$ , де

$$x_i = \begin{cases} 1, & i \in N_1, \\ 0, & i \in N_2, \end{cases}, \quad (2)$$

то різницю  $\Delta w$  за формулою (1) можна записати наступним чином

$$\Delta w(x) = \Delta w(x_1, \dots, x_n) = \left| \sum_{i \in N} w_i x_i - \sum_{i \in N} w_i (1 - x_i) \right| = \left| 2 \sum_{i=1}^n w_i x_i - \sum_{i=1}^n w_i \right|. \quad (3)$$

За допомогою формул (2) та (3) задачу розподілу каменів на дві купи, щоб різниця ваг була мінімальною, можна записати у формі наступної задачі математичного програмування: знайти

$$\Delta^* = \Delta w(x^*) = \min_x \left| 2 \sum_{i=1}^n w_i x_i - \sum_{i=1}^n w_i \right| \quad (4)$$

за обмежень

$$x_i \in \{0,1\}, \quad i = 1, \dots, n. \quad (5)$$

Враховуючи, що за допомогою додаткової невід'ємної змінної  $z \geq 0$  вираз  $\left| 2 \sum_{i=1}^n w_i x_i - \sum_{i=1}^n w_i \right| = \max \left\{ -2 \sum_{i=1}^n w_i x_i + \sum_{i=1}^n w_i, 2 \sum_{i=1}^n w_i x_i - \sum_{i=1}^n w_i \right\}$  можна записати у формі двосторонньої лінійної нерівності

$$-z \leq 2 \sum_{i=1}^n w_i x_i - \sum_{i=1}^n w_i \leq z, \quad (6)$$

задачу (4)–(5) ми можемо записати у формі задачі змішаного лінійного цілочислового програмування: знайти

$$\Delta^* = \min_{\substack{x \in \{0,1\}^n \\ z \geq 0}} z \quad (7)$$

за обмежень

$$2 \sum_{i=1}^n w_i x_i - z \leq \sum_{i=1}^n w_i, \quad (8)$$

$$2 \sum_{i=1}^n w_i x_i + z \geq \sum_{i=1}^n w_i, \quad (9)$$

**Висновок.** Задача для розподілення каменів на дві купи рівної ваги може бути представлена у вигляді задачі змішаного лінійного цілочислового програмування (7)–(9). Для розв’язання останньої можна використати солвери для задач змішаного лінійного цілочислового програмування із розділу “Mixed Integer Linear Programming” NEOS сервера [2].

У доповіді будуть представлені результати розрахунків з використанням вказаних солверів та мови моделювання AMPL.

### Список літератури

1. Partition problem. [https://en.wikipedia.org/wiki/Partition\\_problem](https://en.wikipedia.org/wiki/Partition_problem)
2. NEOS Solvers [Electronic resource]: <https://neos-server.org/neos/solvers/>

## РОЗПІЗНАВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ НОМЕРІВ ЗАСОБАМИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Денисов М.К., [2002cajun@gmail.com](mailto:2002cajun@gmail.com)

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

Масова інтеграція інформаційних технологій у всі аспекти сучасного життя викликала попит на обробку транспортних засобів. У більшості випадків, транспортний засіб визначається за його номерний знак, який легко може прочитати людина, але не машина. Для програми, номерний знак це лише зображення у відтінках сірого, визначений як  $f(x, y)$ , де  $x$  і  $y$  - це дискретні координати, а  $f$  це функція яскравості зображення в точці. Метод розпізнавання складається з сегментації регіону номерного знака та розпізнавання тексту, номеру, знака.

Для сегментації регіону зображення з номером автомобіля використовується Mask R-CNN архітектура. Мaska R-CNN створена за допомогою Faster R-CNN. У той час як Faster R-CNN має 2 виходи для кожного об'єкта-кандидата, мітку класу та зміщення обмежувальної рамки, Mask R-CNN працює шляхом додавання гілки для передбачення маски об'єкта паралельно з існуючою гілкою для розпізнавання обмежувальної рамки. На вході приймається зображення розміром  $256 \times 256$  пікселів, програма читає його дані та обробляє їх у класифікаторі. В ролі класифікатора виступає база даних зображень AUTO.RIA.com.

Розпізнавання номерного знаку реалізовано програмним рішення Tesseract з відкритим вихідним кодом від компанії Google призначено для розпізнавання тексту. Програмне забезпечення Tesseract може використовуватися безпосередньо або за допомогою API, що дозволяє витягувати друкований текст із зображень. Tesseract не має будованого графічного інтерфейсу (GUI), але є кілька доступних варіантів графічного

інтерфейсу з третіх сторін. Система підтримує широкий спектр мов для розпізнавання – більше 130.

В даному дослідженні зроблено аналітичний огляд та визначено моделі та методи, за допомогою яких можливо виконувати розпізнавання автомобільних номерів, розглянуті нейронні мережі , та обрана мережа під тип задачі. Реалізовано методи обробки і розпізнавання автомобільних номерів, нейронні мережі, що задовольняють умовам задачі , та реалізує метод розпізнавання автомобільних номерів. Розроблена згорткова нейронна мережа на мові python, яка сегментує та читає номер автомобіля. Точність такої системи близько 90%.

## ANALYSIS OF REVIEW TEXTS USING FUZZY LOGIC

**Dzhenkova M.M.**, [dzhenkova.mariya@gmail.com](mailto:dzhenkova.mariya@gmail.com),

**Chernytska O.V.**, [chernitskaya.olga@ukr.net](mailto:chernitskaya.olga@ukr.net)

*Oles Honchar Dnipro National University*

In Google Maps the user can leave a review and rate the institution. It is necessary to exclude the possibility of responses to be generated by bots and random human errors. This requires a mechanism for automatic recognition of the customer satisfaction level. Usually, works about the analysis of emotional coloring of the text use the machine learning methods. In recent years, works in which fuzzy logic algorithms are used for automated analyzation of thoughts and moods have emerged. For example, [1]. The purpose of this work was to develop a program that can determine the level of customer satisfaction based on fuzzy logic. Reviews of customers of popular catering establishments in the city of Dnipro in the Google Maps system were analyzed. Based on this analysis, a database of key words was created. These are the most used words in reviews that express some emotions or attitudes of the user. Databases of modifier words, conjunction words and sentence separators were also created. The fuzzy knowledge base has been created. Fuzzy knowledge database includes three types of rules: rules for obtaining the coefficients of the key words; rules for obtaining the changed coefficients of the main words that are used if the sentence contains modifier words; rules for calculating coefficients that are used in case of the conjunction words presence in a sentence.

An algorithm and a program that allows to obtain the values of the user satisfaction level in percentage based on the text have been developed. The input data of the algorithm is text. The text is divided into the sentences, and sentences are divided into the words. The coefficients of the emotional coloring for each word separately are calculated according to the rules for the key words from the fuzzy knowledge database. Each word from the key words database was

assigned a coefficient of emotional rating from 0.1 to 1, where 0.1 means a very negative attitude, and 1 – a very positive.

Since we cannot determine exactly which words have only positive or negative meaning, it was decided to divide the range of values of the coefficients into four parts ((0.1; 0.25], (0.25; 0.5], (0.5; 0.75], (0.75; 1]) and use different formulas for the intervals, which are based on the analysis of users' feedbacks in Google Maps, to determine the coefficient more accurately after the modification. After the coefficients of all words are found, taking into account the modifier words, the total sentence coefficient is calculated with the center of gravity method for the singletons. Then it is necessary to determine whether the sentence contained words from the conjunction words database. To do this, it is noted whether a word was found from the conjunction words database in the previous step. If such a word is found, the rules for conjunctions are used to modify the total sentence coefficient. When the coefficients of all the sentences are found, the last step is the defuzzification of the coefficients of the sentences to find the total coefficient of the whole text.

The program was tested on the real Google Maps users' feedbacks. Analysis of the program result and its comparison with real data showed that the program works correctly. Further improvement of the algorithm, replenishment of the words databases and development of the new modules of the program will allow to use the developed system in any queuing system that uses text communication with customers. Note that unlike [1], where the SentiWordNet component is used, which works only with English language and already contains the emotional ratings of words, we set the ratings ourselves and do not use third-party services.

1. **Лунева, Е.Е.** Автоматизированная оценка эмоций пользователей социальных сетей на основе нечеткой логики [Текст] / Е.Е. Лунева, А.А. Ефремов, П.И. Банокин // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО – 2015. – № 3. – С. 249 – 254.

## ЦИФРОВА ЛІКАРНЯ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Дзюба Д.Ю., Дмитроца Л.П.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

У процесі інформатизації, популярність і часткове використання лікарняної інформаційної системи дозволило лікарні досягти певного ступеня інформатизації. Тим не менш, він також має деякі недоліки, такі як ручне введення медичної інформації, фіксована інформаційна точка, фіксований мережевий режим, [1] тощо, що серйозно обмежує побудову інформатизації лікарні. Швидкий розвиток Інтернету речей дав нову ідею для вирішення згаданих вище проблем. IoT представляє собою мережу, що з'єднує будь-які предмети з Інтернетом для здійснення обміну інформацією та зв'язку, а також для реалізації інтелектуального розпізнавання, позиціонування, стеження, моніторингу та управління, за допомогою радіочастотної ідентифікації (RFID), інфрачервоних сенсорів вимірювання, GPS, лазерних сканерів та іншої інформаційно-чутливого обладнання, у відповідності зі звичайним протоколом [2]. Цифрова лікарня на основі Інтернет речей, заснована на технології IoT і побудована з вектором різних прикладних сервісних систем, являє собою новий вид лікарні, що інтегрує функції діагностики, лікування, управління та прийняття рішень. Функції Інтернету речей, такі як всебічне сприйняття, надійна передача, інтелектуальна обробка тощо, забезпечують технічну підтримку платформи для будівництва та впровадження цифрової лікарні на основі Інтернет речей.

База даних усіх пацієнтів повинна бути досить зручною. Також дані пацієнта повинні бути приватними [3]. Тому пропонується спосіб, коли пацієнт та лікарі можуть спілкуватися через мобільний додаток та веб-додаток. Сенсор вимірювання температури, ЕКГ та серцевиття підключений до плати Arduino. Значення від мікроконтролера передаються веб-серверу за допомогою підключення Wi-Fi (див. рис. 1).

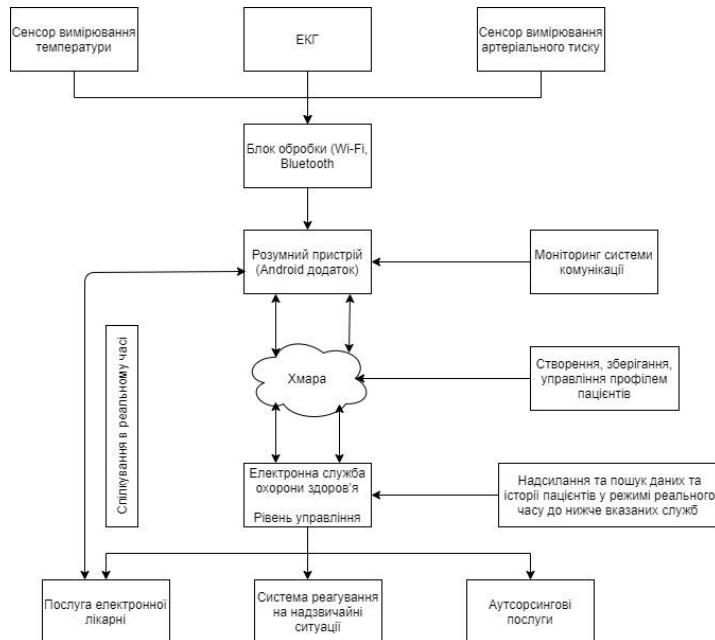


Рис 1. Структурна схема покращеної системи моніторингу

Значення параметрів можна переглянути за допомогою програми, встановленої у лікарів та смартфоні пацієнта.

## Література

1. Yu Lei, Lu Yang, Zhu XiaoLing etc., Research advances on the technology of internet of things in medical domain [J], Applications and Research of Computer, 2012, 29 (1) , pp. 1-7
2. Gu JingJing, Chen SongCan, Zhuang YI, Wireless sensor network-based topology structures for the internet of things localization [J], Chinese Journal of Computers, 2010, 33 (9) , pp. 1548-1555
3. Real time wireless health monitoring application using mobile devices, International Journal of Computer Networks &Communications (IJCNC) Vol.7, No.3, May 2015, Amna Abdullah, Asma Ismael, Aisha Rashid, Ali Abou-ElNour, and Mohammed Tariq.

# АНАЛІЗ ВУЗЛІВ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ ТА МАГІСТРАЛЬНИХ НАПРЯМКІВ МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ В ЛОГІСТИЦІ ГЕОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Дзюба<sup>1</sup> С.В., [sergejdzuba@gmail.com](mailto:sergejdzuba@gmail.com), Кругліков<sup>2</sup> Д.Г.

<sup>1</sup>Придніпровський науковий центр НАН України і МОН України

<sup>2</sup>Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

Результати досліджень особливостей логістики гідротехнічних систем дозволяють визначити, що деякі з вузлів виконують провідну та системотворчу функцію. Навколо вузлів створюється система матеріальних потоків, а інші логістичні та виробничі підсистеми відіграють додаткову функцію та забезпечують безперебійність їх роботи. Такі вузли виникають разом з гірничим підприємством, розвиваються разом з ним, але після закриття підприємства залишаються та потребують подальшого обслуговування, тепер вже як техногенне навантаження на природне середовище. Пропонуємо називати такі вузли логістики – вузлами техногенного впливу. Прикладами таких вузлів є місця накопичення шахтних вод, відвалів кар'єрів, відходів переробки мінеральної сировини, водосховища зворотної рідини. Вузли техногенного впливу створюють магістральний напрямок матеріальних потоків завдяки послідовним зв'язкам між собою. Вздовж цього магістрального напрямку переміщуються основні обсяги руди, первинного та техногенного розсипів, технічної та зворотної рідини, робітнича сила, обладнання та техніка для ведення гірничих робіт. Перпендикулярно магістральному напрямку розвиваються матеріальні потоки, що переміщують товарні концентрати, грошові кошти, додаткову сировину, енергоносії та інше.

За кількістю вузлів техногенного впливу магістральні напрямки можуть утворюватися з двох чи з трьох вузлів. Перший випадок характерний для гірничих виробництв, що розробляють родовища підземним способом, а другий – при відкритій розробці корисних копалин.

У другому випадку магістральний напрямок формується з вузла

видобутку первинних покладів, вузла переробки або сепарації та вузла акумуляції, або вузла накопичення техногенних покладів. В першому випадку вузол видобутку первинних покладів вважається відсутнім, оскільки гірничі роботи майже не залишають техногенних наслідків на денній поверхні.

Математичні моделі вузлів техногенного впливу ґрунтуються на співвідношеннях балансу матеріальних потоків, що надходять до вузла, та виходять з вузла.

У загальному вигляді модель вузла переробки складається з рівняння збереження обсягів потоків води, що надходять і виходять, твердого матеріалу і пульпи, а також виразів для визначення втрат і джерел води в технологічній схемі. Рівняння балансу обсягів в загальному вигляді записується так [1,2]:

$$Q_T + Q_w + Q_0 + Q_v = \alpha Q_T + Q_X^w + Q_X^S + Q_*,$$

де  $Q_T$  – об'ємна подача первісних пісків на переробку;  $Q_w$  – витрата води, що подається в технологію разом з первісними пісками;  $Q_0$  – витрата води, що відбирається з водосховища для переробки первісних пісків;  $Q_v$  – витрата води, що подається на переробку з інших джерел;  $\alpha$  – об'ємна частка мінералів, що сепаруються при переробці;  $Q_X^w$  – витрата води, що надходить в сховище з відходами переробки;  $Q_X^S$  – витрата твердих частинок, що надходять у водосховище з відходами;  $Q_*$  – об'єм води, що «втрачається» при переробці.

Аналізуючи модель магістрального напряму, отриману з урахуванням особливостей родовищ та специфіки технологій переробки, можна виділити наступні моменти, що визначають узгодженість режимів роботи і раціональність параметрів системи, що розглядається. По-перше, співвідношення витрат води, що використовується для подачі первісних пісків на переробку, і планової витрати води, необхідної для отримання потрібного об'єму колективного концентрату. По-друге, співвідношення витрат води, одержаної після згущення пульпи і різниці між плановою

витратою води, необхідної для номінальної роботи вузла переробки і витратою води, що надходить з вихідними пісками. Якщо витрата води, що використовується для подачі вихідних пісків на переробку, більше планового об'єму води, необхідної для отримання потрібного об'єму колективного концентрату, то потрібно згущення пульпи перед переробкою. Такий варіант не можна вважати раціональним, через високі питомі витрати води і електроенергії для потреб гідротранспорту, а також, оскільки в цьому випадку необхідні додаткові системи подальшого очищення і відведення води у водосховище. Якщо витрата води, що використовується для подачі вихідних пісків на переробку, менше планового об'єму води, необхідної для отримання потрібного об'єму колективного концентрату, то потрібна додаткова подача води. Такий варіант є більш раціональним, ніж попередній, оскільки він характеризується меншими витратами води та електроенергії для гідротранспорту, не вимагає подальшого очищення оборотної води, а також дозволяє подавати воду в потрібні точки технологічного процесу. В цьому випадку згущення пульпи після переробки перед відправкою є доцільним не тільки з точки зору технології складування відходів, оскільки дозволяє використовувати отриману воду безпосередньо для переробки первісних пісків.

Ефективність останнього технологічного рішення визначається двома факторами:

- наскільки витрата води, отриманої після згущення пульпи, дозволяє покрити дефіцит води для переробки;
- наскільки витрата води, отриманої після згущення пульпи, знижує безпеку складування відходів збагачення.

1. Звягильский Е.Л., Блюсс Б. А., Назимко Е. И., Семененко Е. В. Совершенствование режимов работы гидротранспортных установок технологий углеобогащения : монография. Севастополь : Вебер, 2002. 247 с.

2. Дзюба С.В., Медведева О.А., Киричко С.Н. Особенности использования напорного гидротранспорта при разработке техногенных месторождений. *Вибрация в технике и технологиях*. Винница, 2015. № 4(80). С. 136 – 142.

## АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ АЛГОРИТМУ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ WEB - ГРАФУ

Долотов І.О., [vadol@ua.fm](mailto:vadol@ua.fm), Гук Н.А.

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

Зараз існує багато різних сайтів із схожою тематикою. Для того щоб привернути увагу до свого сайту, треба зробити його зручним для користування. Якщо зобразити сайт у вигляді веб-графа, то з'являється можливість аналізу структури сайту за допомогою алгоритмів на графах. Веб-граф – це модель веб-ресурсу у вигляді графу, у якої кожна вершина відповідає унікальній сторінці сайту, а кожне ребро відповідає гіперпосиланню між цими сторінками. Аналіз структури сайту можна здійснювати за допомогою кластерізації вершин веб-графу. Такий аналіз дозволяє перевірити, чи пов'язані між собою сторінки сайту зі схожою тематикою, чи утворюють вони групи. Наявність невідповідностей покаже, де у структурі сайту є проблеми із будовою, та дозволить виправити їх. Для розв'язання задачі кластеризації вершин графу застосовуються різні методи.

В роботі функціонал якості кластеризації побудовано з використанням метрики модулярності

$$Q(G, \phi, \alpha) = \frac{1}{|E|} \sum_{i,j} (A_{ij} - \alpha \frac{d_i^{out} d_j^{in}}{|E|}) \sigma(v_i, v_j),$$

а для його максимізації застосовано Лувенський метод кластерізації [1].

Збільшення значення модулярності свідчить про наявність великої кількості зв'язків між вершинами у середині кластера та незначної кількості зв'язків між вершинами з різних кластерів. Параметр  $\alpha$  дозволяє регулювати кількість кластерів, зазвичай  $\alpha$  обирається з інтервалу [0,2].

Запропонований підхід до аналізу структури сайту було застосовано для сайту інтернет-магазину. За результатами обчислювального експерименту було отримано, що при  $\alpha = 1$  утворився 21 кластер, при  $\alpha =$

1,1 кількість кластерів збільшилась до 29, а при  $\alpha = 1,3$  – до 135. При подальшому збільшенні  $\alpha$ , кількість кластерів буде зростати, доки значення числа кластерів не буде дорівнювати кількості вершин. Зменшення параметру  $\alpha$  призведе до зменшення кількості кластерів, так при  $\alpha = 0,9$  алгоритм відокремить лише 7 кластерів, а якщо обрати  $\alpha = 0,7$ , то усі вершини будуть належати до одного кластеру. На рис.1 наведено залежність значення модулярності від кількості кластерів, з якої можна бачити, при якої кількості кластерів модулярність набуває максимальних значень. Оскільки алгоритм лувенського методу кластеризації є ітераційним, то досліджувалась кількість ітерацій, після виконання яких модулярність набуває максимального значення, залежність наведено на рис. 2.

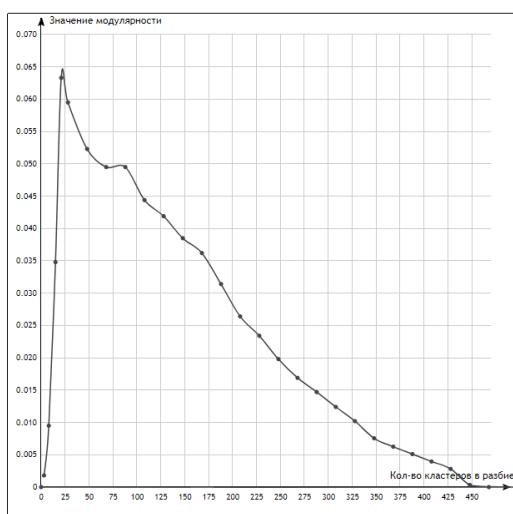


Рис.1 Графік залежності модулярності від кількості кластерів

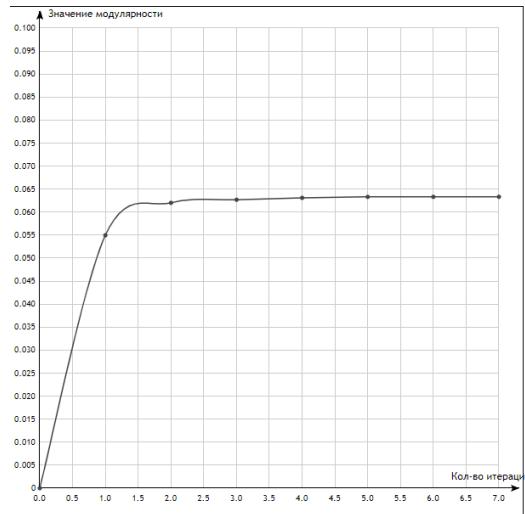


Рис.2 Графік залежності модулярності від номеру ітерації алгоритму

Дослідження результатів кластеризації дозволить проаналізувати тематичну схожість сторінок в середині одного кластеру та усунути знайдені недоліки у будові веб-ресурсу.

### Список використаних джерел

- Blondel, V., Guillaume, J., Lambiotte, R. & Lefebvre, E. Fast unfolding of community hierarchies in large networks. *J. Stat. Mech.* 10, P10008 (2008).

## МОДЕЛЮВАННЯ РЕАЛІСТИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ АТМОСФЕРНИХ ЯВИЩ В ДОДАТКАХ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

Дорожко В.В., dorozhko2v@gmail.com,

Сердюк М.Є., me\_serdyuk@i.ua

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

У теперішній час актуальною є тема реалізації ландшафтів у комп’ютерній графіці. Все частіше виникають проблеми, пов’язані із перевантаженням графічних систем та виділенням великого об’єму пам’яті.

Хмари – невід’ємна частина неба, без них важко уявити реалістичні сцени на свіжому повітрі, оскільки дуже рідко можна спостерігати небо чисто синього кольору. Програмісти, що створюють ігри або інші додатки з природними сценами, велику увагу приділяють розробкам реалістичного інтерфейсу.

Метою даної роботи є дослідження методів реалізації моделей атмосферних явищ, реалізація алгоритму для побудови моделі хмари та реалізація його у програмному забезпеченні для отримання реалістичних зображень хмар методами комп’ютерної графіки.

Розглянемо математичний опис деяких процесів, що відбуваються в атмосфері і які передбачається візуалізувати. Для візуалізації кольору неба на один піксель у кадрі спочатку будемо відкидати оглядовий промінь ( $V$ ) з точки  $P_C$  ( положення камери) у напрямку, що цікавить. Обчислимо точку  $P_\alpha$ , де цей промінь перетинається з атмосферою [1]. Далі потрібно обчислити кількість світла, яке проходить вздовж цього променя через однічне розсіювання. Це значення можна обчислити за рівнянням об’ємної візуалізації:

$$L(P_C, P_\alpha) = \int_{P_C}^{P_\alpha} T(P_C, X) L_{sun}(X) ds,$$

де  $T$  – коефіцієнт пропускання між точкою  $P_C$  і  $X$  ( положення вибірки вздовж напрямку огляду), а  $L$  – кількість світла в об’ємі в  $X$ . Загальна

кількість світла, що досягає спостерігача на  $P_C$ , розсіюється вздовж напрямку огляду  $V$  [2]. Цю кількість можна отримати, підсумовуючи світло в різних положеннях ( $X$ ) вздовж  $V$ . Цей прийом називають числовою інтеграцією. Чим більше зразків обрано вздовж променю, тим кращий результат, але тим довше будуть виконуватися обчислення. Коефіцієнт пропускання ( $T$ ) в рівнянні пояснює той факт, що світло, розсіяне вздовж  $V$  у напрямку глядача, у кожному зразку положення ( $X$ ), також ослабляється під час руху від  $X$  до  $P_C$ .

Ще одним важливим аспектом атмосфери, що оточує планету, є те, що щільність частинок, що знаходяться у хмарі, зменшується із зміною матеріалу, у якому вони знаходяться [3]. Щільність атмосфери можна змоделювати за допомогою простого рівняння форми:

$$\text{density}(h) = \text{density}(0)e^{-\frac{h}{H}},$$

де  $\text{density}(0)$  - густина повітря на рівні моря,  $h$  - поточна висота, де ми вимірюємо щільність атмосфери, а  $H$  - товщина атмосфери, якщо її густина була однаковою (у наукових працях  $H$  називається висотою шкали і насправді відноситься до висоти, на яку щільність атмосфери зменшується,  $H$  залежить від температури) [4].

Розглянуті математичні моделі атмосферних процесів будуть використовуватися для створення анімації хмари для подальшого використання у графічних програмах.

### Список використаних джерел

1. Ebert D. S., Musgrave F.K., Peachey D., Perlin K., Worley S., *Texturing & Modeling: a Procedural Approach*. 1998, AP Professional.
2. Harris M. J. and Lastra A., *Real-Time Cloud Rendering*. Computer Graphics Forum (Eurographics 2001 Proceedings), 20(3):76- 84, September 2001.
3. Kajiya J. and Von Herzen B.. “Ray Tracing Volume Densities”. SIGGRAPH 1984, pp. 165-174. Lewis J.. “Algorithms for Solid Noise Synthesis”. SIGGRAPH 1989, pp. 263-270.
4. Westover L., “Footprint evaluation for volume rendering” SIGGRAPH 1990. Pages 367 – 376.

## СЕГМЕНТНИЙ ПІДХІД ДО РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДУ ПРОНІ

Дробахін О.О., Олевський О.В., [tiogzavr@gmail.com](mailto:tiogzavr@gmail.com)

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

Метод Проні є відомим методом наближення функцій, які задані в еквідистантних точках, моделлю у вигляді суми експоненціальних функцій з комплексними показниками та амплітудами [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Головними перевагами методу Проні є простота його алгоритму і точність отриманих оцінок для сигналів з малим рівнем шуму[1]. Для отримання параметрів моделі необхідно визначити вектор коефіцієнтів передбачення сигналу. Ефективним методом його отримання є метод власного вектору матриці, яка має бути сформовано відповідно до методу Проні. Наближення методом Проні має перевагу перед дискретним перетворенням Фур'є оскільки його результати не прив'язані до дискретної сітки. Завдяки цьому при використанні методу Проні не спостерігається розширення частотних піків для гармонічних сигналів.

В випадку сильно зашумлених сигналів ( $\text{SNR} = \frac{\langle s_0^2 \rangle}{\langle N^2 \rangle} < 100$ , де  $s_0$  – сигнал без шуму,  $N$  – шумова послідовність) класичний підхід до методу Проні може давати оцінки із значною похибкою, що веде до некоректного відновлення сигналу. Наприклад, для сигналів з чисто уявними показниками за рахунок появи дійсної частини в оцінках показників експонент спостерігається експоненціальне зростання або спадання відновленого сигналу. Були проведені чисельні експерименти для визначення якості оцінки відновлення параметрів сигналу класичним і модифікованим підходами до методу Проні для сигналів з білим гаусівським та імпульсним шумом.

Було розглянуто використання сегментного підходу до розв'язання задачі методу Проні. При цьому сигнальний вектор  $\bar{s} = [s_0 \ \cdots \ s_{N-1}]^T$  розбивається на сегменти, що можуть перекриватися:

$$\bar{s}_n = [s_{(L-K)n} \ \cdots \ s_{(L-K)n+L-1}]^T,$$

де  $L$  – кількість відліків в сегменті,  $K$  – кількість відліків, що перекриваються.

Результати обробки кожного сегменту за методом власного вектору були потім використані для формування середнього зваженого власного вектору або для оцінки параметрів сигналу для кожного з сегментів з урахуванням відповідного часового зсуву. Вагові коефіцієнти обирались на основі значення SNR за середньою потужністю для кожного з сегментів. При цьому оцінка потужності шуму проводилась методом перевищення порядку моделі [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Експеримент базувався на аналізі експериментальної послідовності вигляду

$$s_n = \sum_{m=1}^M A_m \cos(\omega_m \Delta tn + \varphi_m) + N_n,$$

де  $N_n$  – відліки суми білого гаусівського і імпульсного шуму.

На основі комп'ютерного експерименту було показано, що сегментний підхід до реалізації методу Проні здатен покращити оцінку параметрів моделі для випадку неоптимальних значень відносних частот сигналу при додаванні білого гаусівського шуму і суми білого і імпульсного шуму, що відповідає практиці отримання експериментальних даних з використанням вимірювальної апаратури.

1. Методи комп'ютерного експерименту в радіофізиці : навчальний посібник / [М. В. Андреєв, С. Л. Бердник, О. Б. Гниленко та ін.]. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 256 с.
2. Марпл С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / С. Л. Марпл. – М.: Мир, 1990. – 584 с.

## ЗАСТОСУВАННЯ ЛАНЦЮГІВ МАРКОВА ДЛЯ ПОБУДОВИ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Євлаков В.І., [yevlakov@gmail.com](mailto:yevlakov@gmail.com), Гук Н.А.

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

Один з найпопулярніших пошукових запитів серед користувачів Інтернету безпосередньо пов'язаний з комерційною діяльністю. Для збільшення ефективності інтернет-магазинів в їх функціонал запроваджуються рекомендаційні системи. На основі накопичених даних та алгоритмів їх обробки рекомендаційна система може надати користувачу рекомендації, які враховують його уподобання та інтереси. Існуючи рекомендаційні системи зазвичай спираються на методи оцінки змісту контенту або на колаборативної фільтрації. Встановлено, що врахування змісту контенту дозволяє побудувати систему, рекомендації якої задовольняють інтересам певного користувача, а системи колаборативної фільтрації мають кращу прогнозуючу здатність [1, 2]. Однак існуючи підходи до побудови рекомендаційних систем мають проблему холодного старту, коли недостатньо початкових даних про користувача та об'єкти рекомендацій, суттєво спрощують модель поведінки користувача під час пошуку, мають високу обчислювальну складність та погано масштабуються.

Метою роботи є побудова рекомендаційної системи для веб-ресурсу, яка базується на семантичних зв'язках сторінок та результатах обробки статистичних даних про дії користувачів, які вже відвідували сайт. Для надання рекомендацій пропонується здійснювати ранжування сторінок веб-ресурсу враховуючи структуру сайту (зв'язки між сторінками) та інформацію про поведінку користувачів під час відвідування ресурсу (послідовність переходів між сторінками та дії), яка накопичується системою збору статистики відвідувань.

Для побудови рекомендаційної системи застосовано теорію

марковських процесів. Вважається що процес переходів між HTML-сторінками веб-ресурсу відповідає зміні станів в однорідному ланцюгу Маркова. Модель веб-ресурсу зображується у вигляді графа, статистична інформація про переходи користувачів накопичується та відображається у вигляді зваженого графу переходів. Процес переходу користувача між сторінками веб-ресурсу розглядається як процес випадкового блукання на графі, а для ранжування вершин графа використовується метод Random Walk with Restarts. Модель сайту побудовано у вигляді графу з використанням програми краулера та зображене матрицею суміжності. У отриманому графі всі вершини є унікальними, тобто одна HTML-сторінка веб-ресурсу відповідає одній вершині у графі. Для накопичення інформації про дії користувачів протягом певного періоду часу веб-ресурс було підключено до системи збору статистики відвідувань. Сервіс веб-аналітики фіксував переходи користувача між HTML-сторінками під час пошукової сесії та типи переходів. Для агрегування даних про переходи користувачів в HTML-структурку веб-сторінок вбудовуються JavaScript-сценарії.

За результатами проведених досліджень було встановлено, що запропонований підхід може бути застосований для створення списку рекомендацій користувачеві в режимі он-лайн.

#### **Список використаних джерел**

1. Парфененко Ю.В. Рекомендаційна інформаційна система для пошуку Відеоматеріалів / Ю.В. Парфененко, А.А. Ковтун, А.А. Вербицька // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2019. – 5 (118). – С. 97–102.
2. Candillier L. State-of-the-Art Recommender Systems / L. Candillier, K. Jack, F. Fessant, F. Meyer // Collaborative and Social Information Retrieval and Access. – 2009. – Pp. 1–22.

## ПЕРЕВІРКА КОРЕКТНОСТІ БАЗИ ЗНАНЬ ТА АДЕКВАТНОСТІ НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ

**Єгошкін Д.І., [KnightDanila@i.ua](mailto:KnightDanila@i.ua), Гук Н. А., [NatalyGuk29@gmail.com](mailto:NatalyGuk29@gmail.com)**

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

Сьогодні активно розвиваються дослідження в галузі побудови нечітких моделей для розв'язання задач у різних областях знань. За допомогою нечітких моделей спрощується процедура прийняття рішень у ситуаціях, коли моделі об'єктів або процеси є погано формалізованими. Погано формалізовані моделі утворюються в разі, коли умови задачі визначені не в повному обсязі, не всі зв'язки задані в аналітичній формі, також опис процесу може містити протиріччя. Актуальність побудови якісних та швидких нечітких моделей полягає у представленні даних у зручній формі для розуміння людиною, особливо це потрібно особам, які приймають рішення, – керівникам та аналітикам, оскільки сфера використання таких моделей є доволі широкою, вона може застосовуватися скрізь, де є якісь дані та інформація. Нечіткі моделі застосовуються у багатьох галузях знань, від теорії управління до штучного інтелекту. В основі нечіткої логіки лежить теорія нечітких множин, викладена у серії робіт Л. Заде у 1965-1973 роках [1].

Однієї з проблем, які виникають при побудові нечіткої моделі, є обґрунтування коректності бази правил. Аналіз продукційних правил бази знань на коректність виконується з урахуванням розробленої вербалної моделі, тому формалізована модель у вигляді бази знань, має задовольняти певним формальним вимогам, які стосуються смислового аспекту правил [2]. База знань є коректною, якщо виконуються такі умови: база знань є повною, несуперечливою, зв'язаною та мінімальною.

Для подальшої оцінки моделі на адекватність необхідно порівняти висновки, отримані за допомогою моделі, з тренувальними даними або з

результатами реального процесу (об'єкту) за допомогою наступних метрик: accuracy, precision (точність), recall (повнота), f1-score (f-міра) [3].

За допомогою метрики Accuracy обчислюється частина правильних відповідей моделі. Її значення дорівнює відношенню числа правильних відповідей, які дала модель, до числа всіх відповідей. З використанням метрики Precision (точність) можливо знайти відношення правильно передбачених позитивних спостережень до загальної кількості прогнозованих позитивних спостережень. Значення метрики дорівнює відношенню числа відповідей, які модель вважає правильними, і вони дійсно є правильними "true positives" до суми "true positives" і числа об'єктів, які модель вважала правильними, а насправді вони були неправильними "false positives". Метрика Recall (повнота) описує наскільки модель взагалі може виявляти правильні відповіді. Її числове значення дорівнює відношенню відповідей, які модель вважає правильними і вони дійсно були правильними, до всіх правильних відповідей у вибірці. Узагальнююча метрика f1-score (f-міра) приймає значення 1 лише тоді, коли значення метрик Precision та Recall є рівними 1. F-міра зростає лише тоді, коли Precision та Recall зростають.

Перевірка коректності бази знань, дозволяє уникнути хибних висновків моделі ще на етапі її проектування, а подальша перевірка адекватності нечіткої моделі за допомогою метрик дозволяє перевірити відповідність моделі реальному об'єкту або процесу.

#### **Бібліографічні посилання:**

1. Zadeh, Lotfi. Fuzzy Sets / Information and Control, 8(3), June 1965, p. 338.
2. Джексон П. Введение в экспертные системы / Питер Джексон // Introduction to Expert Systems. – 3-е изд. — М.: Вильямс, 2001. — С. 624.
3. Eli Stevens, Deep Learning with PyTorch / Eli Stevens, Luca Antiga, Thomas Viehmann / Manning Publications Co. Shelter Island, NY 11964, 2020. 520 p.

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ТІЛ СКЛАДНОЇ ФОРМИ З ПРУЖНИМ ПІВПРОСТОРОМ

**Жушман В.В., zhushmanvlad@gmail.com, Зайцева Т.А., ztan2004@ukr.net**  
*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Було проведено комп'ютерне моделювання задачі про вдавлення в пружний півпростір циліндричного штампа з плоскою основою що займає в плані складну двозв'язну область. До штампу прикладено вертикальну силу  $Q$ , лінія дії якої проходить через початок координат, що співпадає із центром тяжіння перерізу основи штампа. Моделювання контактної взаємодії відбувалося у програмному комплексі ANSYS, а саме його модулі Static Structural. Була використана версія ANSYS STUDENT 2021 R2, яка надає безкоштовний доступ до ANSYS Workbench. До даного комплекту програмних продуктів входять ANSYS Mechanical, ANSYS CFD, ANSYS Autodyn, ANSYS SpaceClaim та ANSYS DesignXplorer.

Проведення скінченно-елементного аналізу та проектування в межах статики відбувалося в модулі Static Structural. Вибір та корекція фізичних та механічних властивостей матеріалів – в підмодулі Engineering Data. Створення вихідної геометрії для моделі – в Design Modeler (пункт Geometry в вкладці Component Systems). Модуль Meshing надав доступ до генерації скінченно-елементної сітки, коректування її особливостей та проведення додаткових налаштувань. Після проведення комп'ютерного моделювання доступ до результатів моделювання відбувався за допомогою модулю Solutions, а модуль Results надав доступ до проведення поспроцесінгу, та аналізу адекватності моделі. Були розглянуті різні форми двозв'язних штамів з осесиметричним навантаженням. Отримані результати порівняні з отриманими раніше аналітичними та чисельними.

## РОЗРОБКА МОДЕЛІ РЕЙТИНГУ «СТУДЕНТ – ОЧИМА ВИКЛАДАЧА»

**Зайцева Т.А., [ztan2004@ukr.net](mailto:ztan2004@ukr.net), Тирса І.А., [tyrsailya1998@gmail.com](mailto:tyrsailya1998@gmail.com),  
Фридман О.Д. [afriedman@i.ua](mailto:afriedman@i.ua) , \*Шишканова Г.А., [shganna@ukr.net](mailto:shganna@ukr.net)**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*\*Національний університет «Запорізька політехніка»*

Однією зі складових, що формують «Рейтинг викладача» у Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара – є бал за наслідками анонімного анкетування студентів, який розраховується як середнє арифметичне оцінок, що поставили студенти у анкетах при опитуванні. Пропонується при створенні цієї складової ураховувати ряд факторів, що безперечно впливають на ставлення студента до конкретного викладача, зменшуючи об'єктивність оцінки. Таким чином з одного боку, зроблено спробу корегування в сторону зменшення суб'єктивності цієї оцінки, яка має суттєвий вплив на рейтинг кожного викладача, а з іншого – кожному студенту надано додаткову можливість побачити результати власного навчання під іншим кутом, завдяки додатковим оцінкам від викладачів. Такі не формальні та не академічні оцінки про ставлення конкретного студента до своєї дисципліни, а саме, за якість і своєчасність виконання завдань, активність на заняттях, відвідуваність занять та інше викладач виставляє до анкетування студентів, а оприлюднює їх після підведення підсумків.

В Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара діють як загальні положення і правила, так і положення про освітню діяльність, що регламентують розрахунок рейтингу успішності навчання: «Правила призначення стипендій у Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара», «Порядок визначення кандидатур з числа студентів Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара для призначення академічних, іменних та інших стипендій», «Порядок розрахунку складової рейтингового балу студента, що ураховує його участь у науковій, науково-технічній діяльності (творчій активності для мистецьких спеціальностей), громадському житті та спортивній діяльності університета».

При створенні нової моделі розрахунку балу за наслідками анонімного анкетування студентів, надається можливість урахувати загальну успішність навчання, сумлінність ставлення до конкретної дисципліни, враховуючи відвідування занять та складову рейтингового балу студента, що ураховує його участь у науковій, науково-технічній діяльності (творчій активності для мистецьких спеціальностей), громадському житті та спортивній діяльності університету. Кожна складова моделі має свій нелінійний ваговий коефіцієнт впливу на загальну оцінку. Завдяки сучасним технологіям програмування та результатам статистичного аналізу даних роботи у дистанційному режимі, що автоматично створюються у MS Teams Office 365, анонімність результатів анкетування студентів можна витримати.

Для реалізації проекту було обрано декілька технологій: HTML – для створення розмітки сторінок веб-додатку і CSS – для стилізації (фон, колір, макети, інтервал й анімація). Для комфорtnої та швидкої реалізації роботи, було обрано фреймворк Bootstrap. В якості мови програмування було використано JavaScript, що дозволило додавати динамічні функції, такі як повзунки, спливаючі вікна і фотогалереї. Все було з'єднано у кінцевий додаток за допомогою фреймворку Angular, що входить у систему NgModule. Це забезпечило модульність: складання HTML-шаблонів із розміткою Angular; написання класів компонентів для управління цими шаблонами; додавання логіки додатка у сервісах; об'єднання компонентів і сервісів в модулях.

Розробка проекту склалася з декількох етапів:

- Оцінка існуючих підходів до створення нового загального рейтингу студента.
- Побудова нової моделі загального рейтингу студента;
- Використання сучасних мов структуризації контенту та програмування.
- Дослідження того які переваги та недоліки містить створення такого загального рейтингу студента.

Тобто, буде проведено подальше дослідження для удосконалення моделі рейтингу «Студент – очима викладача», порівняння результатів реалізації задачі та обрано найбільш доцільний метод для реалізації проекта.

## МЕТОДИ ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЧНИХ СИГНАЛІВ

Інкін О. А., [inkin.work@gmail.com](mailto:inkin.work@gmail.com)

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

Електрокардіограма (ЕКГ) є корисним інструментом для вивчення функціонального та структурного стану серця. ЕКГ – це реєстрація біоелектричних потенціалів, що генеруються на поверхні тіла серцем. У 1901 році Віллем Ейтховен використовував струнний гальванометр для вимірювання ЕКГ і призначав літери P, Q, R, S і T для різних відхилень. Мова побудована з кінцевого/некінченного набору речень, що складають слова.

Проведення дослідів деякої множини ЕКГ-сигналів для певної особи надає можливість синтезувати відносну закономірність щодо передбачення подальшої поведінки серцевого ритму. Це дозволяє математичному інструменту створити методологію подальшої обробки сигналів та аналізу поточного стану серця. Дослідження у напрямку автоматичного аналізу вже знайшло своє поширення у світі створенням таких методів, як: дослідження за допомогою перетворення Гільберта, авторегресії, вейвлетного перетворення, методу власних векторів, лінійного передбачення. Однак ефективність кожного з таких є відносною та потребує уточнень. Тому займаючись питаннями, що стосуються ручного аналізу сигналів ЕКГ, дослідження зосереджуються на розробці методів автоматичного аналізу ЕКГ для виконання цього завдання з високою точністю.

Нині, з розвитком технологій, появляється можливість розробити доступний інструмент аналізу ЕКГ, що може бути впроваджений у всі медичні установи для простого використання методів у режимі реального часу.

## АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ МІКРОСЕРВІСНИХ ПЛАТФОРМ

Калашніков А.С., [ak.shik99@gmail.com](mailto:ak.shik99@gmail.com),

Степанова Н.І., [nist66@gmail.com](mailto:nist66@gmail.com)

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

На сьогоднішній день кількість веб сервісів постійно зростає, тому виникає питання про їх масштабування, гнучкість, керованість та продуктивність, одночасно знижуючи складність всього життевого циклу розробки програмного забезпечення. Платформи мікросервісів безперешкодно розгортають та масштабують контейнери додатків на віртуальних або фізичних машинах, які надаються інфраструктурами загальнодоступної або приватної хмари.

Популярним механізмом контейнеризації є Docker, який обгортає додаток у повну файлову систему, яка містить все необхідне для запуску: код, програмне середовище, системні бібліотеки – все, що можна встановити на віртуальну машину. Це гарантує, що програма буде працювати однаково, незалежно від середовища її виконання. Сервіси на основі контейнерів широковідомі як мікросервіси та використовуються зазвичай з наступних причин:

- Менша складність невеликих сервісів;
- Проста та швидка масштабованість та розгортання програми;
- Підвищення гнучкості за рахунок використання різних інструментів та структур;
- Підвищена надійність системи;

Контейнери розширили можливості використання мікросервісної архітектури, оскільки вони легкі, забезпечують швидкий час запуску та низькі накладні витрати. Контейнери можуть використовуватися для розробки монолітних архітектур, в яких система працює всередині одного

контейнера або кластерних архітектур, де використовуються комбінація контейнерів.

Аналіз продуктивності хмарних обчислень привернув значну увагу інших дослідників, хоча у більшості робіт розглядалася віртуалізація на основі гіпервізора, в якій віртуальні машини є єдиним способом надання ізольованого середовища для користувачів. Однак останнім часом віртуалізація на основі контейнерів набирає обертів завдяки своїм перевагам у порівнянні з віртуальними машинами для надання мікросервісів. Наприклад, у роботі A.M. Joy., “Performance comparison between linux containers and virtual machines” показано, що контейнери перевершили віртуальні машини по продуктивності та масштабованості. Процес розгортання контейнерів у 22 рази перевищують віртуальні машини з точки зору масштабованості. Ця робота показує перспективну продуктивність при використанні контейнерів замість віртуальних машин для доставки послуг кінцевим користувачам.

В роботі розгорнуто платформу мікросервісів в хмарі Amazon EC2, використовуючи технології Docker та .NET. Підвищуючи навантаження на платформу проведено аналіз отриманих результатів та порівняння з теоретичними обчисленнями, які були отримані раніше. Отримані у роботі результати можна використовувати для систематичного підходу до вивчення еластичності платформи мікросервісів шляхом оцінки наданих ресурсів в хмарі.

**МЕТРИКИ ОЦІНЮВАННЯ РОБОТИ АЛГОРИТМУ АНАЛІЗУ  
ЕМОЦІЙНОГО ОКРАСУ ТЕКСТУ**

**Карпов І.А., karpovilya5@gmail.com,**  
**Антоненко С.В., szemlyanaya@gmail.com**

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

Існує декілька показників для здійснення оцінювання алгоритму емоційного аналізу: точність, повнота, F-міра, експертна оцінка та правильність. Для цього потрібно ввести декілька метрик, які ми будемо використовувати для оцінки алгоритму:

- істинно (TP) та хибно (FP) позитивна відповідь – кількість позитивних відповідей до прикладів, які позначені як правильні (TP) та неправильні (FP);
- істинно (TN) та хибно (FN) негативна відповідь – кількість негативних відповідей до прикладів, які позначені як неправильні (TN) та правильні (FN);
- коректний вивід (CO) – кількість відповідей системи, які позначені експертом як правильні.

Отже, повнота – це кількість правильних документів, знайдених системою, до загальної кількості шуканих документів у колекції:  $R=TP/(TP+FN)$ . Точність – це кількість правильно знайдених документів відносно до загальної кількості документів, що вернула система на запит  $P=TP/(TP+FP)$ . Правильність – це відношення кількості правильних відповідей системи до загальної кількості відповідей системи, визначається як  $A=(TP+TN)/(TP+TN+FP+FN)$ . Експертна згода – це відсоток походження між двома чи більше експертами щодо коректної відповіді системи, позначається наступним чином:  $HA=CO/(TP+TN+FP+FN)$ .

Розглянуті метрики використовуються для оцінки якості роботи системи інтелектуального аналізу тексту, що розробляється.

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРІОДИЧНИХ ПРОЦЕСІВ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ COVID-19 У ДНІПРОПЕТРОВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Кісельова О.М, [kiseleva47@ukr.net](mailto:kiseleva47@ukr.net),

Кузенков О.О., [kuzenkov1986@gmail.com](mailto:kuzenkov1986@gmail.com)

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

На початку 2020 року Україну та світ сколихнула проблема пандемії інфекційного захворювання SARS-CoV-2. Відповідно до протокольного доручення Голови надзвичайної протиепідемічної комісії при Дніпропетровській обласній державній адміністрації та Дніпропетровській обласній раді від 08.07.2020 р. було здійснено математичне моделювання динаміки розповсюдження COVID-19 у Дніпропетровській області. Результати, опубліковані у попередніх роботах [1, 2], показали, що запропонована математична модель має високу точність, а саме, за перші 3 місяці похибка місячних прогнозів не перевищувала 8%. З використанням даної моделі було спрогнозовано дату з похибкою, що не перевищує 10 діб, коли кількість тяжких хворих перевищить кількість лікарняних місць, які обладнано необхідним устаткуванням, та дату максимального значення кількості інфікованих за добу.

В роботі проведено якісний аналіз запропонованої математичної моделі, встановлені межі якісних режимів функціонування системи. Завдяки одержаним результатам сформульовано висновки та рекомендації, що можуть бути застосовані при розробці карантинних заходів як у Дніпропетровській області, так і в Україні загалом.

### Бібліографічні посилання

1. Кісельова О.М., Падалко В.Г., Кузенков О.О. Математичне моделювання розповсюдження COVID-19 у Дніпропетровській області // Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем. Тези доповідей XVIII Міжнародної науково-практичної конференції, листопад 18-20. – Дніпро, 2020. – С.129-130.
2. Кісельова О.М., Кузенков О.О., Падалко В.Г. Математичне моделювання розповсюдження COVID-19 у Дніпропетровській області // Питання прикладної математики і математичного моделювання. – Дніпро: Ліра, 2020. – Вип. 20. – С.65-73.

## ПРОГНОЗУВАННЯ НА ОСНОВІ НЕЧІТКИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ

**Кісельова О.М., Притоманова О.М., Дон Я.Б., [olgmp@ua.fm](mailto:olgmp@ua.fm)**  
*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Аналіз часових рядів являє собою сукупність методів дослідження впорядкованих за часом послідовностей спостережень будь-яких показників явища або процесу. За допомогою часових рядів можна не тільки проаналізувати явище або процес, але і спрогнозувати значення його показників на майбутній період.

Головна ідея статистичних методів прогнозування часових рядів полягає у побудові тренду на основі минулих даних і використання цієї інформації для побудови прогнозу. Недоліком таких методів є те, що майбутні значення можуть відрізнятися від минулих, а тому і точність прогнозу буде невеликою. Параметри часових рядів можуть бути нечіткими, неточними, недовизначеними, тому для прогнозування використовують нечіткі часові ряди.

При необхідності моделювання обмеженого інтервалу часового ряду використовують метод фазифікації часових відліків, тобто інтервалів часового ряду. Ідея методу моделювання часових відліків часового ряду - застосування нечіткого розбиття на шкалі часу, на якій задано часовий ряд, на основі методу F-перетворення – обмеженій шкалі часу відповідає розподіл базисних функцій (функцій належності).

Ідея, яка використовується в нейро-нечіткому підході – використання часового ряду для формування правил бази знань та параметрів функцій належності. Алгоритм побудови нейронечіткої моделі прогнозування складається з двох етапів:

- 1) формування нечіткої бази знань про об'єкт і побудова на її основі

нечіткої моделі об'єкта з кількома входами і одним виходом, яка грубо відтворює залежність виходу від входів за допомогою лінгвістичних правил «ЯКЩО-ТО», що генеруються з експериментальних даних;

2) налаштування (оптимізація) параметрів нечіткої моделі.

Алгоритм було застосовано для побудови прогнозу. Послідовність Маккея-Глесса представляє розв'язок нелінійного диференціального рівняння з тимчасовою затримкою. В рівняннях з тимчасовою затримкою похідна невідомої функції у певний час задається в термінах значень функції у попередні моменти часу.  $a = 0.2$ ,  $b = 0.1$ ,  $\tau = 17$

$$\frac{dy(t)}{dt} = \frac{ay(t - \tau)}{1 + y(t - \tau)^{10}} - by(t)$$

Результат прогнозування наведено на рисунку 1.

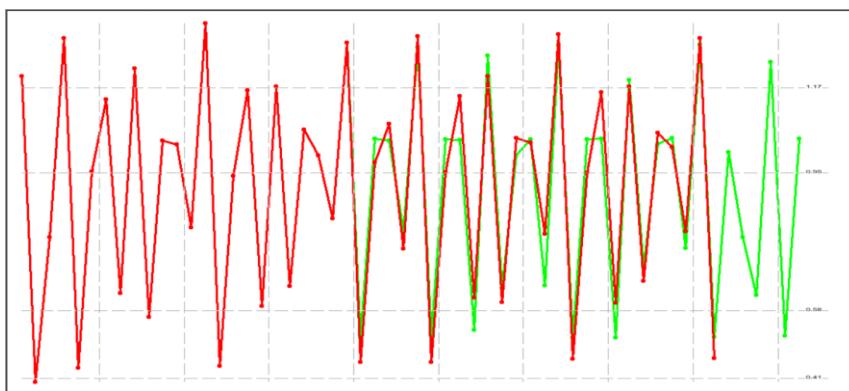


Рисунок 1 – Фактичний ряд та прогноз

Перевагою застосування нечітких часових рядів є можливість короткострокового прогнозу в умовах нечіткої як кількісної, так і якісної інформації за відносно малими експериментальними вибірками.

#### Бібліографічні посилання

1. Box G.E., Jenkins G.M., Reinsel G.C. Time Series Analysis: Forecasting And Control. WILEY. 2008.
2. Nie J. Nonlinear time series forecasting: A fuzzy neural approach. Neurocomputing. – 1999. – 16. N1. – P. 63-76.
3. Quek C., Pasquier M., Boon B., Lim S. Pop-traffic: A Novel Fuzzy Neural Approach to Road Traffic Analysis and Prediction. IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems, Vol. 7, No. 2, June 2006

## ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗБИТТЯ ДО ПОБУДОВИ НЕЧІТКИХ ДІАГРАМ ВОРОНОГО

Кісельова О.М., Притоманова О.М., Лебедєв Д.М., Балейко Н.В.

[olgmp@ua.fm](mailto:olgmp@ua.fm)

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

В роботі продемонстровано можливість побудови нечітких діаграм Вороного на основі єдиного підходу: формулювання неперервної задачі оптимального розбиття множин з  $n$ -вимірного евклідового простору  $E_n$  на підмножини з критерієм якості, що забезпечує відповідний вид діаграми Вороного.

Теорія оптимального розбиття множин є універсальним математичним апаратом побудови діаграм Вороного, в основі якого лежить наступна загальна ідея. Вихідні задачі оптимального розбиття множин, які математично сформульовані як нескінченнонімірні задачі оптимізації, зводяться через функціонал Лагранжа до допоміжних скінченнонімірних негладких задач максимізації або негладких задач максимина, для числового розв'язання яких застосовуються сучасні ефективні методи оптимізації. Особливістю такого підходу є той факт, що розв'язок вихідних нескінченнонімірних задач оптимізації вдається отримати аналітично в явному вигляді, причому в аналітичний вираз можуть входити параметри, які відшукують як оптимальний розв'язок вищезазначених допоміжних скінченнонімірних задач оптимізації з негладкими цільовими функціями.

Універсальність пропонованого підходу до побудови діаграм Вороного підтверджується ще і тим, що моделі і методи розв'язання неперервних задач оптимального розбиття множин можуть бути узагальнені на випадок нечіткого завдання вихідних параметрів задачі або вимоги нечіткого розбиття множини, в результаті чого і результуючі діаграми Вороного можуть носити нечіткий характер.

В роботі запропонований алгоритм побудови одного з варіантів нечітких діаграм Вороного, коли множина точок, що утворюють комірку Вороного, може бути нечіткою. Алгоритм розроблено на основі синтезу методів теорії оптимального розбиття множин та теорії нечітких множин.

Розроблений алгоритм програмно реалізований мовою C# на платформі WPF та з використанням 3D движку Unity Engine. Для прискорення розрахунків використана технологія обчислень на графічному прискорювачі (GPGPU) за допомогою Compute Shaders мовою HLSL. Це виявилося можливим та вигіднім з точки зору часу роботи алгоритму, оскільки алгоритм обчислення нечіткого розбиття потребує на кожній ітерації обчислювати значення функції належності  $\mu(x)$  у всіх вузлах сітки, при цьому ці розрахунки не залежать один від одного, та можуть обчислюватись у будь-якому порядку, тобто ідеально підходять для паралельних обчислень. При цьому, оскільки задача нечіткого розбиття з фіксованими центрами є внутрішньою задачею для задачі нечіткого розбиття з розміщенням, тобто виконується на кожній ітерації, то прискорення її розрахунків є виправданим. Насправді, порівняно з розрахунками на процесорі, час роботи відрізняється у десятки разів, та дозволяє будувати зображення розбиттів майже у реальному часі.

За допомогою розробленого програмного забезпечення робота алгоритму протестована на прикладах побудови стандартних, адитивно та мультиплікативно зважених діаграм з нечіткими комірками Вороного.

Результатом застосування теорії неперервних задач оптимального розбиття множин як універсального математичного апарату побудови діаграми Вороного і її узагальнень є можливість будувати не тільки вже відомі діаграми Вороного, а й конструювати нові.

## ОПТИМАЛЬНЕ РОЗМІЩЕННЯ МЕРЕЖІ ЗАКЛАДІВ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ НА ТЕРИТОРІЇ ОБ’ЄДНАНИХ ГРОМАД

**Кісельова О.М.<sup>1</sup>, kiseleva47@ukr.net, Притоманова О.М.<sup>1</sup>, olgmp@ua.fm,  
Строєва В.О.<sup>2</sup>, 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](http://www.dnu.dp.ua))*

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

У зв'язку з децентралізацією влади в Україні та створенням об'єднаних територіальних громад (ОТГ) актуальною постає проблема ефективного функціонування освіти. У роботі досліджено задачу оптимального розміщення середніх навчальних закладів, які мають надавати якісну освіту школярам на території Новомосковського району Дніпропетровської області. Було проведено системний аналіз устрою, структури, чисельності населення, зокрема дітей шкільного віку Новомосковського району; визначено необхідну оптимальну кількість середніх навчальних закладів та їх потужність з метою подальшого розміщення на території району. Розв'язання цієї актуальної задачі переслідує мету оптимального розподілу бюджетних коштів ОТГ, забезпечення шкіл (як наприклад організації підвозу учнів) та отримання рівного доступу до якісної освіти дітей.

Поставлена задача розміщення-розділення була зведена до неперервної нелінійної однопродуктової задачі оптимального розбиття множини на підмножини з розміщенням їх центрів при обмеженнях. А саме, необхідно розбити множину школярів  $\Omega$  на їх зони належності  $\Omega_i$

до десятьох навчальних закладів району так, щоб  $\bigcup_{i=1}^{10} \Omega_i = \Omega$ ,

$mes(\Omega_i \cap \Omega_k) = 0$ ,  $i \neq k$ ,  $i, k = \overline{1, 10}$ , та розмістити ці навчальні заклади в області  $\Omega$ , мінімізувавши бюджетні кошти на їх утримання:

$$F((\Omega_1, \dots, \Omega_{10}), (\tau_1, \dots, \tau_{10})) = \sum_{i=1}^N \left[ \varphi_i \left( \int_{\Omega_i} \rho(x) dx \right) + \int_{\Omega_i} c(x, \tau_i) \rho(x) dx \right]$$

де  $\rho(x, y)$  — щільність попиту на середню освіту в області  $\Omega$ ;  $(x, y)$  — координати проживання школяра;  $\tau_1, \dots, \tau_{10}$  — пункти можливого розміщення навчальних закладів;  $c(x, \tau_i)$  — умовна відстань від школяра до навчального закладу;  $\varphi_i(Y_i)$  — залежність витрат на утримання  $i$ -го навчального закладу від його потужності, де  $Y_i = \iint_{\Omega_i} \rho(x, y) dx dy$  — потужність навчального закладу в області  $\Omega_i$ . За регіональним визначенням серед розміщених шкіл має бути три заклади категорії — ліцей, а інші — категорії гімназій, для яких задане відповідне бюджетне навантаження:

$$0 \leq \iint_{\Omega_i} \rho(x, y) dx dy \leq b_i, i = 1, \dots, p; \quad \iint_{\Omega_i} \rho(x, y) dx dy = b_i, i = p + 1, \dots, 10.$$

Проведено чисельне дослідження ряду модельних задач, графічна візуалізація отриманих результатів деяких з них представлена на рисунку 1:

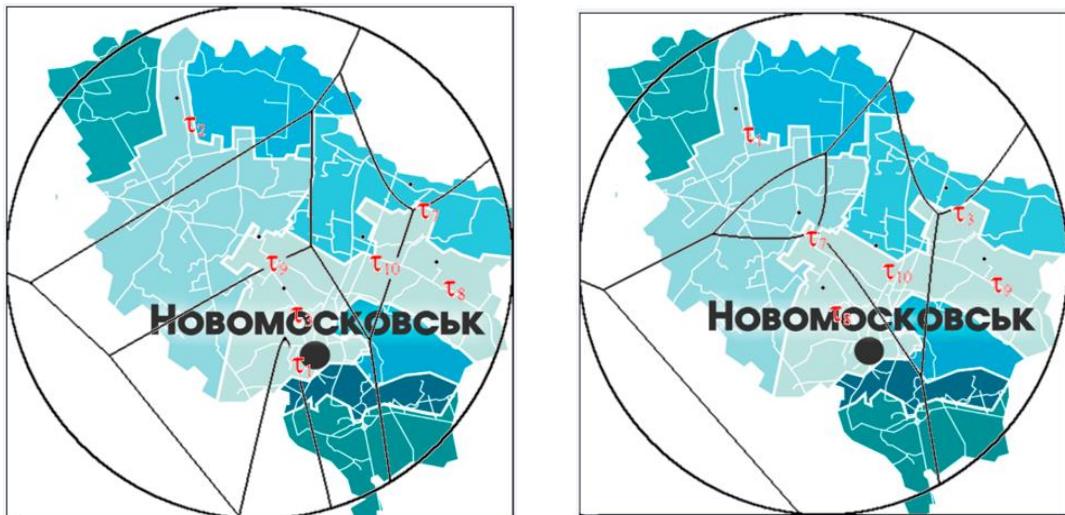


Рис. 1. Оптимальне розбиття множини школярів  $\Omega$  на зони отримання освітніх послуг десятьма навчальними закладами з їх розміщенням для модельних задач з різними початковими умовами.

У роботі проведено детальний аналіз отриманих результатів, який підтверджує адекватність розроблених моделей.

## ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ МЕТОДІВ НУЛЬОВОГО ПОРЯДКУ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗБИТТЯ

**Кісельова О.М., Притоманова О.М., Троценко А.Г.**

trotsenko1998@gmail.com

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

При розробці алгоритмів та їх програмній реалізації для розв'язання задач оптимального розбиття множин, як і багатьох інших оптимізаційних задач, цільова функція може бути недиференційовною, тому необхідно обрати ефективний метод недиференційової оптимізації. Одним із класів таких методів є оптимізаційні методи нульового порядку, тобто методи, які не потребують обчислення похідних.

У роботі розглянуті такі методи нульового порядку: покоординатного спуску, пошуку по деформованому багатограннику, конфігурацій, метод Розенброка. На основі аналізу їх переваг та недоліків обрано метод пошуку по деформованому багатограннику, як найбільш придатний для розробки алгоритму розв'язання неперервної задачі оптимального розбиття множин без обмежень з відшуканням оптимальних координат розташування центрів підмножин. Метод пошуку по деформованому багатограннику (або метод Нелдера–Міда) враховує кривизну ліній рівня цільової функції та складається з таких основних етапів: відображення, розтягання, стискання, редукція. Таким чином, деформований багатогранник у протилежність жорсткому симплексу адаптується до топографії цільової функції, витягуючись уздовж похилих поверхонь, змінюючи напрямок у вигнутих впадинах та стискаючись в околі мінімуму.

У роботі розроблено програмну реалізацію алгоритму розв'язання неперервної задачі оптимального розбиття множин без обмежень з відшуканням оптимальних координат розташування центрів підмножин із застосуванням методу пошуку по деформованому багатограннику,

проведено числові експерименти на модельних задачах та порівняно результати з аналогічними результатами, наведеними у роботі [1] (див. табл. 1). Необхідно відзначити, що у математичному апараті, що застосовується для дослідження і розв'язання неперервних задач оптимального розбиття множин, особливе місце займають сучасні методи недиференційованої оптимізації, зокрема,  $r$ -алгоритм Шора і різні його модифікації [1]. В кожному окремому випадку задача нескінченностірної оптимізації може бути зведена до задачі оптимізації негладкої функції скінченного числа змінних.

Таблиця 1 – Порівняльна таблиця результатів для модельних задач оптимального розбиття множини з  $E_n$  без обмежень з відшуканням оптимальних координат розташування центрів підмножин

<i>Параметр</i>	<i>Отриманий результат</i>	<i>Результат з [1]</i>
Задача розбиття на дві підмножини		
Кількість ітерацій	52	128
Значення цільового функціоналу	296,39563	307,56397
Оптимальні координати центрів підмножин	$\tau_1 = (2,49999; 5,00002)$ $\tau_2 = (7,49997; 4,99998)$	$\tau_1 = (2,51541; 5,0324)$ $\tau_2 = (7,48867; 4,97698)$
Задача розбиття на три підмножини		
Кількість ітерацій	61	128
Значення цільового функціоналу	235,43193543	297,79536
Оптимальні координати центрів підмножин	$\tau_1 = (2,08283; 4,99998)$ $\tau_2 = (6,90207; 2,34710)$ $\tau_3 = (6,90206; 7,65287)$	$\tau_1 = (2,01841; 5,03324)$ $\tau_2 = (7,11367; 4,97896)$ $\tau_3 = (6,98341; 7,43784)$

З табл. 1 видно, що результати роботи алгоритму з [1], які були отримані із застосування методу недиференційованої оптимізації  $r$ -алгоритму Н.З. Шора, кращі, ніж із застосуванням методу пошуку по деформованому багатограннику.

#### Бібліографічні посилання:

1. Киселева Е.М., Шор Н.З. Непрерывные задачи оптимального разбиения множеств: теория, алгоритмы, приложения. Киев : Наукова думка, 2005. 564 с.

## ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОНЕЧІТКИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДО ЕПІДЕМОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ ЗАХВОРЮВАНОСТІ ТА СМЕРТНОСТІ НА РАК СТРАВОХОДУ В УКРАЇНІ

**Кісельєва О.М., Притоманова О.М., Щербиніна М.Б., Соловйова Н.Є.**  
olgmp@ua.fm

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

Запропоновано і обґрунтовано підхід до побудови математичних моделей аналізу загальних закономірностей динаміки епідеміологічного стану раку стравоходу на основі нейронечітких технологій, який має певні переваги перед класичним економетричним підходом. Основу нейронечітких технологій становить поєднання двох принципово різних математичних конструкцій: нечіткої логіки і нейронних мереж. Поєднання цих двох технологій є об'єднанням здібностей до навчання нейронних мереж з наочністю і легкістю інтерпретації нечітких правил «ЯКЩО-ТО».

Задачу дослідження загальних закономірностей динаміки епідеміологічного стану раку стравоходу за показниками захворюваності та смертності серед дорослого населення України розглядаємо як задачу ідентифікації (відновлення) складної нелінійної залежності цих показників від наявності супутніх захворювань (факторів ризику раку стравоходу). Будемо припускати, що нелінійна залежність, яка підлягає ідентифікації, представлена вибіркою експериментальних даних «вхід-вихід»:

$$(X_r, y_r), r = 1, \dots, M,$$

де  $X_r = (x_{r1}, x_{r2}, \dots, x_{rn})$  – вектор входів ( $n$  – кількість входів),  $y_r$  - вихід в  $r$ -й парі,  $M$  – обсяг вибірки.

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

$$R = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (y_r - F(X_r))^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $F(X_r)$  - значення виходу нечіткої моделі при значенні входів, які задані вектором  $X_r$ .

Вихід нечіткої моделі залежить від її структури, а саме бази знань та параметрів: функцій належності, реалізації логічних операцій, методу дефазифікації. Знаходження структури і параметрів нечіткої моделі, що забезпечують мінімальне значення критерію (1) і є завданням ідентифікації.

Якість побудованої моделі оцінюємо за значеннями середньоквадратичного відхилення експериментальних даних від теоретичних значень, тобто розрахованих за математичною моделлю. Для настройки моделі використана модифікація субградієнтного методу на випадок недиференційованих функцій, так званий  $r$ -алгоритм Шора, з точністю  $\varepsilon = 0.001$ .

У роботі опрацьовані стандартизовані показники захворюваності та смертності за матеріалами Національного канцер-реєстру України та на основі цих статистичних даних за 2014-2019 р.р. побудовані математичні моделі залежності епідеміологічного стану раку стравоходу (за показниками захворюваності та смертності) від факторів ризику раку стравоходу. Побудовані на основі нейронечіткого підходу адекватні математичні моделі відновлюють нелінійну аналітичну залежність показників захворюваності та смертності від впливу на них факторів ризику.

Результати розрахунків за побудованими нейронечіткими моделями підтверджують вплив всіх розглянутих в дослідженні факторів ризику, а саме: гастроезофагеальна рефлюксна хвороба, біліарна патологія, гастродуоденальна рефлюксна хвороба, ожиріння та цукровий діабет на епідемічні показники раку стравоходу. При цьому найбільший вплив на показники захворюваності та смертності від раку стравоходу мають гастроезофагеальна рефлюксна хвороба і ожиріння при наявності інших факторів ризику на високому рівні їх значень.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ КОРИСТУВАЧА У СИСТЕМІ, ЩО НАВЧАЄ

Книш М.В., [mishadnepr347@gmial.com](mailto:mishadnepr347@gmial.com), Гук Н.А.

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

Основним питанням при побудові моделі поведінки користувача у системах, що навчають, є інтерпретація його реакцій та дій на запити системи. Взаємодія користувача та системи зазвичай обмежується використанням клавіатури та миші, тому інформації для побудови адекватної моделі недостатньо. До того ж, ця інформація може містити помилки, пов'язані з невірною інтерпретацією певних дій та реакцій користувача. Відомо, що за допомогою нечіткої логіки [1] можна моделювати міркування людини, тому для побудови моделі користувача будемо застосовувати саме її. Нечітка модель дозволяє представляти данні про користувача системи в лінгвістичній формі та працювати з інформацією, яка подана неточно. З аналізу дій та реакцій користувача система генерує завдання в залежності від його інтелектуального рівня, рівня знань та навичок.

За допомогою лінгвістичних змінних та нечітких множин здійснюється перехід від вербальних даних до нечітких. Для побудови моделі були використані такі нечіткі вхідні змінні – «Складність завдань», «Час підготовки», «Кількість звернень до довідкової інформації», «Час проходження тесту», «Кількість правильних відповідей» та вихідна (логічний висновок) «Результат». Дляожної вхідної та вихідної змінних було побудовано опис у вигляді наборів  $(N, T(X), E(X))$ , де  $N$  – ім'я змінної;  $T(X)$  – множина значень нечітких змінних (терм-множина);  $E(X)$  – діапазон значень змінних: «Складність завдань», [[«Низька»](#), [«Середня»](#), [«Висока»](#), [«Дуже висока»](#)], [1;4]; «Час підготовки», [[«Без підготовки»](#), [«Базовий»](#), [«Грунтовний»](#), [«Високий»](#)], [0;50]; «Кількість звернень до довідкової інформації», [[«Без звернень»](#), [«Декілька»](#), [«Багато»](#)], [0;5]; «Час

проходження тесту», [«Швидко», «Добре», «Повільно»], [0;80]; «Кількість правильних відповідей», [«Замало», «Достатньо», «Відмінно»], [0;10]; «Результат», [«Незадовільно», «Задовільно», «Добре», «Відмінно»], [0;100]).

Для опису терм-множин було обрано трикутні функції належності з

параметрами  $(a, b, c)$ :

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1 - \frac{x-b}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & x \notin (a; c) \end{cases}$$

Вектор параметрів функцій належності нечітких змінних моделі налаштовувались з розв'язання задачі мінімізації функціоналу середньоквадратичного відхилення значень, отриманих за допомогою моделі, та відповідних значень з навчальної вибірки.

База логічних правил складається з 32 правил, прикладом правила є вираз: ЯКЩО <Складність завдань середня> I <Час підготовки базовий> I <Без звернень до довідкової інформації> I <Час проходження тесту швидко>, I <Кількість правильних відповідей добре>, ТО <Результат добре>.

Нечітке логічне виведення здійснюється за моделлю Мамдані у додатку Fuzzy Logic Toolbox, для операцій «I» та «АБО» використано їх реалізації у вигляді знаходження  $\min$  та  $\max$  відповідно.

Наводяться результати налаштування моделі та результати процедури нечіткого логічного виведення. Досліджено вплив параметрів навчальної вибірки на якість налаштування моделі.

### Список використаної літератури

1. Матвієнко М. П. Комп’ютерна логіка / М. П. Матвієнко. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 324 с. – (Вид. 2-ге перероб. та доп.).

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КОЛОРИЗАЦІЇ ЦИФРОВИХ НАПІВТОНОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

**Ковальова О.О., ss.6262105@gmail.com**

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

У сучасному світі існують такі технології, які раніше неможливо було навіть уявити, з їх допомогою людство може вирішити багато різних задач. Однією з таких задач є колоризація монохроматичних зображень.

В даній роботі розглядається метод перетворення напівтонових цифрових зображень у кольорове представлення з використанням згорткових нейронних мереж. Даний метод являється автоматичним, тож не потребує безпосереднього втручання користувача у процес розфарбування зображення. Для реалізації метода та проектування нейронної мережі використовується система глибокого навчання – фреймворк Caffe [1]. В основі методу лежить модель нейронної мережі VGG16, яка пропускає зображення через 21 шар. На вході приймається монохроматичне зображення розміром  $256 \times 256$  пікселів, програма читає його дані та обробляє їх у класифікаторі. В ролі класифікатора виступає база даних зображень ImageNet, організована згідно до ієрархії WordNet [2], та складається більш ніж з 15 мільйонів розмічених високоякісних зображень, розділених на 22 тисячі категорій. В результаті роботи даного класифікатора об'єкти вхідного зображення відносяться до певних класів, що значно підвищує точність колоризації зображення. Подальші трансформації відбуваються за рахунок проходження зображення крізь стек згорткових шарів, в яких використовуються фільтри з рецептивним полем  $3 \times 3$  – це дає уявлення про те, де знаходяться основні координати об'єктів зображення. Після проходження стеку згорткових шарів, зображення проходить через три повнозв'язних шари (два з них мають 4096 каналів і третій – 1000 каналів). Останнім прохідним пунктом зображення йде soft-max шар, який і дає кінцевий результат обробки зображення.

Якість результату роботи такої системи залежить від правильності класифікації зображення, та описана модель досягає 92.7% точності тестів з топ-5 в ImageNet [3]. В той же час вона має певні недоліки, а саме повільну швидкість навчання та надвелику вагу. Рішенням цієї проблеми є використання у ролі класифікатору менших архітектур нейронних мереж або баз даних, наприклад, SqueezeNet або GoogleNet [4] – вони є доволі точними, при цьому мають у 50 разів менше параметрів та об'єм менш ніж 0.5 мегабайт.

### **Список використаних джерел**

1. Shelhamer E. Deep learning framework by BAIR [Electronic resource] – Access mode: <http://caffe.berkeleyvision.org/>
2. Brownlee J. How to Use The Pre-Trained VGG Model to Classify Objects in Photographs [Electronic resource] – Access mode: <https://machinelearningmastery.com/use-pre-trained-vgg-model-classify-objects-photographs/>
3. Image Classification on ImageNet [Electronic resource] – Access mode: <https://paperswithcode.com/sota/image-classification-on-imagenet>
4. Simonyan K., Zisserman A. SqueezeNet Documentation [Electronic resource] – Access mode: <http://mpzis.dnu.dp.ua/wp-content/uploads/2021/06/mpzis-2018.pdf>

## РЕКОНСТРУКЦІЯ ФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄКТІВ ЗА ІЗОПЛАНАТИЧНИМИ ЗОБРАЖЕННЯМИ ШЛЯХОМ РЕДУКЦІЇ ДО ІДЕАЛЬНОГО СЕНСОРУ

**Козарь I.O., i.kozar97@gmail.com, Корчинський В.М., korchins50k@i.ua**  
*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Формування зображень дистанційного зондування здійснюється шляхом фіксації розсіяного матеріальними об'єктами електромагнітного проміння сенсорами у різних спектральних інтервалах. Метою тематичного аналізу таких зображень є визначення фізичного стану візуалізованих об'єктів, що подаються розподілами їхньої власної яскравості. Між тим, формування таких зображень супроводжується неминучими спотвореннями, зумовленими передатними характеристиками (апаратними функціями) сенсорів.

В області просторових частот розподіли власної яскравості матеріального об'єкту  $I_0(\mathbf{R})$  та його ізопланатичного зображення  $I(\mathbf{r})$  ( $\mathbf{r}$ ,  $\mathbf{R}$  - радіуси-вектори точок картиної та предметної площин відповідно) пов'язані співвідношенням (див., напр., [1])

$$\mathbf{F} = \mathbf{M} \cdot \mathbf{F}_0, \quad (1)$$

де  $\mathbf{f}$  - вектор просторових частот;  $F(\mathbf{f})$ ,  $F_0(\mathbf{f})$  - відповідно двовимірні перетворення Фур'є розподілів яскравості зображення та власної яскравості об'єкту;  $M(\mathbf{f})$  - передавальна функція датчика зображення (двовимірне перетворення Фур'є його апаратної функції), яка залежить від довжини хвилі проміння – носія видової інформації.

За носій усієї сукупності растрових зображень, зафіксованих у різних спектральних інтервалах приймемо масив  $\mathbf{G}_{n \cdot m \times k}$ , де  $n$ ,  $m$  – розмірності раstrу,  $k$  - кількість спектральних каналів; кожен стовпець  $\mathbf{G}_{n \cdot m \times k}$  сформовано шляхом впорядкування спектральних зображень  $F_0^{(k)}(\mathbf{f})$  у  $k$ -му спектральному каналі по рядках/стовпцях. Масив  $\mathbf{G}_{n \cdot m \times k}$  розглядаємо

як конкатенацію по стовпцях  $k$  векторів:

$$\mathbf{G}_{n \cdot m \times k} = \left[ \mathbf{X}_{n \cdot m \times 1}^{(1)}, \mathbf{X}_{n \cdot m \times 1}^{(2)}, \dots, \mathbf{X}_{n \cdot m \times 1}^{(r)}, \dots, \mathbf{X}_{n \cdot m \times 1}^{(k)} \right] \quad \text{з наступною їх ортогоналізацією.}$$

З урахуванням такого подання розподілів яскравості зображення співвідношення (1) має операторний вигляд

$$\Phi = \Theta \cdot \Phi_0 \quad (2)$$

де  $\Theta$  – матриця вимірності  $n \cdot m \times k$ .

Розглядаємо (2) з позицій загальної теорії лінійних вимірювань [2]:  $\Phi_0$  інтерпретуємо як «сигнал», що подається на вхід приладу (сенсору), який описується матрицею  $\Theta$ . Здійснюємо лінійне перетворення співвідношення (2):

$$\mathbf{P}\Phi = \mathbf{P}\Theta \cdot \Phi_0. \quad (3)$$

Значення  $\mathbf{P}\Phi$  трактуємо як сигнал на виході «приладу»  $\mathbf{P}\Theta$  при поданні на нього сигналу  $\Phi_0$ . Очевидно, що ідеальний сенсор, який не вносить спотворень у вихідний сигнал, подається одиничною матрицею. Показано, що за цієї умови матриця  $\mathbf{P}$  має вигляд  $\mathbf{P} = (\Theta^T \cdot \Theta)^{-1} \cdot \Theta$ .

Власне реконструкція просторового розподілу яскравості відбивальної здатності об'єктів здійснюється послідовною реалізацією перетворень, обернених до (3) та (1).

Реалізація запропонованого методу реконструкції власної яскравості об'єктів за їхніми багатоспектральними ізопланатичними зображеннями забезпечує високий рівень структурної схожості відповідних зображень.

### Список використаних джерел

1. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. Пер. с англ. М.: Техносфера, 2010. 556 с.
2. Пытьев Ю.П. Задачи редукции в экспериментальных исследованиях *Математический сборник*, 1993. Том 120, № 2. С. 145-158.

## ГИБРИДНЫЕ АЛГОРИТМЫ НА ОСНОВЕ ФРАГМЕНТАРНЫХ СТРУКТУР

Козин И.В., [ainc00@gmail.com](mailto:ainc00@gmail.com), Козина Г.Л., [glkozina6a@gmail.com](mailto:glkozina6a@gmail.com)

Разумным обоснованием успешного применения метаэвристик для поиска субоптимальных решений дискретных оптимизационных задач служит гипотеза «глубокой долины», в соответствии с которой точки локальных экстремумов дискретной задачи сконцентрированы в достаточно небольших областях пространства решений. Эта гипотеза позволяет сформулировать два основных требования к эвристическим алгоритмам. Эвристический алгоритм должен с одной стороны расширять пространство поиска, чтобы увеличить вероятность выхода на эти области концентрации. С другой стороны, алгоритм должен достаточно быстро находить локальные экстремумы, сужая пространство поиска [1]. В эволюционных эвристиках это достигается за счет комбинации операций кроссовера и мутации. В роевых алгоритмах присутствует комбинации случайного поиска на всем пространстве решений и быстро сходящихся локальных алгоритмов [3].

Предлагается гибридный алгоритм, который состоит из комбинации эволюционного алгоритма на фрагментарных структурах [2] и алгоритма перемещенных прыгающих лягушек [4]. Особенностью этих двух алгоритмов является то, что на каждом шаге алгоритма в результате его работы формируется некоторое множество допустимых решений (популяция). Итоговая популяция, сформированная одним алгоритмом, становится начальной популяцией для работы второго алгоритма,

Эффективность такого подхода проверена на многих дискретных задачах в области теории графов, логистики, криптографии. Остановимся на одной из таких задач – задаче оптимального размещения конструктивных элементов на матрице-основе. Целью задачи является

размещение на плоской прямоугольной матрице конструктивных элементов (микросхем), с заданной схемой соединений контактов.

Каждый плоский конструктивный элемент представляет из себя прямоугольник или круг, на границе которого имеется ряд точечных контактов (рис.1).

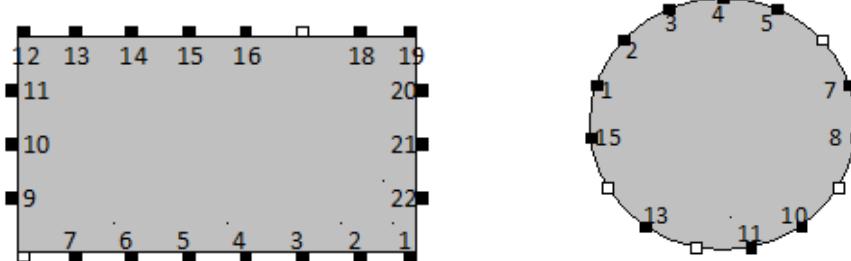


Рис.1. Конструктивные элементы

Задана схема соединений, которая может быть описана в виде графа, вершинам которого соответствуют активные контакты, а ребрам – соединения электрической схемы.

Показано, что задача поиска оптимального размещения конструктивных элементов может быть представлена как оптимизационная задача на фрагментарной структуре.

С помощью описанного выше гибридного алгоритма могут быть получены субоптимальные решения задачи при различном выборе критериев.

## Литература

1. Сергиенко И.В., Шило В.П. Проблемы дискретной оптимизации: сложные задачи, основные подходы к их решению // Кибернетика и системный анализ. — 2006. — 42, № 4. — С. 3-25.
2. Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 446 с.
3. Kozin I.V., Maksyshko N.K. Perepelitsa V. A. Fragmentary Structures in Discrete Optimization Problems, Cybernetics and Systems Analysis November 2017, Volume 53, Issue 6, P 931–936. <https://doi.org/10.1007/s10559-017-9995-6>
4. Narimani, M.R. A New Modified Shuffle Frog Leaping Algorithm for NonSmooth Economic Dispatch / M.R. Narimani // World Applied Sciences Journal. – 2011. – P. 803–814.

# КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОРОЗЙНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ ПОВЕРХНІ НЕРІВНОМІРНО НАВАНТАЖЕНИХ СИЛОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ

Козич А.Є., kozychartur@gmail.com

Дзюба П.А., avatarrrr@ua.fm

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

У процесі експлуатації різних силових елементів конструкцій виникає фактор корозії поверхні, що призводить до природного зниження несучої здатності конструкції.

Корозійне руйнування металів, в загальному вигляді, визначається сукупністю трьох головних умов – властивостей металу, впливу оточуючого середовища, і напруженого стану. Саме вони визначають схильність металу до корозійного руйнування.

Напружено – деформований стан має значний вплив на поведінку металів у корозійному середовищі. У результаті деформації, металу передається додаткова енергія, що знижує його термодинамічну стійкість, порушується цілісність захисних поверхневих шарів, збільшується рівень неоднорідності металу внаслідок появи дефектів кристалічних ґрат.

Головна небезпека напруженого стану не в збільшенні загальної площині корозії, а зміні її характеру – переходу з рівномірної в локальну.

У даній роботі доведено незалежність корозійного впливу в окремій точці від величини корозійного зносу в інших точках. Було розроблено алгоритм обчислення геометричних характеристик поперечних перерізів, зусиль та напруги в поперечних перерізах за моделями Долинського та Гутмана.

Математична модель застосована у вигляді

$$\frac{d\delta}{dt} = f(\delta, \sigma, T, \bar{V}, \bar{X}, t); \delta|_{t=0} = 0$$

де  $\delta(t), \sigma(t)$  - глибина шару зношування та напруження в окремій точці поверхні досліджуваного елементу, відповідно;  $T$  – температура ;  $\bar{V}$  -

вектор коефіцієнтів, що характеризують корозійний спротив матеріалу;

$\bar{X}(x, y, z)$  - вектор координат досліджуvalnoї точки на поверхні елементу;

$t$ - час.

Для різних типів навантажень і різних форм перерізів були виконані моделювання, які виявилися схожими з реальними спостереженнями. Результати отримані у вигляді 3Д моделі, що характеризує зміну перерізу в вигляді нашарування.

У результаті отримано досить ефективний алгоритм, який можна застосовувати для стержневих елементів, вісесиметричних пластин та оболонок будь-якого поперечного перерізу. За допомогою цього алгоритму можна розраховувати стержні, вісесиметричні пластини та оболонки на довговічність.

Отримані результати можна використовувати для побудови методів прогнозування довговічності несучої здатності реальних силових елементів конструкцій.

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОШУКОВОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ВЕБ-ДОДАТКІВ

**Король І.В., [otb.tatotake@gmail.com](mailto:otb.tatotake@gmail.com)**

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

Сучасні веб-платформи, мають багато популярних інструментів для залучення користувачів. Це є важливою частиною реалізації підприємствами своїх цифрових стратегій. Оптимальна продуктивність сучасної мережі є ключовим фактором успіху для них. Так як, потрібно підвищувати кількість залучених користувачів трафіку та веб-користувачів, для цього потрібно надати правильну, корисну інформацію для побудови стратегії бізнесу.

Архітектура веб-додатків описує взаємодію між програмами, базами даних та системами проміжного програмного забезпечення в Інтернеті.

Наразі можна розрізняти наступні популярні типи архітектур веб-додатків: односторінковий додаток, монолітний додаток, мікросервісний додаток та без серверний додаток.

Розрізняють наступні моделі додатків: один веб-сервер – одна база даних; кілька веб-серверів – одна база даних; кілька веб-серверів – кілька баз даних. Розглянемо наступні підходи для оптимізації роботи веб-додатків.

Підхід асинхронного програмування, який дозволяє веб-додатку бути більш чуйним, та обробляти більше запитів при піковому навантаженні, шляхом звільнення потоків під час очікування виконання служб або сторонніх ресурсів, щоб обробляти нові запити від клієнтів, що дозволяє збільшити відклик додатку на дії користувача.

Кешування дозволяє нам запам'ятовувати найчастіші запити в пам'яті програми, для швидкого повернення запам'ятованої інформації без запиту її в сторонніх ресурсах та в базі даних.

## ЗАСТОСУВАННЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ДО ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ ОКЕАНУ

Корочанський С.С., webzepter@gmail.com

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

Дослідження та моніторинг хвильового руху рідини – одна з найбільш важливих і в той же час складних проблем сучасної гідродинаміки, потребує введення чітких параметрів, за допомогою яких величезний набір цифрових даних експериментального або чисельного походження стану океану можна було характеризувати інтегрально. Це дало б змогу порівнювати два стани океану та моделювати його подальшу поведінку, наприклад, для розрахунку дії океану на споруди, для прогнозування виникнення цунамі, тощо.

Як відомо, до таких параметрів слід віднести:

1. Розу вітрів
2. Діаграму спільногого розподілу параметрів хвиль
3. Криву перевищення висоти хвиль
4. Хвильовий спектр.

В даній роботі кластерний аналіз застосовано до виявлення в множині можливих станів океану найбільш загрозливих підмножин станів, які можуть перетворитися на цунамі. Саме такі підмножини повинні в першу чергу бути імплементованими до математичної моделі руху збуреної рідини, який виникає під час різних фізичних дій на її поверхню, а також в результаті руху тіла в цій рідині та оброблені програмним продуктом, за допомогою якого здійснюється реалізація та дослідження запропонованої моделі, в залежності від різноманітних фізичних факторів.

В запропонованій математичній моделі використано найбільш точний метод розрахунку плоских потенційних течій – чисельний метод граничних інтегральних рівнянь. Для знаходження кожного параметра за допомогою кластерного аналізу створена відповідна обчислювальна процедура, при цьому необхідно використовувати дані по вітровим хвильям та прийняти припущення, що ймовірність перевищення може бути математично описана, наприклад, як функція розподілу Релея.

Проведено обчислювальний експеримент дослідження впливу хвильового руху рідини при різних початкових умовах та умовах руху тіла в рідині. Результати обчислювального експерименту порівнювалися з даними фізичних експериментів та показали їх узгодження.

## PRACTICAL APPLICATION OF PYTHON POSSIBILITIES FOR WORKING WITH MATRICES

**Korchaha T.A., Selivanova A.V., Filimonova T.O., tatyana0377@gmail.com**  
*Kyiv National University of Trade and Economics*

### Problem statement.

1. Create a rectangular matrix, fill it with random numbers. Find the sum of the elements of the entire matrix, the minimum and maximum value, the indices of the elements of the matrix using Python modules.
2. Create a matrix of arbitrary size. Find the transposed matrix, the inverse matrix, raise the matrix to the power, calculate the determinant of the matrix, the rank of the matrix.

### Results.

1. A rectangular matrix A, size  $n \times m$ , is created and filled with random numbers using the random module, which contains functions related to random emulation. In order to access the functions of the module, you need to import the required functions (from random import randint). To fill the matrix with random numbers, use the nested for and randint() functions.

2. A matrix of arbitrary size is created, filled with random numbers, similar to the first task. Next, the calculation was performed using the functions of the module numpy To use this module must be connected (import numpy as np). The following functions are used in the work:

- inverse matrix (np.linalg(A)); transported matrix (A.T);
- raising the matrix to the power (np.linalg.matrix\_power(A,2));
- matrix determinant (np.linalg.det(A));
- rank of the matrix (np.linalg.matrix\_rank(A)) [1].

The following calculations are also performed in the problem. The sum of all elements of the matrix is found; the sum of each of the rows of the matrix; the sum of each of the columns of the matrix; average values of rows and columns of the matrix; diagonal elements of the matrix and their sum; minimum

and maximum value of matrix elements (rows and columns), their indices. The task implementation code is publicly available at the link:

<https://github.com/Tannely/Numerical-programming-methods/tree/main/Project>

### **Conclusions.**

Python is a modern powerful high-level cross-platform programming language that can be used in almost any field of development. Transparent and logical syntax allows you to speed up the process of language acquisition and project creation. Another component of Python's success is its cross-platform extension packages. Python SciPy Stack - a set of libraries specifically designed for scientific computing. The most fundamental package is NumPy. It adds Python support for large multidimensional arrays and matrices, along with a large library of high-level mathematical functions for operations with these arrays [2].

Most of these functions can be easily optimized for a specific task. And the NumPy display mechanism avoids writing a large number of loops, especially nested ones, which are so common when working with multidimensional arrays. The display of arrays on the screen avoids the creation of many variables, loops, functions. In addition, in NumPy, this mechanism is implemented for the fastest execution.

### **References.**

1. Програмування числових методів мовою Python: підручник . Анісімов А.В., Дорошенко А.Ю., Погорілий С.Д., Дорогий Я.Ю.;– К. : Вид.-во «Київський університет», 2014. - 640 с.
2. NumPy. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://numpy.org/doc/stable/index.html#>

## ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ФОТОГРАФІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

**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))*

Однією з важливих проблем обробки та використання зображень є покращення зображення. Під покращенням зображення розуміють процес поліпшення якості зображення з мінімізацією втрати інформації для отримання бажаного візуального результату (колір, розмір та стиль), або підготовка фотографій до подальшого аналізу в різних програмах комп'ютерного зору: розпізнавання об'єктів, класифікація, інтерпретація зображень. Поліпшення якості зображення зазвичай включає в себе ряд перетворень: зменшення шуму, поліпшення розмитих фотографій, збільшення розміру, контраст, більш темне освітлення, оптичне спотворення і багато іншого, або розумна генерація додаткових елементів зображення. В роботі розглядається задача генерації недостатньої графічної інформації у зображенні, при збільшенні розмірності фотографій, колоризації, зменшення розмиття та видалення незначних артефактів. Недостатня інформація для зображення генерується за допомогою багатошарової нейронної мережі на основі заданої вибірки зображень.

Для моделювання нейронної мережі використовується мова Python та бібліотека PyTorch. Для навчання нейронної мережі використовується графічні прискорювачі, що надаються компанією Google для наукових досліджень.

Отриману в результаті роботи нейронну мережу можна використовувати у спеціально сконструйованому Jupyter Notebook розміщенному у хмарній лабораторії Google Colab. Додані віджети у вигляді кнопок для завантаження файлів окремо або архівом, щоб користувач зміг випробувати можливості нової нейронної мережі..

## LYAPUNOV SPECTRUM ESTIMATION FOR DELAY EMBEDDED TIME SERIES

**Koshel E.,** [eugenefade@gmail.com](mailto:eugenefade@gmail.com)

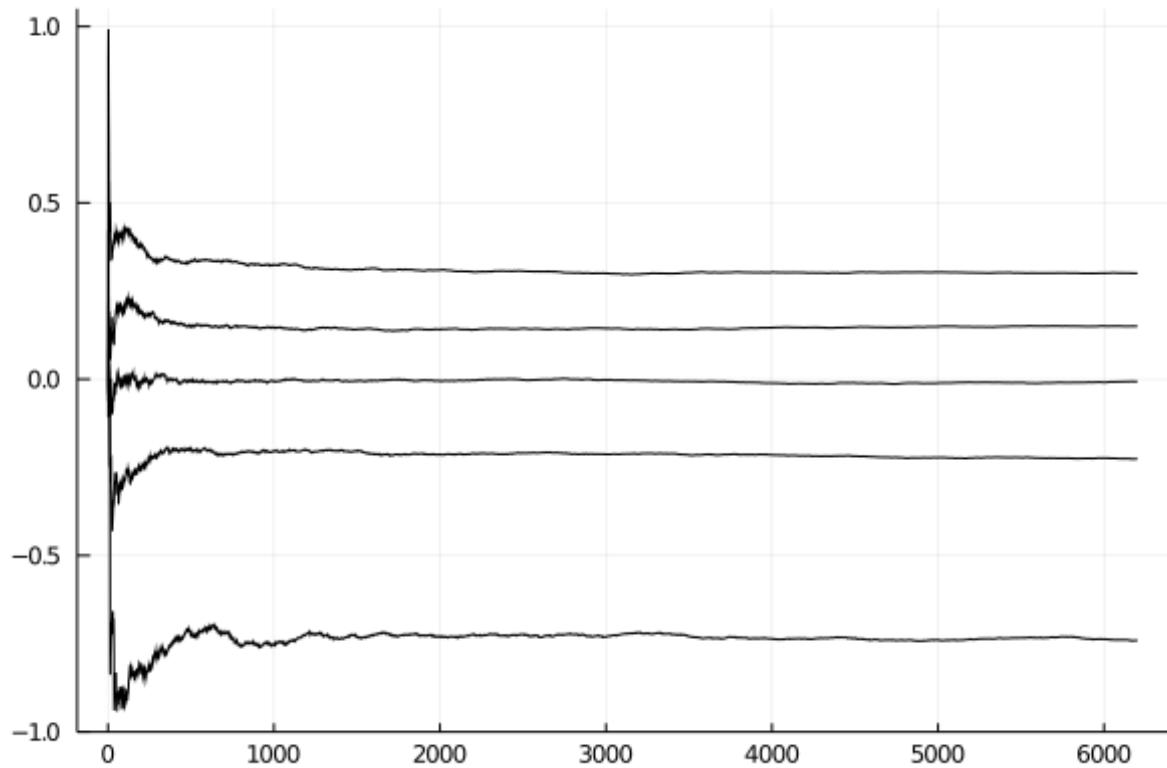
*Oles Honchar Dnipro National University ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Computing the Lyapunov exponents is trivial when the system is given by its analytical representation and there exist multiple methods for doing this. However, when the data is experimental and the underlying system is unknown, multiple problems arise. For example, it is not possible to directly use a QR-based algorithm for computation of the Lyapunov spectrum as described in [3] because the Jacobian of the system is not known. Because of that, multiple methods for estimating the Lyapunov exponents were proposed. One of such methods adapts the QR-based approach and makes it possible to apply it for observed time series.

The QR-method for observed time series was developed and investigated by Brown et al. [3]. It utilized an approach for estimating the local Jacobian matrix from the reconstructed trajectory and used the estimated matrix to proceed with the QR factorization and accumulation of the expansion rates estimates as described in [3]. The algorithm provides satisfactory results for the model examples.

However, the routines for computing the Lyapunov spectrum are often not available in the software commonly used for scientific computing. This fact is what motivated the development of an easy-to-use function for finding the Lyapunov spectrum for experimental time series using the Julia language.

The complete code of the Julia and Python implementations of the program is freely available on github – <https://github.com/dr-Fade/lyapunov-spectrum>. The most important application of the algorithm, however, is in analyzing the experimental time series data. Below is an example of running the algorithm for the delay-embedded EEG data.



**Fig. 1. The estimated spectrum of Lyapunov exponents for the EEG data that was delay-embedded into 5-dimentional space using the delay  $\tau = 13$**

### References

1. **Brown, R** Computing the Lyapunov spectrum of a dynamical system from an observed time series [Text] / Brown, Reggie, Bryant, Paul, Abarbanel, Henry D. I. // Physical Review A, Vol 43 — 1991. — pp. 2787-2806
2. **Hubertus F. von Bremen** An efficient QR based method for the computation of Lyapunov exponents [Text] / Hubertus F. von Bremen, Firdaus E. Udwadia, Wlodek Proskurowski // Physica D: Nonlinear Phenomena, Vol. 101 — 1997. — pp.1-16.
3. **Koshel, E** Local jacobian estimation for delay embedded time series data [Text] / Koshel, E // Abstracts of the XVIII International scientific and practical conference, Dnipro — 2020. — pp. 152-153.

## ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ПРИ АНАЛІЗІ КОНТЕНТУ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Кузенков О.О., Гузєва А.О., Терещенко Є.С. [kuzenkov1986@gmail.com](mailto:kuzenkov1986@gmail.com)

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

В рамках дипломної роботи було досліджено питання математичного моделювання на основі реальних даних отриманих при роботі з соціальними мережами. Дані отримані з таких джерел не відрізняються системністю, повнотою, вичерпністю та достовірністю, але здебільшого великі об'єми таких даних дають змогу відновити певні залежності та використати відновлені данні для комерційних цілей.

В роботі було створено програмний комплекс для грабінгу соціальних мереж, програмний модуль для препроцесінгу отриманих даних та було запропоновано підхід для побудови математичної моделі, відновлення зв'язків між даними на основі якого було запропоновано алгоритм прийняття рішень.

Слід зазначити, що переважна більшість отриманих даних має досить розріджену структуру. Тому під час препроцесінгу одними з основних стали агрегаційні підходи, які з однієї сторони дозволили суттєво скоротити об'єм інформації, що використовувалась, а з іншої зменшити розріженість даних, прискорити їх обробку та спростити їх зберігання.

На базі отриманої математичної моделі та запропонованого алгоритму було досліджено ефективність такого підходу, який дозволив збільшити точність прогнозів з 2% (без використання математичної моделі), до 16,4%, а у деяких випадках до 21,6%. Як було встановлено, точність прогнозів суттєвим чином залежить від підходів обробки вхідної інформації і хоча агрегації не призводили до суттєвої втрати даних їх використання знижувало точність моделювання.

## APPROACHES, METHODS AND TOOLS FOR CREATING A MOBILE VERSION OF THE ELECTRONIC DOCUMENT SYSTEM AT THE APPLIED MATHEMATICS FACULTY

**Kuzenkov O.O., Zmievskaya O.V., Tereshchenko E.S.**  
kuzenkov1986@gmail.com, alex.zmievskaya@gmail.com

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

The convenience of user's working is an important part of the electronic document management creation for the applied mathematics faculty of Oles Honchar Dnipro university. Of course posting and updating groups, students, subjects, teachers and plans are more convenient to perform from the browser version of the program, but such actions like publishing grades, assign dates and times of rearrangements, individual examination with grades and groups are easily to do from mobile version.

So why the creation of mobile application for students and teachers has become the urgent task. The mobile and the browser version's functionalities are obviously different.

Meanwhile, the formation of reports, additional information, plans and etc. make sense only for browser application, the mobile application's main idea is to updating marks by teachers and checking these ones by students.

Such functionality's distribution between the browser and mobile versions of software application help to minimize development cost of making convenient software package for maximum number of users. The student's researches are scientific work, which was based on the coauthor's knowledge and skill, were obtained by studying the disciplines of the normative cycle.

### Bibliographic references

1. Kuzenkov O.O., Baleiko N.V., Zmievskaya O.V. Technique of teaching discipline "Visual programming" for student of speciality 124 "system analysis", Mathematical support and software for intelligent systems (MSSIS-2020), abstracts, Dnipro 2020, p.162-163
2. Kuzenkov O., Sirik S., Masych M. Methods of teaching the discipline "Web-programming" for students of speciality 124 "system analisis", Mathematical support and software for intelligent systems (MSSIS-2020), abstracts, Dnipro 2020, p.166.

## SYSTEM APPROACH TO ELECTRONIC DOCUMENT SYSTEM DATABASE DESIGN

**Kuzenkov O., Masych M., Sirik S., [kuzenkov1986@gmail.com](mailto:kuzenkov1986@gmail.com)**

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

As a part of the implementation of the plan for informatization of Oles Honchar Dnipro National University, we designed and implemented the logical structure of the electronic document management system database. When designing the database, we proceeded primarily from the understanding that over time, the structure of the software application and the database will undergo significant changes. This feature is due not only to the lively change of standards, but also the formation of new entities, the addition and change of types and forms of basic documents and a significant (quantitative and qualitative) expansion of the content of the application. When designing the database, the following basic entities were identified: faculties, departments, teachers, students, specialties, educational programs, reports, documents, support staff, disciplines, groups and much more. In total, the database has 84 tables, the number of fields (including tuple identification fields) ranging from 5 to 24. The database was created using the relational database management system SQL Server 2019. Python language and Django framework were used to develop the application. The research is a student scientific work which was based on the knowledge and skills of the co-author obtained by listening to the disciplines of the normative cycle [1, 2].

### References

1. Kuzenkov O., Sirik S., Masych M. Methods of teaching the discipline "Web-programming" for students of speciality 124 "system analisis", Mathematical support and software for intelligent systems (MSSIS-2020), abstracts, Dnipro 2020, p.166.
2. Kuzenkov O., Sirik S., Oleshko O. Methods of teaching the discipline "object-oriented programming" for students of speciality 124 - "system analysis", Mathematical support and software for intelligent systems (MSSIS-2020), abstracts, Dnipro 2020, p.167-168.

**PECULIARITIES OF DESIGN OF USER INTERFACE OF THE  
ELECTRONIC DOCUMENT FLOW SYSTEM OF THE FACULTY OF  
FPM OF OLES HONCHAR DNIPRO NATIONAL UNIVERSITY**

**Kuzenkov O., Oleshko O., Baleiko N., [kuzenkov1986@gmail.com](mailto:kuzenkov1986@gmail.com)**

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

As part of the development of electronic document management systems of the Faculty of Applied Mathematics of DNU, which uses more than 800 students, 70 teachers and 30 support staff, the region is a friendly interface. The rapid development of the IT industry makes it clear that even an extremely necessary and reliable application will not be popular with users if its use is not convenient. When designing and implementing the electronic document management system of the Faculty of Applied Mathematics of DNU, we entered from the principles of minimalism and the necessary functionality. Attention was also paid to the value of the default parameters, which reduced the time to fill out user forms and speed up the work with the program. Technologies such as the Java Script programming language, Angular Material frameworks and libraries, which are powerful components and a complete CDK, React in web components implemented by Material Design and Vue principles for material Design implementation in Vue projects, have become tools for creating the program interface. The research is a student's, scientific work based on the knowledge and skills of the co-author obtained by listening to the disciplines of the normative cycle [1, 2].

**References**

1. Kuzenkov O., Sirik S., Masych M. Methods of teaching the discipline "Web-programming" for students of speciality 124 "system analisis", Mathematical support and software for intelligent systems (MSSIS-2020), abstracts, Dnipro 2020, p.166
2. Kuzenkov O., Sirik S., Oleshko O. Methods of teaching the discipline "object-oriented programming" for students of speciality 124 - "system analysis", Mathematical support and software for intelligent systems (MSSIS-2020), abstracts, Dnipro 2020, p.167-168

## ABOUT SOME FEATURES OF BACKEND CREATION WHEN CREATING MOBILE APPLICATIONS

Kuzenkov O.O., Tryputen M.M., Zhuravel S.V., [kuzenkov1986@gmail.com](mailto:kuzenkov1986@gmail.com)

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

The paper discusses some issues of the implementation of the backend when creating a mobile application for the electronic document management system of the Faculty of Applied Mathematics of the Oles Honchar Dnipro National University. During the implementation of the project there were certain features of the implementation of dynamic interfaces, information security, issues related to data encryption, their reproduction and processing.

The RSA asymmetric encryption algorithm was used to address information security issues. The advantage of this algorithm is its scalability, in particular, 1024-bit keys were used, but, if necessary, they can be changed both simplifying (512-bit) and complicating (2048-bit). Security and adaptability are the key to using the RSA algorithm in applications of different types. Data integrity is ensured by clear protocols of information security, system creation and use of backup, and verification of data integrity using checksums. The research is a student's, scientific work which was based on the knowledge and skills of the co-author obtained by listening to the disciplines of the normative cycle. [1, 2].

### Bibliographic references

1. Kuzenkov O.O., Baleiko N.V., Zmievskaya O.V. Technique of teaching discipline "Visual programming" for students of specialty 124 "system analysis", Mathematical support and software for intelligent systems (MSSIS-2020), abstracts, Dnipro 2020, p.162-163
2. Kuzenkov O., Sirik S., Oleshko O. Methods of teaching the discipline "object-oriented programming" for students of specialty 124 - "system analysis", Mathematical support and software for intelligent systems (MSSIS-2020), abstracts, Dnipro 2020, p.167-168

**CALCULATION OF THE OPTIMAL RATIO OF WEIGHT  
COEFFICIENTS FOR MAXIMIZATION OF THE VOLUMES OF  
ADMISSION TO THE HIGH SCHOOLS OF UKRAINE**

**Kuzenkov O., Feshchenko M., Baleiko N., [kuzenkov1986@gmail.com](mailto:kuzenkov1986@gmail.com)**

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

Due to the spread of distance learning technologies, graduates of Ukrainian secondary schools have a wide range of opportunities to enter the high schools' education of Ukraine and other countries. Today, this has not only reduced the urgency of the problem of moving to another city but also simplified the procedure of studying abroad and even in several independent external evaluations at the same time. Paradoxically, even under such conditions, the independent external evaluation of Ukraine is forced to address the issue of increasing the number of applicants by various methods. One of such methods is the calculation of the optimal ratio of weight coefficients of EIT certificates to increase the number of recommended training at the expense of the state order. There are well-known and nevertheless paradoxical examples when entrants receive a recommendation for a lower priority of the same specialty only from the fact that the coefficients on the tender offer where the priority is higher reduce the overall competition score.

It should be noted that today attempts are being made to revise the weights, but for the most part, they are heuristic and unsystematic. The use of such an approach will give preference to a certain independent external evaluation, and the approach itself does not require any additional measures and costs.

The publication proposes an approach that, based on the data on admission for previous years, calculates the weights in accordance with the requirements of the Ministry of Education and Science of Ukraine and maximizes the number of recommended training at the expense of the state budget.

## ДО РОЗРОБКИ МЕТОДІВ СИНТЕЗУ ЛІНІЙНИХ СИСТЕМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ

Кузнєцов<sup>1</sup> В.О., Петрович<sup>1</sup> В.М., Krak<sup>1,2</sup> Ю.В., Ляшко<sup>3</sup> В.І., Куляс<sup>1</sup> А.І.  
[krak@univ.kiev.ua](mailto:krak@univ.kiev.ua)

<sup>1</sup>Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України

<sup>2</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка

<sup>3</sup>Національний університет «Києво-Могилянська академія»

В доповіді пропонується підхід, що сполучає методи синтезу лінійних систем для класифікації [1,2] та нейромережеві підходи до навчання [3, 4]. Пропонується наступна процедура: на вхід кодувальника поступає набір даних, який утворює кодування для всіх зразків даних; у свою чергу, для шарів декодувальника поступають кодування для набору даних у просторі зменшеної розмірності; на результати перетворення накладаються вимоги:

- перетворений код дозволяє наближено отримати пряме і обернене перетворення при яких справедливо  $(X^T X)^{-1} A = Y^*$  і  $(A^T A) = E$ ,  $(B^T B) = E$  де  $X$  – вихідна матриця,  $Y^*$  – кодування,  $A$  – ваги кодувальника,  $B$  – ваги декодувальника,  $E$  – одинична матриця);

- ваги матриці прямого і зворотного перетворення лежать в заданому інтервалі значень (дані на вході і виході та на шарі кодування мають однакову розмірність);

- коефіцієнти прямого та оберненого перетворення лінійно незалежні.

Накладання таких обмежень на оптимізаційну процедуру навчання авто- кодувальника дозволяє отримати наблизений розв'язок і реалізувати синтез лінійних систем для класифікації в рамках нейромережевих методів.

З метою апробації даного підходу створено експериментальну реалізацію на мові Python, яка залучає бібліотеки машинного навчання Keras. Експериментальна реалізація перевірялася на тестовому наборі даних, який був поділений на навчальну та тестові вибірки. Для навчання алгоритму накладалися обмеження за допомогою лямбда-виразу, який передавався в процедуру ініціалізації шарів автокодувальника.

Для перевірки ефективності перетворення, кодування даних передавалося на вхід методу кластеризації. Позначки даних були використані для оцінки подібності сингулярного розкладу та підходу, що пропонується (рис 1).

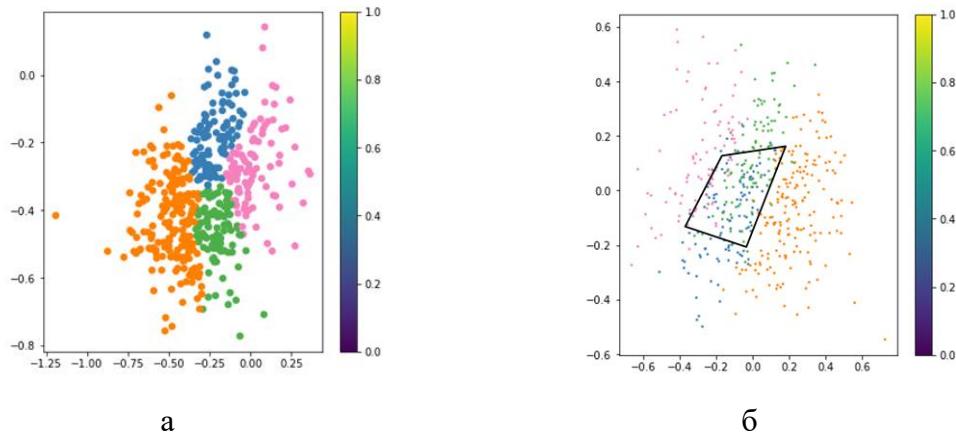


Рис. 1. Позначки даних автокодувальника із накладеними обмеженнями (а) і сингулярного розкладу з позначками даних автокодувальника (б)

В результаті апробації даного підходу було встановлено, що зображення елементів даних на прихованому шарі для автокодувальника і сингулярного розкладу, не зважаючи на накладені обмеження, відрізняються. В центрі утворюється область із слабо роздільними елементами даних (рис. 1).

У результаті проведених досліджень були отримані, в цілому, задовільні результати – середньоквадратична похибка реконструкції і ортогональності ваг не перевищувала 2%. Для покращення результатів для задач синтезу лінійних систем надалі буде проведено ряд додаткових експериментів та апробовано інші обмеження на оптимізаційну процедуру і гіперпараметри.

1. Крак Ю.В., Кудин Г.И., Куляс А.И. Многомерное шкалирование средствами псевдообратных операций. Кибернетика и системный анализ. 2019. 55 (1). С. 47–57.
2. Кириченко Н.Ф., Кривонос Ю.Г., Лепеха Н.П. Синтез систем нейрофункциональных преобразователей в решении задач классификации. Кибернетика и системный анализ. 2007. 3. С. 47–57.
3. Гіnton Дж., Салакхутдинов Р. Зниження розмірності даних за допомогою нейронних мереж. Science. 2006. 313. С. 504–507.
4. Globerson Amir. Euclidean Embedding of Co-occurrence Data. Journal of Machine Learning Research. 2007.

## МОДЕЛЮВАННЯ ДЕФОРМІВНИХ СИСТЕМ ЗІ ЗВОРОТНИМИ ЗВ'ЯЗКАМИ

Кузьменко В.І., [vasilkuzmenko50@gmail.com](mailto:vasilkuzmenko50@gmail.com)

Плащенко С.О., [sergey.plashenko@gmail.com](mailto:sergey.plashenko@gmail.com)

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

Пропонується підхід до математичного моделювання деформівних систем, у яких зміна стану систем викликає зміну параметрів зовнішнього навантаження. Відповідна зв'язана задача формується як задача розв'язання операторного рівняння

$$U = A(BU) = (A \bullet B)U ,$$

де  $U$  – вектор-функція параметрів стану системи;  $A$  – оператор, який заданому зовнішньому навантаженню ставить у відповідність параметри стану системи;  $B$  – оператор зворотнього зв'язку, який ставить стану системи ставить у відповідність параметри зовнішнього навантаження.

Наводяться приклади моделювання систем із взаємним впливом пружного деформування і дії гравітаційних та магнітних полів. Аналізується взаємовплив нелінійно-пружного деформування труби та кулі і внутрішнього тиску рідини та газу.

Звернемо увагу на механічні ефекти, обумовлені дією зворотніх зв'язків, зокрема: знайдено критичну швидкість перекачування рідини у трубопроводах з гумоподібних матеріалів, яка залежить від властивостей матеріалу труби, і за якої починається необмежене зростання внутрішнього діаметру труби; існує критична висота центра мас важкого штампа, яка залежить від маси штампа та характеристик матеріалу і за якої штамп втрачає рівновагу.

## DEVELOPMENT OF A FIREFLY ALGORITHM FOR THE ROUTING PROBLEM WITH MINIMIZATION OF ENVIRONMENTAL WASTE

**Lifarenko P.E.**, lifarenko99@gmail.com,

**Shevelyova A.E.**, shevelevaae@dnu.dp.ua

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

Logistics has always been a significant component for any company involved in the transportation of various goods. All companies strive for cost-effectiveness, high-quality service, and financial stability. Optimizing vehicle routes allows us to achieve this goal and is a key tactical solution, that leads us to the Vehicle Routing Problem (VRP).

The goal of the work is to use a modified firefly algorithm to solve the routing problem by minimizing environmental waste. To achieve this goal, the following tasks were set and solved:

- consideration of the problem of routing vehicles with the collection of prizes, preliminary research was conducted;
- analysis of how the minimization of environmental waste affects the standard mathematical formulation;
- mathematical formulation of the routing problem with minimization of environmental waste;
- introduction of a method that will allow applying the algorithm of fireflies for a discrete problem;
- implementation of the firefly algorithm for the problem using the C # programming language;
- testing, analysis, and comparison with the work of a commercial program for different examples to test the functionality of the implementation.

The extended formulation of the VRP was considered, namely the vehicle

routing problem that minimizes environmental waste (VRP-E).

CP is a problem-oriented method that is associated with updating a continuous space and performs the main function of converting a discrete-coded solution into continuous values, which allows us to directly apply the equations of the firefly algorithm.

The coordinate-based firefly algorithm (CFA) contains heuristic components to create the original set of solutions to ensure the feasibility of improved solutions. CFA consists of Initialization, CP, Deleting a node, Replacing a node.

The Initialization process is used to build the initial population. The first step is to compile M initial routes that contain only a depo and one node. These routes are combined into the original solution vector, and unincluded nodes are ordered based on their prize value. These nodes are placed one after the other in the solution vector according to the method of saving.

Next, we use the classic firefly algorithm, where we determine the light absorption coefficient, and for each member in the created population, we calculate the value of the function together with the corresponding light intensity.

Then a comparison is made for each pair of solutions in the population, and the solution with a lower light intensity is moved to the other. To do this, firstly, it is necessary to know the appropriate distance, and secondly, to apply the CP.

The obtained values of the objective function show that the proposed CFA is superior to the Gurobi Optimizer, because in a much shorter computation time the former provides the best solutions, especially for large examples.

## УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ДЛЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Лозовський А. В., [lozartval@gmail.com](mailto:lozartval@gmail.com), Волошко В. Л., [VVL56@i.ua](mailto:VVL56@i.ua)

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

**Керування ризиком** - процес прийняття рішення, який характеризуються багатоваріантністю розвитку подій і можливістю виникнення непередбачених ситуацій. Задача полягає у пошуку вектору цільових змінних, який задовольняє накладеним обмеженням та оптимізує векторну цільову функцію, яка утворює систему критеріїв та взаємозалежних характеристик. На їх базі моделюється багатокритеріальна задача математичного програмування. В цьому випадку складно знайти розв'язок, який задовольняє усім суперечливим критеріям та системі обмежень.

Отже, треба виготовити деталь з конструкційних металів і оптимізувати її технологічні характеристики. Для цього обмежимося врахуванням таких властивостей матеріалів :

щільність металів, від яких залежність вага деталі;

вартість використаних матеріалів;

теплове розширення – коефіцієнт, який вказує вплив температури на деформацію металу;

міцність матеріалу – число, яке характеризує його здатність витримувати навантаження;

пластичність – можливість роботи з металом, змінюючи його форму без руйнування;

технологічність – доступність вибору прийнятної та оптимальної за ціною технології виготовлення деталі.

На першому етапі алгоритм передбачає побудову множини Парето, тобто визначення альтернатив, які неможливо покращити, а тому їх треба

виключити з розгляду. Далі наведемо характер оптимуму цільових функцій:

$$\begin{cases} \text{вага}(x_1) \rightarrow \min \\ \text{ціна}(x_2) \rightarrow \min \\ \text{тепlostійкість}(x_3) \rightarrow \max \\ \text{міцність}(x_4) \rightarrow \max \\ \text{технологічність}(x_5) \rightarrow \max. \end{cases}$$

Очевидно, що маємо змішану багатокритеріальну задачу оптимізації. Наступний етап передбачає нормалізацію критеріїв і зведення їх до одного виду. Розв'язування багатокритеріальної задачі зводимо до задачі з одним критерієм шляхом згортки, тобто маємо одну цільову функцію виду

$$\alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 + \alpha_4 x_4 + \alpha_5 x_5 \rightarrow \min, \quad \text{де } \alpha_i \text{ -- коефіцієнти вирахування значення кожного критерію, такі, що } \sum_{i=1}^5 \alpha_i = 1.$$

Отже, задача передбачає розгляд числових характеристик матеріалів, з яких треба вибрати найкращий, дослідження цільових функцій та системи обмежень. При цьому природньо, що різні метали мають різні характеристики: якщо метал кращий за однією характеристикою, то за іншою він може бути гіршим. Задача передбачає застосування власного практичного досвіду та математичних критеріїв для оцінки ризику при виборі матеріалів. Зауважимо також, що при формуванні задачі з одним критерієм до вихідної системи обмежень додаються додаткові обмеження.

**Висновок :** усі складні задачі прийняття рішень є багатоцільовими, а тому при виборі кращого варіанту потрібно врахувати багато вимог, які суперечать одна одній. При цьому багатокритеріальну задачу доцільно зводити до задачі з одним критерієм методом згортки, який є гнучким при врахуванні пріоритету.

#### Бібліографічні посилання

- 1.Ус С.А., Коряшкіна Л.С. Моделі і методи прийняття рішень: навч. посіб. – Д.: НГУ. – 2014 – 300 с.

## ВИЯВЛЕННЯ НЕТИПОВИХ ДІЙ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ВІДЕОПОТОКУ

Лупій Я.А., [jaryna.games@gmail.com](mailto:jaryna.games@gmail.com), Басюк Т.М., [taras.m.basyuk@lpnu.ua](mailto:taras.m.basyuk@lpnu.ua),

*НУ «Львівська політехніка»*

В ХХІ столітті важливою умовою успішності є мультизадачність. Для щоб люди справлялись з декількома справами одночасно і ефективно без шкоди собі необхідною умовою є застосування цифрових помічників. Прикладом такої мультизадачності може бути поєднання батьківства та роботи чи хатніх справ, коли можна без переживань залишити дитину в кімнаті, знаючи, що з нею все гаразд, виконувати інші завдання. Чи навіть догляд за дорослими людьми, які цього потребують.

Основними зацікавленими сторонами використання цього застосунку є батьки, які поєднують роботу та догляд за дітьми, люди, які спостерігають за людьми похилого віку чи людьми з певними обмеженнями та люди, які спостерігають за домашніми улюбленицями. Всі ці типи людей називаються Користувач у системі.

Основним засобом вирішення відеонагляду за суб'єктом є застосунок, який приймає відео з будь-якої камери, чи це веб чи це usb підключення. Все залежить від функціональності девайсу.

На відміну від відеонянь, застосунок аналізує відео на розпізнавання побутових об'єктів та визначає потенційну небезпеку для спостережуваного суб'єкту. Ця система несе рекомендаційний характер. Також основною рекомендацією щодо використання системи є додаткове спостереження транслюючого відео, не тільки в моменти сповіщення.

Для більш загального уявлення щодо функціонального призначення системи розроблено UML- *діагарму варіантів використання*. Ця діагарма відповідає на питання: що робить досліджувальна система у зовнішньому світі?

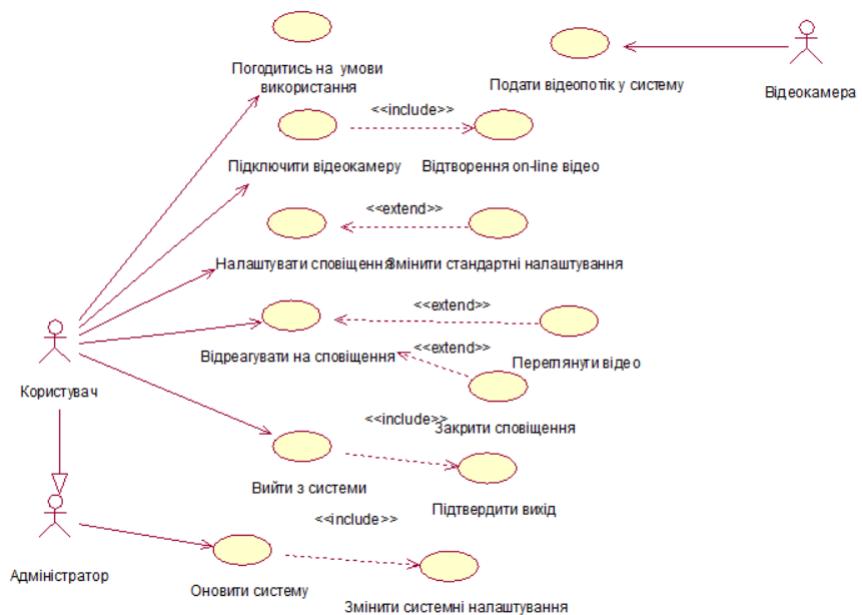


Рис. 1. Діагарма Use Case системи аналізу відеопотоку.

Починає роботу *Користувач* якщо він погоджується умовами використання системи. Після погодження роботи з системою *Користувач* фізично підключає відеокамеру до системи так, щоб відеопотік відобразився в системі. Для того, щоб система працювала валідно для *Користувача*, актор налаштовує сповіщення згідно своїх вимог, хоча може скористатись стандартними налаштуваннями. Якщо під час виконання системи приймає рішення, що потрібно надати користувачу сповіщення, що спостережуваний суб'єкт потребує допомоги чи йому загрожує якась небезпека, то система надає сповіщення користувачу, а той вже приймає рішення. Користувач може глянути он-лайн відео, на якому видно суб'єкт і що він робить. Якщо користувач вирішує, що суб'єкт не потребує допомоги, то користувач закриває сповіщення, а система продовжує працювати. Якщо користувачу вже не потрібна допомога системи, він виходить із системи але йому свій вихід потрібно підтвердити, щоб уникнути випадкового виходу із системи. Актор *Відеокамера* подає в систему відео, яке система повинна проаналізувати. Батьківський користувач *Адміністратор* наділений функціональністю оновити систему, що включає зміну системних налаштувань.

# ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ КЛАСИЧНОГО МУРАШИНОГО АЛГОРИТМУ ТА ЙОГО МОДИФІКАЦІЇ НА ПРИКЛАДІ ЗАДАЧІ КОМІВОЯЖЕРА

Ляшенко І. С., iazy11iazy11@gmail.com,  
Бойко Л.Т., ltboyko@gmail.com

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

Мурашиний алгоритм є одним із сучасних ефективних поліноміальних алгоритмів для знаходження наближених розв'язків задачі комівояжера, а також аналогічних задач пошуку маршрутів на графах. Алгоритм запропонований бельгійським дослідником Марко Доріго [1].

Класичний алгоритм порівнювався з його модифікацією Ant Colony System (ACS) [2].

Виконана програмна реалізація обох алгоритмів мовою C# у середовищі Microsoft Visual Studio Community 2019. Результати роботи програмної реалізації показані на рис.1 та рис.2.

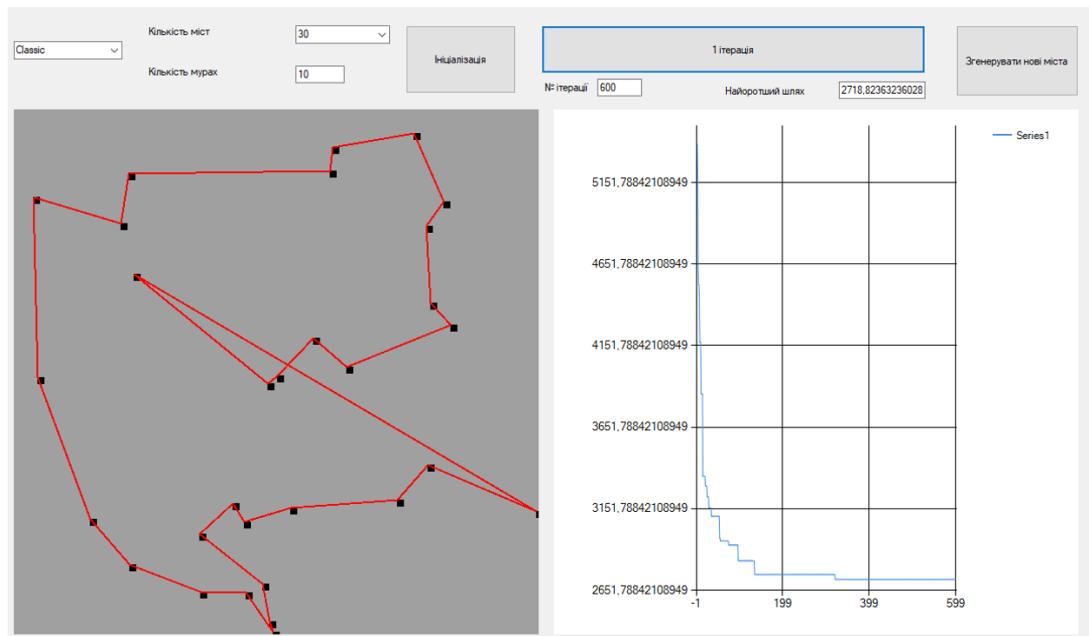


Рисунок 1 – Візуалізація результатів (класичний алгоритм)

У вікні інтерфейсу розташовані елементи керування роботою програми, які надають користувачеві такі можливості: згенерувати нові міста у заданій області; ініціалізувати (оновити дані програми); вибрати

один із двох алгоритмів; виконати одну ітерацію обраним методом із заданими параметрами (при кожному натисканні кнопки). Поле «Найкоротший шлях» показує довжину найкоротшого знайденого шляху на даній ітерації. На рисунках ліворуч виведено найкоротший з усіх маршрутів, знайдених на поточній ітерації. Праворуч показано графік залежності довжини найкоротшого маршруту від номера ітерації.

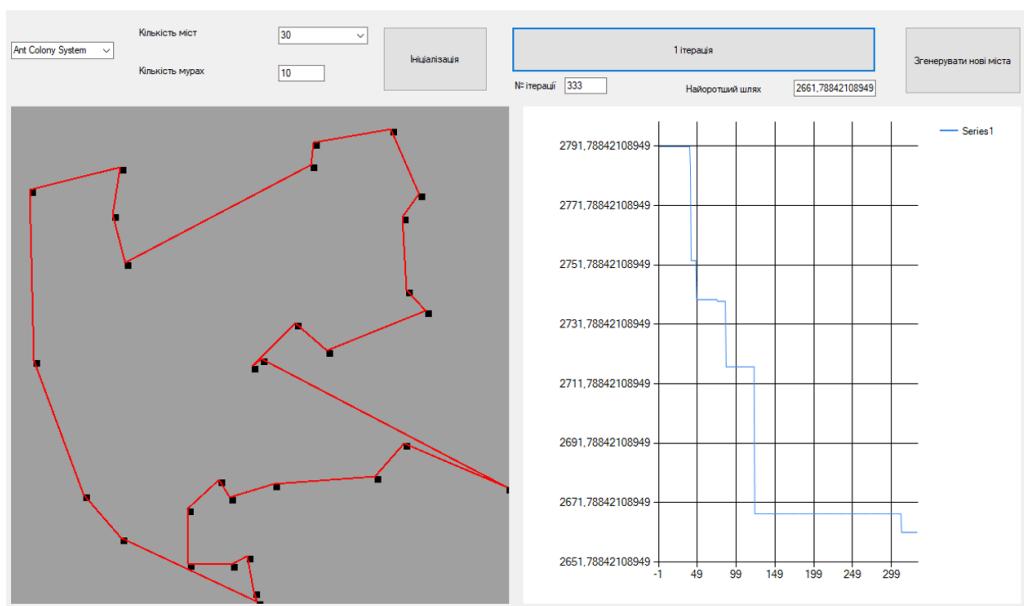


Рисунок 2 – Візуалізація результатів (модифікація алгоритму)

Для тестового прикладу в обох алгоритмах були обрані такі параметри: кількість міст – 30; кількість мурах - 10; площа для генерації випадкових міст  $x \in [0; 600]$ ,  $y \in [0; 600]$ .

Шлях, знайдений за ACS алгоритмом на 305-й ітерації, виявився коротшим, ніж шлях, знайдений за класичним алгоритмом на 600-й ітерації. Отже, модифікація класичного алгоритму виявилася ефективнішою за класичний алгоритм.

### Бібліографічні посилання

1. Marco Dorigo, Thomas Stützle. Ant Colony Optimization. The MIT Press Cambridge. 2004. 305 p.
2. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Мурашиний\\_алгоритм](https://uk.wikipedia.org/wiki/Мурашиний_алгоритм).

## PYTHON-БІБЛІОТЕКА ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ КУСКОВО-РЕГРЕСІЙНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ З ОДНИМ ВУЗЛОМ

Лящевська А.І., [nvishnya@gmail.com](mailto:nvishnya@gmail.com),

Мацуга О.М., [olga.matsuga@gmail.com](mailto:olga.matsuga@gmail.com)

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

У роботі розроблено бібліотеку OK.py на мові програмування Python. Бібліотека призначена для оцінювання параметрів кусково-лінійної, кусково-експоненціальної та кусково-параболічної регресійних залежностей з одним вузлом на основі набору даних  $\{X_i, Y_i; i = \overline{1, N}\}$  [1].

API бібліотеки складається з наступних функцій:

- `get_lin_params_and_knot(X, Y)` – повертає знайдені оцінки параметрів кусково-лінійної моделі;
- `get_exp_params_and_knot(X, Y)` – повертає знайдені оцінки параметрів кусково-експоненціальної моделі;
- `get_quad_params_and_knot(X, Y)` – повертає знайдені оцінки параметрів кусково-параболічної моделі.

Усі перераховані функції на вхід приймають масиви  $X$  та  $Y$ .

Тестування та практичну апробацію реалізованих у бібліотеці функцій було проведено на згенерованих даних. Результати тестування засвідчили адекватність роботи усіх функцій.

Бібліотеку було використано для оцінювання оптимальної кількості кластерів під час кластеризації алгоритмами  $k$ -середніх та агломеративними ієрархічними. З метою надати користувачеві зручний графічний інтерфейс було розроблено веб-додаток: front end реалізовано на Vue, back end – на flask, бібліотеку OK.py використано для обчислень.

### Список використаних джерел

1. Приставка О.П., Байбуз О.Г., Ємел'яненко Т.Г. Методи та алгоритми сплайн-регресійного аналізу. Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2012. 144 с.

## МЕТОДИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ НА ОСНОВІ ДОВІРИ ШТУЧНОМУ ІНТЕЛЕКТУ

Манзюк<sup>1</sup> Едуард, Крак<sup>2,3</sup> Юрій, Бармак<sup>1</sup> Олександр

[kراك@univ.kiev.ua](mailto:kراك@univ.kiev.ua)

<sup>1</sup>*Хмельницький національний університет*

<sup>2</sup>*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

<sup>3</sup>*Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України*

Представлені дослідження з розробки методів машинного навчання, які розроблені для практичного застосування в системах штучного інтелекту, що характеризуються високою відповідальністю та довірою до прийнятих рішень.

Швидке та широке розповсюдження засобів штучного інтелекту в широкому спектрі практичних використань та підвищення його важливості та впливовості в житті як окремої людини та людства в цілому призвело до актуалізації цілого ряду питань щодо створення нової дійсності, в якій штучній інтелект відіграє значну а в окремих випадках вирішальну роль. В зв'язку з наявною актуальністю щодо формалізації вимог стосовно засобів обчислювального інтелекту в 2019 році Група експертів високого рівня зі штучного інтелекту (AI HLEG), створена Європейською комісією, розробила та опублікувала Етичні рекомендації стосовно Довіри штучному інтелекту [1]. Обчислювальна система, яка розробляється, впроваджується, або використовується, повинна відповідати ряду високорівневих концептів, як зазначено в етичних рекомендаціях для забезпечення довіри штучному інтелекту.

Довіра є визначальною умовою використання обчислювального інтелекту при отримані відповідальних рішень обробки масивів даних. Довіра є складовою частиною етичного штучного інтелекту [2]. Поряд з концептами етики важливою частиною є технічна складова обчислювальних систем. З точки зору технічної складової можна відзначити такі рівні як фізичний стосовно практичного втілення з системами отримання інформації датчиками та інше; інфраструктурний із

системами взаємодії, передачі та обробки даних; прикладний на рівні програмних систем та реалізованих методів обробки даних. Складовою частиною штучного інтелекту є методи машинного навчання, які дозволяють реалізувати прикладний рівень. Це є визначальною складовою ефективності застосування систем прийняття рішень.

В доповіді представлені дослідження в області методів машинного навчання, які розроблялись для забезпечення довіри ШІ на прикладному рівні. Досліджувались базові принципи довіри, які стали основою розроблених методів. Поряд з тим, що забезпечувалось дотримання концептів довіри на рівні методів а також прийнятих рішень та даних, вдалось отримати забезпечення якісних показників прийняття рішень на високому рівні. В основі пропонований методів машинного навчання покладений розроблений підхід з використанням ансамблів моделей та класифікації на основі ієрархічної кластеризації [3, 4]. Проведені експериментальні дослідження показали ефективність пропонованого підходу з точки зору показників якості прийнятих рішень та забезпечення дотримання вимог довіри ШІ.

### **Список використаних джерел**

1. High-level expert group on artificial intelligence set up by the European Commission (2019). Ethics guidelines for trustworthy AI // Europa.
2. E. Manziuk, O. Barmak, I. Krak, O. Masurets, and T. Skrypnyk. Formal Model of Trustworthy Artificial Intelligence Based on Standardization, in CEUR Workshop Proceedings, Khmelnytskyi, Ukraine, Mar. 2021, vol. 2853, pp. 190–197.
3. E. A. Manziuk, W. Wójcik, O. V. Barmak, I. V. Krak, A. I. Kulias, V. A. Drabovska, V. M. Puhach, S. Sundetov, A. Mussabekova. Approach to creating an ensemble on a hierarchy of clusters using model decisions correlation Przegląd Elektrotechniczny. – 2020. – Вип. 96, № 9. – pp. 108–113. doi: 10.15199/48.2020.09.23.
4. O. Barmak, E. Manziuk, and I. Krak. Classification Based Hierarchical Clustering Prediction Variability in the Ensembles of Models Using a Statistical Approach, in 2020 IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Sep. 2020, vol. 1, pp. 11–14. doi: 10.1109/CSIT49958.2020.9322019.

## ГІБРИДНІ МЕТОДИ НА ОСНОВІ ДЕРЕВ В ОДНІЙ ПРИКЛАДНІЙ ЗАДАЧІ

Манько Ю.В., man.jv.397@gmail.com

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

Бетон широко використовується при будівництві, тому існує необхідність проаналізувати залежність міцності бетону від складу та умов створення. Модель, яка описує відповідну залежність, дозволить суттєво спростити підбір оптимального набору параметрів.

Задача побудови моделі залежності міцності бетону від ряду характеристик досліджувалась в низці робіт, див., наприклад, [1, 2]. Зокрема в роботі [1] розглядалися такі дані:

- Склад бетону (кількість цементу, доменних шлаків, золи, води, суперпластифікатору, великого та дрібного заповнювачів в  $\text{кг}/\text{м}^3$ ).
- Час витримки бетонної суміші (в днях).
- Міцність отриманого бетону на стиснення (в МПа).

Для побудови моделей в роботах [1, 2] були використані нейронні мережі. В даній роботі використовувались методи на основі сплайнів [3], на основі рекурсивного розбиття даних [4], на основі алгоритму OTE [5].

В таблиці 1 наведено значення статистик MAE та MSE для найкращих моделей, які були отримані зазначеними вище методами. Значення статистик MAE та MSE були отримані як середнє для десяти підгонок (90% початкової вибірки використовувалось для навчання, решта — для перевірки).

Таблиця 1

<i>Модель на основі</i>	<i>MAE</i>	<i>MSE</i>
Сплайнів	32,61	1324
Рекурентного розбиття	4,47	36,42
Алгоритму ОТЕ	3,13	18,87

Отже, модель на основі алгоритму ОТЕ має найменшу похибку.

### Перелік використаних джерел

1. I-Cheng Yeh, "Modeling of strength of high performance concrete using artificial neural networks", Cement and Concrete Research, Vol. 28, No. 12, pp. 1797-1808 (1998).
2. I-Cheng Yeh, "Analysis of strength of concrete using design of experiments and neural networks", Journal of Materials in Civil Engineering, ASCE, Vol.18, No.4, pp.597-604 (2006).
3. S. N. Wood, “Generalized Additive Models. An Introduction with R”, Boca Raton: CRC Press, (2017).
4. A. Zeileis, T. Hothorn, “Parties, Models, Mobsters: A New Implementation of Model-Based Recursive Partitioning in R”, URL:  
<https://cran.rstudio.org/web/packages/partykit/vignettes/mob.pdf>, (2015).
5. Z. Khan, A. Gul, A. Perperoglou, M. Miftahuddin, O. Mahmoud, W. Adler, B. Lausen, “Functions for creating ensembles of optimal trees for regression, classification” URL: <https://doi.org/10.1007/s11634-019-00364-9>, (2019).

## АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ПРОМЕНЕВОГО ПЕРЕНОСУ 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](http://www.dnu.dp.ua))*

Перетворення сонячної енергії з використанням систем концентрації стає одним з головних напрямів розвитку відновлюваної енергетики в рамках проголошеного «зеленого переходу». Проектування таких систем неможливе без детального дослідження їх енергетичних показників, які напряму залежать від геометрії концентратора. В основу даної роботи покладена узагальнена математична модель переносу випромінювання, в якій в рамках фотометричного підходу враховуються всі параметри процесу, незалежно від типів концентратора та теплоприймача, їх взаємного розташування, орієнтації на Сонце. Базуючись на узагальненій моделі була побудована власна ймовірнісна модель концентрації сонячної енергії для параболоїдних концентраторів. В результаті аналізу можливих числових методів для розрахунку моделі, метод статистичних випробувань Монте-Карло був обраний як найбільш оптимальний для розв'язання як зовнішньої статистичної задачі, так і внутрішньої ймовірнісної задачі, пов'язаної з урахуванням якості поверхні концентратора. Поверхневі аберації параболоїдного концентратора враховувалися за допомогою ймовірнісних законів. Розподіли щільності теплового потоку на поверхні теплоприймача були отримані для випадків математично ідеального та реального концентраторів. В якості показника точності був обраний коефіцієнт, що виражає кутові відхилення поверхні концентратора в частках кута розкриття Сонця. Проведено порівняння щільності теплового потоку при нормальному та рівномірному законах розподілу кутових помилок. Отримані результати дозволяють визначити величину фокальної плями, що дозволить оптимізувати основні геометричні показники системи прийому та енергетичні параметри выбраної системи перетворення.

## РАДІАЛЬНО-БАЗИСНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ СИГНАЛІВ

Матвєєва Н.О., [31nata@ukr.net](mailto:31nata@ukr.net), Нестеровська Т.В., [tner@ukr.net](mailto:tner@ukr.net)  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))

В роботі запропоновано створення радіально-базисної нейронної мережі із залученням мови програмування Java для розпізнавання електромагнітних сигналів. Побудова нейронної мережі реалізована у середовищі програмування IntelliJ IDEA Community Edition 2019.2.3.

Форма електромагнітного сигналу змінюється від унімодальної (дефекти перевищують зону контролю) до бімодальної (крапкові дефекти) та моделюється за допомогою формули:

$$y(x) = \exp \exp (-1,5x^2) - k * \exp \exp (-3x^2)$$

де змінюючи  $k$ , отримаємо різні форми сигналів дефектоскопії.

Розроблена нейронна мережа представлена мережею з трьох шарів: вхідного шару, який виконує розподіл даних для першого шару ваг та складається з 21 нейронів, відповідно до кількості відліків електромагнітного сигналу, з одного прихованого та вихідного шарів. Для прихованого шару використовувалися радіально-базисні функції активації:

$$h(x) = \exp(-x^2) \quad \text{та} \quad h(x) = \sqrt{(x^2 + \sigma^2)}$$

Для вихідного шару застосувалася лінійна функція.

Радіально-базисна мережа відноситься до мережі прямого розповсюдження, отже, її навчання проходить за допомогою алгоритму зворотного розповсюдження помилки. Весь процес відбувається за два проходи по мережі – прямого та зворотного. При прямому проходженні вхідний вектор подається на кожний з нейронів, після чого генерується набір вхідних сигналів. При зворотному фактичний результат віднімається від очікуваного та розраховується помилка нейронної мережі.

## ФОРМУВАННЯ ТЕСТ КЕЙСІВ ТА АНАЛІЗУ ПРІОРИТЕТНОСТІ ЗАВДАНЬ

Матола Н.В., [studentnelli@gmail.com](mailto:studentnelli@gmail.com),

Басюк Т.М., [taras.m.basyuk@lpnu.ua](mailto:taras.m.basyuk@lpnu.ua)

НУ «Львівська політехніка»

Поява гнучких методологій розробки програмного забезпечення з'єднала діяльність програмування та тестування до такої міри, що тестування більше не є окремим етапом у розробці програмного забезпечення. Сидячи в центрі будь-якого проекту, сучасний тестувальник повинен добре розуміти архітектуру, продуктивність, безпеку та зберігання програмного забезпечення, бути технічно обґрунтованим та бути відкритим для вивчення нових технологій.

З стрімким вдосконаленням методологій програмного забезпечення спостерігається тенденція до автоматизації деякої діяльності ручного тестувальника, що сприятиме його роботі і гарантуватиме вищий рівень якості програмного забезпечення. Проведене дослідження свідчить, що формування базових тест кейсів та аналіз пріоритетності завдань можливо делегувати і таким чином оптимізувати роботу ручного тестувальника. Однак, спостерігається й множина обмежень, серед яких потрібно виділити: відсутність інтеграції з інструментами управління проектів, відсутність стандартного шаблону опису вимог до програмного забезпечення, вузькоспеціалізовані аналоги інструментів формування тест кейсів.

З причин всестороннього вивчення функціоналу програмної системи на початку дослідження було проведено системний аналіз предметної області та побудовано дерево цілей (рис.1). Фундаментальною ціллю є «Сприяння роботі тестувальника». Після її декомпозиції було виділено такі підцілі першого рівня: «Формування тест кейсів», «Аналіз пріоритетності завдань», «Оптимізація робочого часу».

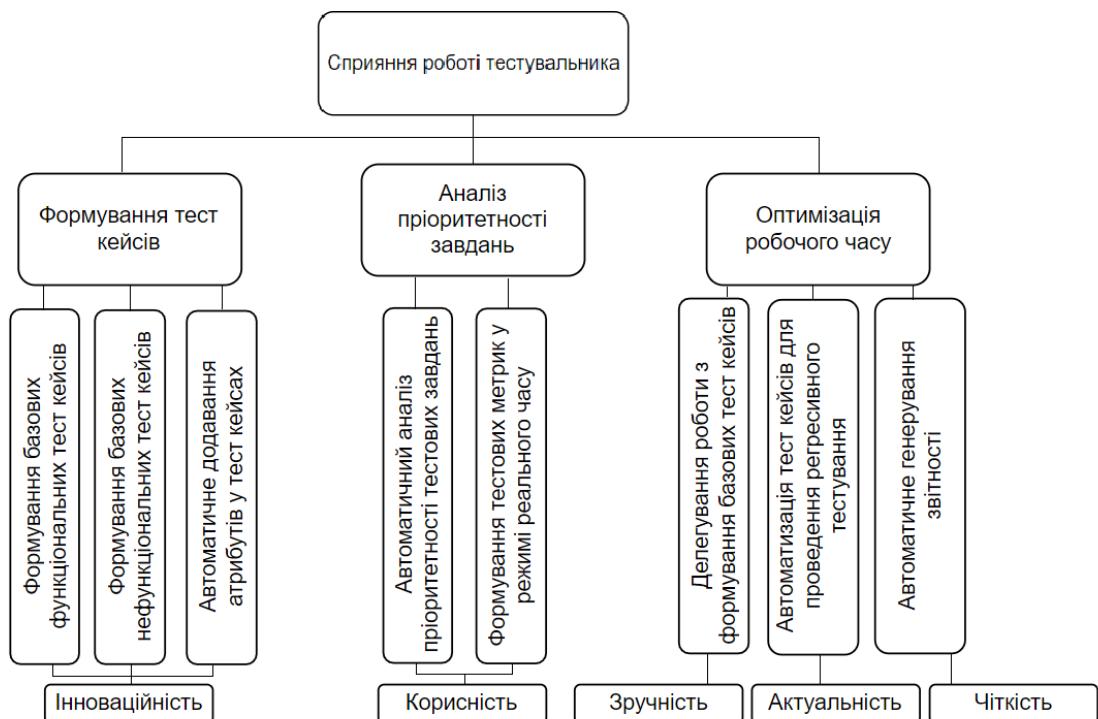


Рис. 2.1. Дерево цілей

Для досягнення першої підцілі “Формування тест кейсів”, потрібно реалізувати її 3 призначення, . Для цього потрібно обрати найкращий шаблон, в якому будуть зазначені вимоги продукту для певного функціоналу. Я цього потрібно обрати найкращий шаблон, в якому будуть зазначені вимоги продукту для певного функціоналу. знаходиться шаблон і вимоги до програмного забезпечення, тобто з Jira. Щоб досягнути другу підціль «Аналіз пріоритетності завдань» необіхдна наявності сформованих базових функціональних і нефункціональних тест кейсів. На основі її атрибутів система автоматично буде аналізувати пріоритетність, враховуючи кількість тест кейсів, час необхідний для тестування ручним тестером та їх пріоритетність. І остання підціль є “Оптимізація робочого часу”, яку можна реалізувати виконавши її компоненти.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВЕНТИЛЯЦІЇ У ВИРОБНИЧОМУ ПРИМІЩЕННІ

**Михайлік Д.В., dima.mykhailyk@gmail.com, Тонкошкур І.С.**

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

Однією з важливих проблем екологічної безпеки є захист повітряного середовища в суспільних і виробничих приміщеннях від забруднень при аварійних викидах токсичних речовин. Питання забезпечення вентиляції приміщень набувають особливої ваги також у зв'язку з пандемією COVID-19. Методи математичного моделювання дають можливість досліджувати процеси розповсюдження речовин, що забруднюють довкілля, і давати прогнозну інформацію.

В роботі розглядається задача про рух повітряних мас і перенесення забруднень у виробничому приміщенні. Припускається, що течія повітря є потенціальною. Для моделювання розповсюдження забруднюючих речовин використовується конвективно-дифузійна модель переносу, яка осереднена по висоті приміщення. Диференціальні рівняння, що описують ці процеси, мають вигляд

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

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

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

Для чисельного розв'язання краївих задач для наведених вище рівнянь застосовуються методи розщеплення з використанням метода установлення розв'язку для рівняння Лапласа. Наводяться результати розрахунків, отриманих за допомогою пакета Matlab.

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВІДНОВЛЕННЯ ФІЗИЧНИХ ПОЛІВ У НЕДОСТУПНИХ ОБЛАСТЯХ

**Молчанов А.О.**, evandr73@gmail.com

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

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  $P_1, P_2, \dots, P_n \in \Omega_1$  відомі (виміряні) значення потенціалу  $u_1, u_2, \dots, u_n$ . Потрібно побудувати функцію  $u^*(x, y, z)$ , яка в точках усієї області  $\Omega$  задовольняє рівняння (1), а в точках вимірювання  $P_1, P_2, \dots, P_n \in \Omega_1$  буде близька до виміряних значень  $u_1, u_2, \dots, u_n$ .

Нехай  $\varphi_1(x, y, z), \varphi_2(x, y, z), \dots, \varphi_m(x, y, z)$  - лінійно незалежні розв'язки рівняння Лапласа. Тоді їх лінійна комбінація

$$v_m(x, y, z) = \sum_{i=1}^m A_i \varphi_i(x, y, z) \quad (2)$$

також буде розв'язком цього рівняння. Знайдемо коефіцієнти  $A_1, A_2, \dots, A_m$  з умови близькості  $v_m(x, y, z)$  до виміряних значень потенціалу в точках  $P_1, P_2, \dots, P_n \in \Omega_1$ . За міру близькості узято середньоквадратичне відхилення

$$F(A_1, A_2, \dots, A_m) = \sum_{j=1}^n \left[ \sum_{i=1}^m A_i \varphi_i(x_j, y_j, z_j) - u_j \right]^2. \quad (3)$$

Коефіцієнти лінійної комбінації (2) знаходимо з умови мінімуму функції  $F(A_1, A_2, \dots, A_m)$ . При великих  $m$  задача знаходження мінімуму функції (3) є некоректною. Для побудови наближеного розв'язку застосовано метод регуляризації Тихонова. На модельних прикладах розглянуто якісну залежність розв'язку від значення параметра регуляризації.

## ПРО ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ КЛАСИФІКАЦІЇ ДАНИХ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМ

Моргунов Д.Є., dima.m2016@gmail.com

Зайцев В.Г., vadymzaytsev65@gmail.com

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

Енцефалографія – метод дослідження головного мозку, що ґрунтуються на реєстрації його електричних потенціалів. Вона, як самостійна галузь клінічної діагностики, має свою специфічну знакову мову, що встановлює відповідність між змінами електричних потенціалів, які спостерігаються на ЕЕГ, і термінами, які використовуються для їх позначення.

З іншого боку, відповідна інформація, яка знімається з пацієнта, представляє собою часовий ряд. Тому аналіз часових рядів методами нелінійної динаміки має сенс з точки зору пошуку сковоаної в них інформації, яку можливо використати для розв'язання проблем класифікації деяких патологій. Необхідно відмітити, що в цьому напрямку видано багато праць, в яких застосовується апарат нелінійного аналізу [1, 3-4].

У роботі використовуються дані, які були представлені нам кафедрою неврології Дніпровського медичного інституту. При записі ЕЕГ, зазвичай, використовується система «10-20%», яка рекомендована Міжнародною федерацією електроенцефалографії та клінічної нейрофізіології. Усього за схемою на поверхню голови накладають 21 електрод. Частота дискретизації, що використовувалася для відцифрування цих сигналів, складала 250 Гц. Для оцінки та отримання інформації запропоновано використання каналів O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, Pz, які розташовані на задній частині голови.

Сигнали були записані як від нормальних пацієнтів, так і від пацієнтів, що мали патологію. Набір даних утворював п'ять підмножин, котрі визначені як А, В, С, Д та Е. Для аналізу даних використовувався нелінійний рекурентний аналіз RP та міри RQA[2], що реалізовані у програмному комплексі crptools програмного середовища Matlab.

Головна проблема, що виникає при обробці наданої інформації, полягає у вірному пошуку схованої інформації, яка знаходиться у часовому ряді. По-перше, необхідно визначити розмірність простору вкладення та значення затримки, не з позиції звичайних параметрів, а параметрів з точки зору нелінійної динаміки та синергетики. По-друге, здійснити багаточисельні розрахунки для наданих даних, побудувати рекурентні діаграми RP та відповідні міри RQA. По-третє, виконати аналіз отриманої інформації та визначити два параметри для класифікації даних ЕЕГ: наявна чи відсутня відповідна патологія.

У роботі виконано пошук параметрів для наданої інформації та визначено значення параметрів класифікації даних ЕЕГ. На даний час виконується подальша перевірка отриманих значень.

### **Список використаних джерел**

1. Torse Dattaprasad, Veena Desai, Rajashri Khanai.“Classification of Epileptic Seizures using Recurrence Plots and Machine Learning Techniques”.  
<https://www.researchgate.net/publication/332675878>
2. Recurrence Quantification Analysis. [Online] Available:  
<http://www.recurrence-plot.tk/rqa.php>
3. Torse Dattaprasad, Veena Desai, Rajashri Khanai “A Review on Seizure Detection Systems with Emphasis on Multi-domain Feature Extraction and Classification using Machine Learning,” pp. 109-129, 2017.
4. Меклер А.А. Применение аппарата нелинейного анализа динамических систем для обработки сигналов ЭЭГ // Актуальные проблемы современной математики: учёные записки. п/ред. проф. Калашникова Е.В., изд. ЛГУ им. А.С. Пушкина, С.-Пб., 2004 г. Т. 13 (вып. 2), стр. 112 – 140.

## РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕГЛАМЕНТУ РОБОТИ ВИКЛАДАЧІВ

**Мостовий Ф.О., fmos@mova.club, Зайцева Т.А., ztan2004@ukr.net,  
Лисиця Н.М., Сірик С.Ф. siryk600@gmail.com**

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

В Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара діє Інструкція з планування робочого часу науково-педагогічних працівників

[https://www.dnu.dp.ua/docs/osvitnya/Instrukcia\\_Planuvannya\\_rob\\_chasu\\_NPP\\_2021.pdf](https://www.dnu.dp.ua/docs/osvitnya/Instrukcia_Planuvannya_rob_chasu_NPP_2021.pdf) «Інструкція розроблена відповідно до Кодексу Законів про працю України, Закону України «Про вищу освіту» від 01.07.2014 №1556-VII, Закону України «Про освіту» від 05.09.2017 №2145-VIII, Норм часу для планування і обліку навчальної роботи та переліків основних видів методичної, наукової та організаційної роботи (наказ Міністерства освіти і науки України від 7 серпня 2002 р. № 450 ...), статуту Університету та інших нормативно-правових актів».

Кожний семестр викладачі складають та подають регламент. Метою роботи – є поліпшення процесу складання семестрового регламенту та зменшенням витраченого часу загалом. Ідея полягає у тому, щоб генерувати основу документу на основі затвердженого семестрового розкладу. Дані представленні в форматі Excel-таблиці. Програмний додаток приймає розклад в якості вхідного параметру, розкладає та створює деревоподібну структуру з даних в Excel-таблиці. Далі програма ідентифікує конкретного викладача та фільтрує дані відносно заданих ним параметрів, на основі чого й генерується регламент у первинній формі. Викладачу надається можливість редагувати, додавати чи видаляти дані з його файлу регламенту. Додаток генерує вихідний файл формату \*.docx.

Програма створена на основі технології Electron JS – це фреймворк, що дозволяє створювати десктопні додатки на основі веб-технологій, використовуючи HTML, CSS та JS. Також використовувався фреймворк Bootstrap, що націленний на швидку розробку та персональне налаштування візуальної частини проекту під індивідуальні потреби. Для поліпшення роботи з файлами Microsoft Office також використовувались бібліотеки: ExcelJS та DocJS.

## ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО АНАЛІЗУ ГРАНИЧНОЇ ОБЕРНЕНОЇ ЗАДАЧІ ОСЕСИМЕТРИЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАТИКИ

**Нагара Г.В.**, glebnagara1234@gmail.com,

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

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

При проектуванні сучасних комп'ютеризованих оптико-електронних систем складної структури виникає необхідність оцінити їх параметри, фізичне вимірювання яких або трудомістке, або неможливе для необхідної точності. У процесі моделювання електронно-оптичних систем постає базова задача: визначення електростатичного поля, створюваного зарядженим електродом, або їх сукупністю. Для знаходження розподілу потенціалу електростатичного поля ефективним виявляється використання методу інтегральних рівнянь. Складна геометрія поля, яка притаманна конструкціям реальних оптико-електронних систем, унеможливлює традиційне використання цього методу, оскільки воно пов'язане із знаходженням невідомих величин на граничних поверхнях, а факт розімкненості граничних поверхонь електродів зменшує список чисельних методів, які б могли точно вираховувати шукані фізичні властивості досліджуваної системи [1].

Прямою задачею наземо задачу визначення електростатичного поля та його характеристик у будь-якій точці міжелектродного простору за відомими значеннями потенціалів на електродах. Оберненою задачею наземо проблему відтворення граничних потенціалів і геометрії поверхонь електродів за відомими характеристиками поля, що моделюється.

Алгоритм для розв'язання прямої задачі був побудований на основі застосування до інтегрального рівняння, яке відноситься до класу рівнянь з логарифмічною особливістю в ядрі, методу Боголюбова-Крилова, тобто методу колокації з апроксимацією невідомої густини розподілу зарядів кусково-постійними базисними функціями. В результаті роботи цього

алгоритму отримано наближений розв'язок інтегрального рівняння у вигляді сукупності значень шуканої функції у точках колокації. У аналітичному вигляді записано подання, за яким можна знайти значення потенціалу в будь-якій точці міжелектродного простору.

Алгоритм для розв'язання оберненої задачі полягав в регуляризації методом Тихонова погано обумовленої системи лінійних алгебраїчних рівнянь для знаходження наближених значень потенціалу в деяких точках на електроді, яка була сформульована ще під час розв'язання прямої задачі. В результаті отримано значення граничних потенціалів в деякій скінченній кількості точок електроду [2].

За допомогою розроблених алгоритмів був створений програмний продукт, який дозволяє розв'язувати ці задачі для різних варіантів початкових умов граничного потенціалу і радіусу циліндричної поверхні, і з різною точністю. Програмний продукт був розроблений в середовищі програмування Wolfram Mathematica 12.3 на мові програмування Mathematica. Було проведено тестування програмного продукту прямої і оберненої задачі на одній і тій самій моделі з одинаковими початковими умовами для порівняння точності відтворених даних оберненою (прямою) задачею із заданими умовами прямої (оберненої) задачі [3].

### **Бібліографічні посилання**

1. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач – М.: Наука, 1986. – 288 с.
2. Гарасим Я., Мочурад Л., Остудін Б. Метод інтегральних рівнянь при числовому моделюванні граничних задач теорії потенціалу та можливості його ефективного використання – Вісн. Львівського ун-ту. Сер. Прикл. матем. та інформ. – 2008. – Вип. 14. – 248 с.
3. Центр даних мови Mathematica //офіційний сайт Wolfram Research. URL: <https://reference.wolfram.com/language> (дата звернення: 27.10.2021).

## СИНЕРГЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЕДУКОЛОГІЇ

Наконечна Т.В., [naktanya@ukr.net](mailto:naktanya@ukr.net)

Дніпровський національний університет імені О. Гончара

Нікулін О.В., [avnikulin@ukr.net](mailto:avnikulin@ukr.net)

Дніпровський державний технічний університет

Сучасна зміна концепції колективного навчання на концепцію персональних треків навчання призводить до значних змін в методології навчального процесу та у переструктуруванні викладацького та студентського контингенту. Підвищення мультидисциплінарності кафедр ускладнює проведення прикладних досліджень у їх межах, що призводить до необхідності організовувати наукові колективи та школи за лабораторним принципом поза підпорядкованості кафедрам. Такий стан справ сприяє прогресу системних досліджень, але змінює усталені управлінські та організаційні процеси.

Едукологія присвячена системним дослідженням в освітньої галузі, де традиційно окремі складові або досліджуються окремими науковими дисциплінами (педагогіка, психологія та інші), або призначаються наказним шляхом. Тому основним принципом впровадження едукологічного підходу буде принцип взаємності, тобто принцип вивчення взаємовідносин, взаємозв'язків та взаємопливів між окремими структурними та функціональними складовими галузі. Відповідно до вищевикладеного актуалізується використання синергетичних складових системи на рівні кафедри. Основними поняттями синергетики є відкритість, нелінійність, неврівноваженість. Теорія самоорганізації оперує такими поняттями, як точки біфуркації, флюктуації, дисипативні системи, атTRACTOR, фрактальність. Їх використання при організації процесів навчання можна поширити впровадженням з врахуванням едукологічних аспектів (табл. 1).

Як відомо, синергетика виходить з принципу еволюціонування навколошнього світу за нелінійними законами. У широкому сенсі ця ідея

може бути виражена в багатоваріантності або альтернативності вибору. В системі освіти багатоваріантність означає створення в освітньому середовищі умов вибору і надання кожному суб'єкту шансу індивідуального руху до успіху, стимулювання самостійності вибору і прийняття відповідального рішення, забезпечення розвитку альтернативного і самостійного шляху. Більш конкретно такий вибір полягає в можливості визначати індивідуальну траєкторію освіти, темп навчання, досягати різного рівня освіченості, вибирати тип навчальних закладів, навчальні дисципліни та викладачів, форми і методи навчання, індивідуальні засоби і методики тощо.

Таблиця 1. Відображення понять синергетики в едукології

<b>Основні поняття синергетики</b>	<b>Едукологічні аспекти</b>
Самоорганізація	Це процес або сукупність процесів, що відбуваються в освітній системі, що сприяють підтриманню її функціонування, які сприяють самодобудуванню, самовідновленню і самозміні даної системи освіти
Стан нестійкості нелінійного середовища	Невизначеність і можливість вибору, здатність до якого слід вважати важливою якістю системи, яка проходить через критичні ситуації, що відкриває можливість виживання та існування
Хаос	Виникнення ситуацій невизначеності, відсутність единого рішення і підході, проблемна ситуація. Неорганізовани і спонтанні устремління учня і дестабілізуючі зовнішні впливи
Випадковість	Відхід від жорстких навчальних програм, підкреслення важливості імпровізації, інтуїції, здатності змінити рух сценарію заняття через, здавалося б «малу» подію
Біфуркація	Альтернативні розвилки дерева можливостей. Критичний момент невизначеності майбутнього розвитку системи
АтTRACTОР	Відносно стійкі можливі стани, на які виходять процеси еволюції у відкритих нелінійних середовищах; мабуть, можна говорити про те, що майбутній стан системи як би «притягує», організує, формує, змінює» її теперішній стан
Флуктуація	Постійні зміни, коливання і відхилення. Породжують стан нестабільності, нерівномірності

Концептуально-методологічна значимість синергетичних ідей пов'язана з визнанням здатності освітніх систем до саморозвитку не тільки за рахунок матеріальних потоків та інформації ззовні, але також і за рахунок використання своїх внутрішніх можливостей.

## РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ШТУЧНИХ НЕБЕСНИХ ТІЛ З КОСМІЧНИМ СМІТТЯМ

**Невкритий I.O., [nevkrityi@gmail.com](mailto:nevkrityi@gmail.com), Антоненко С.В.**

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

На даний момент особливо актуальною є проблема космічного сміття на орбіті Землі. За даними експертів, станом на січень 2019 року там було понад 128 мільйонів уламків розміром менше 1 см (0,39 дюйма), приблизно 900 000 об'єктів розміром від одного до десяти сантиметрів. На даний момент кількість великих фрагментів (10 см і більше) становить 34 000 [1].

Саме тому було запропоновано розробити систему, яка буде:

- розраховувати місце розташування космічного сміття в режимі реального часу;
- пропонувати коригування існуючих орбіт штучних небесних тіл, щоб зменшити ризик зіткнень з космічним сміттям, використовуючи планувальник;
- візуалізувати обертання космічного сміття довкола Землі, використовуючи можливості ігрового движка Unity;
- змінювати положення об'єктів на орбіті Землі та виконувати розрахунки можливості зіткнення тіл на нових орбітах.

Під час роботи над проєктом було проаналізовано літературу з проблеми поширення космічного сміття та його розташування та класифікації. Досліджено також закони фізики, що описують сили, які впливають на небесні тіла, і розглянуто відповідні формули. Проаналізовано методи швидкого розпізнавання зіткнень двох і більше тіл (серед основних: розбиття простору, мінімальна обмежуюча коробка, k-дерева, octree, центройдні сегменти трикутника, метод трасування променів та ін.) та обрано найкращі за балансом швидкодії та здатністю алгоритму

бути гнучким у розширенні чи модифікації. Наступні етапи роботи пов'язані з реалізацією візуалізації руху космічного сміття та штучних тіл неба на орбіті Землі.

З метою прискорення та спрощення розрахунків, пов'язаних з пошуком перетину траєкторій космічного сміття на певній висоті, було вирішено використати метод UV-mapping-у [2], в результаті якого 3D координати небесного тіла мають бути спроєктовані на поверхню Землі, що дозволить виконати розрахунки точки перетину траєкторій у 2D площині.

Для написання програмного коду вирішено використовувати мову програмування C#, яка є однією з основних мов сценаріїв для ігрового движка Unity [3]. Середовищем розробки програмного забезпечення було обрано Microsoft Visual Studio Community 2019 [4].

Дана робота може бути використана як програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом і можливістю безкоштовного вдосконалення або модифікації для ряду організацій. Перш за все вона призначена для використання астрономами-аматорами, яким не потрібно купувати комерційні аналоги. Також можна задіяти дане програмне забезпечення для навчальних цілей у школах, коледжах чи видах.

### **Список використаних джерел**

1. Повідомлення від Американської мережі космічного спостереження про кількість штучних небесних тіл на орбіті Землі. Режим доступу: <https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/quarterly-news/pdfs/odqnv23i4.pdf>
2. UV-мапінг. Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/UV\\_mapping](https://en.wikipedia.org/wiki/UV_mapping)
3. Ігровий движок Unity з підтримкою 3D візуалізації. Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Unity\\_\(game\\_engine\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Unity_(game_engine))
4. Середовище для написання програмного коду Visual Studio 2019. Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Visual\\_Studio](https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio)

## SPARSE LAYOUT OF NON-CONVEX POLYGONS

**Pankratov<sup>1</sup> O., Romanova<sup>1</sup> T., Maximov<sup>1</sup> S., Khmil<sup>2</sup> O., Vasilenko<sup>2</sup> A.**

pankratov2001@yahoo.com,tarom27@yahoo.com,  
maksimovsergey08@gmail.com

<sup>1</sup> *A.Pidgorny Institute of Mechanical Engineering Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

<sup>2</sup> *Kharkiv national university of radio electronics, Kharkiv, Ukraine*

Placement (layout) problems are NP-hard [1] and have a wide spectrum of applications, e.g., in additive manufacturing, nanotechnologies, modern clean and energy saving technologies. Paper [2] addresses mathematical modelling of the class of problems and provides state of the art review of publications devoted to packing, cutting and layout problems.

We consider a nonstandard packing problem of non-convex polygons inside a circular domain (container). The objects can be continuously translated and rotated. The minimal Euclidean distance between the given polygons, as well as, between the polygons and the boundary of the container is maximized. This problem is called the sparse packing [3]. The sparse packing is aimed to place the objects in the container as distant as possible. This statement is motivated by ultrasonic hardening and finishing by detonating gas mixtures. We use quasi-phi-functions [4] to describe analytically distance constraints for polygons and normalized phi-functions [5] for modeling containment constraints.

A mathematical model is stated in the form of nonlinear programming problem. The variables used in our problem collect vectors of placement parameters of polygons; vectors of the auxiliary variables in the adjusted quasi-phi-functions. The feasible region is defined by a system of non-smooth inequalities that can be reduced to a system of inequalities with differentiable functions. The model involves  $O(n^2)$  nonlinear inequalities and  $O(n^2)$  variables due to the auxiliary variables in the quasi phi-functions, where  $n$  is the number of convex parts of non-convex polygons.

A solution algorithm is proposed based on the multistart strategy, combining feasible point algorithm and decomposition method. Computational results are presented to illustrate the approach.

The local optimal packing found by our algorithm is shown in Figure 1.



Figure 1. Illustrations to the optimized packings of non-convex polygons in a circular container.

- [1] Chazelle, B., H. Edelsbrunner, and L.J. Guibas (1989) The complexity of cutting complexes. *Discrete & Computational Geometry* 4 (2): 139–181.
- [2] Leao, A.A.S., F.M.B. Toledo, J.F. Oliveira, M.A. Caravilla, and R. Alvarez-Valdés (2020) Irregular packing problems: a review of mathematical models. *European Journal of Operational Research* 282 (3): 803–822.
- [3] Stoyan, Y.G., Romanova, T.E., Pankratov, O.V., Stetsyuk, P.I., Stoian, Y.E. Sparse Balanced Layout of Spherical Voids in Three-Dimensional Domains (2021) *Cybernetics and Systems Analysis*, 57(4), pp. 542–551.
- [4] Stoyan, Y., A. Pankratov, and T. Romanova (2016) Quasi phi-functions and optimal packing of ellipses. *Journal of Global Optimization* 65 (2): 283–307.
- [5] Stoyan, Y., A. Pankratov, and T. Romanova (2016) Cutting and packing problems for irregular objects with continuous rotations: mathematical modeling and nonlinear optimization. *Journal of the Operational Research Society* 67 (5): 786–800.

## ОЦІНКА ДОСТОВІРНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ З ДАТЧИКІВ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ

**Панкратова Н.Д., Мусієнко Д.І.**  
natalidmp@gmail.com, dmusiienko@gmail.com  
*Інститут прикладного системного аналізу  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна*

Кіберфізична система (КФС) – це складна комплексна система з обчислювальними та фізичними компонентами. Технологичною основою КФС є Інтернет речей (IoT), який є «мозком» системи у вигляді штучного інтелекту та інших технологій для аналізу, обробки даних, отриманих від датчиків у реальному світі. IoT - концепція обчислювальної мережі фізичних предметів («речей»), оснащених вбудованими технологіями для взаємодії один з одним або з зовнішнім середовищем. Інтернет речей визначається як парадигма, в якій об'єкти, оснащені датчиками та приводами, взаємодіють один з одним для досягнення поставленої мети. На відміну від звичайної складної фізичної системи, кіберфізична система на рівні IoT має обробляти інформацію, яку отримує з сенсорів найважливіших компонент фізичної системи. На основі отриманих даних, відбувається супровождення функціонування та керування фізичної системою та, в разі необхідності, заміна деяких фізичних елементів з метою покращення функціонування КФС [1].

Отримання на рівні IoT недостовірної інформації з датчиків фізичної системи може привести до помилок системи прийняття рішень та збою у технічній системі діагностики, що приведе до виходу системи з штатного режиму функціонування, з подальшим переходом до аварії та катастрофи. З вказаного випливає актуальність розробки методів оцінювання достовірності отриманих даних з сенсорів різної природи [2].

Для перевірки показань датчиків, що можуть приймати будь-які значення з деякого проміжку, можна застосовувати лінії Болінджера [3]. При їх використанні, збоєм датчика вважається виконання умови  $|\tilde{y}_i[t_k]| -$

$|\bar{\tilde{y}}_i[t_k]| > \alpha \sigma_i[t_k]$  ( $\bar{\tilde{y}}_i[t_k]$  – середнє значення  $\tilde{y}_i[t_k]$  в інтервалі  $[t_k - \Delta, t_k + \Delta]$ ,  $\Delta$  – період ковзної середньої,  $\sigma_i[t_k]$  – середньоквадратичне відхилення  $\tilde{y}_i[t_k]$  від ковзної середньої),  $\alpha$  – коефіцієнт кількості середньоквадратичних відхилень. Даний підхід має декілька суттєвих недоліків: не може бути застосований до сенсорів, що приймають скінченну кількість станів, оскільки при стаїх показаннях сенсора на інтервалі  $[t_k - \Delta, t_k + \Delta]$  середньоквадратичне відхилення буде дорівнювати 0; не враховує роботу всієї системи, а аналізує показання кожного сенсора окремо.

Пропонується комбінація використання ліній Болінджера з прогнозуванням показань окремих сенсорів на основі даних, що отримані при відтворенні функціональних залежностей системи у вигляді  $y_k = f_k(x_1, x_2, x_3)$ , де компонентами векторів  $x_s$   $s=1,2,3$  є внутрішні параметри виробу, контролювані зовнішні параметри, неконтрольовані параметри зовнішнього впливу відповідно [4].

Комбінуючи лінії Болінджера та прогнозування показань сенсорів на основі відтворення функціональних залежностей, перевіряються показання не окремого сенсора, а окремого функціонального ланцюга системи, що дає змогу виявляти хибні дані в тих випадках, коли лінії Болінджера вказують на коректність отриманих даних.

### **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. Pankratova N.D., Pankratov V.A. Evaluation of information reliability sensors of cyber-physical system //15 міжнародна науково-практична конференція "Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС '2020 " 29 червня - 01 липня, м Чернігів 2020 р Україна. С.256-260.
3. Ulf Kulau, Johannes van Balen, Sebastian Schildt, Felix Busching and Lars Wolf. Dynamic Sample Rate Adaptation for Long-Term IoT Sensing Applications, Institute of Operating Systems and Computer Networks, 2016.
4. Pankratova N.D. System strategy for guaranteed safety of complex engineering systems // Cybernetics and System Analysis, 2010, 2(46), 243-251.

# SEARCH FOR THE EXISTENCE CONDITIONS OF A STATIONARY MODE IN ONE QUEUING SYSTEM WITH A WEAK AFTEREFFECT

**Poslaiko N.I.**, poslaikoni@i.ua

*Oles Honchar Dnipro National University*

The theory of queuing has been developing very intensively over the past decades. This is due to the possibility of applying its methods to solving a wide range of practical problems.

As you know, the methods of the theory of queuing are based on the theory of random processes and, first of all, Markov processes. So, for example, in mathematical models of queuing systems of the type  $M/M/n$  (with failures, with bounded and unbounded queues, with bounded waiting times, and under other assumptions), the service process  $\xi(t)$  coincides with the number of requirements in the system at some point in time  $t$ . It is a Markov process with continuous time and discrete state space. Here, to characterize queuing systems, D. Kendall's symbols are used.

However, the variety of real queuing systems has led to the need to build mathematical models that use new classes of Markov processes and their modifications. This allows you to get solutions to problems in the most efficient way. Such processes include nested Markov chains, linear processes, semi-Markov processes, processes with semi-Markov intervention, nested semi-Markov processes, and others.

When considering classical servicing systems of the type  $M/M/n$ ,  $GI/M/n$ ,  $M/G/n$  and others, it is assumed that the appearance of new customers in the system and the end of servicing of customers already in the system does not depend on the nature of the previous change in the state of the system. This assumption in some situations that are encountered in practice does not correspond to reality. This prompts the construction of new mathematical models in which the previous changes in the states of the system are taken into account in a certain way.

In this paper, a generalization of the mathematical model of a queuing system  $GI/M/1$  with waiting for the case of "weak aftereffect" is constructed. It is assumed that the probabilities of a transition to a certain state depend not only on the state in which the system is at the current moment of time, but also on the previous state change in the system.

The service process  $\zeta(t) = (\eta(t), \xi(t))$  is presented in the form of a two-dimensional Markov process, where  $\xi(t)$  – is a discrete component (the number of requests in the system at the moment  $t$ , taking into account the prehistory of the process),  $\eta(t)$  – the time elapsed since the last moment  $t$  before the moment the request arrived.

The conditions for the existence of a stationary regime in such a system are investigated using semi-Markov processes and embedded Markov chains. The following characteristics of the system are found: the conditional distribution of the time until the first jump of the discrete component, the conditional distribution of the number of claims served in the interval between successive arrivals of claims, the conditions for the existence of a stationary distribution of the embedded Markov chain.

The nested Markov chain is associated with the regeneration points of the system. For the system under study, these are the moments of receipt of requests. Expressions for the limiting probabilities of states of the embedded Markov chain are also obtained.

Using these characteristics, the conditions for the existence of a stationary mode in the system are found, that is, conditions under which the length of the queue of customers waiting for service does not increase indefinitely over time. As a consequence, the well-known relations for the classical queuing system  $GI/M/1$  are obtained.

## РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ ЕКОНОМІЧНИХ РІШЕНЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ІНСТРУМЕНТАРІЮ MICROSOFT POWER BI

**Притоманова О.М., Безродня Т.В.,** [tanyabezrodnyaya@gmail.com](mailto:tanyabezrodnyaya@gmail.com),  
*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Висока актуальність розробок систем підтримки прийняття рішень (СППР) базується на практичності їх використання. Протягом еволюціонування СППР змінювались концепції, компоненти, а відповідно і інструментарії їх розробки. У роботі для аналізу фінансово-економічних процесів та прийняття відповідних управлінських рішень розроблено СППР із використанням комплексного програмного забезпечення бізнес-аналітики Microsoft Power Business Intelligent (MS PBI), яке націлене на інтерактивну візуалізацію бізнес-аналітики на основі звітів та інформаційних панелей.

Роботу розробленої СППР продемонстровано на прикладі доступної з офіційних джерел статистичної інформації про роботу основних аеропортів Англії: Heathrow, Gatwick, Manchester, Stansted, Luton, Edinburgh, Birmingham, Bristol, Glasgow, Belfast International. Послідовність розробки СППР із застосуванням MS Power BI складалась з таких основних етапів: 1) збір статистичних даних про основні показники діяльності аеропортів: пасажиропотік загальний, загальна кількість рейсів, кількість скасованих рейсів, пасажиропотік міжнародних терміналів, пасажиропотік внутрішніх терміналів, отриманий прибуток; 2) передача даних у середовище Power BI, їх перетворення і упорядкування у редакторі Power Query та за допомогою функціональної мови DAX (Data Analysis Expressions); економетричний аналіз фінансово-економічної діяльності аеропортів за допомогою мови R та бібліотек R Script; 4) візуалізація отриманих результатів з використанням інтерактивних можливостей студії MS Power BI Desktop та бібліотек R Script. На рис.1, 2 представлена розроблені інформаційні панелі.

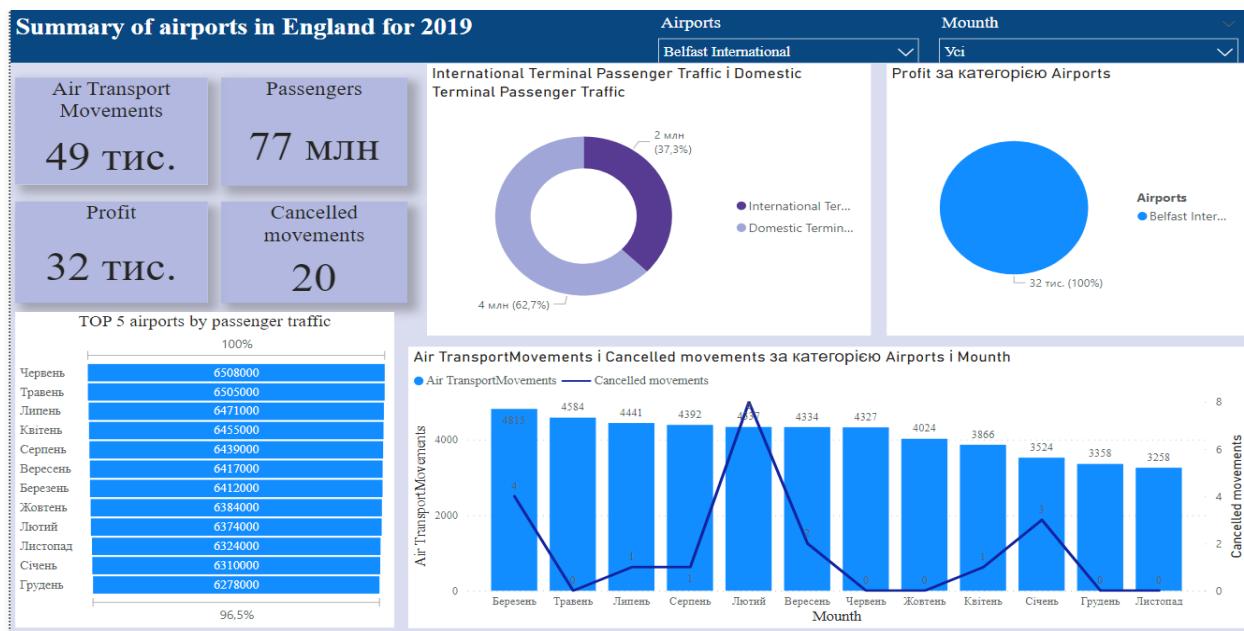


Рисунок 1 – Загальний звіт по аеропортам Англії

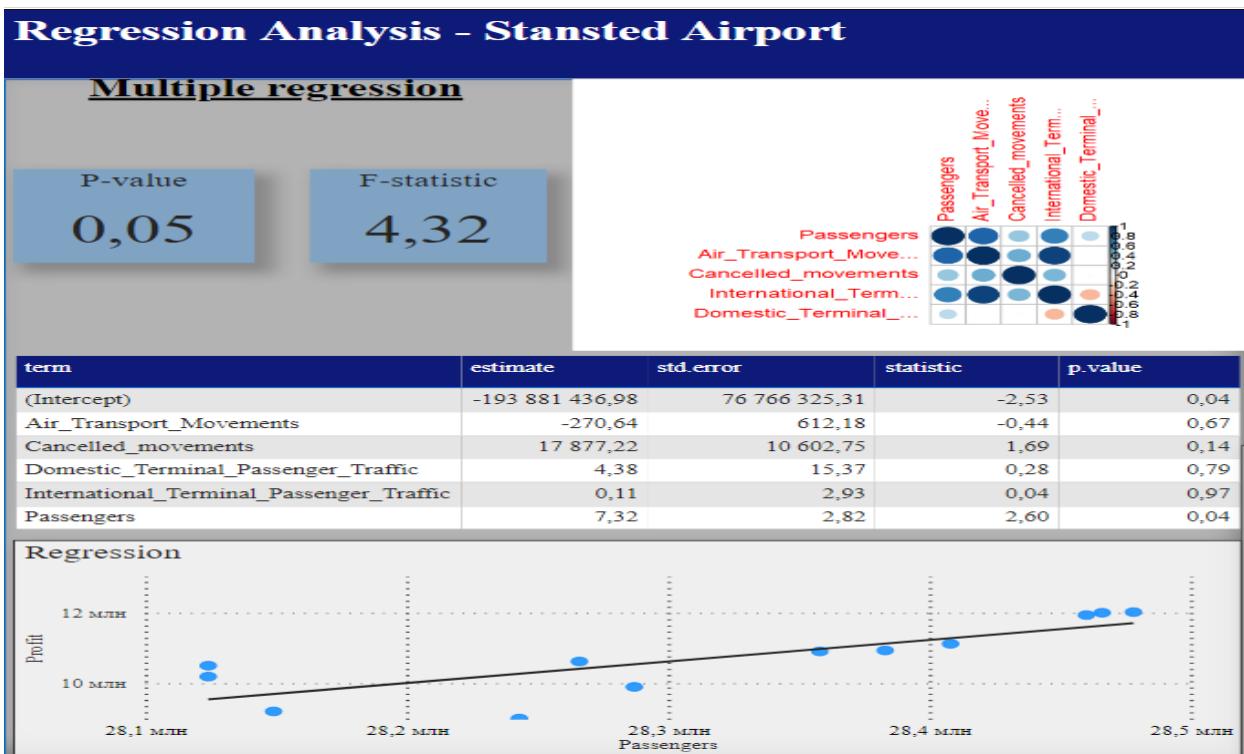


Рисунок 2 – Економетричний аналіз роботи аеропорту Stansted

## ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОНЕЧІТКИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕЛІНІЙНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ

**Притоманова О.М., Крісанов А.В., Кісельов М.Я.** [olgmp@ua.fm](mailto:olgmp@ua.fm)  
*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Ефективне застосування нейронечітких технологій потребує розробки спеціалізованих програмних продуктів, які б надавали багато можливостей для побудови нечітких моделей за різноманітними вхідними даними, їх подальшого аналізу, настройки та практичного використання. Метою роботи є розробка алгоритму методу нейролінгвістичної ідентифікації нелінійних залежностей, його програмна реалізація у вигляді, який би дозволив досліджувати і розв'язувати практичні задачі.

Побудова математичної моделі ідентифікації на основі нейронечітких технологій складається з двох етапів: побудови нечіткої моделі ідентифікації за наявними експертно-експериментальними даними та оптимізації (настройки) її параметрів з метою мінімізації відхилю між результатами моделювання та експериментальними даними.

Розроблена програмна реалізація алгоритму методу нейролінгвістичної ідентифікації NeuroFuzzyIdentification дозволяє автоматично будувати нечіткі моделі, оптимізувати її параметри та подавати отримані за допомогою побудованих моделей результати в зручному для користувача вигляді (графічному або табличному).

Для розробки програмного продукту NeuroFuzzyIdentification використано мови програмування C# та Python та середовища розробки Microsoft Visual Studio 2017 і PyCharm Community Edition. При розробці в основному використовувався об'єктно-орієнтований підхід до програмування. В проекті використовуються бібліотеки Matplotlib та ZedGraph для побудови двовимірних та тривимірних графіків. Ці графіки можна збільшувати і зменшувати, обертати та зберігати в окремий файл.

На рис. 1 та рис. 2 наведені приклади графічного представлення результатів нейролінгвістичної ідентифікації залежностей.

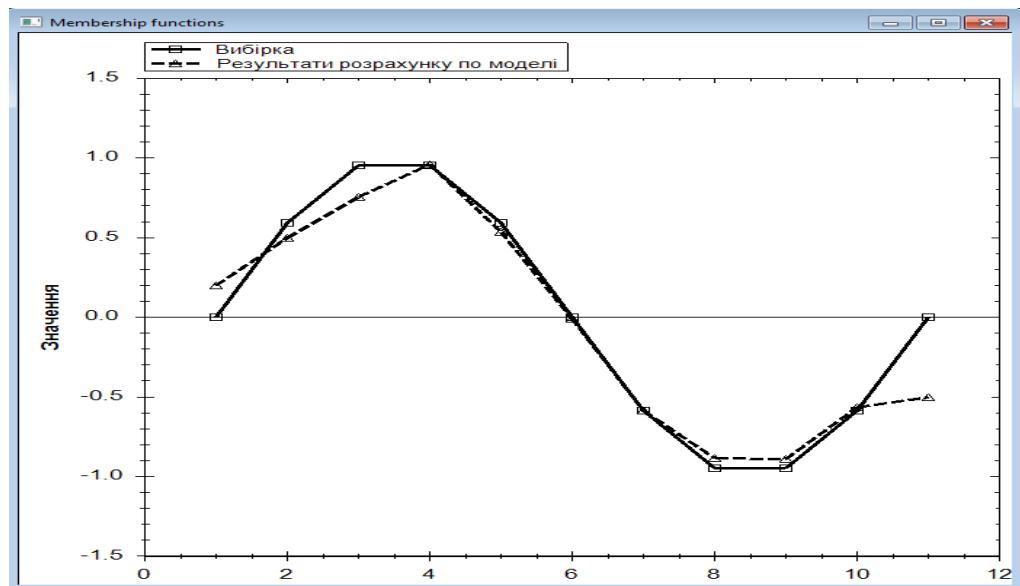


Рисунок 1 – Вікно з графіком порівняння експериментальних даних та результатів розрахунку за нейронечіткою моделлю

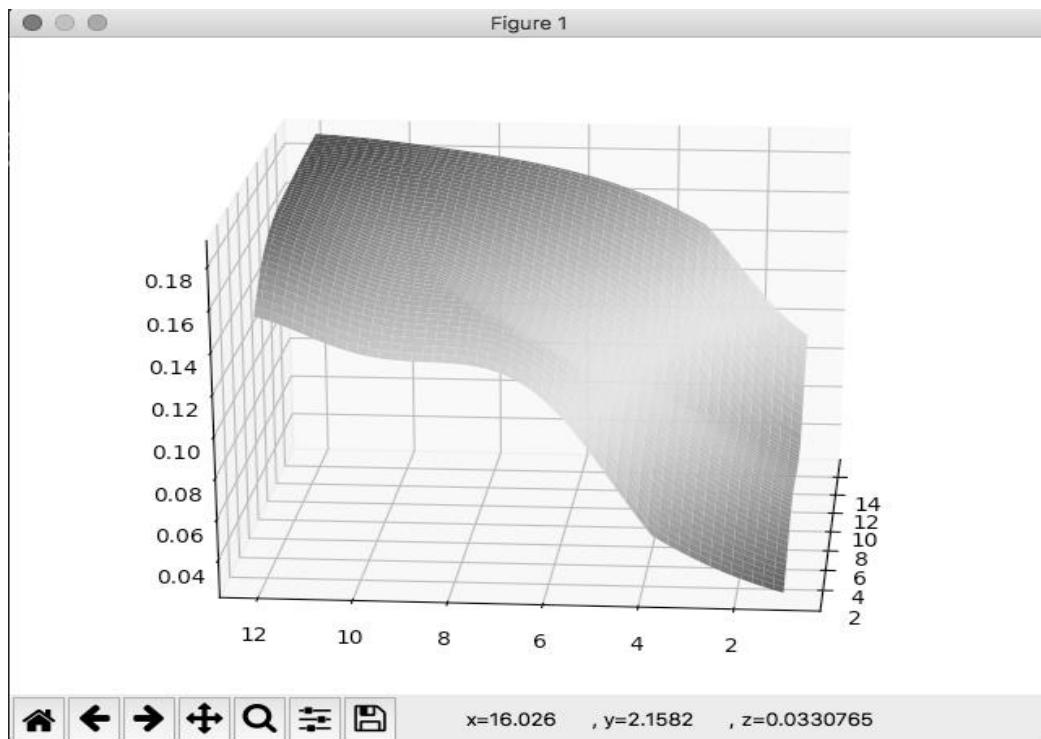


Рисунок 2 – Вікно з тривимірним графіком відновленої функції

Розроблений програмний продукт можна застосовувати для розв’язання реальних практичних задач, у математичних постановках яких є нечіткі та/або лінгвістичні змінні.

## РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ НЕПРАВДИВИХ ІНТЕРНЕТ-НОВИН ЗА ДОПОМОГОЮ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Пугач А.С., [andrew.pugach21@gmail.com](mailto:andrew.pugach21@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))

Проблему неправдивих новин можна вирішити, розробивши методи автоматизованої перевірки фактів новин, що є однією з найголовніших цілей обчислювальної журналістики. Першим кроком до виявлення неправдивих новин є розуміння того, що говорять інші новинні portali щодо цієї теми. Автоматизація цього процесу, який називається «визначення позиції», може слугувати корисним будівельним блоком для системи штучного інтелекту, створеної для перевірки фактів.

Автоматизацію процесу «визначення позиції» можна представити як задачу виявлення позиції однієї частини тексту відносно іншої. Визначається твердження, потім відбувається пошук статей в котрих воно згадується. Згодом визначається позиція статті щодо твердження:

- «згода» - зміст статті підтверджує твердження;
- «спростування» - зміст статті спростовує написане твердження;
- «обговорення» - ведеться дискусія щодо твердження, але без оцінки її правдивості;
- «нерелевантність» - зміст статті не відноситься до твердження, хоча сам заголовок статті відповідає написаному у твердженні (різновид так званого «клікбейту»).

Визначені позиційні мітки використані для розробки системи, яка може визначати позицію змісту статті відносно твердження за допомогою класифікаційного методу аналізу даних – методу опорних векторів. Розроблено відповідний алгоритм визначення неправдивих інтернет-новин, створено програмне забезпечення, проведено тестування.

## РОЗВ'ЯЗАННЯ СИСТЕМ НЕЛІНІЙНИХ РІВНЯНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ PYTHON

Радзієвський С.В., Селіванова А.В., Філімонова Т.О., Самойленко Г.Т.,

t.filimonova@knute.edu.ua

*Київський національний торговельно-економічний університет*

**Постановка задачі.** Задана система нелінійних рівнянь. Необхідно розв'язати систему із заданою точністю. Відокремити корені графічно. Уточнення коренів провести методом простої ітерації [1].

**Розв'язання.** Нехай задана система

$$\begin{cases} \cos(x + 0,5) - y = 2, \\ \sin y - 2x = 1. \end{cases} \quad (1)$$

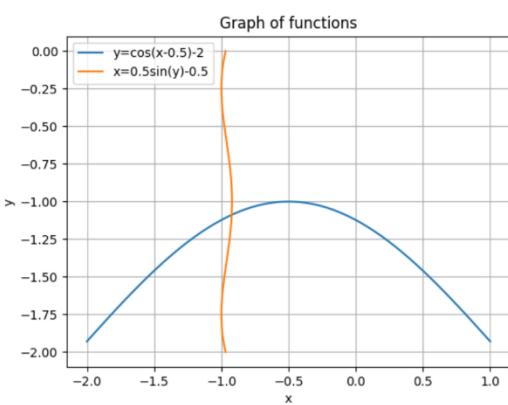
Запишемо систему (1) у наступному вигляді:

$$\begin{cases} y = \cos(x + 0,5) - 2, \\ x = 0,5 \sin y - 0,5. \end{cases} \quad (2)$$

Проведемо відокремлення коренів графічно. Для цього підключимо необхідну бібліотеку (`import matplotlib.pyplot as plt`) та використуємо `plt.plot()` [2]. В результаті отримали наступний графік (Рис. 1). Система має

єдиний розв'язок,

$x \in [-1,1; -0,9], y \in [-1,1; -0,9]$ .



Необхідно перевірити, що метод простої ітерації є збіжним для уточнення розв'язку системи (2).

Обчислимо частинні похідні для

(2).

Рис. 1. Графічне відокремлення коренів.

$$\frac{\partial f_1}{\partial x} = -\sin(x + 0,5), \quad \frac{\partial f_2}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial f_1}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial f_2}{\partial y} = 0,5 \cos y.$$

Тоді для області  $x \in [-1,1; -0,9], y \in [-1,1; -0,9]$  перевіримо:

$$\left| \frac{\partial f_1}{\partial x} \right| + \left| \frac{\partial f_2}{\partial x} \right| = |-\sin(x + 0,5)| = |-\sin(x + 0,5)| < 1,$$

$$\left| \frac{\partial f_1}{\partial y} \right| + \left| \frac{\partial f_2}{\partial y} \right| = |0,5 \cos y| < 1.$$

Зробимо висновок, що умови збіжності виконуються.

Далі обчислюємо за формулами:  $\begin{cases} y^{(n+1)} = \cos(x^{(n)} + 0,5) - 2, \\ x^{(n+1)} = 0,5 \sin y^{(n)} - 0,5. \end{cases}$

Початкове наближення  $x^{(0)} = -1$ ,  $y^{(0)} = -1$ .

Ітераційний процес продовжується до тих пір, поки зміни всіх невідомих у двох послідовних ітераціях не стануть достатньо малими, тобто:  $|x^{(n+1)} - x^{(n)}| < \varepsilon$ ,  $|y^{(n+1)} - y^{(n)}| < \varepsilon$ ,  $n = 0,1,2 \dots$

В результаті роботи написано код, отримано розв'язок системи нелінійних рівнянь із заданою точністю. Уточнення коренів проведено методом простої ітерації. Зроблено перевірку з використанням функції `optimize.root()`. Для цього імпортовано `from scipy import optimize` [3]. Відповіді, отримані в результаті розв'язку, перевірки та графічного розв'язку співпадають. Лістінг коду знаходиться у відкритому доступі за посиланням <https://github.com/beliytm/RadziievskyiSerhii>

**Висновки.** Використання бібліотек Python робить зручним розв'язання задач чисельних методів. Графічні можливості мови програмування наглядно візуалізують отримані результати.

### **Список використаних джерел.**

1. Програмування числових методів мовою Python: підручник / Анісімов А.В., Дорошенко А.Ю., Погорілій С.Д., Дорогий Я.Ю.; за ред. А. В. Анісімова. – К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2014. - 640 с.

2. Matplotlib: Visualization with Python. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://matplotlib.org/>

3. NumPy. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://numpy.org/doc/stable/index.html#>

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ У ЗАДАЧАХ РОЗПІЗНАВАННЯ

Ракіта Н. Є., [nastyu.rakita@gmail.com](mailto:nastyu.rakita@gmail.com), Сердюк М. Є.

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

Створення штучних систем розпізнавання образів залишається складною теоретичною та технічною проблемою. Необхідність у такому розпізнаванні виникає в різних областях. Важливою основою задач розпізнавання зображень є сегментація – процес розділення зображення на однорідні за певним критерієм області. Ділянки, що отримують в результаті сегментації, мають схожі властивості за обраними критеріями, хоча і можуть розташовуватись у різних частинах зображення [1].

Задачу сегментації можна сформулювати таким чином. Нехай задано кінцеву множину елементів площини зображення, ознаки яких відображені функцією  $f(a)$ , а також предикат  $LP$ , який визначає правило сегментації  $f(a)$ . Розв'язок задачі сегментації  $f(a)$  – розбиття множини  $S$  на  $n$  підмножин:  $S = \{s_1, s_2, s_3 \dots s_n\}$  – непорожніх зв'язаних областей, для яких  $LP$  приймає істинні значення тоді й тільки тоді, коли будь-яка пара елементів з цієї множини  $s_i \in S$  задовольняє критерію. Значенням функції може бути інтенсивність, колір або модуль градієнта зображення. Універсального підходу до розв'язання задачі сегментації зображення не існує. До різних класів зображень застосовуються різні алгоритми. Відомі методи сегментації на основі порогової обробки, нарощування областей, розділення та злиття областей, морфологічного водорозділу, аналізу текстур [2]. В даній роботі розглядається метод інтерактивної сегментації – метод локального скорочення графіка чи інакше Grab Cut.

Grab Cut є методом сегментації, який можна використовувати для розділення зображення на фонові елементи і передній план. Мета алгоритму полягає у відділенні об'єкта від фону. Алгоритм визначає значення елементів масиву прозорості:  $a(a_1, a_2, \dots, a_n, \dots, a_N)$ , де  $a_n$  може приймати два значення: якщо  $a_n = 0$ , то піксель належить фону, а якщо

дорівнює 1, то належить об'єкту. Внутрішній параметр  $\theta$  містить гістограму розподілу інтенсивності переднього плану і гістограму фону:  $\theta = \{h(z; a), a = 0,1\}$ , де  $h(z; a)$  – функція залежності від значення інтенсивності пікселей  $z$  та масиву прозорості  $a$ . Завдання сегментації – знайти невідомі  $a_n$  [3]. Розглядається функція  $E(a, \theta, z) = U(a, \theta, z) + V(a, z)$ . Мінімум цієї функції відповідає найкращій сегментації.  $U(a, \theta, z) = -\sum_n \log h(z_n, a_n)$ , де  $V(a, z)$  – доданок, що відповідає за зв'язок між пікселями. Сума йде по усіх парах пікселів, які є сусідами,  $U(a, \theta, z)$  – відповідає за якість сегментації, добто розділення об'єкту від фону. Після знаходження глобального мінімуму функції  $E$  буде отримано масив прозорості  $a = \operatorname{argmin}_a E(a, \theta)$  [1].

Даний алгоритм є одним з найкращих алгоритмів інтерактивної сегментації зображень, проте результати можуть залежати від якості зображення, шумів на фотографії та складності геометричної фігури сегмента. Фактор наявності багатьох спільних кольорів з фоновою областю також може впливати на результати. Для покращення результатів роботи метода доцільно проводити попередню обробку зображення задля уникнення основних факторів, що можуть вплинути на його роботу. Завдяки покращенню роботи алгоритму методами попередньої обробки можна автоматизувати програмні реалізації та застосовувати метод для виділення об'єктів на зображені за певним критерієм з використанням нейронних мереж.

#### **Список використаних джерел**

1. Р.Гонсалес, Р.Вудс Цифрова обробка зображень / М.: Техносфера, 2005 - 1072 с.
2. Canny JF (1986) A computational approach to edge detection, IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8.- P. 679-714.
3. Punam Thakare (2011) A Study of Image Segmentation and Edge Detection Techniques, International Journal on Computer Science and Engineering, Vol 3, No.2. - P.899-904.

## A NEW APPROACH FOR SIMPLIFIED DIGITAL CORE MODELLING

Romanova T.E., [tarom27@yahoo.com](mailto:tarom27@yahoo.com),

Chugai A.M., [chugay.andrey80@gmail.com](mailto:chugay.andrey80@gmail.com),

Veligodsky D.O., Goman V.O., [mr.vda59@gmail.com](mailto:mr.vda59@gmail.com)

*A. Pidhornyi Institute of Mechanical Engineering Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine*

Nowadays, one of the priority areas of activity in Ukraine is increasing production of domestic oil and gas reserves. This requires both explorations of new fields and drilling of wells, as well as, increasing in hydrocarbon production from the existing well stock. An innovative hydrogen thermobaro-chemical technology for intensification of oil, gas and gas condensate production from wells is considered in [1]. The paper considers problems of increasing their yield due to the active physicochemical effect on the productive formation with combustible oxidants and hydroreactive substances burning in water. Further widespread commercial implementation of this technology requires further research and increasing its efficiency. Natural cores of productive formations are extracted from wells at the stage of drilling and exploration. They are available in very limited quantities (or do not exist at all), very expensive and rare. Consequently, an alternative to their use in research is their analogs – artificial rods made in laboratory conditions by pressing mixtures of solid particles in dies. They differ both in mineral composition (quartz, montmorillonites, calcium and magnesium carbonates, aluminum oxides) and in particle sizes.

Recently, due to using of mathematical and computer modeling technologies, some results have been observed in obtaining the properties of rocks. These technologies have led to the so-called digital core approach. In addition, to conventional laboratory studies, this tool provides faster and more efficient exploration of the structure, properties and characteristics of the core. The works of foreign scientists M. Blunt, R. Hazlett, S. Torquato, M. Pilotti, P. Levitz, J. Koplik, A. Payatakes are mainly devoted to the simulation modeling of the microstructure of the core. Despite the fact that simulation modeling of the microstructure of the core has been used in practice for over 20 years, a

number of open issues remain. There is no established approach to the description of the microgeometry of the pore space. The regularities between the distributions of the geometric characteristics of the microparticles measured on the sections and the real distributions of the corresponding characteristics of the microparticles are unknown. Construction and analysis of simulation models of the microstructure of core samples requires powerful hardware support, which complicates the development of this area. In this regard, the development of algorithms and software for simulation of the core microstructure is relevant both scientifically and practically.

Our research is aimed to creating a digital core using mathematical modeling and computer simulation with further experimental verification. It allows increasing efficiency of the technology of complex thermobaro-chemical action of hydrogen on productive horizons. At the first stage of the research the problem of creating a simplified digital core is arised. We associate the problem with optimized packing non-overlapping spherical rock particles of different sizes inside the given cylindrical shaped container. A mathematical model of the simplified digital core in the form of nonlinear programming problem is provided employing the phi-function technique [2]. The latest is used for analytical description of non-overlapping and containment constraints. A solution approach is developed that based on a multistart strategy combining with algorithms of generating feasible starting points and searching for local extrema [3].

- [1] Kravchenko O., Suvorova I., Baranov I., Goman V. Hydrocavitation activation in the technologies of production and combustion of composite fuels. Eastern-European Jour. of Enter. Technolog., 2017, 4 / 5 (88), P. 33–42.
- [2] Stoyan Yu., Pankratov A., Romanova T., Chugay A. Optimized object packings using quasi-phi-functions, In: Fasano G., Pinter J.D, (Eds.), Optimized Packings and Their Applications, (Ser. Springer Optimization and Its Applications). New York: Springer. 2015. Vol. 105. P. 265–291.
- [3] Stoyan Y, Yaskov G, Romanova T, Yakovlev S. Optimized packing multidimensional hyperspheres: a unified approach. Mathematical Biosciences and Engineering: MBE. 2020. 17(6):6601-6630.

## РОЗРОБКА ПРОГРАМ МОВОЮ АСЕМБЛЕРА: IDE ТА ПАКЕТНИЙ РЕЖИМ

Сегеда Н.Є., segeda@ua.fm

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

Вивчення студентами мов програмування високого рівня в операційній системі Windows зазвичай передбачає використання відповідних інтегрованих середовищ (IDE). Найбільш популярним серед них є Microsoft Visual Studio з різноманітними можливостями, також слід відмітити Netbeans з безкоштовним і відкритим вихідним кодом, PyCharm - найкраще IDE для програмістів Python усіх рівнів здібностей, IntelliJ IDEA з широкими інструментами для розробки мобільних додатків, безкоштовний і гнучкий редактор з відкритим вихідним кодом Eclipse та ін.[1]

Звичайне IDE включає в себе не лише компілятор, лінкувальник і налагоджувач, але також засоби підсвічування синтаксису, зручний інтерфейс та додаткові інструменти для тестування та візуалізації процесу розробки.

Які IDE використовують для створення програм мовою Асемблера? Це може бути знову Visual Studio, або ASM Visual, Visual MASM, GSS Visual Assembler, SASM (SimpleASM) та Compile and Execute Assembly Online (з компілятором Nasm), Online Assembler – NASM Compiler IDE.

Розробку програм мовою Асемблера доцільно починати в пакетному режимі, тобто без використання будь-якої IDE. Тоді студент наявно бачить всі етапи побудови виконавчого файлу та деталі обробки даних, що демонструє налагоджувач.[2] Далі студенти найчастіше обирають Visual Studio.

### Бібліографічні посилання

1. Best IDE Software - A List of the Top 10. – Режим доступу: <https://www.keycdn.com/blog/best-ide>.
2. Сегеда Н.Є. Практика використання налагоджувачів асемблерних програм // Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (MPZIS-2020): XVIII Міжнародна науково-практична конференція. Дніпро, 18-20 лист. 2020 р. – С. 224.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ДОСТАВКИ

Селіванова А.В., ann.selivanova1@gmail.com,

Бай А.С., A\_Bay\_FOAIS\_18\_8\_B\_d@knute.edu.ua

*Київський національний торговельно-економічний університет*

В сучасних умовах відбувається зростання попиту на різноманітні послуги доставки. Інтернет-магазини та сервіси доставки їжі отримали нові умови розвитку, і для їх ефективної діяльності необхідно досліджувати процеси доставки. Одним із інструментів дослідження є моделювання, що дозволяє проаналізувати та покращити якість роботи підприємства та прогнозувати його розвиток. В якості середовища моделювання було обрано AnyLogic – програмне забезпечення для імітаційного моделювання, розроблене компанією The AnyLogic Company [1]. AnyLogic є лідером серед інструментів імітаційного моделювання для бізнесу та дозволяє з великою точністю відтворювати досліджувані бізнес-процеси, збирати та оброблювати значну кількість статистичних даних. AnyLogic застосовується для досліджень та моделювання у різних галузях - промисловість, логістика, нафтогазова промисловість, маркетинг, економіка, екологія, охорона здоров'я тощо.

Досліджувана модель побудована за допомогою процесного підходу з використанням вбудованої бібліотеки моделювання процесів, та має тривимірну візуалізацію. Особливістю обраної моделі бізнес-процесу є її розгалуженість (діаграма досліджуваного процесу поділяється на гілки, кожна з яких імітує різний підхід до виконуваної задачі), а саме: доставка до поштового відділення, доставка кур'єром напряму до споживача, та доставка у відділення інтернет-магазину. Кожна гілка має різні входні дані, що дозволяє порівнювати ефективність роботи, визначити сильні та слабкі сторони різних способів доставки, та раціонально перерозподілити навантаження на служби доставки.

В процесі експерименту модель збирає статистичні дані з кожної гілки, порівнюючи час доставки та кількість замовлень, використовуючи

функцію `mean()` параметру `statsUtilization`, що дозволяє визначити ефективність кожного виду доставки, порівнявши періодичність видачі замовлень із їх загальною кількістю (Рис.1.).

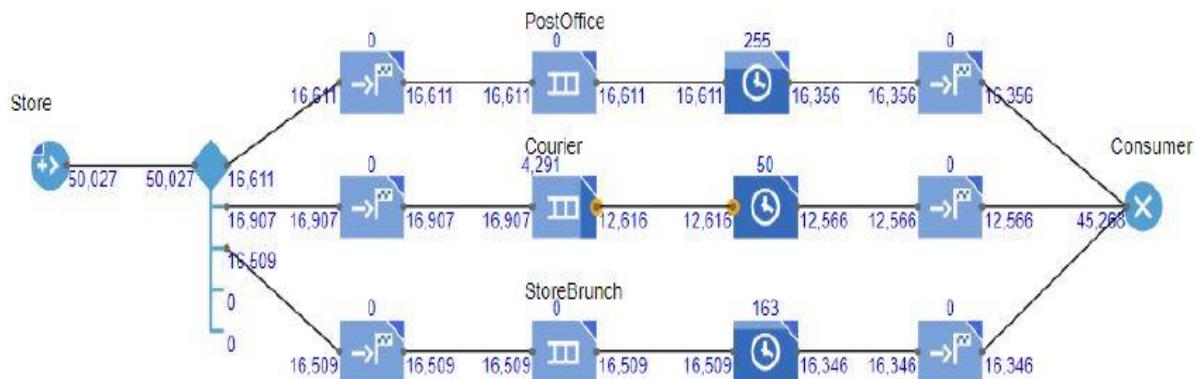


Рис.1. Модель доставки

Дана модель демонструє, яке навантаження лягає на ту чи іншу службу доставки, і дозволяє керівництву підприємства раціонально розподіляти навантаження на сервіси доставки.

### Список використаних джерел

1. Учебное пособие по моделированию в AnyLogic TM. – XJ Technologies Company Ltd., 2004. - 53 с.
2. Сергеев АМ. Поведение потребителей. - М.: Изд-во Эксмо, 2006.- 320с.

# УМОВИ ОПТИМАЛЬНОСТІ РОЗВ'ЯЗКІВ ЛЕКСИКОГРАФІЧНИХ ЗАДАЧ З ОПУКЛОЮ ДОПУСТИМОЮ МНОЖИНОЮ

**Семенова Н.В.<sup>1</sup>, Ломага М.М.<sup>2</sup>, Семенов В.В.<sup>1</sup>**

nvsemenova@meta.ua, mariia.lomaha@uzhnu.edu.ua

<sup>1</sup> Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ, Україна

<sup>2</sup> ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород, Україна

Знання необхідних та достатніх умов оптимальності розв'язків векторних задач дає основу для знаходження та перевірки оптимальності розв'язків, а також можливість побудови ефективних оптимізаційних методів пошуку різних множин оптимальних розв'язків. Розглянемо задачу лексикографічної оптимізації:  $Z_L(F, X) : \max^L \{F(x) | x \in X\}$ ,  $X \neq \emptyset$ , де

$$F(x) = (f_1(x), \dots, f_\ell(x)), \quad \ell \geq 2, \quad f_k(x) = \langle c_k, x \rangle, \quad c_k \in R^n, \quad k \in N_\ell = \{1, 2, \dots, \ell\}, \\ X = \left\{ x \in R^n \mid g^i(x) \leq 0, x \geq 0, i \in N_m \right\}, \quad g^i(x), i \in N_m, \text{ -- опуклі функції}.$$

Розв'язання задачі  $Z_L(F, X)$  полягає у знаходженні елементів множини  $L(F, X) = \{x \in X | v(x, F, X) = \emptyset\}$  лексикографічно оптимальних розв'язків, де  $v(x, F, X) = \{x' \in X | \exists j \in N_\ell : f_j(x') > f_j(x) \wedge j = \min \{i \in N_\ell : f_i(x') \neq f_i(x)\}\}$ .

Виходячи з теореми 1 [1], у зв'язку з лінійністю часткових критеріїв задачі  $Z_L(F, X)$  і незалежно від структури допустимої множини  $X$  Парето-оптимальні  $P(F, X)$  і оптимальні за Слейтером  $S\ell(F, X)$  розв'язки можуть складати всю допустиму множину або знаходитись лише на границі цієї множини. Оскільки має місце включення  $L(F, X) \subseteq P(F, X) \subseteq S\ell(F, X)$ , то при визначенні необхідних і достатніх умов лексикографічної оптимальності розв'язків задачі розглядатимемо лише граничні точки множини  $X$ . Позначимо  $\text{Fr } B$  підмножину граничних точок деякої множини  $B$ . Нехай  $y \in \text{Fr } X$ . Розглянемо наступні множини:

$N(y) = \{i \in N_m \mid g_i(y) = 0\}$ ,  $X(y) = \left\{x \in R^n \mid g_i(x) \leq 0, i \in N(y)\right\}$ . Крім того,

якщо  $g_i(x)$ ,  $i \in N(y)$  – неперервно диференційовні функції в  $R^n$ ,

визначимо множину  $Q(y) = \{x \in R^n \mid \langle \nabla g_i(y), x - y \rangle \leq 0, i \in N(y)\}$ , де

$\nabla g_i(y)$  – градієнт функції  $f_i(x)$  у точці  $y, i \in N(y)$ . Очевидно,  $\forall y \in \text{Fr } X$ :

$$N(y) \neq \emptyset, \quad y + 0^+ X \subseteq X \subseteq X(y) \subseteq Q(y), \quad \text{де}$$

$0^+ X = \left\{y \in R^n \mid \forall x \in X : x + ty \in X, t \geq 0\right\}$  – рецесивний конус множини  $X$ ,

$K^L = \left\{x \in R^n \mid Cx >^L 0\right\}$  – конус перспективних лексикографічних напрямків

задачі  $Z_L(F, X)$ . Справедлива теорема [2, 3].

**Теорема.** Нехай  $y \in \text{Fr } X$ . Якщо  $g_i(x)$ ,  $i \in N(y)$ , – неперервно диференційовні функції, то  $K^L \cap (Q(y) - y) = \emptyset$  є достатньою умовою для включення  $y \in L(C, X)$ . Крім того, якщо  $\{\nabla g_i(y) \mid i \in N(y)\}$  – система лінійно незалежних векторів, то  $K_1 \cap (Q(y) - y) = \emptyset$  є необхідною умовою для включення  $y \in L(C, X)$ .

Отримані умови оптимальності можна успішно використовувати при розробці алгоритмів пошуку оптимальних розв'язків досліджених задач лексикографічної оптимізації.

### Бібліографічні посилання

1. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многоокритериальных задач. 2-е изд., Москва: Физматлит, 2007. 256 с.
2. Семенова Н.В., Ломага М.М. Про існування і оптимальність розв'язків векторної задачі лексикографічної опуклої оптимізації з лінійними функціями критеріїв. *Науковий вісник Ужгородського університету*. Сер. матем. і інформ. 2020. вип. 37, №2 . С. 168–175.
3. Семенова Н.В., Ломага М.М., Семенов В.В. Лексикографические задачи выпуклой оптимизации: условия разрешимости и оптимальности, метод отсекающих плоскостей. *Проблемы управления и информатики*. 2021. №1. С. 30–40.

## ЗАДАЧА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ, СПОТВОРЕНІХ ПОГОДНИМИ ЕФЕКТАМИ

Сердюк М.Є., Шиян А.Т., [sh.nastya23@gmail.com](mailto:sh.nastya23@gmail.com)

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

В наш час, в умовах стрімкого розвитку та поширення застосування систем штучного інтелекту, актуальною є задача покращення якості зображень, які поступають на вхід таких систем. Спотворення вхідних зображень шумами різного походження, в тому числі природними явищами (дощем, туманом, снігом), ускладнює роботу систем комп’ютерного зору, розпізнавання, ідентифікації, класифікації об’єктів. Тому важливим етапом роботи таких систем є попередня обробка вхідних зображень. Одна із задач, яка при цьому розв’язується, – видалення дощу, який може розглядатися як шум природного походження.

Метою даної роботи є розгляд математичної моделі дощу на цифрових зображеннях та дослідження методів його виявлення та видалення з зображень та відео.

У задачах обробки цифрові зображення часто розглядають 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. Дошові краплі на зображеннях представляються як різкі викиди інтенсивності, які призводять до погіршення якості. Оскільки крапліпадають з високими швидкостями, то на зображеннях вони відображаються з розмиттям. Швидкість дощу також є параметром, який разом з параметрами фону впливає на складні просторово-часові коливання інтенсивності. В [2] розглядаються геометричні, хроматичні властивості дошових крапель та властивості їх яскравості, які використовуються в методах виявлення дощу на зображеннях та відео.

У послідовності кадрів, які є в наявності у відео, виявлення дощу можна здійснювати шляхом порівняння сусідніх кадрів: оскільки краплі

дощу випадково розподіляються у просторі та рухаються з великою швидкістю, то піксель у певному положенні не завжди охоплюється цими краплями у кожному кадрі. Тому на відео із нерухомою сценою, знятою нерухомою камерою, гістограма інтенсивності пікселя, іноді покритого дощем, демонструє два піки, один для розподілу інтенсивності фону, а інший для розподілу інтенсивності дощу. Гістограма інтенсивності пікселя, ніколи не покритого дощем, протягом усього відео, демонструє лише один пік [1]. Це робить можливим виявити пікселі з дощем для подальшої обробки.

Для розв'язання задачі видалення дощу з зображень є декілька підходів. Перший з них використовує фільтр Калмана. Алгоритм методу базується на гауссовській фільтрації, в процесі обробки поєднуються та порівнюються дані попередніх кадрів з новими зміненнями в кадрі, завдяки цьому здійснюється оптимізація та прогнозування дефектів в наступних кадрах. Інший метод – метод дискретного хвильового перетворення та двосторонньої фільтрації. Ідея цього підходу полягає в тому, щоб накласти кадри один на інший та знайти пікову інтенсивність дощу, на основі цих даних прибрати дощ із зображення.

Відзначені вище методи працюють для видалення дощу з відео та зображень за принципом порівняння двох або більше кадрів. Завдяки тому, що дощ має іншу інтенсивність в пікселях, з'являються критерії, за якими можна виявити його та видалити.

#### **Список використаних джерел**

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – С. 1072.
2. Barnum, P. C., Narasimhan, S. and Kanade, T. Analysis of rain and snow in frequency space. IJCV, 86(2-3):256–274, 2010.

## СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ФУНКЦІОNUВАННЯ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАННЯ

Симонов Д.І., denys.simonov@gmail.com

*Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України*

Глобалізація світової торгівлі привела до посилення конкуренції на всіх видах ринків. Зростання конкуренції впливає як на попит, так і на пропозицію. Розвинені комунікативні мережі позитивно впливають на доступність нових виробників та постачальників, скороченню ланцюгів постачання, а це, в свою чергу, сприяє розвитку логістичних маршрутів. В поєднанні зі зростанням складності логістичних маршрутів підвищується складність прогнозування ймовірності виконання контрактів відповідно до узгоджених критеріїв якості. Менеджмент організацій прагне підвищити якість управління поставками та мінімізувати стохастичність процесів, що повинно позитивно вплинути на розподіл матеріальних, фінансових, технологічних і трудових ресурсів організації.

Забезпечення функціонування ланцюгів поставок є складним і багатокритеріальним завданням, яке традиційно вирішують, поєднуючи досвід людини, системи планування ресурсів (ERP) і систем підтримки прийняття рішень (DSS). Як наслідок такої організації управління, в процесі поставок виникає ряд критичних ускладнень або відхилень, пов'язаних з обмеженнями систем управління в частині прогнозування змін зовнішнього оточення. Це обумовлено тим, що людський досвід і можливості обмежені, а функціонування традиційних систем управління регламентовано деяким набором правил та інструкцій, визначених людиною. Незважаючи на це, існуючі системи, як і раніше, можуть бути надійними та заслуговувати довіри, але поєднавши їх з експертними системами користувачі відкривають нові можливості для підвищення якості функціонування ланцюгів поставок.

При використанні традиційних систем особа, яка приймає рішення,

отримує згенерований звіт, що потребує детального аналізу та інтерпретації, перш ніж прийняти рішення. Експертна система працює як інтерактивна система, здатна відповідати на питання, надавати роз'яснення, давати рекомендації, використовуючи дані і алгоритми в якості вхідного ресурсу, що значно допомагає процесу прийняття рішень.

Якісна експертна система повинна мати потенціал до масштабування, а її гнучкість і динамічність забезпечується, в тому числі, децентралізацією компонентів системи. Сучасні експертні системи використовують алгоритми машинного навчання, що дозволяє змістити парадигму з необхідності надання системі правил і вхідних даних для отримання результатів до парадигми, в якій правила і рекомендації генеруються самостійно системою, що постійно навчається в автоматичному режимі, створюючи нові алгоритми і правила. Новий підхід дозволяє користувачам, які не мають спеціальних знань, використовувати алгоритми системи для обробки нових вхідних даних і отримувати необхідну інформацію.

В результаті використання експертних систем для підтримки функціонування ланцюгів поставок з'являється можливість використовувати досвід експертів навіть при їх відсутності, підвищувати якість прийнятих рішень, скоротити ризики і потребу в ресурсах.

### **Список використаних джерел**

1. Симонов Д.І., Симонов Є.Д. Планування та управління ланцюгами постачання. Прикладні системи та технології в інформаційному суспільстві: зб. тез доповідей і наук. повідомл. учасників IV Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 30 вересня 2020 р.) / за заг. ред. В.Л. Плескач, В.Л. Міронова. – К.: Київський нац. ун-т імені Тараса Шевченка, 2020. – с. 194-200.
2. Симонов Д. І. Механізм оптимізації процесу управління ланцюгами постачання. The 6th International scientific and practical conference “Fundamental and applied research in the modern world” (January 20-22, 2021) BoScience Publisher, Boston, USA. 2021.- p. 783-785.

## ЗАДАЧА ПАРАЛЕЛЬНОГО УПОРЯДКУВАННЯ ЗІ ЗМІННИМ ОБМЕЖЕННЯМ НА РЕСУРСИ

Сіряк А.В., siryaka@gmail.com

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

Задачі паралельного упорядкування, як оптимізаційні задачі на графах, відносяться до класу задач теорії розкладів, зокрема, до тих випадків, в яких на порядок виконання завдань накладаються деякі технологічні обмеження. Ці обмеження зручно представляти орієнтованим графом.

Розглянемо граф  $G = \{V, U\}$ , в якому вершини відповідають роботам, які необхідно виконати, а дуги задають технологічні обмеження на порядок. Тобто якщо робота  $i$  безпосередньо передує роботі  $j$ , то  $(i, j) \in U$ .

Паралельним упорядкуванням вершин орграфа  $G = (V, U)$  називається таке лінійне упорядкування його вершин, що  $\forall (i, j) \in U: i \in S[p], i \in S[q] \Rightarrow p < q$  [1].

Найбільш дослідженим випадком є *класична* задача побудови по заданому графу  $G$  та заданій ширині паралельного упорядкування мінімальної довжини [2]. Виходячи з прикладних задач, що зводяться до задач паралельного упорядкування вершин орграфів, доцільно розглядати випадки, коли кількість вершин, які можна ставити на кожне місце в упорядкуванні, не є константою.

Нехай задано послідовність натуральних чисел  $h_k$ . Необхідно побудувати паралельне упорядкування вершин графа  $G$  мінімальної довжини, при умові, що на місці  $k$  стоїть не більше  $h_k$  вершин.

Для випадку коли  $h_k$  однакові, відомий алгоритм поліноміальної складності, що є точним для кореневих дерев та лісів. Для задачі, що розглядається, він є наближенним. Тому виникає питання для яких підкласів дерев та констант  $h_k$  він буде точним.

Введемо до розгляду спеціальний клас дерев. Майже повне бінарне дерево - це дерево, в якому кожна вершина або не має вхідних дуг, або має 2 окрім, можливо, вершин передостаннього рівня, в які входять не більше 2 дут.

Твердження. Для майже повного бінарного дерева алгоритм, заснований на рівневому принципі, за умови, що  $h_k \leq 2$ , є оптимальним.

Доведення. Наведемо конструктивне доведення цього твердження. Розглянемо крок алгоритму, заснованого на рівневому принципі.

Крок алгоритму. Нехай  $m$  - кількість листів на останньому рівні.

Якщо  $m > h_k$  то, згідно з алгоритмом, необхідно обрати будь-які  $h_k$  листів з останнього рівня. Після цього дерево залишиться майже повним бінарним деревом з такою самою кількістю рівнів.

Якщо  $m = h_k$  то, згідно з алгоритмом, необхідно обрати  $h_k$  вершин з останнього рівня. Тоді дерево стане повним бінарним деревом з кількістю рівнів на 1 меншим, ніж було. Якщо рівень був останнім, то побудову завершено.

Якщо  $m < h_k$ , то  $m = 1, h_k = 2$ . Позначимо лист на останньому рівні  $r$ , а вершину, в яку з  $r$  йде дуга,  $q$  (якщо така існує). Можливі наступні випадки:

1. Якщо номер рівня більше 2, то на передостанньому рівні є лист, який, згідно з алгоритмом, необхідно обрати. Наприклад, це може бути вершина  $q'$  з якої йде дуга у вершину, в яку йде дуга з  $q$ , така, що  $q'$  відмінна від  $q$ . Така обов'язково існує та є листом, оскільки єдиною вершиною на останньому рівні є вершина  $r$ , з якої йде дуга саме в вершину  $q$ .

2. Якщо рівень 2 або 1, то побудова завершена єдиним можливим чином.

На всі місця, окрім, можливо, останніх двох, знайшлась максимально можлива кількість вершин. Останнє місце завжди містить 1 вершину. Таким чином, вершина з передостаннього місця в упорядкуванні не може бути перенесена ні на яке інше місце та побудоване упорядкування є оптимальним.

#### Список використаних джерел

1. Бурдюк В.Я., Турчина В.А. Алгоритмы параллельного упорядочения. Д. :ДГУ,1985. - 84с.
2. Караваєв К.Д., Турчина В.А. Деякі узагальнення задачі паралельного упорядкування, ХХIII Міжнародний науково-практичний семінар імені А.Я. Петренюка «КОМБІНАТОРНІ КОНФІГУРАЦІЇ ТА ЇХНІ ЗАСТОСУВАННЯ», 13-15 травня 2021 р., Запоріжжя – Кропивницький. – С. 93-97.

## МЕТОД НАЙМЕНШИХ МОДУЛІВ ТА $r$ -АЛГОРИТМ ШОРА

Стецюк П.І., [stetsyukr@gmail.com](mailto:stetsyukr@gmail.com), Стецюк М.Г.  
Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

**Метод найменших модулів.** Нехай для оцінки  $n$  невідомих параметрів  $x_1, \dots, x_n$  використовується  $m$  спостережень  $y_1, \dots, y_m$  та ці величини пов'язані співвідношенням:

$$y_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + u_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad (1)$$

де  $a_{ij}$  – відомі коефіцієнти,  $u_i$  – невідомі випадкові величини, що мають (приблизно) однакові функції розподілу. Рівняння (1) можна записати в матричній формі:

$$y = Ax + u, \quad (2)$$

де  $y = (y_1, \dots, y_m)^T \in \mathbf{R}^m$  та  $u = (u_1, \dots, u_m)^T \in \mathbf{R}^m$  –  $m$ -вимірні вектори,  $A$  – матриця розміру  $m \times n$ ,  $x = (x_1, \dots, x_n)^T \in \mathbf{R}^n$  –  $n$ -вимірний вектор параметрів, які потрібно оцінити.

Метод найменших модулів (відповідає знаходженню невідомого вектора  $x^*$  за критерієм найменших модулів) є задачею безумовної оптимізації:

$$f^* = f(x^*) = \min_{x \in \mathbf{R}^n} \left\{ f(x) = \sum_{i=1}^m \left| y_i - \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \right| \right\}, \quad (3)$$

де  $|\cdot|$  – модуль (абсолютна величина) числа. Зауважимо, що метод найменших модулів є робастним до аномальних спостережень або «викидів» [1].

Задача (3) є задачею мінімізації опуклої кусково-лінійної функції. Її значення  $f(\bar{x})$  та субградієнт  $g_f(\bar{x})$  у точці  $\bar{x}$  обчислюється за операторами:

```
tmp = A*x - y; f = sum(abs(tmp));
A1 = A.*(sign(tmp)*ones(1,n)); g1 = sum(A1,1); g = g1';
```

у матлабоподібній мові Octave, де  $f = f(\bar{x})$ ,  $g = g_f(\bar{x})$ .

**Обчислювальний експеримент** ( $m \gg n$ ) [2]. Проводився за допомогою GNU Octave версії 5.1.0 на комп’ютері з процесором Intel Core i5-9400f з тактовою частотою 2,9 ГГц та 16 ГБ оперативної пам’яті. Вхідні дані для задачі (3) генерувалися випадковим чином з стандартним рівномірним розподілом  $U(0,1)$  за наступними формулами:  $A = \text{rand}(m,n)$ ,  $b = A * \text{ones}(n,1)$ ,  $b(m,1) = b(m,1) + 1$ . Для програми **ralgb5a** використовувалася стартова точка  $x_0 = 0$ , параметри  $r(\alpha)$ -алгоритму:  $\alpha = 3$ ,  $q_1 = 1.0$ ,  $h_0 = 5.0$  та параметри зупинки:  $\varepsilon_x = 10^{-6}$ ,  $\varepsilon_g = 10^{-8}$ ,  $\text{maxitn}=1500$ ,  $\text{intp}=100$ .

Результати розрахунків за часом, ітераціями та кількістю обчислень функції та субградієнта для  $n = 10 \div 100$  та  $m = 500.000 \div 5.000.000$  наведено в таблиці, де  $ist$  – код завершення роботи програми **ralgb5a**,  $\|x_r - x^*\|$  – норма відхилення знайденого наближення від точки мінімуму  $x^* = (1, 1, \dots)^T$ .

$n$	$m$	$time$ (сек.)	$itn$	$nfg$	$ist$	$\ x_r - x^*\ $
100	500.000	754.45	1500	1831	4	3.18e-06
80	625.000	689.47	1343	1670	3	6.26e-07
50	1.000.000	441.08	829	1055	3	3.68e-07
20	2.500.000	178.07	312	409	3	5.66e-07
10	5.000.000	96.01	147	198	3	6.60e-07

**Висновок.** Використання  $r$ -алгоритму для розв’язання задачі (3) дозволяє знаходити невідомі параметри за критерієм найменших модулів для  $n \approx 100$  та  $m \approx 1.000.000$  за декілька хвилин на сучасних персональних комп’ютерах.

#### Список літератури

1. Стецюк П.И., Колесник Ю.С., Лейбович М.М. О робастности метода наименьших модулей. *Компьютерная математика*. 2002. С. 114–123.
2. Стецюк П.І., Стецюк М.Г., Брагін Д.О., Молодик М.О. Використання  $r$ -алгоритму Шора в лінійних задачах робастної оптимізації. *Кібернетика та комп’ютерні технології*. 2021. № 1. С. 29–42.

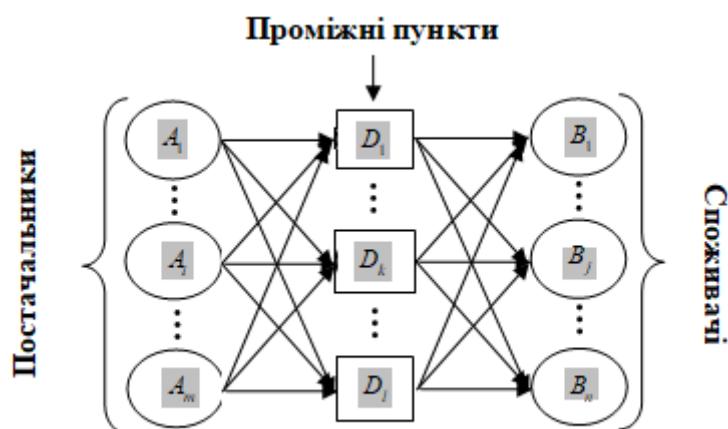
# ДВОЕТАПНА ТРАНСПОРТНА ЗАДАЧА ТА ЇЇ МОДИФІКАЦІЇ<sup>1</sup>

Стєцюк П.І., [stetsyukp@gmail.com](mailto:stetsyukp@gmail.com), Хом'як О.М.

*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України*

**Вступ.** В роботах [1, 2] досліджуються методи розв'язання двоетапної неперервно-дискретної задачі оптимального розбиття-розподілу з заданими положеннями центрів підмножин та з пошуком оптимальних координат розташування центрів підмножин. 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 (пунктів другого етапу) з метою мінімізації сумарних витрат на транспортування ресурсу від постачальників через пункти переробки (збору, зберігання) до споживачів.

Частковим випадком подібних задач є класична двоетапна транспортна задача [3, 4], де вантаж (продукція) перевозиться від постачальників до споживачів тільки через проміжні пункти. Схема функціонування перевезень «постачальники – проміжні пункти – споживачі» наведена на рисунку.



В якості проміжних пунктів можуть виступати посередницькі фірми та різного роду сховища (склади).

<sup>1</sup> Робота підтримана CRDF Global (грант G-202102-68020)

Нижче опишемо двоетапну транспортну задача для знаходження найекономічнішого плану перевезення частини однорідної продукції від постачальників до споживачів та дві її модифікації. Перша модифікація буде враховувати обмеження на пропускні спроможності проміжних пунктів. Друга модифікація буде враховувати можливість вибору фіксованої кількості проміжних пунктів, яка є меншою за їх загальну кількість.

Математичні моделі двоетапної транспортної задачі та її першої модифікації представлені задачами лінійного програмування, а математична модель другої модифікації представлена у вигляді задачі булевого лінійного програмування. Розглянемо два часткові випадки другої модифікації: випадок «одного споживача» та випадок «одного постачальника».

**Двоетапна транспортна задача.** Нехай в  $m$  пунктах постачання  $A_1, \dots, A_m$  є  $a_1, \dots, a_m$  одиниць продукції, частину якої потрібно перевезти до  $n$  споживачів  $B_1, \dots, B_n$ , задоволивши їх потреби  $b_1, \dots, b_n$ . 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  $B_j$ .

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  $B_j$ .

Класична двоетапна транспортна задача, яка визначає найекономічніший план перевезення продукції від постачальників до споживачів через проміжні пункти, має такий вигляд: знайти

$$f_{xy}^* = f_{xy}(x^*, y^*) = \min_{x,y} \left\{ f(x,y) = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l c_{ik} x_{ik} + \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^n c_{kj} y_{kj} \right\} \quad (1)$$

за наступних обмежень

$$\sum_{k=1}^l x_{ik} \leq a_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^l y_{kj} = b_j, \quad j = 1, \dots, n, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} - \sum_{j=1}^n y_{kj} = 0, \quad k = 1, \dots, l, \quad (4)$$

$$x_{ik} \geq 0, y_{kj} \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, k = 1, \dots, l, j = 1, \dots, n. \quad (5)$$

Задача (1)–(5) є задачею лінійного програмування, яка містить  $(m+n) \times l$  неперервних змінних  $x$  та  $y$ ,  $m+n+l$  лінійних обмежень. Цільова функція (1) задає сумарні витрати на транспортування продукції від постачальників до споживачів. Обмеження (2) означають транспортування  $a_1, \dots, a_m$  одиниць продукції із пунктів постачання до проміжних пунктів, а обмеження (3) – що споживачам потрібно доставити необхідні об'єми  $b_1, \dots, b_n$  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.

Задача (1)–(5) відноситься до відкритих задач транспортного типу, тобто частина продукції залишається у постачальників, а інша частина продукції повинна бути доставлена споживачам, не залишаючи нічого в проміжних пунктах. Це диктує умови на сумісність системи обмежень (2)–(5) – системи лінійних рівностей та лінійних нерівностей. Справедливим є наступне твердження.

**Лема 1.** Система обмежень (2)–(5) є сумісною, якщо виконується умова

$$\sum_{i=1}^m a_i \leq \sum_{j=1}^n b_j. \quad (6)$$

Якщо  $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$ , то задача (1)–(5) відноситься до закритих задач

транспортного типу [3, 4, 5], тобто вся продукція постачальників повинна бути доставлена споживачам, не залишаючи нічого в проміжних пунктах.

**Дві модифікації задачі (1)–(5).** Перша модифікація враховує обмеження на пропускні спроможності проміжних пунктів, де  $d_1^{low}, \dots, d_l^{low}$  – мінімальні, а  $d_1^{up}, \dots, d_l^{up}$  – максимальні пропускні спроможності пунктів  $D_1, \dots, D_l$ . Двоетапна транспортна задача з обмеженнями на пропускні спроможності проміжних пунктів має такий вигляд: знайти

$$f_{xy}^* = f_{xy}(x^*, y^*) = \min_{x,y} \left\{ f(x, y) = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l c_{ik} x_{ik} + \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^n c_{kj} y_{kj} \right\} \quad (7)$$

за таких обмежень

$$\sum_{k=1}^l x_{ik} \leq a_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad (8)$$

$$\sum_{k=1}^l y_{kj} = b_j, \quad j = 1, \dots, n, \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} - \sum_{j=1}^n y_{kj} = 0, \quad k = 1, \dots, l, \quad (10)$$

$$d_k^{low} \leq \sum_{i=1}^m x_{ik} \leq d_k^{up}, \quad k = 1, \dots, l, \quad (11)$$

$$x_{ik} \geq 0, \quad y_{kj} \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad k = 1, \dots, l, \quad j = 1, \dots, n. \quad (12)$$

Задача (7)–(12) є задачею лінійного програмування та містить  $(m+n) \times l$  змінних  $x$ ,  $y$ ,  $m+n+3l$  лінійних обмежень. Тут цільова функція (7) та обмеження (8)–(10) мають такий же зміст, як цільова функція та обмеження задачі (1)–(5). Обмеження (11) задають нижні та верхні межі на пропускні спроможності проміжних пунктів. Їх також можна записати так:

$$d_k^{low} \leq \sum_{j=1}^n y_{kj} \leq d_k^{up}, \quad k = 1, \dots, l. \quad (13)$$

Задача (7)–(12) відноситься до відкритих задач транспортного типу, для якої справедливим є наступне твердження.

**Лема 2.** Система обмежень (8)–(12) є сумісною, якщо виконуються умови

$$\sum_{i=1}^m a_i \leq \sum_{j=1}^n b_j, \quad \sum_{k=1}^l d_k^{low} \leq \sum_{j=1}^n b_j \leq \sum_{k=1}^l d_k^{up}. \quad (14)$$

Друга модифікація двоетапної транспортної задачі враховує можливість вибору  $d$  – фіксованої кількості проміжних пунктів [6], яка є меншою за їх загальну кількість  $l$ . Нехай  $z = \{z_k\}_{k=1,\dots,l}$  – булеві змінні, де  $z_k$  рівна одиниці, якщо проміжний пункт  $D_k$  використовується, та нулю в протилежному випадку. Двоетапна транспортна задача з заданою кількістю проміжних пунктів  $d$  ( $1 < d < l$ ) формулюється так: знайти

$$f_{xyz}^* = f_{xyz}(x^*, y^*) = \min_{x, y, z} \left\{ f(x, y) = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l c_{ik} x_{ik} + \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^n c_{kj} y_{kj} \right\} \quad (15)$$

за таких обмежень

$$\sum_{k=1}^l x_{ik} \leq a_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad (16)$$

$$\sum_{k=1}^l y_{kj} = b_j, \quad j = 1, \dots, n, \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} - \sum_{j=1}^n y_{kj} = 0, \quad k = 1, \dots, l, \quad (18)$$

$$d_k^{low} z_k \leq \sum_{i=1}^m x_{ik} \leq d_k^{up} z_k, \quad k = 1, \dots, l, \quad (19)$$

$$\sum_{k=1}^l z_k = d, \quad (20)$$

$$x_{ik} \geq 0, y_{kj} \geq 0, z_k = 0 \vee 1, \quad i = 1, \dots, m, k = 1, \dots, l, j = 1, \dots, n. \quad (21)$$

Задача (15)–(21) є задачею булевого лінійного програмування:  $(m+n) \times l$  неперервних змінних  $x$ ,  $y$  та  $l$  булевих змінних  $z$ . Задача містить  $m+n+3l+1$  обмежень. Обмеження (20) означає, що задіяно рівно  $D$  проміжних пунктів, а двосторонні обмеження (19) задають для них нижні та верхні межі на пропускні спроможності. Зауважимо, що двосторонні обмеження (19) можна записати у такому вигляді:

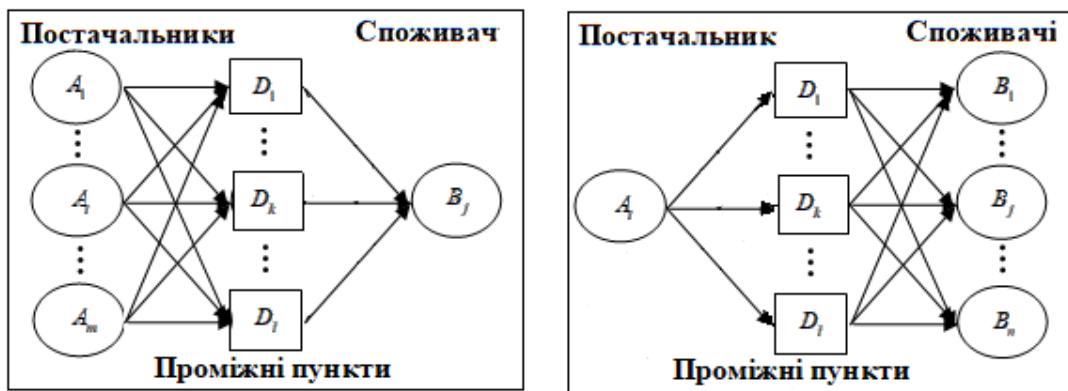
$$d_k^{low} z_k \leq \sum_{j=1}^n y_{kj} \leq d_k^{up} z_k, \quad k = 1, \dots, l. \quad (22)$$

Задача (15)–(21) відноситься до відкритих задач транспортного типу, для якої справедливим є наступне твердження.

**Лема 3.** Система обмежень (15)–(21) є сумісною, якщо виконуються умови

$$\sum_{i=1}^m a_i \leq \sum_{j=1}^n b_j, \quad \sum_{k=1}^l d_k^{low} z_k \leq \sum_{j=1}^n b_j \leq \sum_{k=1}^l d_k^{up} z_k, \quad \sum_{k=1}^l z_k = d, \quad z_k = 0 \vee 1, \quad k = 1, \dots, l. \quad (23)$$

**Часткові випадки задачі (15)–(21).** Нижче наведено математичні моделі другої модифікації для двох часткових випадків: випадок «одного споживача» та випадок «одного постачальника». Схеми функціонування перевезень «постачальники – проміжні пункти – споживач» та «постачальник – проміжні пункти – споживачі» наведена на рисунку.



Для часткового випадку «одного споживача» друга модифікація двоетапної транспортної задачі значно спрощується і відповідна їй задача булевого лінійного програмування буде мати вигляд: знайти

$$f_{xyz}^* = f_{xyz}(x^*, y^*) = \min_{x,y,z} \left\{ f(x, y) = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l c_{ik} x_{ik} + \sum_{k=1}^l c_k y_k \right\} \quad (15a)$$

за наступних обмежень

$$\sum_{k=1}^l x_{ik} \leq a_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad (16a)$$

$$\sum_{k=1}^l y_k = b, \quad (17a)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} - y_k = 0, \quad k = 1, \dots, l, \quad (18a)$$

$$d_k^{low} z_k \leq y_k \leq d_k^{up} z_k, \quad k = 1, \dots, l, \quad (19a)$$

$$\sum_{k=1}^l z_k = d, \quad (20a)$$

$$x_{ik} \geq 0, \quad z_k = 0 \vee 1, \quad i = 1, \dots, m, \quad k = 1, \dots, l. \quad (21a)$$

Для часткового випадку «одного постачальника» друга модифікація двоетапної транспортної задачі формулюється за допомогою задачі булевого лінійного програмування: знайти

$$f_{xyz}^* = f_{xyz}(x^*, y^*) = \min_{x, y, z} \left\{ f(x, y) = \sum_{k=1}^l c_k x_k + \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^n c_{kj} y_{kj} \right\} \quad (15b)$$

за наступних обмежень

$$\sum_{k=1}^l x_k \leq a, \quad (16b)$$

$$\sum_{k=1}^l y_{kj} = b_j, \quad j = 1, \dots, n, \quad (17b)$$

$$x_i - \sum_{j=1}^n y_{kj} = 0, \quad k = 1, \dots, l, \quad (18b)$$

$$d_k^{low} z_k \leq x_k \leq d_k^{up} z_k, \quad k = 1, \dots, l, \quad (19b)$$

$$\sum_{k=1}^l z_k = d, \quad (20b)$$

$$y_{kj} \geq 0, \quad z_k = 0 \vee 1, \quad k = 1, \dots, l, \quad j = 1, \dots, n. \quad (21b)$$

**Висновок.** Запропоновано дві модифікації класичної двоетапної транспортної задачі за умови, що кількість проміжних пунктів є заданою та їх пропускні спроможності є обмеженими знизу та зверху. Першу модифікацію можна застосовувати при розподіленні та доставці вирощеної продукції для продажу або переробки на власних потужностях агропідприємств [7]. Друга модифікація є актуальною для пошуку раціонального розташування заданої кількості складів з урахуванням визначеного положення постачальників та отримувачів матеріально-технічних засобів. Вона може бути використана для визначення відповідних місць розташування в ОЕС України накопичувачів електричної енергії та їх енергоємностей [8].

Розглянуті модифікації та їх часткові випадки належать до класу відомих виробничо-транспортних задач. Численні застосування субградієнтних алгоритмів негладкої оптимізації для таких задач описано в [9, 10]. На їхній основі розроблено програмне забезпечення для низки моделей оптимального планування, проектування і керування. Наприклад, виробничо-транспортні задачі великої розмірності розв'язувалися для розподілу суден по лініях річкових перевезень, задачі особливо великої розмірності виникали при плануванні завантаження прокатних станів.

### Список літератури

1. 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.
2. Kiseleva E., Prytomanova O., Hart L. Solving a Two-stage Continuous-discrete Problem of Optimal Partitioning-Allocation with the Subsets Centers Placement. Open Computer Science. De Gruyter. 2020. Vol. 10. P. 124-136.
3. Карагодова О.О., Кігель В.Р., Рожок В.Д. Дослідження операцій: Навч. посіб. К.:Центр учебової літератури, 2007. 256 с.
4. Наконечний С.І., Савіна С.С. Математичне програмування: Навч. посіб. К.: КНЕУ, 2003. 452 с.
5. Стецюк П.І., Ляшко В.І., Мазютинець Г.В. Двоетапна транспортна задача та її AMPL-реалізація. Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. 2018. Т. 1. С. 14–20.
6. Стецюк П.І., Бисага О.П., Трегубенко С.С. Двоетапна транспортна задача з обмеженням на кількість проміжних пунктів. Комп'ютерная математика. 2018. № 2. С. 119–128.
7. Стецюк П.І., Міца О.В., Стрелюк О.В., Фесюк О.В. Транспортна задача з обмеженнями на пропускні спроможності проміжних пунктів. Питання прикладної математики і математичного моделювання. Д.: ДНУ, 2017. Вип. 17. С. 207–219.
8. Буткевич О.Ф., Юнєєва Н.Т., Гуреєва Т.М., Стецюк П.І. Задача розташування накопичувачів електроенергії в ОЕС України з урахуванням його впливу на потоки потужності контролюваними перетинами. Технічна електродинаміка. 2020. № 4. С. 46–50.
9. Сергієнко I.B. Методи оптимізації та системного аналізу для задач транс��числювальної складності. – К.: Академперіодика, 2010. – 296 с.
10. Sergienko I.V. Methods of optimization and systems analysis for problems of transcomputational complexity. – New York, Heidelberg, Dordrecht, London: Springer, 2012. – 226 p.

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОБОТИ ПРОПУСКНОГО ПУНКТУ

**Султанов В.І., sultanov.v20fpm@fpm.dnu.edu.ua, Тонкошкур І.С.**

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

Завдання системи розпізнавання осіб – верифікувати працівника. Зазвичай це завдання виконує охоронець або вахтер за допомогою конструкції турнікетів. Але завдяки автоматичному обладнанню ідентифікації людини можна покращити систему безпеки і зекономити на виплаті заробітної плати та на собівартості обладнання.

Принцип дії автоматизованої системи полягає в тому, що на вході встановлюється камера з активованим детектором облич. При появі людини в її полі зору зображення обличчя захоплюється і порівнюється із заздалегідь створеної базою даних. Інтерфейс модуля розпізнавання облич складається з компонентів, що виконують різні завдання: екран, на який виводиться поточна картинка з камери, алгоритму розпізнавання та консолі (лога), до якої виводиться вся інформація.

За допомогою алгоритму розпізнавання осіб будується біометрична модель особи, на основі якої відбувається подальший процес ідентифікації людини. Для розв'язання цієї задачі застосовують різні види алгоритмів. У даній роботі використовується алгоритм Фішера, який є вдосконаленням порівняно з EigenFaces і використовує аналіз основних компонентів (PCA) та лінійний дискримінантний аналіз (LDA). LDA використовується для пошуку лінійної комбінації ознак. Метод Фішера захищений від шумних та розмитих зображень. Принцип дії системи полягає в постійному отриманні кадрів з відеокамери.

В роботі розроблено програмний продукт на мові програмування C++, який дає можливість управляти роботою пропускного пункту. Проведено тестування на стенді, що включає в собі апаратне і розроблене програмне забезпечення.

## МОДИФІКАЦІЯ $r$ -АЛГОРИТМУ ДЛЯ ЗАДАЧІ КВАНТИЛЬНОЇ РЕГРЕСІЇ<sup>2</sup>

Супрун А.А., [anton\\_s2007@ukr.net](mailto:anton_s2007@ukr.net)

*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України*

Задача знаходження  $m$ -вимірного вектора  $\beta$  параметрів моделі квантильної регресії за вибіркою  $(y_i, x_i)_{i=1}^n$  зазвичай формулюється як задача лінійного програмування і для її розв'язання застосовуються варіанти симплекс метода або метода внутрішніх точок. В [1] показано, що цю задачу можна сформулювати як задачу мінімізації штрафної функції такого вигляду:

$$\sum_{i=1}^n \rho_\tau(y_i - x_i' \beta) = \sum_{i=1}^n \max(\tau(y_i - x_i' \beta), -(1-\tau)(y_i - x_i' \beta)), \quad (1)$$

де  $\tau$  - значення квантилю. При  $\tau = 0.5$  отримуємо модель медіанної регресії.

Для мінімізації функції (1) можна застосовувати  $r$ -алгоритм [1]. Оскільки розмірність  $m$  вектора  $\beta$  може бути досить великою, розглянемо модифікацію  $r$ -алгоритму [2], яку можна використати для подібних задач.

На кожній ітерації  $r$ -алгоритму використовується матриця  $B_i$ , яка перераховується за наступною формулою:

$$B_{i+1} = B_i R_\beta(\xi_i) = B_i (I + (\beta - 1) \xi_i \xi_i^T), \quad (2)$$

де  $\xi_i$  – нормалізований вектор різниці 2 послідовних субградієнтів, а матриця  $R_\beta(\xi_i)$  задає оператор розтягу простору в напрямку  $\xi_i$ , що направлений на зменшення ступеню яружності функції. В [2] показано, що кількість арифметичних операцій в (2) можна зменшити, якщо у  $\xi_i$  залишити лише  $k < m$  найбільших за модулем елементів. Таким чином, оскільки нульові елементи в  $\xi_i$  не впливають на перерахунок  $B_i$ , кількість

---

<sup>2</sup> Робота підтримана CRDF Global (грант G-202102-68020)

операцій множення в (2) зменшується з  $2m^2 + m$  до  $2km + m$ . Значення  $k$  може бути вибраним наперед, або визначатись адаптивно під час роботи алгоритму [2].

Якщо при цьому матриця  $B_0$  буде одиничною матрицею і буде вибиратися один і той же фіксований набір  $k$  змінних, за якими визначаються ненульові елементи  $\xi_i$ , то отримаємо алгоритм, в якому оператор розтягу  $R_\beta(\xi_i)$  діє лише на відповідному  $k$ -вимірному підпросторі всього простору змінних. Це означає, що на кожній ітерації для матриці  $B_i$  в (2) будуть перераховуватись тільки одні і ті самі  $k^2$  елементів, тому, замість зберігання матриці  $B_i$  розміром  $m^2$  достатньо зберігати відповідну підматрицю розміром  $k^2$ .

На основі описаної модифікації можна створювати ефективні гібридні субградієнтні алгоритми, в яких на деякому підпросторі змінних застосовується  $r$ -алгоритм, а на доповненні до нього можна застосовувати, наприклад, один із варіантів алгоритму субградієнтного спуску з спеціальним вибором кроку у напрямку спуску.

Цей підхід може бути ефективним, якщо яружність функції визначається деяким підпростором змінних. Такі змінні можна спробувати ідентифікувати, наприклад, шляхом попереднього застосування алгоритму узагальненого градієнтного спуску на декількох ітераціях, і на основі чого вибрати ті змінні, відповідні компоненти субградієнтів яких змінювалися найбільше (мали найбільшу варіативність).

Наразі проводяться дослідження із застосування описаної модифікації  $r$ -алгоритму для мінімізації яружних штрафних функцій (1) з великими  $m$ .

#### Список літератури

1. Suprun A. Computational aspects of quantile regression. – Тези доповідей XVIII міжнародної науково-практичної конференції «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (MPZIS-2020)», м. Дніпро, 18-20 листопада 2020 р. Дніпро: ДНУ, 2020. С. 241–242.
2. Стецюк П.І., Жмуд О.О. Про прискорену реалізацію оператору розтягу простору // Питання прикладної математики і математичного моделювання. – Там же. С. 239–240.

## РЕЗУЛЬТАТИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ КОМБІНАТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ, ОТРИМАНИХ РІЗНИМИ ПІДХОДАМИ

Тимофієва Н.К., TymNad@gmail.com

МННЦ *ITiC НАН та МОН України*

**Вступ.** Наведено порівняння результатів розв'язання задач комбінаторної оптимізації, отриманих з використанням кореляційних методів або шляхом розпізнавання структури вхідної інформації [1]. Показано, що різні підходи впливають на точність результату та на швидкодію алгоритму.

**Постановка задачі.** Для знаходження оптимального розв'язку задач комбінаторної оптимізації уводиться цільова функція, завдяки якій оцінюється отриманий результат. Задача полягає в знаходженні такого способу його оцінки, який дає можливість знайти оптимальний (або допустимий) результат в реальному часі.

**Основна частина.** Задачі комбінаторної оптимізації розв'язуються, як правило, ітераційними методами та алгоритмами з частковим перебором варіантів; або методами та алгоритмами що ґрунтуються на розпізнаванні структури вхідної інформації [2]. Оцінюється оптимальний розв'язок за допомогою заданої формули (цільової функції). Вона моделюється по різному, відповідно отримані результати також відрізняються. Структура вхідної інформації в задачах цього класу, за якими знаходиться результат, безладна. Відповідно, для прийняття оптимального рішення часто використовують вирази, в яких ураховується їхня кореляція з аргументом цільової функції. Останню задають у явному вигляді, зокрема моделюють в рамках цілочислового лінійного програмування. В перебірних методах розв'язок, яким є аргумент цільової функції, визначається на певній ітерації випадково без урахування структури вхідних даних. Алгоритми, які ґрунтуються на таких методах, знаходять в реальному часі лише локальний оптимальний розв'язок, а глобальний оптимум визначається для

задач з невеликою розмірністю. В деяких класах задач внаслідок особливої структури множини комбінаторних конфігурації (аргументу цільової функції) виникає ситуація невизначеності, тому його знайти неможливо навіть повним перебором. Також, в задачах розпізнавання уводяться міри подібності, завдяки яким при виборі допустимого результату може виникати ситуація невизначеності.

Методами, в яких при розв'язанні певних задач розпізнається структура вхідної інформації, а не проводиться її кореляція з комбінаторною конфігурацією, оптимальний розв'язок для великих розмірностей знаходитьться в реальному часі. В цих методах комбінаторна конфігурація (аргумент цільової функції) будується в процесі розв'язання задачі при розпізнаванні елементів множини вхідних даних, що дозволяє їм працювати з величезною швидкодією. Аналіз евристичних алгоритмів, які використовуються при розпізнаванні образів, мовлення, кластерному аналізі, показує, що в них розпізнається структура вхідної інформації. При розв'язанні деяких задач штучного інтелекту – це єдино можливий підхід для знаходження допустимого розв'язку.

**Висновок.** Отже, оцінка оптимального результату в задачах комбінаторної оптимізації залежить від різних способів моделювання цільової функції та від методів розв'язання задач цього класу.

### **Бібліографічні посилання**

1. Тимофієва Н.К. Про деякі підходи до оцінки оптимального розв'язку задач комбінаторної оптимізації. *Системи керування та комп'ютери (УСiМ, Control systems & computers)*. 2019, №3(281). С. 3–13.
2. Тимофієва Н.К. Теоретико-числові методи розв'язання задач комбінаторної оптимізації. Автореф. дис... докт. техн. наук / Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ. – 2007. – 32 с.

## ЩОДО ПРОБЛЕМИ ВИБОРУ ІМПЛАНТАТУ КУЛЬШОВОГО СУГЛОБА

**Турчин В.М.**, vnturchyn@gmail.com, **Лоскутов О.Є.**, **Савинська О.Ю.**  
*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Під час встановлення імплантату кульшового суглоба імплантат має щільно прилягала до стінок каналу, при цьому, в каналі не повинно виникати критичних напружень.

У зв'язку з цим виникає задача вибору оптимального імплантату із заданого набору і критеріїв оптимального вибору.

Канал із встановленим імплантатом у прямій проекції зображений на рис. 1. Тонкою лінією зображені стінки каналу, жирною лінією – стінки імплантату. Точки на осі абсцис зображені вузли, у яких здіймаються заміри ширини  $a_{u,j}^{(k)}$   $u$ -го каналу у  $j$ -му вузлі ( $j = 1, 2, 3, \dots, 13$ ).

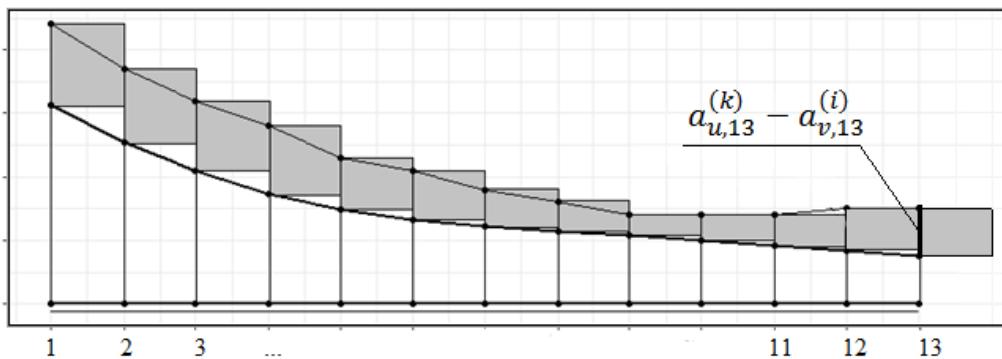


Рис. 1. Пряма проекція каналу зі встановленим імплантатом

Канал із встановленим імплантатом у бічній проекції зображенено на рис. 2. В ідеалі імплантат у бічній проекції має дотикатися каналу у трьох точках (див. рис. 2). Але зазвичай імплантат доводиться вибирати так, щоб відстань від точки С до стінки імплантату була мінімальною.

У якості кількісної характеристики щільності прилягання  $v$ -го імплантату до стінок  $u$ -го каналу у прямій проекції розглядається величина

$$S_s^{(u,v)} = \sum_{j=1}^n h(a_{u,j}^{(k)} - a_{v,j}^{(i)}),$$

де  $h$  – відстань між вузлами по вісі абсцис. Чисельно  $S_s^{(u,v)}$  дорівнює площі зафарбованої фігури зображененої на рис. 1. Імплантат вибирають так, щоб величина  $S_s^{(u,v)}$  набувала якомога меншого значення.

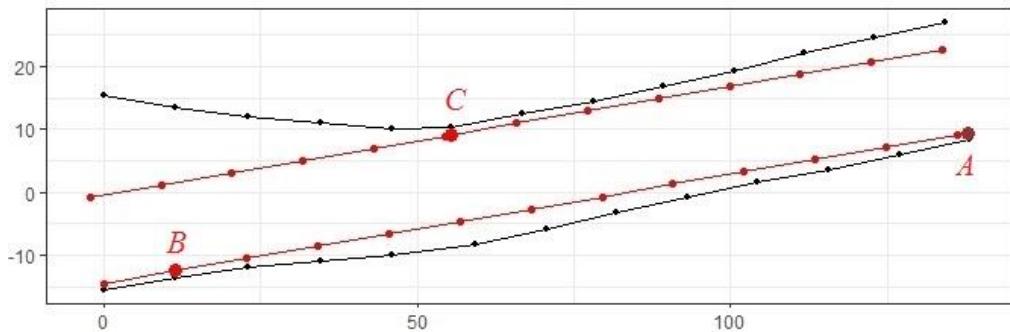


Рис. 2. Точки дотику імплантату стінок каналу у бічній проекції

### Література

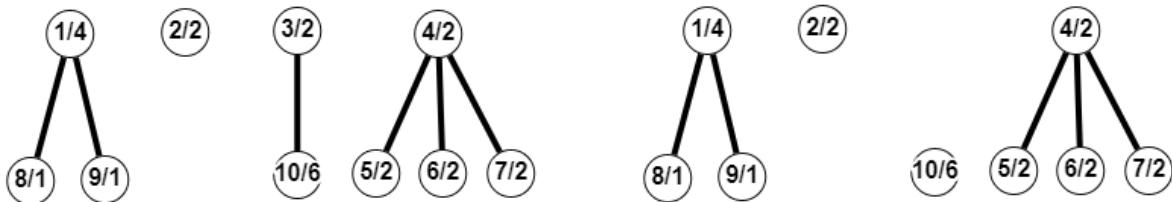
1. Эндопротезирование тазобедренного сустава: Моногр. / Под ред. проф. А.Е. Лоскутова. – Д.: Издательство ЛИРА, 2010. – 344 с.
2. Турчин В.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. – Д.: Издательство ЛИРА, 2020. – 752 с.

## АНОМАЛЬНІ ВИПАДКИ ПРИ УПОРЯДКУВАННІ ДЕРЕВОВИДНИХ СТРУКТУР

Турчина В.А., Челпанова О.О., chelpanovaolha@gmail.com  
*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара ([www.dnu.dp.ua](http://www.dnu.dp.ua))*

Для однієї з задач теорії упорядкування, яка в [1] позначена як  $S(G, h, l)$ , коли ширина упорядкування  $h$  задана, а довжина  $l$  мінімізується, виявилося, що зміна умов задачі, яка повинна була б покращувати розв'язок, призводить до погіршення значення цільової функції. Вперше на це звернув увагу Р. Л. Грехем [2], ввівши узагальнення задачі, що полягало у введенні в розгляд додаткової бажаної послідовності виконання робіт. Ці випадки він назвав аномаліями. У даній роботі наводяться нові неочікувані випадки, які також можна розглядати як аномальні, а саме: скорочення списку пріоритетів; зменшення кількості робіт.

Приклад 1. Задано граф  $G_1$  (рис.1), список пріоритетів  $L=(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10)$ ,  $h=3$ . Вага кожної вершини дорівнює  $\tau_i$ . Кожна вершина на рисунку позначається як « $i/\tau_i$ » («номер вершини/вага вершини»).



**Рис. 1. Граф  $G_1$**

**Рис. 2. Граф  $G'_1$**

Знайдемо оптимальне упорядкування (табл.1) та мінімальну довжину  $l$ .

**Оптимальне упорядкування для графа  $G_1$**       **Таблиця 1**

1	1	1	1	5	5	7	7
2	2	4	4	6	6	8	9
3	3	10	10	10	10	10	10

Довжина  $l=8$ .

Зменшимо список пріоритетів:  $L' = (1, 2, 4, 5)$ . Будуємо оптимальне упорядкування (табл. 2):

**Оптимальне упорядкування для графа  $G_1$  при  $L'$**  *Таблиця 2*

1	1	1	1	10	10	10	10	10	10
2	2	5	5	6	6	8			
4	4	3	3	7	7	9			

Довжина  $l=10$ , тобто зменшення кількості списку пріоритетності вершин призвело до збільшення загального часу виконання робіт.

Зменшимо кількість робіт. Розглянемо граф  $G'_1$  (рис.2),  $L'' = (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)$ . Інші вихідні умови залишаються без змін.

Знаходимо оптимальне упорядкування (табл. 3) та мінімальну довжину  $l$  для цього випадку.

**Оптимальне упорядкування для графа  $G'_1$**  *Таблиця 3*

1	1	1	1	7	7				
2	2	5	5	8	10	10	10	10	10
4	4	6	6	9					

Довжина  $l=11$ , тобто інтуїтивно вдале зменшення кількості робіт знову призвело до збільшення довжини оптимального упорядкування.

Виявлення подібних аномалій є важливим перш за все при розв'язанні практичних задач, що зводяться до задач паралельного упорядкування вершин оррафів. Оскільки, для незважених вхідних дерев існує точний алгоритм поліноміальної складності, то подальшої перевірки потребують випадки для зважених вхідних дерев.

#### Перелік використаних джерел

- Бурдюк В.Я. Алгоритмы параллельного упорядочения: Учебное пособие / В.Я. Бурдюк, В.А. Турчина. – Д.: ДГУ, 1985. – 84с.
- Graham R. L. Bounds on multiprocessing timing anomalies // SIAM J. Appl. Math., 1969. V. 17. P. 416–429.

## ВИКОРИСТАННЯ ІНВАРІАНТІВ ГРАФІВ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ІЗОМОРФІЗМУ

Турчина В.А., domanska@dlit.dp.ua, Доманська Т.М.

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

Одним з важливих напрямків розвитку прикладної теорії графів є дослідження структурної подібності (або структурної відмінності) графів, якими моделюються деякі прикладні задачі та об'єкти. На деякі питання, що стосуються цих властивостей, можна відповісти розв'язавши відповідну задачу встановлення ізоморфізму графів. Це одна з проблем, наведених в [1], складність якої залишається невирішеною.

На сьогоднішній день відсутнє доведення існування або відсутності поліноміального алгоритму для встановлення ізоморфізму графів в загальному випадку, оскільки ще точно не встановлено зв'язок між класами P та NP.

Перевірка ізоморфізму графів необхідна для відповіді на питання, чи є деякі структури, які моделюються заданими графами, принципово різними або вони є різними представниками однієї і тієї ж структури.

Відомо, що існує багато з'єднань органічної і неорганічної хімії, вивчення властивостей і структури яких дуже важливі для промислової, фармацевтичної та лабораторної хімії. Вивчення структури молекули речовини дає інформацію про її хімічні властивості. Окреслені молекулярні структури можна представити у вигляді графів, у яких атомам ставляться у відповідність вершини, а ребра відображають зв'язки між атомами.

Так наприклад, в хемоінформатиці часто виникає наступна задача: знайти в базі даних хімічні сполучення, що повністю є ідентичними за структурною формулою до деякої заданої молекули або такі сполучення, що подібні заданій молекулі за її структурною формулою. Тобто з'ясувати, чи ізоморфні відповідні графи.

Наведемо відомі означення ізоморфізму графів та інваріанті графа [2, с. 121].

Означення 1. Два графи  $G_1 = (V_1, E_1)$  та  $G_2 = (V_2, E_2)$  називаються ізоморфними, якщо існує біекція  $f: V_1 \rightarrow V_2$ , яка зберігає суміжність, тобто така, що для будь-яких двох вершин  $u$  та  $v$  графа  $G_1$  та їх образи  $f(u)$  та  $f(v)$  суміжні в графі  $G_2$  тоді й тільки тоді, коли  $u$  та  $v$  суміжні в графі  $G_1$ .

Означення 2. Інваріантом графа називається числовна величина (скалярна, векторна, матрична), що не змінюється при переході до ізоморфного графа.

З того факту, що інваріанти не співпадають, випливає неізоморфність графів. Але, якщовони співпадають, якможуть бути ізоморфними, так і неізоморфними.

В даній роботі розглянуто і проаналізовано наступні методи для встановлення ізоморфізму: матричний, жорданові форми матриць суміжності, евристичний алгоритм визначення конкретної послідовності перевірки інваріантів, побудова канонічного коду графу (що не залежить від порядку нумерації вершин). Алгоритми знаходження інваріантів графів та перевірки ізоморфізму програмно реалізовано мовою C#. Подальших досліджень потребують питання встановлення ізоморфізму орієнтованих графів та розробка відповідних методів.

### Список використаних джерел

1. **Garey M.R.** Computers and Intractability. A Guide to the Theory of NP-Completeness./Garey M.R., Johnson, D.S./W.H., Freeman and Company, New York.  
[https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPages.aspx?ReferenceID=2015495](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPages.aspx?ReferenceID=2015495)
2. **Іглін С.П.** Теорія графів. Лекції та варіанти індивідуальних домашніх завдань// Навчальний посібник.  
<http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/16461/1/GraphTheoryLectures.pdf>

## НАБЛИЖЕНИ АЛГОРИТМИ ДЛЯ ОДНОГО УЗАГАЛЬНЕННЯ ЗАДАЧІ ПАРАЛЕЛЬНОГО УПОРЯДКУВАННЯ

Турчина В.А., Лакеєва К. П., neska.lpa@gmail.com

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

Оптимальні задачі, що пов'язані з побудовою упорядкувань вершин орієнтованих графів вивчаються як вітчизняними так і закордонними дослідниками.

Вони представляють не лише теоретичний інтерес, а й мають застосування в тих прикладних сферах, які потребують при наявності обмежених ресурсів оптимального розподілу робіт, пов'язаних технологічними обмеженнями на порядок виконання.

В загальному випадку задача формулюється наступним чином.

Задано орієнтований граф  $G=\{V,U\}$  і величина  $h$  – ширина упорядкування. Необхідно так розподілити вершини на мінімальну кількість місць, щоб на кожному стояло не більше  $h$  вершин і при цьому якщо  $(i,j) \in U$ , то вершина  $i$  стоїть лівіше за вершину  $j$  [1].

Як відомо, ця задача є NP–складною. Точні алгоритми поліноміальної складності відомі лише для дуже вузького класу задач, зокрема, для випадку коли граф  $G$  - це кореневе дерево, або ліс, що складається з кореневих дерев, та для випадку, коли  $h=2$ . Тому виникає необхідність розробки наближених алгоритмів поліноміальної складності.

В даній роботі розглядається узагальнення задачі, що полягає в введенні додаткових обмежень на пріоритет при виконані завдань. Тобто, якщо для деяких вершин є альтернатива при виборі, то перевага надається вершинам з пріоритетом.

Для випадку паралельно-послідовних графів [2] і  $h=2$  запропоновано два наближені алгоритми, в яких реалізовано наступні ідеї.

Перший алгоритм заснований на ранжуванні максимальної пріоритетності вершин. Його суть полягає у тому, що на кожне місце

упорядкування заносяться не більше двох вершин, що мають шлях до вершини з найбільшою константою пріоритету на поточному кроці. Якщо на одне місце впорядкування неможливо поставити дві такі вершини, то ставимо вершину, що має шлях до вершини з наступною за величиною константою пріоритетності.

Специфіка другого алгоритму у тому, що на кожне місце впорядкування додається не більше двох вершин - одна вершина, що лежить на шляху до вершини з найбільшим пріоритетом (якщо таких декілька, то обирається ближча до джерела вершина), та друга, що має шлях до найближчої до джерела вершини з пріоритетом.

Запропоновані алгоритми використовуються для розв'язання задач паралельного упорядкування, пов'язаних з мінімізацією довжини.

Алгоритми програмно реалізовані мовою Python. Проведено обчислювальний експеримент, метою якого був порівняльний аналіз точності алгоритмів. Він показав, що можна виділити підкласи паралельно-послідовних графів, для яких кожний з алгоритмів дає кращий результат.

Подального дослідження потребують задачі, пов'язані з мінімізацією місць, на яких можна розташувати пріоритетні вершини.

### **Список використаних джерел**

1. **Бурдюк, В.Я.** Алгоритмы паралельного упорядочивания / В.Я.Бурдюк, В.А.Турчина.- Д. : ДГУ. – 1985. 84 с.
2. **Eppstein, D.** Parallel recognition of series-parallel graphs // Information and Computation. 1992. – Vol.98, – Issue 1, - pp.41-55.

## МОДЕЛЮВАННЯ ОБЕРТАЛЬНИХ ТЕЧІЙ РІДИНИ ПОБЛИЗУ ТВЕРДОЇ ПОВЕРХНІ

**Фахіров Д.В., fakhirov@gmail.com, Тонкошкур І.С.**

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

Обертальні течії в'язкої рідини широко використовуються в різних технологічних процесах і пристроях в хімічній, будівельній, харчовій та інших галузях промисловості. При цьому часто застосовуються реологічні складні рідини. В роботі розглядається задача про рух в'язкопластичної рідини поблизу диска, що обертається навколо своєї осі. Припускається, що течія рідини є стаціонарною та осесиметричною.

Задача розглядається в наближенні просторового примежового шару. Вводиться циліндрична система координат  $(r, \varphi, z)$ , що зв'язана з центром диска. Диференціальні рівняння імпульсу й нерозривності, які описують течію в'язкої рідини, мають вигляд

$$\begin{aligned} \rho \left( u \frac{\partial u}{\partial r} + w \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{v^2}{r} \right) &= \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z}, \quad \frac{\partial p}{\partial z} = 0, \\ \rho \left( u \frac{\partial v}{\partial r} + w \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{uv}{r} \right) &= \frac{\partial \tau_{z\varphi}}{\partial z}, \quad \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{u}{r} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \end{aligned}$$

де  $u, v, w$  – відповідно радіальна, окружна та осьова складові вектора швидкості,  $p$  – тиск,  $\rho$  – густина рідини,  $\tau_{rz}, \tau_{z\varphi}$  – компоненти тензора в'язких напруженень.

Система диференціальних рівнянь доповнюється реологічною моделлю в'язкопластичної рідини Шведова-Бінгама, що задає зв'язок між тензором напруження і тензором швидкостей деформацій. За крайові умови беруться умови «прилипання» (на поверхні диска) та умови незбуреності течії далеко від твердого тіла (при  $z \rightarrow \infty$ ).

Система рівнянь у частинних похідних за допомогою автомодельних змінних зводиться до системи звичайних диференціальних рівнянь. Для розв'язання спрощеної задачі використовується пакет Matlab.

## ПРО АЛГОРИТМИ ПОЗИЦІЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ В ЛОКАЛЬНІЙ МЕРЕЖІ

**Федій О.Д., aleksandra.fedii@gmail.com,**

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

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

При побудові моделі розташування об'єктів використовуються системи визначення розташування в режимі реального часу (Real Time Location System, RLTS) в залежності від поставленої задачі. Стратегія обрання необхідної системи залежить від обрання технології (або комбінації їх) та алгоритмів (множина вхідних та вихідних параметрів). У якості вхідного параметру можна обрати час прийому/відправлення сигналу, величину рівня сигналу, координати базових станцій у локальній мережі, швидкість та напрям рухомих станцій та інше. Модель можна розглядати як систему об'єктів на площині, де присутні шуми, сигнали від сторонніх об'єктів (завади). Позиціювання статичного/рухомого об'єкту у системі здійснюється алгоритмами двох типів: базовими та оптимізаційними. При виборі алгоритму необхідно приділяти увагу таким основним критеріям, як незалежність від попередніх вимірювань, відхилення отриманих результатів від реальних, обчислювальна складність. Алгоритми триангуляції (*Angle of Arrival – AoA*), трилатерації (*Time of Arrival – ToA*, *Two-Way Ranging – TWR*, *Received Signal Strength Indication – RSSI*, *Time Difference of Arrival – TdoA*) відрізняються набором вхідних параметрів для обчислення координат об'єкта у визначеній системі позиціювання. Алгоритм пеленгації (*Angle of Departure – AoD*) призначений для пошуку шляху. У специфікації Bluetooth (v.5.1) використовують RSSI для оцінки відстані між двома пристроями та додано додаткову можливість визначення напрямку сигналу.

### Бібліографічні посилання

1. RealTrac Technologies. Методы локального позиционирования [Электронный ресурс] // URL: (<https://habr.com/ru/company/realtrac/blog/301706/>)

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ МЕРЕЖЕВИХ ДАНИХ

Філат О.А., [filat\\_o@fpm.dnu.edu.ua](mailto:filat_o@fpm.dnu.edu.ua), Тонкошкур І.С.

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

Однією з важливих проблем безпеки мережі є ризики, пов'язані з її широкою доступністю. Найпоширеніша загроза – несанкціонованого доступу до мережі – це DDoS (Distributed Denial of Service)-атаки [1]. Цей тип атак може спричинити унеможливлення доступу до будь-якої служби мережі або мережі в цілому, послабити її пропускну здатність. DDoS-атаки на сьогодні не вимагають особливих знань у галузі інформаційних технологій. Таким чином, реалізацію подібних атак можна провести за невеликий проміжок часу та на базі вже готових програм, розроблених зловмисниками. Тому надзвичайно важливо постійно бути в курсі існуючих загроз та можливих варіантів щодо їх запобіганню з метою забезпечення безпеки цільової системи, наприклад, веб-сайту або певного додатку.

Методи аналізу даних дають змогу розрізняти нормальні і аномальні трафік ефективно і з високим рівнем точності. У цій роботі з метою виявлення DDoS-атак запропоновано застосування методів кластеризації, такі як алгоритм EM-кластеризації, K-середніх, CLARA, PAM, WaveCluster.

Для проведення аналізу набір даних  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$  повинен складатись з  $n$  елементів (кількість сесій трафіку). Кожна сесія трафіку повинна описуватися як  $m$ -вимірна точка в евклідовому просторі  $x_i : x_i = (x_{i1}, \dots, x_{im})$ . Мета полягає в тому, щоб розділити сеанси трафіку, тобто набір даних  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ , на  $K$  кластерів:  $C = \{C_1, \dots, C_k\}$ . При цьому:

- 1) У кожному кластері повинна бути щонайменше одна точка;
- 2) Два різні кластери не повинні мати спільних елементів;
- 3) Кожна точка має належати до якогось кластеру;

Набір даних містить два види трафіку, які є DDoS-атаками та звичайним трафіком. Крім того, трафік DDoS може отримати доступ до мережі і визначатися як нормальній. Тому головним завданням є отримання більш точних результатів і загалом запобігання DDoS-атакам. Одним із наборів даних, який досліджується в межах даної роботи, є дані, які збирилися DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) протягом 9 тижнів в імітованій мережі. Збір даних складається з 4 частин і включає до себе 41 ознаку, що становить близько 5 мільйонів пакетів трафіку обсягом 4 Гб. Okрім звичайного трафіку серед даних наявні 6 видів DDoS-атак.

У запропонованій роботі розроблено програмне забезпечення для кластеризації даних методом K-середніх. Кластеризація проводиться як за вихідними, так і за стандартизованими та нормалізованими даними. Аналіз указаних вище даних показав, що дані Smurf DDoS-атак були подібними до звичайного трафіку і точність їх виявлення суттєво залежить від кількості обраних кластерів. При збільшенні кількості кластерів вдається одержати більш точний результат.

1. Neustar Research Shows A DDoS Attack ... [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.home.neustar/about-us/news-room/press-releases/2017/dDoS2017>.

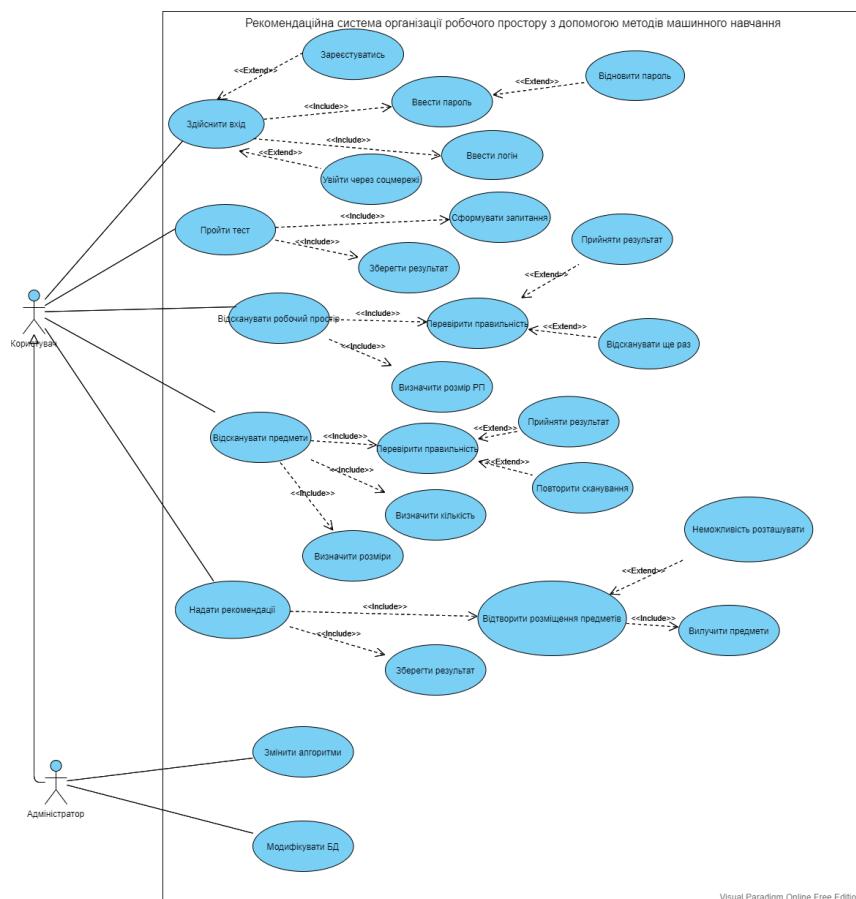
## **РЕКОМЕНДАЦІЙНА СИСТЕМА ВПОРЯДКУВАННЯ РОБОЧОГО ПРОСТОРУ З ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ**

**Хавренко А. В., [khavrenko99@gmail.com](mailto:khavrenko99@gmail.com),**  
**Басюк Т. М., [taras.m.basyuk@lpnu.ua](mailto:taras.m.basyuk@lpnu.ua)**  
*НУ «Львівська політехніка»*

Всі люди стикаються в своєму житті з організацією простору – робочого чи домашнього. Враховуючи останні події в світі, що змусили більшість працювати з дому, домашній простір став робочим і для того, щоб бути ефективним та не потрапляти в прокрастинацію – грамотна організація простору стає все більш важливою. Проте, не всім вдається легко організувати свій простір, оскільки не кожен має розвинене просторове уявлення та креативне мислення, що відіграє важливу роль в даному процесі. Чимало інформації по впорядкуванню речей можна знайти в мережі інтернет, проте зазначені рекомендації стосуються загальних тенденцій та відомих трендів, що не завжди є актуальними для широкого кола користувачів. З огляду на те, в процесі дослідження визначені такі основні проблеми, з яким стикаються більшість користувачів: значна витрата часу; розуміння, що є недостатній рівень креативності та просторового бачення; небажання «розбиратись» у всіх тонкощах організації простору.

Основним завданням дослідження стала розробка системи із надання рекомендацій щодо організації робочого простору з метою досягнення потреб користувачів. Актуальність розробки системи, ще більше зростає для людей, які працюють з дому у зв'язку з пандемією Covid19 і знаходяться в напружені чи стресі, одним з чинників якого може стати організація робочого простору [1]. Також застосунок буде корисним для офісних працівників, яким важливо мати «організований простір» для підвищення ефективності роботи [2].

На початковому етапі роботи, було здійснено проектування системи з використанням об'єктно-орієнтованого підходу. Основна функціональність системи представлена у вигляді діаграми варіантів використання (Рис.1).



*Рис.1.Діаграма віріантів використання*

Як видно з діаграми, для того, щоб надавати певні рекомендації, система спочатку збиратиме всі вхідні дані, опрацьовуватиме їх та формуватиме логічні висновки. У разі неможливості досягнення значень поставлених критеріїв, здійснюватиметься модифікація останніх в допустимих межах.

1. Why an Organized Home Can Be an Effective Stress Management Tool *Verywell mind*: веб-сайт URL: <https://www.verywellmind.com/why-an-organized-home-aids-relaxation-3144742> (дата звернення 22.09.2021)
2. The Relationship Between Mental Health and Cleaning. *Verywell mind* : веб-сайт URL: <https://www.verywellmind.com/how-mental-health-and-cleaning-are-connected-5097496> (дата звернення 22.09.2021)

# AN INTELLIGENT INFORMATION DECISION SUPPORT SYSTEM OF COVID-19 EPIDEMIC PROCESS MONITORING

**Chumachenko D.I.**, dichumachenko@gmail.com

**Yakovlev S.V.**, svsyak7@gmail.com

*National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”*

The global COVID-19 pandemic has shown the world that it is not ready for challenges of this magnitude. Changes affect the evolution of the epidemic process and should be taken into account when carrying out measures aimed at curbing the spread of infections among the population. The aim of the research is to develop intelligent information system to provide necessary information about COVID-19 epidemic process for effective decision making on control anti-epidemic measures.

Methods and models used for decision making during pandemic mostly based on compartment approach and uses systems of differential equations to describe the epidemic process dynamics. The main drawbacks of that methods are their high complexity and low accuracy. Also, that models could not take into account the intelligent nature of human interaction.

The most accurate epidemic process forecasting approach is machine learning. The main drawback of it is that the forecast is provided by “black box”, so it is impossible to investigate factors influencing the epidemic process dynamics.

To eliminate limitations of existing methods the proposed model consists of ensemble of an agent-based and machine learning model. With agent-based approach it is possible to found out factors influencing the morbidity dynamics and to provide an experimental study to assess the effectiveness of possible control measures. Simulation of population dynamics which include social factors, knowledge bases, and intelligent cooperation of agents in conditions of uncertainty leads to accuracy decreasing. To adjust the agent-based model we used machine learning model. For forecasting, a neural network was built with 6

pairs of layers Dense with an activation function ReLu and 64 neurons, a layer Dropout and the last layer Dense with one output, RMSProp method as optimizer and Mean Squared Error as error function. Verification of the developed ensemble model is carried out on the basis of real statistical data on morbidity in Ukraine provided by Center of Public Health of Ministry of Health of Ukraine.

Thus, the intelligent information decision support system for epidemic process monitoring involves the creation of the following scientific and scientific-technical products: models and methods of machine learning for the analysis of epidemic processes; agent-based models of epidemic processes; methods of intelligent interaction of objects of agent-based systems of population dynamics with an epidemic nature; models and methods for predicting the dynamics of infectious morbidity; bank of models of dynamics of epidemic processes and methods of epidemiological diagnostics; methods for assessing the information content of factors affecting the epidemic process; methods for assessing the effectiveness of strategies for managing epidemic processes; infrastructure and architecture of epidemiological data warehouses; functional model of the decision support system in the field of biosafety; specification of an intelligent information system for decision support in the field of biosafety; intelligent information system for decision-making support in the field of biosafety; documentation of an intelligent information system for decision support in the field of biosafety.

The results of the study can be used to scientifically substantiate a complex of preventive and anti-epidemic measures for COVID-19 and other infections, taking into account the current socio-economic, ecological and epidemiological situation.

The study was funded by the National Research Foundation of Ukraine in the framework of the research project 2020.02/0404 on the topic “Development of intelligent technologies for assessing the epidemic situation to support decision-making in the population biosafety management”.

## МЕТОДИ УЗГОДЖЕННЯ ВНУТРІШНІХ ТА ЗОВНІШНІХ ПОКАЗНИКІВ ВИРОБУ В ЗАДАЧАХ ФОРМУВАННЯ МНОЖИНІ ПАРЕТО

**Шарапов Є.О.**, vamdemonsteeve@gmail.com  
*Інститут Прикладного Системного Аналізу КПІ імені Ігоря  
Сікорського*

На сьогоднішній день при моделюванні складних систем проектувальники все частіше стикаються із необхідністю знаходження невідомих взаємозалежностей між зовнішніми (області значення) і внутрішніми (області визначення) показниками виробу при апріорно відомих обмеженнях на показники зовнішнього впливу щодо раціонального вибору параметрів і подальшого узгодження діапазонів змін цих показників. Під внутрішніми показниками дослідник розуміє величини, що приймаються як дані, які визначають область визначення виробу, що проєктується. Це його геометричні, фізико-механічні, технічні характеристики та ін. Наприклад, до таких показників можуть належати розміри керуючих деталей певного механізму, площі поверхонь взаємодії. Такі величини встановлюють відображення до простору **виходів** зовнішніх характеристик, наприклад, за такі можна прийняти потужність двигуна чи довгостроковість роботи механізму.

Мета цієї роботи – сформувати множину Парето з урахуванням раціонального узгодження множини внутрішніх показників з множиною зовнішніх характеристик виробу за умови, що апріорно невідомо, чи існує множина можливих компромісів суперечливих цілей.

Множина, що формується, містить невизначеності цілей розробки, перспектив конкурентоспроможності виробу, зміни ринків попиту та збути, активної протидії конкурентів, а також ситуаційну невизначеність ризиків у процесі розробки, виробництва, збути та експлуатації виробу. Разом з тим, при вирішенні реальних завдань, зокрема, на початковому етапі формування концепції та задуму складних виробів нової техніки,

відома лише неповна, різнорідна, вихідна інформація, а саме: емпіричні дані, експертні оцінки, апріорна інформація про аналоги та прототипи, деякі відомості про призначення та якісні показники виробу, стандартні обмеження та дані, що характеризують умови виробництва та експлуатації ін. зазначеної множини різнорідних невизначеностей [1].

Сучасні задачі такого роду знаходять переважне використання в таких задачах, як, наприклад, проектування складних комп'ютерних мереж, автоматичне керування та багато інших. Серед таких систем окремо будемо виділяти кібернетичні системи, що передбачають тісну взаємодію між фізичною складовою та хмарним середовищем, в якому відбувається конкретне прийняття рішень, зберігаються, обробляються та аналізуються дані [2].

Методи, що пропонуються в роботі, передбачають попереднє моделювання невідомих функціональних залежностей на основі апарату глибоких нейронних мереж та подальшого постаналізу отриманих функцій регресії з використанням низки різних методів, серед яких методи зведення задачі до задачі лінійного програмування, методи, що використовують наближення невідомої заздалегідь константи Ліпшиця та, нарешті, побудови архітектури окремої нейронної мережі, що має за мету встановлення відповідності між точкою із області визначення та допустимою шириною околу.

1. Панкратова Н.Д. Системная оптимизация конструктивных элементов современной техники // Кибернетика и системный анализ. — 2001, №3. — С.119—131.
2. Pankratova, N., Maistrenko, O., Maslianko, P.: System definition of the business/enterprise model. In: P. Herrero, H. Panetto, R. Meersman, T. Dillon (eds.) On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2012 Workshops, Lecture Notes in Computer Science, vol. 7567, pp. 134-143. Springer Berlin / Heidelberg (2012).

## ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ВІДНОВЛЕННЯ КУСКОВО-ЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЇ З ОДНИМ ВУЗЛОМ

Шеремет В.С., [valerasheremet96@gmail.com](mailto:valerasheremet96@gmail.com)

Мацуга О.М., [olga.matsuga@gmail.com](mailto:olga.matsuga@gmail.com)

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

Задача відновлення регресії постає в найрізноманітніших прикладних областях, коли виникає потреба у відшуканні певної залежності між змінними. З метою відновлення більш адекватних моделей у розгляд вводять кусково-регресійні моделі [1]. Мета даної роботи полягала у дослідженні алгоритмів відновлення кусково-лінійної регресії з одним вузлом.

Класичний алгоритм відновлення такої моделі передбачає, що вузол склеювання співпадає з однією з варіант, і для знаходження оцінки вузла перебирають усі варіанти. За кожного фіксованого вузла оцінки інших параметрів визначають з умови мінімуму залишкової дисперсії [1].

У роботі [2] запропоновано більш швидкі програмні реалізації цього алгоритму. Дана робота присвячена їх порівняльному аналізу. Перша реалізація полягає у попередньому підрахунку усіх сум, які потрібні для оцінювання параметрів моделі за фіксованого вузла. Це дозволяє відкинути непотрібні проходження вибіркою, які інакше потрібно було б виконувати для кожного фіксованого вузла. Друга реалізація передбачає знаходження вузла не шляхом перебору усіх варіантів вибірки, а на основі методу оптимізації, наприклад, поділу навпіл.

Класичний алгоритм та дві його модифікації було програмно реалізовано на мові C# з використанням фреймворку .NET Core.

Розроблене програмне забезпечення було використано для проведення обчислюваного експерименту, суть якого у наступному. Було використано обсяги по 1000, 10000, 50000 елементів. Для кожного з них було згенеровано 100 вибірок зазначеного обсягу зі співпадаючими параметрами. Вузол кожного разу обирається як центральний елемент. На

кожній вибірці було запущено стандартну реалізацію алгоритму та дві модифікації. Усі запуски проводилися в одинакових середовищах, а усереднений час у мілісекундах подано у таблиці 1.

Таблиця 1

## Результати обчислювального експерименту

Кількість елементів у вибірці	Стандартна реалізація	Модифікація 1	Модифікація 2
1000	~162 мс	~7 мс	~5 мс
10000	~17691 мс	~13 мс	~8 мс
50000	~408414 мс	~51 мс	~12 мс

Результати обчислювального експерименту свідчать, що запропоновані модифікації працюють значно швидше за стандартну реалізацію. При цьому друга модифікація, що базується на використанні методу оптимізації для відшукання вузла, дає кращі результати зі зростанням обсягів даних.

## Список використаних джерел

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. Алгоритми відновлення кусково-лінійної регресії з одним вузлом та їх програмна реалізація. *Проблеми прикладної математики та інформаційних технологій*: тези доповідей конференції за підсумками науково-дослідної роботи Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара за 2020 рік. Дніпро: ДНУ, 2021. С. 12-13.

## **ISSUES OF COMPUTER NETWORKS PROTECTION**

**Юрченко Ю.Ю.**, yura253245@gmail.com

*Київський національний торговельно-економічний університет*

The advent of local and global data networks given computer users new opportunities for the rapid exchange of information. Security threat means a possible danger (potential or actual) of committing any act (action or omission) directed against the object of protection (information resources), causing harm to the owner or user, which is manifested in the danger of distortion, disclosure or loss information. The realization of the threat will be called an attack.

Realization of this or that security threat can pursue the following purposes:

- breach of confidentiality of information. information stored and processed in the corporate network can be of great value to its owner. Its use by other persons causes significant damage to the interests of the owner;
- violation (partial or complete) of the corporate network (availability violation).

Today there is no ready-made, well-established universal methodology, following which it is possible to automatically carry out a full range of measures to develop and create a corporate network. This is primarily due to the fact that no two organizations are exactly alike. In particular, each organization is characterized by a unique leadership style, hierarchy, business culture. Before starting to build a corporate network, it is necessary to first determine its structure, functional and logical organization and take into account the existing telecommunications infrastructure. The structure of the network is the basis of the technical task for creating a network. It should be noted that the structure of the network differs from the network design in that it, for example, does not define the exact schematic diagram of the network and does not regulate the location of network components. The structure of the network, for example, determines whether some parts of the network will be based on Frame Relay, ISDN or other technologies. The network design must contain specific

instructions and parameter estimates, such as the required bandwidth value, the actual bandwidth, the exact location of the communication channels, etc. In the structure of the network there are three aspects, three logical components: the principles of construction, network templates and technical positions. The principles of construction are used in network planning and decision making. Principles are a set of simple instructions that describe in sufficient detail all the issues of building and operating a network deployment over a long period of time. As a rule, the basis for the formation of principles are corporate goals and basic methods of doing business of the organization. The principles provide the primary link between corporate development strategy and network technology. They are used to develop technical positions and network templates. When developing a technical task for the network, the principles of building a network architecture are set out in the section that defines the overall objectives of the network. The technical position can be considered as a target description that determines the choice between competing alternative network technologies. The technical position specifies the parameters of the selected technology and gives a description of a single device, method, protocol, service provided, etc. The number of technical positions is determined by a given degree of detail, the complexity of the network and the scale of the organization [2].

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Таненбаум Е., Уезеролл Д. Комп'ютерні мережі. 5-е вид. - СПб.: Пітер, 2012. - 960 с.
2. Оліфер В. Г., Оліфер Н. А. Комп'ютерні мережі. Принципи, технології, протоколи: Ювілейне видання. - СПб.: Пітер, 2020. - 1008 с

## БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ЗАДАЧА КОМПОНУВАННЯ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ПОРОЖНИН У 3D ОБ'ЄКТАХ В АДИТИВНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

**Яськов Г., Романова Т., Чугай А., Шеховцов С.**

yaskov@ipmach.kharkov.ua, tarom27@yahoo.com

*Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАНУ*

Одним з найважливіших напрямів сучасного машинобудування є зниження ваги за збереження специфічних характеристик конструкцій, що проєктуються. Такі проблеми з суперечливими критеріями пов'язані з прийняттям рішень у задачах оптимізації топології виробів для аддитивного виробництва (3D-друку). Методи оптимізації топології для пошуку найкращих параметрів конструкції дають змогу знизити вагу та залишити міцнісні характеристики виробу [1,2]. У статті [3] розглянуто двохкритеріальну математичну модель оптимізації топології деталей. Однак запропонована математична модель не враховує можливість оптимізації за механічним навантаженням.

У цій роботі запропоновано багатокритеріальну математичну модель задачі оптимізації топології виробів через генерацію порожнин. Як критерії якості розглянуто масу виробу, яка пропорційна об'єму порожнин, максимальне механічне навантаження та відхилення від центру мас.

Розглянуто таку задачу компонування 3D об'єктів. Нехай задано набір геометричних об'єктів (порожнин) довільної просторової форми та незв'язну багатогранну множину

$$P = \bigcup_{l \in I_p} P_l, \quad P_l \subset P_0, \quad l \in I_p, \quad P_l \cap P_j = \emptyset, \quad l < j \in I_p = \{1, 2, \dots, n_P\},$$

де  $P_0$  – багатогранник,  $P_l$ ,  $l \in I_p$  – опуклі багатогранники.

*Задача генерації порожнин.* Розмістити заданий набір об'єктів у множині  $P$  з урахуванням допустимих відстаней між об'єктами таким чином, щоб критерії якості досягали найліпших значень.

Сформулюємо математичну модель задачі генерації порожнин як багатокритеріальну задачу

$$\max_{\omega \in W} \{\kappa_1(\omega), -\kappa_2(\omega), -\kappa_3(\omega)\},$$

де  $\omega$  – вектор змінних метричних характеристик та параметрів розміщення геометричних об'єктів;  $\kappa_1(\omega)$  – сумарний об'єм порожнин;  $\kappa_2(\omega)$  – максимальне механічне навантаження;  $\kappa_3(\omega)$  – відхилення центру мас системи порожнін від заданої точки;  $W$  – область допустимих розв'язків, яка задає умови розміщення геометричних об'єктів у множині  $P$ , умови ненакладання об'єктів, а також допустимі значення критеріїв якості.

Запропоновано стратегію розв'язання задачі, яка включає два основних етапи: 1) пошук множини локальних максимумів функції  $\kappa_1(\omega)$  за методом мультистарту; 2) визначення на отриманій множині локальних максимумів точки максимуму функції

$$\chi(\omega) = a_1\kappa_1(\omega) - a_2\kappa_2(\omega) - a_3\kappa_3(\omega), \quad a_1 + a_2 + a_3 = 1, \quad 0 \leq a_i \leq 1, \quad i = 1, 2, 3,$$

яка задовольняє допустимі значення критеріїв  $\kappa_2(\omega)$  та  $\kappa_3(\omega)$ . Наведено результати обчислювальних експериментів.

1. T. Romanova, Y. Stoyan, A. Pankratov, I. Litvinchev, I. Yanchevsky, I. Mozgova. Optimal Packing in Additive Manufacturing. IFAC-PapersOnLine. Vol. 52. 2019. P. 2758–2763. Available at <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.625>.
2. I. Yanchevskyi, R. Lachmayer, I. Mozgova, R-B. Lippert, G. Yaskov, T. Romanova, I. Litvinchev, Circular packing for support-free structures, EAI Endorsed Transactions. 2020. Available at <https://doi.org/10.4108/eai.13-7-2018.164561>.
3. G. Yaskov, A. Chugay, T. Romanova, S. Shekhovtsov. Bi-objective Circular-Hole Based Topology Optimization Problem in Additive Manufacturing. Proc. of the Fourth International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2021), Zaporizhzhia, Ukraine, April 27, 2021. Ed S. Subbotin, Workshop Proceedings. Vol. 2864. 2021. P. 434–444. Available at <http://ceur-ws.org/Vol-2864/paper38.pdf>.

## ЗМІСТ

<b>1.</b> <b>Антоненко С.В., Лєсной В.І.</b> ВИБІР НАЙКРАЩОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ШВІДКОГО СТВОРЕННЯ ПРОТОТИПУ	3
<b>2.</b> <b>Антонюк В.А., Сидорова М.Г.</b> ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У РОЗРОБЦІ ВЛАСНОГО ДОДАТКУ	5
<b>3.</b> <b>Байбуз О.Г., Корочанський С.С.</b> ПРОГНОЗ ЦУНАМІ НА ОСНОВІ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПОБУДОВАНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ АНАЛІЗУ ХВИЛЬОВИХ РУХІВ РІДИНИ	7
<b>4.</b> <b>Bardadym T.O., Osypenko S.P.</b> NUMERICAL EXPERIMENT WITH BIOMEDICAL APPLICATION IN CLUSTER AND CLOUD ENVIRONMENT	8
<b>5.</b> <b>Бердник М. Г.</b> МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ І МЕТОД РОЗВ'ЯЗАННЯ КРАЙОВОЇ ЗАДАЧІ НЕЙМАНА ТЕПЛООБМІНУ ДЛЯ ДВОЗВ'ЯЗНОЇ ОБЛАСТІ ПРИ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОМУ ЗВАРЮВАННІ	10
<b>6.</b> <b>Березін В.</b> БАГАТОКРОКОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ РЯДІВ, ЩО ПОРОДЖЕНИ СИСТЕМОЮ ІЗ ПАРАМЕТРАМИ, ЯКІ ПРИЗВОДЯТЬ ДО ЧАСТКОВО ПЕРЕДБАЧУВАНОГО ХАОСУ	12
<b>7.</b> <b>Березін В.</b> КЛАСИФІКАЦІЯ ТА АНАЛІЗ СУЧASНИХ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ	14
<b>8.</b> <b>Білоус О.В., Золотъко К.Є.</b> МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИСТОСТІ	16
<b>9.</b> <b>Blyuss O., Sushentsev N., Zaikin A.</b> NETWORK ANALYSIS FOR PREDICTING COVID-19 OUTCOMES	18
<b>10.</b> <b>Божуха Д. І., Надригайлло Т. Ж.</b> ПРО МЕТОДИ ТА ПІДХОДИ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ АРХІТЕКТУРИ ПЛАТФОРМИ ХМАРНИХ Обчислень	20
<b>11.</b> <b>Болдирев Д.О., Молодець Б.В., Булана Т.М.</b> РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ДОДАТКУ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПЕРЕНЕСЕННЯ ЗАБРУДНЕЛЬ У ДВОВИМІРНОМУ ПРОСТОРІ	21
<b>12.</b> <b>Бондаренко Я.С.</b> ВИЯВЛЕННЯ СТАТИСТИЧНО ЗНАЧУЩИХ ВІДМІННОСТЕЙ В РІВНЯХ ЕКСПРЕСІЙ ГЕНІВ ХВОРИХ НА БРОНХІАЛЬНУ АСТМУ	23
<b>13.</b> <b>Борисенко А.Г., Книш Л.І.</b> РОЗРОБКА 3D МОДЕЛІ ПЕРЕНОСУ В ТЕПЛОПРИЙМАЛЬНОМУ КАНАЛІ З НАНОРІДИНОЮ	27
<b>14.</b> <b>Бузовський Є.О., Божуха Л.М.</b> СЕГМЕНТАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ ТА ГРУПУВАННЯ СЕГМЕНТІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ СТИСНЕННЯ НАБОРУ PNG ЗОБРАЖЕНЬ	29
<b>15.</b> <b>Гарт Л.Л., Крупський С.Л., Ящечко Н.Є.</b> ЗАСТОСУВАННЯ ПРЯМОГО І НЕПРЯМОГО МЕТОДІВ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ЛІНІЙНОЮ СИСТЕМОЮ	30
<b>16.</b> <b>Гарт Л.Л., Сіряк А.Ю.</b> ПРО НАБЛИЖЕНИ АЛГОРИТМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ	33

17.	Гарт Л.Л., Фещенко М.С. ПРО СІТКОВІ АЛГОРИТМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ СТАЦІОНАРНИМ ТЕПЛОВИМ ПРОЦЕСОМ	36
18.	Гарт Л.Л., Щербаченко Є.О. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІТЕРАЦІЙНИХ МЕТОДІВ ВІДШУКАННЯ СПЕКТРУ ІНТЕГРАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА	39
19.	Гарькавський І.В., Книш Л.І. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЕНЕРГОПЕРЕНОСУ В НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОМУ ТЕПЛОВОМУ АКУМУЛЯТОРІ ФАХОВОГО ПЕРЕХОДУ «ТВЕРДЕ ТІЛО – РІДИНА»	42
20.	Гіль М. І., Пацук В. М. ЗАСТОСУВАННЯ РНІ-ФУНКЦІЙ ТА КВАЗІ-РНІ-ФУНКЦІЙ 2D-ОБ'ЄКТІВ, ОБМЕЖЕНИХ КАНОНІЧНИМИ КРИВИМИ 2-ГО ПОРЯДКУ, ДЛЯ ДЕЯКИХ ЗАДАЧ РОЗМІЩЕННЯ	44
21.	Годес Ю. Я., Холоша І. І. МОДЕлювання контурного руху у середовищі, що чинить опір	46
22.	Гончаров Я.А., Зайцев В.Г. ПРО ПРОБЛЕМИ РЕКОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМ ЗДР ЗА ДОПОМОГОЮ ЧАСОВИХ РЯДІВ ДЛЯ ДАНИХ ЕЕГ	48
23.	Горяний В.Д., Бойко Л.Т. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ БДЖОЛИНОГО РОЮ ДЛЯ ЗАДАЧ ГЛОБАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ	50
24.	Гук Н.А., Диханов С.В. ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ВЕБ-САЙТУ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ СТРУКТУРИ ТА СТИЛЮ СТОРІНОК	52
25.	Гулий Т.О. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ НЕЙРОННИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ТА НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ПРЯМОГО ПОШIРЕННЯ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ	54
26.	Дацюк Є.Е., Матей А.А., Стецюк П.І. ЗАДАЧА ЛІНІЙНОГО ЦЛОЧИСЛОВОГО ПРОГРАМУВАННЯ ДЛЯ РОЗПОДІЛУ КАМЕНІВ НА ДВІ КУПИ РІВНОЇ ВАГИ	56
27.	Денисов М.К. РОЗПІЗНАВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ НОМЕРІВ ЗАСОБАМИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	58
28.	Dzhenkova M.M., Chernytska O.V. ANALYSIS OF REVIEW TEXTS USING FUZZY LOGIC	60
29.	Дзюба Д.Ю., Дмитроца Л.П. ЦИФРОВА ЛІКАРНЯ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ	62
30.	Дзюба С.В., Кругліков Д.Г. АНАЛІЗ ВУЗЛІВ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ ТА МАГІСТРАЛЬНИХ НАПРЯМКІВ МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ В ЛОГІСТИЦІ ГЕОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ	64
31.	Долотов I.O., Гук Н.А. АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ АЛГОРИТМУ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ WEB-ГРАФУ	67
32.	Дорожко В.В., Сердюк М.Є. МОДЕлювання реалістичних зображень атмосферних явищ в додатках комп'ютерної графіки	69
33.	Дробахін О.О., Олевський О.В. СЕГМЕНТНИЙ ПІДХІД ДО РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДУ ПРОНІ	71
34.	Євлаков В.І., Гук Н.А. ЗАСТОСУВАННЯ ЛАНЦЮГІВ МАРКОВА ДЛЯ ПОБУДОВИ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ	73

<b>35.</b>	<b>Єгошкін Д. І., Гук Н. А. ПЕРЕВІРКА КОРЕКТНОСТІ БАЗИ ЗНАНЬ ТА АДЕКВАТНОСТІ НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ</b>	<b>75</b>
<b>36.</b>	<b>Жушман В.В., Зайцева Т.А. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ТІЛ СКЛАДНОЇ ФОРМИ З ПРУЖНИМ ПІВПРОСТОРОМ</b>	<b>77</b>
<b>37.</b>	<b>Зайцева Т.А., Тирса І.А., Фридман О.Д., Шишканова Г.А. РОЗРОБКА МОДЕЛІ РЕЙТИНГУ «СТУДЕНТ – ОЧИМА ВИКЛАДАЧА»</b>	<b>78</b>
<b>38.</b>	<b>Інкін О. А. МЕТОДИ ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЧНИХ СИГНАЛІВ</b>	<b>80</b>
<b>39.</b>	<b>Калашніков А.С., Степанова Н.І. АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ МІКРОСЕРВІСНИХ ПЛАТФОРМ</b>	<b>81</b>
<b>40.</b>	<b>Карпов І.А., Антоненко С.В. МЕТРИКИ ОЦІНЮВАННЯ РОБОТИ АЛГОРИТMU АНАЛІЗУ ЕМОЦІЙНОГО ОКРАСУ ТЕКСТУ</b>	<b>83</b>
<b>41.</b>	<b>Кісельова О.М., Кузенков О.О. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРІОДИЧНИХ ПРОЦЕСІВ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ COVID-19 У ДНІПРОПЕТРОВСЬКІЙ ОБЛАСТІ</b>	<b>84</b>
<b>42.</b>	<b>Кісельова О.М., Притоманова О.М., Дон Я.Б. ПРОГНОЗУВАННЯ НА ОСНОВІ НЕЧІТКИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ</b>	<b>85</b>
<b>43.</b>	<b>Кісельова О.М., Притоманова О.М., Лебедєв Д.М., Балейко Н.В. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗБИТТЯ ДО ПОБУДОВИ НЕЧІТКИХ ДІАГРАМ ВОРОНОГО</b>	<b>87</b>
<b>44.</b>	<b>Кісельова О.М., Притоманова О.М., Строєва В.О., Строєва Г.В. ОПТИМАЛЬНЕ РОЗМІЩЕННЯ МЕРЕЖІ ЗАКЛАДІВ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ НА ТЕРИТОРІЇ ОБ'ЄДНАНИХ ГРОМАД</b>	<b>89</b>
<b>45.</b>	<b>Кісельова О.М., Притоманова О.М., Троценко А.Г. ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ МЕТОДІВ НУЛЬОВОГО ПОРЯДКУ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗБИТТЯ</b>	<b>91</b>
<b>46.</b>	<b>Кісельова О.М., Притоманова О.М., Щербиніна М.Б., Соловйова Н.Є. ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОНЕЧІТКИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДО ЕПІДЕМІОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ ЗАХВОРЮВАНОСТІ ТА СМЕРТНОСТІ НА РАК СТРАВОХОДУ В УКРАЇНІ</b>	<b>93</b>
<b>47.</b>	<b>Книш М.В., Гук Н.А. МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ КОРИСТУВАЧА У СИСТЕМІ, ЩО НАВЧАЄ</b>	<b>95</b>
<b>48.</b>	<b>Ковальова О.О. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КОЛОРИЗАЦІЇ ЦИФРОВИХ НАПІВТОНОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ</b>	<b>97</b>
<b>49.</b>	<b>Козарь І.О., Корчинський В.М. РЕКОНСТРУКЦІЯ ФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄКТІВ ЗА ІЗОПЛАНАТИЧНИМИ ЗОБРАЖЕННЯМИ ШЛЯХОМ РЕДУКЦІЇ ДО ІДЕАЛЬНОГО СЕНСОРУ</b>	<b>99</b>
<b>50.</b>	<b>Козин И.В., Козина Г.Л. ГИБРИДНЫЕ АЛГОРИТМЫ НА ОСНОВЕ ФРАГМЕНТАРНЫХ СТРУКТУР</b>	<b>101</b>
<b>51.</b>	<b>Козич А.Є., Дзюба П.А. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОРОЗІЙНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ ПОВЕРХНІ НЕРІВНОМІРНО НАВАНТАЖЕНИХ СИЛОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ</b>	<b>103</b>

<b>52.</b>	<b>Король І.В.</b> АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОШУКОВОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ВЕБ-ДОДАТКІВ	105
<b>53.</b>	<b>Корочанський С.С.</b> ЗАСТОСУВАННЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ДО ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ ОКЕАНУ	106
<b>54.</b>	<b>Korchaha T.A., Selivanova A.V., Filimonova T.O.</b> PRACTICAL APPLICATION OF PYTHON POSSIBILITIES FOR WORKING WITH MATRIXES	107
<b>55.</b>	<b>Костенко О.В., Кузенков О.О.</b> ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ФОТОГРАФІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	109
<b>56.</b>	<b>Koshel E.</b> LYAPUNOV SPECTRUM ESTIMATION FOR DELAY EMBEDDED TIME SERIES	110
<b>57.</b>	<b>Кузенков О.О., Гузєва А.О., Терещенко Є.С.</b> ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ПРИ АНАЛІЗІ КОНТЕНТУ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ	112
<b>58.</b>	<b>Кузенков О.О., Змієвська О.В., Терещенко Є.С.</b> APPROACHES, METHODS AND TOOLS FOR CREATING A MOBILE VERSION OF THE ELECTRONIC DOCUMENT SYSTEM AT THE APPLIED MATHEMATICS FACULTY	113
<b>59.</b>	<b>Kuzenkov O., Masych M., Sirik S.</b> SYSTEM APPROACH TO ELECTRONIC DOCUMENT SYSTEM DATABASE DESIGN	114
<b>60.</b>	<b>Kuzenkov O., Oleshko O., Baleiko N.</b> PECULIARITIES OF DESIGN OF USER INTERFACE OF THE ELECTRONIC DOCUMENT FLOW SYSTEM OF THE FACULTY OF FPM OF OLES HONCHAR DNIPRO NATIONAL UNIVERSITY	115
<b>61.</b>	<b>Kuzenkov O.O., Tryputen M.M., Zhuravel S.V.</b> ABOUT SOME FEATURES OF BACKEND CREATION WHEN CREATING MOBILE APPLICATIONS	116
<b>62.</b>	<b>Kuzenkov O., Feshchenko M., Baleiko N.</b> CALCULATION OF THE OPTIMAL RATIO OF WEIGHT COEFFICIENTS FOR MAXIMIZATION OF THE VOLUMES OF ADMISSION TO THE HIGH SCHOOLS OF UKRAINE	117
<b>63.</b>	<b>Кузнєцов В.О., Петрович В.М., Крак Ю.В., Ляшко В.І., Куляс А.І.</b> ДО РОЗРОБКИ МЕТОДІВ СИНТЕЗУ ЛІНІЙНИХ СИСТЕМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ	118
<b>64.</b>	<b>Кузьменко В.І., Плащенко С.О.</b> МОДЕлювання деформівних систем зі зворотними зв'язками	120
<b>65.</b>	<b>Ліфаренко П.Є., Шевельова А.Є.</b> DEVELOPMENT OF A FIREFLY ALGORITHM FOR THE ROUTING PROBLEM WITH MINIMIZATION OF ENVIRONMENTAL WASTE	121
<b>66.</b>	<b>Лозовський А. В., Волошко В. Л.</b> УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ДЛЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ	123
<b>67.</b>	<b>Лупій Я.А., Басюк Т.М.</b> ВИЯВЛЕННЯ НЕТИПОВИХ ДІЙ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ВІДЕОПОТОКУ	125
<b>68.</b>	<b>Ляшенко І.С., Бойко Л.Т.</b> ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ КЛАСИЧНОГО МУРАШИНОГО АЛГОРИТМУ ТА ЙОГО МОДИФІКАЦІЇ НА ПРИКЛАДІ ЗАДАЧІ КОМІВОЯЖЕРА	127
<b>69.</b>	<b>Ляшевська А.І., Мацуга О.М.</b> PYTHON-БІБЛІОТЕКА ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ КУСКОВО-РЕГРЕСІЙНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ З ОДНИМ ВУЗЛОМ	129

<b>70.</b>	<b>Манзюк Е., Крак Ю., Бармак О.</b> МЕТОДИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ НА ОСНОВІ ДОВІРИ ШТУЧНОМУ ІНТЕЛЕКТУ	130
<b>71.</b>	<b>Манько Ю.В.</b> ГІБРИДНІ МЕТОДИ НА ОСНОВІ ДЕРЕВ В ОДНИЙ ПРИКЛАДНИЙ ЗАДАЧІ	132
<b>72.</b>	<b>Масаликін С.С., Книш Л.І.</b> АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ПРОМЕНЕВОГО ПЕРЕНОСУ В СИСТЕМАХ КОНЦЕНТРАЦІЇ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	134
<b>73.</b>	<b>Матвеєва Н.О., Нестеровська Т.В.</b> РАДІАЛЬНО-БАЗИСНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ СИГНАЛІВ	135
<b>74.</b>	<b>Матола Н.В., Басюк Т.М.</b> ФОРМУВАННЯ ТЕСТ КЕЙСІВ ТА АНАЛІЗУ ПРИОРИТЕТНОСТІ ЗАВДАНЬ	136
<b>75.</b>	<b>Михайлик Д.В., Тонкошкур І.С.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВЕНТИЛЯЦІЇ У ВИРОБНИЧОМУ ПРИМІЩЕННІ	138
<b>76.</b>	<b>Молчанов А.О.</b> МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВІДНОВЛЕННЯ ФІЗИЧНИХ ПОЛІВ У НЕДОСТУПНИХ ОБЛАСТЯХ	139
<b>77.</b>	<b>Моргунов Д.Є., Зайцев В.Г.</b> ПРО ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ КЛАСИФІКАЦІЇ ДАНИХ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМ	140
<b>78.</b>	<b>Мостовий Ф.О., Зайцева Т.А., Лисиця Н.М., Сірик С.Ф.</b> РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕГЛАМЕНТУ РОБОТИ ВИКЛАДАЧІВ	142
<b>79.</b>	<b>Нагара Г.В., Шевельова А.Є.</b> ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО АНАЛІЗУ ГРАНИЧНОЇ ОБЕРНЕНОЇ ЗАДАЧІ ОСЕСИМЕТРИЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАТИКИ	143
<b>80.</b>	<b>Наконечна Т.В., Нікулін О.В.</b> СИНЕРГЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЕДУКОЛОГІЇ	145
<b>81.</b>	<b>Невкритий І.О., Антоненко С.В.</b> РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ШТУЧНИХ НЕБЕСНИХ ТІЛ З КОСМІЧНИМ СМІТТЯМ	147
<b>82.</b>	<b>Pankratov O., Romanova T., Maximov S., Khmil O., Vasilenko A.</b> SPARSE LAYOUT OF NON-CONVEX POLYGONS	149
<b>83.</b>	<b>Панкратова Н.Д., Мусієнко Д.І.</b> ОЦІНКА ДОСТОВІРНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ З ДАТЧІКІВ ПРИ ФУНКЦІОNUВАННІ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ	151
<b>84.</b>	<b>Poslaiko N.I.</b> SEARCH FOR THE EXISTENCE CONDITIONS OF A STATIONARY MODE IN ONE QUEUING SYSTEM WITH A WEAK AFTEREFFECT	153
<b>85.</b>	<b>Притоманова О.М., Безродня Т.В.</b> РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ ЕКОНОМІЧНИХ РІШЕНЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ІНСТРУМЕНТАРІЮ MICROSOFT POWER BI	155
<b>86.</b>	<b>Притоманова О.М., Крісанов А.В., Кісельов М.Я.</b> ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОНЕЧІТКІХ ТЕХНОЛОГІЙ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕЛІНІЙНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ	157
<b>87.</b>	<b>Пугач А.С., Фридман О.Д.</b> РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ НЕПРАВДИВИХ ІНТЕРНЕТ-НОВИН ЗА ДОПОМОГОЮ МАШИННОГО НАВЧАННЯ	159

<b>88.</b> Радзієвський С.В., Селіванова А.В., Філімонова Т.О., Самойленко Г.Т. РОЗВ'ЯЗАННЯ СИСТЕМ НЕЛІНІЙНИХ РІВНЯНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ PYTHON	160
<b>89.</b> Ракіта Н.Є., Сердюк М.Є. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ У ЗАДАЧАХ РОЗПІЗНАВАННЯ	162
<b>90.</b> Romanova T.E., Chugai A.M., Veligodsky D.O., Goman V.O. A NEW APPROACH FOR SIMPLIFIED DIGITAL CORE MODELLING	164
<b>91.</b> Сегеда Н.Є. РОЗРОБКА ПРОГРАМ МОВОЮ АСЕМБЛЕРА: IDE ТА ПАКЕТНИЙ РЕЖИМ	166
<b>92.</b> Селіванова А.В., Бай А.С. МОДЕлювання процесів доставки	167
<b>93.</b> Семенова Н.В., Ломага М.М., Семенов В.В. УМОВИ ОПТИМАЛЬНОСТІ РОЗВ'ЯЗКІВ ЛЕКСИКОГРАФІЧНИХ ЗАДАЧ З ОПУКЛОЮ ДОПУСТИМОЮ МНОЖИНОЮ	169
<b>94.</b> Сердюк М.Є., Шиян А.Т. ЗАДАЧА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ, СПОТВОРЕНІХ ПОГОДНИМИ ЕФЕКТАМИ	171
<b>95.</b> Симонов Д.І. СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ФУНКЦІОNUВАННЯ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАННЯ	173
<b>96.</b> Сірjak А.В. ЗАДАЧА ПАРАЛЕЛЬНОГО УПОРЯДКУВАННЯ ЗІ ЗМІННИМ ОБМЕЖЕННЯМ НА РЕСУРСИ	175
<b>97.</b> Стецюк П.І., Стецюк М.Г. МЕТОД НАЙМЕНШИХ МОДУЛІВ ТА r-АЛГОРИТМ ШОРА	177
<b>98.</b> Стецюк П.І., Хом'як О.М. ДВОЕТАПНА ТРАНСПОРТНА ЗАДАЧА ТА ЇЇ МОДИФІКАЦІЇ	179
<b>99.</b> Султанов В.І., Тонкошкур I.C. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОБОТИ ПРОПУСКНОГО ПУНКТУ	187
<b>100.</b> Супрун А.А. МОДИФІКАЦІЯ r-АЛГОРИТМУ ДЛЯ ЗАДАЧІ КВАНТИЛЬНОЇ РЕГРЕСІЇ	188
<b>101.</b> Тимофієва Н.К. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ КОМБІНАТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ, ОТРИМАНИХ РІЗНИМИ ПІДХОДАМИ	190
<b>102.</b> Турчин В.М., Лоскутов О.Є., Савинська О.Ю. ЩОДО ПРОБЛЕМИ ВИБОРУ ІМПЛАНТАТУ КУЛЬШОВОГО СУГЛОБА	192
<b>103.</b> Турчина В.А., Челпанова О.О. АНОМАЛЬНІ ВИПАДКИ ПРИ УПОРЯДКУВАННІ ДЕРЕВОВИДНИХ СТРУКТУР	194
<b>104.</b> Турчина В.А., Доманска Т.М. ВИКОРИСТАННЯ ІНВАРІАНТІВ ГРАФІВ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ІЗОМОРФІЗМУ	196
<b>105.</b> Турчина В.А., Лакеєва К. П. НАБЛИЖЕНИ АЛГОРИТМИ ДЛЯ ОДНОГО УЗАГАЛЬНЕННЯ ЗАДАЧІ ПАРАЛЕЛЬНОГО УПОРЯДКУВАННЯ	198
<b>106.</b> Фахіров Д.В., Тонкошкур I.C. МОДЕлювання оберталльних течій РІДИНИ ПОБЛИЗУ ТВЕРДОЇ ПОВЕРХНІ	200
<b>107.</b> Федій О.Д., Божуха Л.М. ПРО АЛГОРИТМИ ПОЗИЦІОВАННЯ ОБ'ЄКТІВ В ЛОКАЛЬНІЙ МЕРЕЖІ	201

<b>108. Філат О.А., Тонкошкур І.С.</b> ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ МЕРЕЖЕВИХ ДАНИХ	202
<b>109. Хавренко А. В., Басюк Т. М.</b> РЕКОМЕНДАЦІЙНА СИСТЕМА ВПОРЯДКУВАННЯ РОБОЧОГО ПРОСТОРУ З ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ	204
<b>110. Chumachenko D.I., Yakovlev S.V.</b> AN INTELLIGENT INFORMATION DECISION SUPPORT SYSTEM OF COVID-19 EPIDEMIC PROCESS MONITORING	206
<b>111. Шарапов Є.О.</b> МЕТОДИ УЗГОДЖЕННЯ ВНУТРІШНІХ ТА ЗОВНІШНІХ ПОКАЗНИКІВ ВИРОБУ В ЗАДАЧАХ ФОРМУВАННЯ МНОЖИНІ ПАРЕТО	208
<b>112. Шеремет В.С., Мацуга О.М.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ВІДНОВЛЕННЯ КУСКОВО-ЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЇ З ОДНИМ ВУЗЛОМ	210
<b>113. Юрченко Ю.Ю.</b> ISSUES OF COMPUTER NETWORKS PROTECTION	212
<b>114. Яськов Г., Романова Т., Чугай А., Шеховцов С.</b> БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ЗАДАЧА КОМПОНУВАННЯ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ПОРОЖНИН У 3D ОБ'ЄКТАХ В АДИТИВНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	214

**Шановні колеги!**

Запрошуємо Вас взяти участь у роботі

**ХХ Ювілейної міжнародної науково-практичної конференції  
“МАТЕМАТИЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ”**

Організаторами конференції є:

- Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара;
- Інститут кібернетики НАН України імені В.М. Глушкова;
- Інститут прикладного системного аналізу НТУУ «КПІ ім.І.Сікорського»;
- Київський національний університет ім.Т.Шевченка.

Конференція відбудеться 23-25 листопада 2022 року в Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара. Вся необхідна інформація на сайті <http://mpzis.dnu.dp.ua>

До участі у конференції запрошуються молоді науковці, викладачі вузів, фахівці з інтелектуальних систем, студенти.

**На конференції будуть працювати такі секції:**

1. Нейронечіткі технології
2. Експертні системи та системи, що навчають
3. Математичне і програмне забезпечення систем штучного інтелекту
4. Інтелектуальні системи прийняття рішень і системи підтримки прийняття рішень у технічних і економічних системах управління та у бізнесі
5. Інженерія знань
6. Кластерізація і розпізнавання образів
7. Використання інтелектуальних систем у навчальному процесі.
8. Інформаційні технології обробки даних для прийняття рішень
9. Системний аналіз складних систем різної природи
10. Інформаційні технології в органах державної влади та місцевого самоврядування

Запрошуємо учасників подавати розгорнуті тексти доповідей та наукові статті для опублікування їх в черговому випуску збірника наукових праць ДНУ "Питання прикладної математики і математичного моделювання" (<https://pm-mm.dp.ua/index.php/pmmm>), що має категорію Б Переліку наукових фахових видань України.

---

Підп. до друку 10.11.2021 р. Формат 60x84/16. Друк цифровий.

Папір офсетний. Гарнітура Times. Ум.-друк. арк. 13,02.

Наклад 130 прим. Зам. № 279.

---

ПП «Ліра ЛТД»

49107, м. Дніпро, вул. Наукова, 5.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 6042 від 26.02.2018 р.