

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Матеріали XXVIII Міжнародного
молодіжного форуму

«Радіoeлектроніка та молодь у XXI столітті»

ТОМ 7

«Комп'ютерний зір, системний
аналіз та математичне
моделювання»

Харків 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

МАТЕРІАЛИ 28-го МІЖНАРОДНОГО
МОЛОДІЖНОГО ФОРУМУ

«РАДІОЕЛЕКТРОНІКА І МОЛОДЬ У ХХІ СТОЛІТТІ»

16-18 квітня 2024 р.
том 7

КОНФЕРЕНЦІЯ
«КОМП'ЮТЕРНИЙ ЗІР, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ»

Харків 2024

УДК 004.932+330.46+005.934](06)

28-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка і молодь у XXI столітті». Зб. матеріалів форуму. Т. 7. Харків: ХНУРЕ. 2024. 320 с.

У збірник включені матеріали 28-го Міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка і молодь у XXI столітті».

Для науковців, викладачів, парктичних працівників, студентів, а також широкого кола читачів, які цікавляться цією проблематикою.

Відповідальність за зміст поданого матеріалу несе його автор.

Видання підготовлено
факультетом інформаційно-аналітичних технологій та менеджменту
Харківського національного університету радіоелектроніки

61166, Україна, Харків, просп. Науки, 14
тел./факс: (057) 7021397

E-mail: mref21@nure.ua

ISBN 978-966-659-397-2
DOI 10.30837/IYF.CVSAMM.2024

© Харківський національний
університет радіоелектроніки
(ХНУРЕ), 2024

УДК 004.932

**КОНФЕРЕНЦІЯ
«КОМП'ЮТЕРНИЙ ЗІР, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ
ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ»**

Програмний комітет конференції

- Дорошенко В.О.** доктор фізико-математичних наук, професор, ХНУРЕ, Україна.
- Кобилін О.А.** кандидат технічних наук, доцент, ХНУРЕ, Україна.
- Машталір С.В.** доктор технічних наук, професор, ХНУРЕ, Україна.
- Тітова О.В.** кандидат технічних наук, доцент, ХНУРЕ, Україна.
- Сидоров М.В.** доктор фізико-математичних наук, професор, ХНУРЕ, Україна.
- Ламтюгова С.М.** кандидат фізико-математичних наук, доцент, ХНУРЕ, Україна.
- Гусарова І.Г.** кандидат технічних наук, доцент, ХНУРЕ, Україна.

УДК 004.932:004.032.6

**КОМП'ЮТЕРНИЙ ЗІР ТА
МУЛЬТИМЕДІЙНІ СИСТЕМИ**

**RESEARCH OF SEMANTIC TEXT ANALYSIS METHODS
AND MODELS**

Kravchenko O.O.

Supervisor – Candidate of Technical Sciences, Associate Prof. Vechirska I.D.

Kharkiv National University of Radio Electronics

Kharkiv, Ukraine

e-mail: oleksii.kravchenko@nure.ua

This work provides a comprehensive review and evaluation of existing techniques for semantic text analysis. It explores a wide range of methodologies, including Bag-of-Words, TF-IDF, various word embedding models, semantic analysis techniques, sentiment analysis, and others. The analysis delves into the strengths, limitations, and applications of each method, highlighting their effectiveness in capturing semantic relationships and extracting meaningful insights from textual data. This work aims to provide valuable insights to inform the selection and implementation of semantic text analysis techniques, thus advancing the field of natural language processing.

In today's digital era, the exponential growth of textual data across various domains has propelled the development of sophisticated techniques for extracting meaningful insights from unstructured text. Natural Language Processing (NLP) is a branch of artificial intelligence (AI) that focuses on enabling computers to understand, interpret, and generate human language in a meaningful and useful way. NLP encompasses a wide range of tasks, including language understanding, language generation, information extraction, and facilitating human-computer interaction. These tasks include understanding the meaning of text or speech, recognizing entities and relationships within text, generating coherent responses, and extracting structured information from unstructured text data.

Semantic text analysis, a vital subfield of NLP, aims to decipher the semantic meaning embedded within textual content, enabling a wide range of applications such as sentiment analysis, information retrieval, document summarization, and machine translation [1]. Amidst the plethora of semantic text analysis methods available, researchers and practitioners are often confronted with the challenge of selecting the most appropriate approach for their specific task or application. The landscape of semantic text analysis is characterized by a diverse array of methodologies, ranging from traditional statistical techniques to state-of-the-art deep learning models.

The significance of conducting a comprehensive comparison analysis of these methods cannot be overstated. Such an endeavor not only facilitates a deeper understanding of the strengths and limitations of individual approaches but also serves as a roadmap for guiding future research directions in the field of NLP. By systematically evaluating and benchmarking different semantic text

analysis methods, researchers can gain valuable insights into their relative performance across various tasks, datasets, and evaluation metrics.

Having established the relevance and significance of semantic text analysis, we now turn our attention to a comprehensive review of existing methods in the field. This review encompasses a diverse range of techniques, each offering unique approaches to semantic analysis. Some of the prominent methods of semantic text analysis include:

Bag-of-Words (BoW): BoW represents text as a collection of words, disregarding grammar and word order but focusing on word frequency. This method is simple and efficient but lacks context and semantic understanding [2].

Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF): TF-IDF assigns weights to words based on their frequency in a document relative to their frequency across all documents in a corpus [2].

Latent Semantic Analysis (LSA): LSA uses singular value decomposition to transform a term-document matrix into a lower-dimensional space, capturing latent semantic relationships between terms and documents.

Word Embeddings (Word2Vec, GloVe, FastText): Word embedding methods represent words as dense vectors in a continuous vector space, capturing semantic relationships between words based on their context [2].

Contextual Word Embeddings (ELMo, BERT): Contextual word embedding models generate word representations that are sensitive to the context in which they appear. These models use deep neural networks to capture contextual information, leading to more accurate representations for downstream tasks such as named entity recognition and sentiment analysis [3].

Semantic Role Labeling (SRL): SRL identifies the predicate-argument structure of a sentence, labeling words with their semantic roles such as agent, patient, or location. This method helps in understanding the meaning of sentences and is crucial for tasks like information extraction and question answering [3].

Named Entity Recognition (NER): NER identifies and classifies named entities mentioned in the text. It is essential for information extraction tasks and is often a precursor to more advanced semantic analysis.

Sentiment Analysis: Sentiment analysis methods classify text into positive, negative, or neutral sentiment categories. These techniques are widely used in social media monitoring, customer feedback analysis, and opinion mining.

Our analysis of existing semantic text analysis methods highlights the diverse array of techniques available for extracting meaningful insights from textual data. As a result of the research, we were able to extract the core advantages and disadvantages of each semantic text analysis method which are presented in Table 1. Our research underscores the importance of understanding the strengths and weaknesses of each method in the context of specific tasks and applications.

Table 1 – Comparison of semantic text analysis methods

Method	Advantages	Disadvantages
BoW	Simplicity and efficiency, interpretability	Lacks context and semantic understanding. Vulnerability to sparsity
TF-IDF	Highlights the importance of words, and is robust to document length	Lacks semantic understanding, and has limited handling of synonyms and polysemy
LSA	Reduces dimensionality; uncovers hidden patterns and semantic similarities	It may be difficult to interpret the extracted dimensions. Struggles with synonyms and polysemy
Word Embeddings	Has good semantic understanding, and considers contextual information	Requires large training data sets, and may struggle with out-of-vocabulary words
Contextual Word Embeddings	Sensitivity to context, task agnosticism	Requires a large amount of annotated pre-training data, and is computationally complex
SRL	Deep understanding of sentence structure, and rich semantic representation	Dependency on syntax and parsing, complexity, and ambiguity
NER	Information extraction, entity disambiguation	Ambiguity and variability, domain dependence
Sentiment Analysis	Deep understanding of textual data meaning	Subjectivity and context dependency, accuracy challenges

By leveraging the insights gained from our review, one can make informed decisions in selecting and implementing semantic text analysis techniques, ultimately advancing the state-of-the-art in natural language processing and enabling new opportunities for knowledge discovery, and innovation.

References:

1. Goddard C., Shalley A. Handbook of natural language processing / ed. by I. Nitin, J. Damerau. Boca Raton : Taylor & Francis, 2010. 93 p.
2. Demystifying Text Representation: BoW, TF-IDF, and Word Embeddings Explained // Medium. URL: <https://medium.com/@datailm/2171d9feecfd> (date of access: 21.02.2024).
3. Semantic Role Labeling: Unveiling the Meaning Behind Language // Medium. URL: <https://medium.com/@evertongomede/a4d48d4986af> (date of access: 22.02.2024).

USING ORTHOGONAL FUNCTIONS AS A DESCRIPTION TRANSFORMATION APPARATUS FOR IMAGE RECOGNITION OF VISUAL OBJECTS

Mieshkov D.M.

Science Supervisor – PhD in Technical Sciences, Ac. Prof. Sakalo Ie.S.
Kharkiv National University of Radio Electronics, Department of Informatics,
Kharkiv, Ukraine
e-mail: dmytro.mieshkov@nure.ua

Research on the construction of modifications for the space of classification features based on the application of the transformation of the structural description through the decomposition in the orthogonal basis and the implementation of the distance matrix model between the components of the description can be used to improve computer vision methods. Using orthogonal functions as a tool for transforming the description demonstrated the potential for achieving substantial improvements in processing speed while preserving high levels of classification accuracy and resistance to interference.

Reducing the time for encoding and classifying images of visual objects is an important task for developers of modern intelligent systems. The use of orthogonal functions as a description transformation apparatus to optimize the process is potentially a possible solution to the problem of accelerating classification [1, 2].

The critical factors for optimizing the effectiveness of this representation involve selecting a metric to map the modified descriptions and determining a threshold to determine the similarity of components in the newly generated data space.

By implementing the distance matrix model, it became possible to create efficient integrated features in the form of one-dimensional data distributions and vectors representing the sum of the matrix columns. This resulted in reduced computational expenses while maintaining the classification effectiveness of the original data sample. A software simulation was conducted to experimentally evaluate the effectiveness of image classification in newly created feature spaces and the time required to calculate the relevance of descriptions.

This was compared to the traditional approach of voting and calculating metrics on a set of descriptors. The research introduces a novel approach to image classification by enhancing the structural method. This is achieved through the implementation of description transformation using orthogonal decomposition of data and the construction of feature models based on distance matrices in the descriptor space [3, 4]. Additionally, the research proposes methods to reduce descriptions in newly created spaces, resulting in reduced computational costs for classification. The practical significance of this work lies in the development of classification models in the transformed data space,

verification of the effectiveness and resilience of the proposed modifications using image examples, and the creation of software applications to implement the developed classifiers in computer vision systems. Research perspectives may pertain to developing a range of proposed models for the creation and examination of changes in descriptions inside extensive databases.

The experimental calculation of the accuracy of the classification showed that for a set of descriptors of the training sample (120 vectors in the researched etalons), all the descriptors are classified correctly. Thus, the accuracy index about the set of etalon components is equal to 1 [5]. In the distance matrices, zeros are found only for the etalon itself. This can be explained by the high dimensionality of the data (488), which practically excludes random coincidences of bits in multidimensional vectors. At the same time, it is clear that for real situations under the influence of obstacles or geometric transformations of the image, the accuracy index may be somewhat lower.

The use of a system of orthogonal functions as a description transformation apparatus has shown the possibility of a significant gain in processing speed while maintaining high levels of classification accuracy and noise immunity. The effectiveness of the synthesized feature systems is confirmed by a significant increase in coding speed and a sufficient level of efficiency. An experimental example showed that the time spent calculating the relevance of descriptions from their modified representation is more than ten times shorter than for traditional metric approaches [5].

The developed classification features can be used in applied tasks where the time of identification of visual objects is critical.

References:

1. Daradkeh, Y.I., Gorokhovatskyi, V., Tvoroshenko, I., Zeghid, M. Tools for Fast Metric Data Search in Structural Methods for Image Classification, *IEEE Access*, 2022, 10, pp. 124738–124746.
2. Gorokhovatskyi V., Gadetska S., Ponomarenko R. (2020) Recognition of Visual Objects Based on Statistical Distributions for Blocks of Structural Description of Image. *Proc. of the XV Int. Scientific Conference “Intellectual Systems of Decision Making and Problems of Computational Intelligence” (ISDMCI’2019)*, Ukraine, May 21–25, 2019, pp. 501–512.
3. Гадецька С.В., Стяглик Н.І., Власенко Н.В. (2020) Класифікація зображень на підставі ансамблю статистичних розподілів за класами еталонів для компонентів структурного опису. *Радіoeлектроніка, інформатика, управління*, №4, с. 85–94.
4. Gorokhovatskyi, V., Stiahlyk, N., Tsarevskaya, V. (2021). Combination method of accelerated metric data search in image classification problems. *Advanced Information Systems*, 5 (3), pp. 5–12.
5. Gorokhovatskyi, V., Tvoroshenko, I., & Olena, Y. (2024). Transforming image descriptions as a set of descriptors to construct classification features.

АНАЛІЗ ДЕЯКИХ ВИДІВ ТЕСТУВАНЬ БЕКЕНД ЗАСТОСУНКІВ

Авлякулов Т.Е.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Творошенко І.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,

м. Харків, Україна

e-mail: tymur.avliakulov@nure.ua

Testing backend applications plays a crucial role in ensuring the reliability, efficiency, and security of software. This process aims to verify compliance with functional and technical requirements, identify and address errors, optimize performance, secure data, and check compatibility and scalability of the system. Backend testing guarantees the stable and effective operation of the system, which is critical for meeting user needs and avoiding potential operational issues.

Тестування бекенд застосунків відіграє ключову роль у забезпеченні надійності, ефективності та безпеки програмного забезпечення. Цей процес спрямований на перевірку відповідності функціональних та технічних вимог, виявлення та усунення помилок, оптимізацію продуктивності, забезпечення безпеки даних, а також перевірку сумісності та масштабованості системи [1, 2].

Тестування бекенду гарантує стабільну та ефективну роботу системи, що є критичним для забезпечення задоволення потреб користувачів та уникнення потенційних проблем в експлуатації.

Види тестувань бекенд застосунків:

- модульне;
- інтеграційне;
- наскрізні тести;
- функціональне;
- стрес-тестування;
- тести на продуктивність.

Це список найпопулярніших видів тестування.

Модульне тестування бекенду – це метод тестування, який фокусується на перевірці окремих модулів або компонентів програмного забезпечення для визначення їх правильності та надійності. У випадку бекенду це означає, що окремі частини серверної або клієнтської сторони перевіряються ізольовано. Метою модульного тестування є переконання, що кожен модуль працює як задумано, і виявлення та усунення можливих помилок на ранніх етапах розробки. Цей підхід дозволяє розробникам впевнитися в коректності окремих частин застосунку перед їх інтеграцією в систему. Використання модульних тестів сприяє полегшенню налаштування, поліпшує структуру коду та дозволяє швидше виявляти та вирішувати проблеми в процесі розробки вебзастосунку.

Інтеграційне тестування бекенд застосунків – це процес, спрямований на перевірку взаємодії різних компонентів та модулів системи для впевненості в їхній коректності та спроможності працювати разом. Під час інтеграційного тестування перевіряється взаємодія між серверними частинами, базами даних, зовнішніми сервісами та іншими елементами бекенду. Мета цього виду тестування – виявлення та усунення проблем, що можуть виникнути при інтеграції, забезпечення правильної передачі даних та забезпечення стабільної роботи системи в її цілому. Інтеграційне тестування допомагає впевнитися в тому, що різні компоненти взаємодіють між собою так, як очікується, та сприяє відкриттю та виправленню помилок, які можуть виникнути на етапі інтеграції.

Функціональне тестування бекенд застосунків – це процес перевірки того, чи виконуються всі функції бекенду відповідно до визначених вимог та очікувань. Основна мета полягає у валідації функціональності, логіки та правильності обробки даних. Під час функціонального тестування перевіряється, чи система правильно реагує на вхідні дані, обробляє їх і видає очікувані результати. Цей вид тестування дозволяє забезпечити, що бекенд виконує свої основні завдання, а функціональність застосунку відповідає вимогам та очікуванням користувачів. Функціональне тестування включає в себе валідацію різноманітних сценаріїв використання, перевірку правильності обробки помилок та забезпечення коректної взаємодії з іншими компонентами системи.

Для повноцінного та надійного функціонування бекенд застосунків необхідно використовувати комплексний підхід до тестування, включаючи різні види тестів. Модульне тестування дозволяє перевірити окремі компоненти на коректність та надійність, інтеграційне тестування – забезпечити взаємодію між ними, функціональне тестування – переконатися в відповідності системи вимогам та очікуванням користувачів.

Необхідно обирати види тестувань відповідно до етапів розробки: модульне тестування під час написання коду, інтеграційне – при об'єднанні компонентів, а функціональне – для перевірки основної функціональності перед випуском.

Список використаних джерел:

1. Tvoroshenko I., Gorokhovatskyi V., Kobylin O., and Tvoroshenko A. (2023) Application of deep learning methods for recognizing and classifying culinary dishes in images, *International Journal of Academic and Applied Research*, 7(9), pp. 57–70.
2. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., and Yakovleva O. (2024) Transforming image descriptions as a set of descriptors to construct classification features, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 33 (1), pp. 113–125.

УДК 004.45

ЗАСТОСУВАННЯ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПОПУЛЯЦІЯМИ БЕЗДОМНИХ ТВАРИН

Бегунова В.Д.

Науковий керівник – к.т.н., асист. Кобилін І.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: veronika.biehunova@nure.ua

This work is devoted to developing methods for managing populations of stray animals, particularly through analyzing the duration of their stay in shelters. The primary focus is on creating a technological solution that adapts to the unique characteristics of each animal and provides flexibility in response to changing conditions and data limitations. The main goal is to identify the specific needs and behavioral characteristics of animals based on their time spent in shelters, in order to optimize care processes, reduce the time it takes to find new homes for animals, and improve resource allocation between shelters. The application of clustering algorithms, such as *k*-means, will allow grouping animals with similar behavioral characteristics and needs based on their shelter stay time, thereby facilitating the development of targeted adaptation programs and accelerating the process of finding new owners.

Завдання подання вивчення, регуляції популяцій бездомних тварин або тварин, що залишилися без нагляду, догляду та опіки, є значною проблемою, яка досі залишається недостатньо дослідженою і вимагає технологічного рішення. Вирішення цієї задачі стикається з низкою важливих труднощів.

По-перше, кожна тварина має яскраво виражені поведінкові характеристики, які можуть бути об'єднані в підгрупи при загальному аналізі. Однак, при детальному вивченні кожної окремої тварини стає очевидним, що унікальні особливості історії, стану здоров'я та оточення можуть сильно впливати на їх поведінку та потреби.

По-друге, обмежений обсяг доступних спостережень у вибірці створює перешкоди застосування класичних статистичних методів. Нерівномірні часові інтервали між спостереженнями ускладнюють тимчасову впорядкованість даних і унеможливають використання традиційних метрик, що застосовуються в кластерному аналізі. Таким чином, стандартні методи, такі як евклідова метрика, можуть виявитися непридатними в даному контексті [3].

По-третє, у більшості випадків інформація про бездомних тварин розрізнена і не піддається систематичному збору та аналізу. Відсутність централізованих та стандартизованих систем обліку та моніторингу ство-

рює труднощі в аналізі та прогнозуванні динаміки популяцій, а також ускладнює розробку ефективних стратегій регулювання та допомоги [5].

Для подолання цих труднощів необхідно розробити технологічне рішення, яке враховує унікальні характеристики кожної тварини, при цьому забезпечуючи адаптивність до умов і обмежень даних, що змінюються.

Для вирішення цієї проблеми можна застосувати метод кластеризації на основі часу перебування тварини у притулку [1]. Мета цієї кластеризації полягатиме у групуванні тварин відповідно до тривалості їх перебування у притулку, що допоможе виявити патерни поведінки та особливості догляду за ними залежно від часу перебування. Такий підхід дозволить ефективно управляти популяціями бездомних тварин і розробляти персоналізовані підходи до їхнього догляду та регуляції.

Кластерний аналіз є потужним інструментом для групування подібних об'єктів у наборі даних [2]. Одним з найпоширеніших методів кластеризації є алгоритм *k*-середніх (*k*-means), який знаходить оптимальні центри кластерів шляхом мінімізації середньоквадратичної відстані між кожним об'єктом і центром його кластера. Як працює цей алгоритм:

1. Ініціалізація: вибирається кількість кластерів (*k*), та випадковим чином вибираються початкові центри кластерів.
2. Приналежність до кластера: кожен об'єкт призначається до кластера, який має найближчий до нього центр.
3. Перерахунок центрів: для кожного кластера обчислюється новий центр як середнє арифметичне всіх об'єктів, що до нього відносяться.
4. Повторення: кроки 2 і 3 повторюються до збіжності, коли приналежність об'єктів до кластерів не змінюється або зміни відбуваються дуже малі.

Для виконання поставленої задачі було обрано саме алгоритм *k*-means. Для цього спочатку необхідно визначити часові інтервали, наприклад, тимчасове перебування (до 1 місяця), короткострокове перебування (1–6 місяців), середньострокове перебування (6–12 місяців), тривале перебування (12–24 місяців) та довгострокове перебування (понад 24 місяців). Потім можна використовувати алгоритм кластеризації, такий як *k*-середніх, щоб розділити тварин на групи на основі часу перебування в притулку [4].

Результати кластеризації (рис. 1) дозволять виявити, наприклад, які категорії тварин більш схильні до тривалого перебування в притулку, що може вказувати на потребу особливої турботи та уваги. Також це допоможе керувати ресурсами притулку більш ефективно, передбачати завантаженість та вживати заходів для зменшення часу перебування тварин у притулку, наприклад, шляхом активізації програм з пошуку нових будинків та збільшення зусиль щодо залучення потенційних власників.

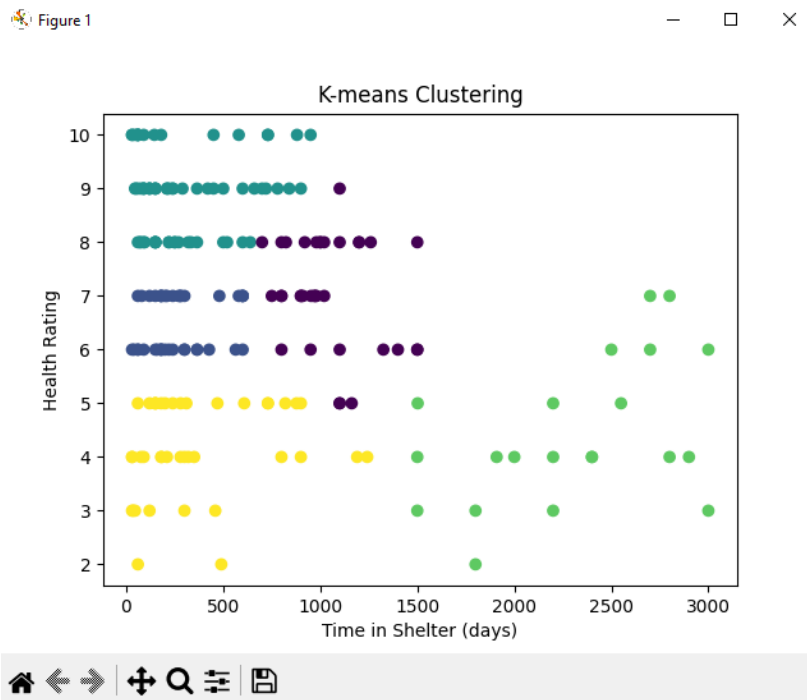


Рисунок 1 – Результат виконання кластерного аналізу алгоритмом *k*-means

Список використаних джерел:

1. Bodyanskiy Y., Kobylin I., Rashkevych Y., Vynokurova O., Peleshko D. Hybrid fuzzy-clustering algorithm of unevenly and asynchronously spaced time series in computer engineering. 2018 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). IEEE, 2018. P. 930–935.
2. Bodyanskiy Y., Vynokurova O., Kobylin I., Kobylin O. Adaptive fuzzy clustering of short time series with unevenly distributed observations in Data Stream Mining tasks. Information Technology and Management Science. 2016. Vol. 19, No. 1. P. 23–28.
3. Ermshaus A., Schäfer P., Leser U. Window Size Selection in Unsupervised Time Series Analytics: A Review and Benchmark. AALTD, 2023. P. 83–101.
4. Keogh E., Taposh D. R., Naik U., Agrawal A. Multidataset timeseries anomaly detection competition. ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. 2021.
5. Lu Y., Srinivas TVA., Nakamura T., Imamura M., Keogh E. Matrix Profile XXX: MADRID: A Hyper-Anytime and Parameter-Free Algorithm to Find Time Series Anomalies of all Lengths. 2023 IEEE International Conference on Data Mining (ICDM). IEEE, 2023. P. 1199–1204.

ПРО ПРОЦЕСИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ФАЛЬСИФІКАЦІЇ І ГЕНЕРАЦІЇ МЕДІА КОНТЕНТУ

Білоцерківська В.А.

Науковий керівник – к.т.н., асист. Кобилін І.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: viktoriiia.bilotserkivska@nure.ua

This work explores the ethical considerations surrounding the use of face-swapping technology in photography. It highlights the importance of photographers taking steps to protect the privacy of their clients, such as by replacing faces in photographs that are published publicly. Additionally, the work stresses the need for responsible application of the technology, ensuring that the altered images maintain the original artistic expression and integrity of the photographs. The work also discusses the potential benefits of face-swapping technology, such as its ability to protect personal data and preserve the quality and artistic expression of photographs.

Проблема фальсифікації в інформаційному просторі являє собою важливий виклик для суспільства бізнесу та політики. За останні роки швидкі та легкодоступні технології, такі як штучний інтелект, глибоке навчання та інші інновації в області обробки зображень, дозволяють створювати реалістичні фальшиві медіа, які важко відрізнити від реальних.

Фальсифіковані фотографії, відео, аудіозаписи та інші медіа можуть бути використані для розповсюдження дезінформації, маніпулювання громадською думкою, а також для шахрайства та інших злочинних дій.

Незважаючи на те, що фальсифікація медіа та зловживання штучно створеними медіа викликають серйозні занепокоєння і можуть вести до величезних проблем у суспільстві, важливо визнати, що ті самі технології можуть бути використані і для добрих цілей [1].

Важливо розуміти, що ці технології також мають потенціал для розв'язання суспільних проблем, покращення якості життя людей.

Однією з таких технологій є технологія підміни обличчя (рис. 1).

Така обробка створена за допомогою бібліотеки InsightFace. Бібліотека InsightFace використовує технологію глибокого навчання для заміни обличчя. Ця технологія включає в себе застосування нейронних мереж і алгоритмів машинного навчання для аналізу і трансформації обличчя людей на зображеннях. Це дозволяє виконувати операції, такі як розпізнавання обличчя, зміна атрибутів обличчя (таких як вирази обличчя, зачіски, вік тощо) та інші форми маніпуляцій з обличчями на зображеннях [2]. Саме ця технологія дозволяє замінити обличчя з іншої фотокартки, як наприклад в нашому випадку взято обличчя актриси Енн Хетевей (рис. 2).



Рисунок 1 – Оригінальне фото та змінене фото



Рисунок 2 – Фото актриси Енн Хетеуей

Однією з ключових формул, яку можна використовувати для опису роботи нейромережі в бібліотеці InsightFace, є формула обчислення косинусної схожості між двома векторами вкладень:

$$\cos_sim(f(x_1), f(x_2)) = \frac{f(x_1) \cdot f(x_2)}{\|f(x_1)\|_2 \cdot \|f(x_2)\|_2},$$

де x_1 – перше зображення обличчя; x_2 – друге зображення обличчя; $f(x_1)$ – вектор вкладень, отриманий для першого зображення; $f(x_2)$ – вектор вкладень, отриманий для другого зображення.

Ця формула дозволяє вимірювати схожість між обличчями на основі їх векторів вкладень, де більше значення вказує на більшу схожість. Функція втрат ArcFace виглядає наступним чином:

$$L = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log \frac{e^{s(\cos(m\theta_{y_i,i})-m)}}{e^{s(\cos(m\theta_{y_i,i})-m)} + \sum_{\substack{j=1, \\ j \neq y_i}}^n e^{s \cdot \cos(\theta_{j,i})}},$$

де N – кількість прикладів у поточному міні-пакеті; s – параметр масштабування (scaling parameter); m – гіперпараметр, зазвичай називається "margin", який регулює розмір межі між класами; $\theta_{j,i}$ – кут між векторами вкладень (embeddings) зображень i та j ; y_i – справжній клас для зображення i .

Після проведення обробки програмою, на сфальсифікованому фото у дівчини буде обличчя Енн. Так як фотографії часто стикаються з ситуаціями, коли клієнти не бажають, щоб їхні обличчя були видимими на фотографіях, що публікуються відкрито, фотографії мають подбати про безпеку своїх клієнтів в інформаційному просторі. А шляхом заміни обличчя на фотографії можна забезпечити захист особистих даних клієнтів, зберігши при цьому якість та художній вираз фотографій.

Коли ви в наступний раз будете завантажувати дані чи документи, давати використовувати ваші фото, будь-яку персональну інформацію, фінанси – друзям, колегам чи не перевіреним джерелам, пам'ятайте, ваші дані в інтернеті завжди можуть мати деяку цінність для тих чи інших структур, через що потрібно використовувати збалансовану стратегію розвитку та використання технологій обробки та фальсифікації медіа даних, яка б враховувала як їхні потенційно можливі ризики та загрози, так і користь яку вони можуть принести.

Список використаних джерел:

1. Bodyanskiy, Y., Vynokurova, O., Kobylin, I., & Kobylin, O. (2016). Adaptive fuzzy clustering of short time series with unevenly distributed observations in Data Stream Mining tasks. *Information Technology and Management Science*, 19(1), 23–28.
2. Bodyanskiy, Y., Kobylin, I., Rashkevych, Y., Vynokurova, O., & Peleshko, D. (2018, February). Hybrid fuzzy-clustering algorithm of unevenly and asynchronously spaced time series in computer engineering. In *2018 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)* (pp. 930–935). IEEE

УДК 004.93

РОЗРОБКА ВЕБ-ДОДАТКА ГЕНЕРАЦІЇ ТВОРЧИХ ІДЕЙ

Богдан Н.І.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Шафроненко А.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,

м. Харків, Україна

e-mail: nadiia.bohdan@nure.ua

The rapid advancement of computer technologies in all spheres of life is undeniable in contemporary times. From bioengineering to entertainment, computerization increasingly permeates human activities. The creative domain is no exception, where innovative technologies provide opportunities for the creation and implementation of new concepts. This paradigm of integrating technologies into the creative process not only expands creative possibilities but also integrates it into the daily lives of creative professionals and amateur authors. This annotation delves into the development of a web application highlighting the technological aspects of creating an idea generator integrated with a user preference filtration mechanism using JavaScript.

Комп'ютеризація все більше охоплює людську діяльність: від біоінженерії до сфери розваг. Творче поле також не є винятком – інноваційні технології надають можливість для створення та втілення нових концепцій. Сформована парадигма інтеграції технологій в творчий процес не лише розширює можливості творчості, але також впроваджує його в повсякденне життя представників творчих професій та авторів-любителів.

Одним із ключових напрямків сучасної розробки є створення веб-додатків, які забезпечують користувачів інноваційними та персоналізованими можливостями. У цьому контексті генератор ідей, заснований на мові JavaScript, стає не лише технологічним продуктом, але й інструментом для стимулювання творчого процесу, враховуючи вподобання кожного користувача.

Головна перевага JavaScript є його можливість виконання на стороні клієнта, що забезпечує миттєву реакцію на дії користувача. В контексті генерації ідей це означає миттєве надання користувачеві унікальних творчих концепцій, що підкреслює практичність використання цієї технології. Завдяки асинхронному програмуванню та можливостям роботи з великими масивами даних, JavaScript дозволяє створювати алгоритми, які оперативно обробляють інформацію та створюють індивідуалізований контент для кожного користувача. JavaScript, як широко використовувана мова в веб-розробці, відзначається своєю універсальністю та багатофункціональністю. Його активне застосування в браузерах забезпечує гнучкість та простоту інтеграції, що робить його ідеальним вибором для генерації текстового контенту на веб-платформах.

У розробці генератора творчих ідей на основі JavaScript використовуються вдосконалені алгоритми обробки тексту. Ці алгоритми включають в себе принципи генерації комбінацій, які фільтруються вподобаннями користувачів та ефективного визначення тем, які найбільше відповідають їх запитам.

Використання технологій програмування разом з JavaScript дозволяє генератору ідей динамічно адаптуватися до вподобань користувачів, збагачуючи тим самим творчий процес. JavaScript забезпечує створення інтерактивних користувацьких інтерфейсів, що в контексті генератора ідей значно поліпшує процес взаємодії. Алгоритми, які працюють на цій платформі, можуть адаптуватися до вподобань кожного користувача, створюючи ідеї, які максимально відповідають їх індивідуальним запитам.

Важливим аспектом даного проекту є механізм фільтрації користувацьких вподобань, який надає генератору ідей унікальну адаптивність та персоналізацію. Цей механізм дозволяє користувачам впливати на генерацію ідей відповідно до їхніх індивідуальних смаків, створюючи тим самим унікальний досвід творчості. Зворотний зв'язок, наданий користувачами, включаючи їхні вподобання та оцінки, збагачує базу знань генератора ідей. JavaScript забезпечує гнучкість внесення змін до алгоритма, що дозволяє постійно вдосконалювати генератор та поліпшувати його адаптивність до унікальних потреб користувачів. Процес розробки включає не лише технічні аспекти, але і увагу до ергономіки та дизайну інтерфейсу, що забезпечує зручність використання та високий рівень залучення користувачів. Такий підхід сприяє ефективній взаємодії користувача з генератором ідей, роблячи його доступним та привабливим інструментом для творчого процесу.

Висновок: Таким чином, використання JavaScript у розробці генератора творчих ідей підкреслює його актуальність та переваги у створенні потужних та ефективних алгоритмів обробки текстових даних. Мова програмування JavaScript не лише забезпечує високу продуктивність, але і відкриває двері для створення персоналізованих ідей, вносячи нові розміри у віртуальний творчий досвід. У кінці кінців, створення веб-додатка не лише відображає передові технології, але й надає унікальний простір для втілення творчих концепцій.

Список використаних джерел:

1. Why JavaScript Is the Programming Language of the Future. URL: <https://www.freecodecamp.org/news/future-of-javascript/>
2. How is JavaScript flexible? URL: <https://medium.com/@tanishchaurasia6/how-is-javascript-flexible-4eb21eca0efc>.
3. Шафроненко, А., Бодянський, Є., & Плісс, І. (2022). Нечіткі методи інтелектуального аналізу даних.

ОБРОБКА РУКОПИСНОГО ТЕКСТУ З ЗОБРАЖЕНЬ

Бутенко П.В.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Кобилін О.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,

м. Харків, Україна,

тел.: (057) 702-14-19, e-mail: pavlo.butenko@nure.ua

This study focuses on the efficiency of handwriting processing in images. The main emphasis is placed on the use of image binarization, segmentation, and the Hidden Markov Model algorithm. The study aims to identify key processing steps that help improve the quality of handwriting recognition. The current context of the information society emphasizes the importance of this kind of research, as the transfer of documents into electronic format is still a pressing task.

Основними процесами при обробці зображення є бінаризація, сегментація та використання алгоритму прихованих Марківських моделей. Спочатку виконується бінаризація зображення, щоб перетворити його на двовимірну бінарну матрицю, яка визначає області тексту та фону. Бінаризація зображення є критичним етапом обробки, оскільки вона перетворює вихідне зображення у двовимірну бінарну матрицю, яка чітко розмежовує області тексту та фону [1]. В даному дослідженні для бінаризації використовується метод порогової бінаризації, який базується на виборі оптимального порогу для розділення пікселів на дві групи:

$$\sigma_w^2(t) = q_1(t)\sigma_1^2(t) + q_2(t)\sigma_2^2(t), \quad (1)$$

де $\sigma_w^2(t)$ – дисперсія внутрішньокласового розподілу пікселів; $q_1(t)$ – ймовірність того, що піксель належить першому класу (пікселі з інтенсивністю менше від порога); $\sigma_1^2(t)$ – дисперсія інтенсивності пікселів першого класу; $q_2(t)$ – ймовірність того, що піксель належить другому класу (пікселі з інтенсивністю більше за поріг); $\sigma_2^2(t)$ – дисперсія інтенсивності пікселів другого класу.

Після розділення пікселів зображення на чорні та білі, виконується сегментація зображення з метою ефективного виділення текстових областей та підвищення якості бінаризації. Цей процес ґрунтується на методі пошуку зв'язних компонентів у бінаризованому зображенні. Для цього спершу зображення перетворюється у відтінки сірого, що дає змогу спростити подальшу обробку та поліпшити якість бінаризації [2, 3]. Формула перетворення відтінків відображається як:

$$X = 0.2989 \times R + 0.5870 \times G + 0.1140 \times B, \quad (2)$$

де R , G і B – червоний, зелений та синій канали пікселя

Коефіцієнти для перетворення кольорового зображення в відтінки сірого не є випадковими і базуються на спектральній чутливості людського зору до різних кольорів. Зазвичай людина має більшу чутливість до зеленого кольору, меншу до синього та червоного кольорів. Коефіцієнти відповідають середньозваженим чинникам для каналів. Вони допомагають відобразити інтенсивність кожного кольору на зображенні в відтінках сірого з урахуванням їхньої відносної важливості для сприйняття людським зором [4]. Таке перетворення дозволяє зберегти якість зображення та зробити його подальшу обробку більш ефективною.

Наступним кроком в процесі сегментації є порогова фільтрація. Це спеціальний крок, що використовує заданий поріг для розділення пікселів на дві групи: одна група відповідає областям, де інтенсивність більша за поріг, а інша – областям з інтенсивністю нижче порогу.

По завершенню сегментації зображення виникає необхідність в аналізі ряду символів, що були визначені на попередньому етапі. Для цього часто використовують алгоритми прихованих Марківських моделей.

НММ – це статистична модель, яка використовується для опису випадкового процесу зі складним структурним зв'язком між внутрішніми станами системи та спостереженнями. Цей алгоритм використовується на останньому етапі, оскільки він дозволяє ефективно моделювати послідовності символів та здійснювати їх розпізнавання. Даний алгоритм включає такі основні етапи:

- алгоритм прямого поширення. Використовується для обчислення ймовірностей появи кожного можливого спостереження в кожному стані моделі;
- алгоритм зворотного розповсюдження. Використовується для обчислення ймовірностей появи кожного можливого спостереження в кожному стані моделі, враховуючи усі майбутні спостереження;
- алгоритм Вітербі. Використовується для визначення найбільш ймовірного шляху через модель, тобто для визначення послідовності станів моделі, яка найкраще пояснює спостережену послідовність.

Використання алгоритму НММ дозволяє ефективно моделювати та розпізнавати послідовності символів на зображеннях, що в свою чергу відкриває широкі можливості для автоматизованого аналізу та обробки текстової інформації [5].

По проходженню всіх етапів обробки зображення, важливо переглянути його на реальному прикладі, щоб оцінити ефективність методики.

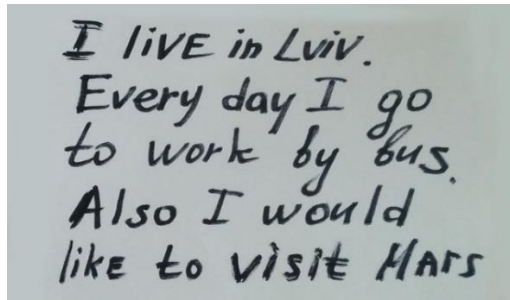


Рисунок 1 – Приклад фото з текстом

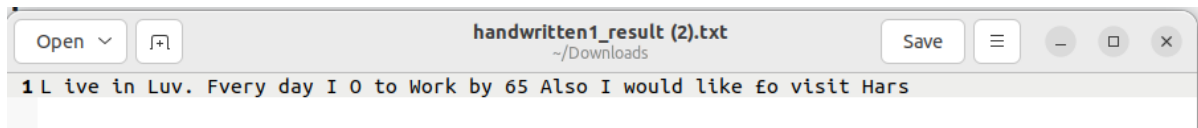


Рисунок 2 – Оброблений текст з фото

Прикладом було обране зображення з інтернету. Загалом, на ньому було присутніх 60 символів. Використання розглянутої послідовності обробки зображень дозволило успішно розпізнати 48 символів, що складає приблизно 80 % від загальної кількості символів. Поточна методика обробки є ефективною, але не ідеальною. Деякі символи залишаються нерозпізнаними, бо текст написаний людиною все ж таки має певну різницю від одного індивіда до іншого. Попри це, вона є потужним інструментом для автоматизованої обробки тексту на зображеннях.

Список використаних джерел:

1. Кобилін О. А., Творошенко І. С. Методи цифрової обробки зображень: навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2021. 124 с. URL: <https://doi.org/10.30837/978-966-659-295-1>. (дата звернення: 10.01.2024).
2. Tvoroshenko I., Gorokhovatskyi V., Kobylin O., Tvoroshenko A. Application of deep learning methods for recognizing and classifying culinary dishes in images. *International Journal of Academic and Applied Research*. 2023. Vol. 7 pp. 57–70.
3. Kobylin O., Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., and Peredrii O. The application of non-parametric statistics methods in image classifiers based on structural description components. *Telecommunications and Radio Engineering*. 2020. 79(10), pp. 855–863.
4. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., Kobylin O., Vlasenko N. Search for visual objects by request in the form of a cluster representation for the structural image description. *Advances in Electrical and Electronic Engineering*. 2023. 21(1), 19–27.
5. Yakovleva O., Kovtunen A., Liubchenko V., Honcharenko V., Kobylin O. Face Detection for Video Surveillance-based Security System (COLINS-2023). In *CEUR Workshop Proceedings*. 2023. Vol. 3403, pp. 69–86.

УДК 004.093

**МАТЕМАТИЧНА БАЗА ДЛЯ СТВОРЕННЯ ГІБРИДНОЇ
НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ
З ГЛИБОКИМ НАВЧАННЯМ**

Васильєв Р.Р.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Кіношенко Д.К.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: ruslan.vasyliiev@nure.ua

This work is devoted to the description of the mathematical framework that is needed to create a hybrid neural network for recommendations with deep learning. This approach to recommendations combines collaborative filtering and content processing of those elements on which training will be performed. The paper considers the mathematical side of the model which uses a loss function for training, a stochastic gradient descent (SGD) method and back propagation to adapt the model to minimize the loss. All these aspects described by mathematical formulas allow to write and train a neural network for recommendations, which can accommodate many parameters for recommendations and can be written in any platform and programming language.

У сучасному світі, де кількість інформації зростає експоненціально, величезне значення набуває ефективність її обробки та аналізу. Це особливо стосується галузей, де потрібно пропонувати персоналізовані рекомендації користувачам або клієнтам, як у сферах електронної комерції, соціальних мереж, стрімінгових сервісів тощо. Гібридні нейронні мережі, що використовують методи глибокого навчання, представляють собою передові технології в області рекомендаційних систем, здатні ефективно аналізувати великі обсяги даних та виявляти складні зв'язки між ними. Рекомендаційні системи стали невід'ємною частиною багатьох сучасних інтернет-платформ, допомагаючи користувачам знаходити релевантний контент серед нескінченної кількості можливостей. Використання гібридних нейронних мереж дозволяє значно підвищити якість рекомендацій за рахунок комбінування кількох типів даних та алгоритмів в одній моделі.

Гібридна нейронна мережа для рекомендацій поєднує в собі кілька підходів, зокрема колаборативну фільтрацію, обробку контенту та глибоке навчання, щоб врахувати різноманіття контекстів користувачів та предметів. Використання глибокого навчання дозволяє автоматично виявляти складні неявні залежності між характеристиками користувачів та предметів, що значно покращує якість рекомендацій.

Одним із ключових елементів навчання нейронних мереж є функція втрат, яка вимірює розбіжність між прогнозованими та реальними даними.

Для рекомендаційних систем часто використовується функція втрат квадратичної помилки:

$$L(Y, \hat{Y}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2,$$

де L – це функція втрат; Y – реальні рейтинги або вподобання; $\hat{Y}$ – прогнозовані рейтинги; N – кількість спостережень.

Для оптимізації параметрів моделі часто використовується метод стохастичного градієнтного спуску (SGD) або його варіації, такі як Adam. Основна ідея полягає в оновленні кожного параметра θ в напрямку, протилежному градієнту функції втрат:

$$\theta_{new} = \theta_{old} - \eta \cdot \nabla_{\theta} L(Y, \hat{Y}),$$

де η – швидкість навчання; $\nabla_{\theta} L$ – градієнт функції втрат по параметру θ .

Виходячи з цього, для створення системи рекомендацій потрібно підготувати дані для навчання, створити модель нейронної мережі та обучити її. Для підготовки даних гарною практикою є використання готових наборів даних, які створюють наукові дослідницькі спільноти для відслідковування статистики. Обробка повинна містити у собі об'єднання різних наборів даних по одному аспекту, видалення непотрібних даних та заповнення порожніх місць.

Нейронна мережа будується з вузлів (нейронів), які організовані в шари. Вихід кожного нейрона є функцією від суми вагованих входів плюс зсув (bias). Таким чином ми повинні підлаштувати функції у вузлах таким чином щоб вони допомогли нейромережі надати рекомендації:

$$a^{[l+1]} = \sigma(W^{[l]}a^{[l]} + b^{[l]}),$$

де $a^{[l]}$ – активації нейронів на шарі l ; $W^{[l]}$, $b^{[l]}$ – ваги зсуви шару l відповідно; σ – функція активації.

Для задач рекомендацій можна використовувати функцію втрат, наприклад, крос-ентропію для задач класифікації або MSE для задач регресії:

$$\mathcal{L}(y, \hat{y}) = - \sum_{i=1}^n y_i \log \log(y_i) + (1 - y_i) \log \log(1 - y_i),$$

де y_i – істинне значення для i -го прикладу; $\hat{y}_i$ – передбачення моделі для i -го прикладу; n – кількість прикладів у наборі даних.

Зворотне поширення помилки (backpropagation) використовується для обчислення градієнтів функції втрат по вагам та зсувам моделі, щоб адаптувати модель з метою мінімізації втрат:

$$\partial \mathcal{L} / \partial W^{[l]} = \frac{1}{m} \Delta W^{[l]},$$
$$\partial \mathcal{L} / \partial b^{[l]} = \frac{1}{m} \Delta b^{[l]},$$

де $\Delta W^{[l]}$, $\Delta b^{[l]}$ – градієнти функції втрат відносно ваг та зсувів шару; l , m – кількість прикладів у наборі даних.

Використовуючи зазначені формули можна легко створювати системи рекомендацій для будь якої доменної області, підготувавши заздалегідь різноманітні дані, створивши модель нейронної мережі, та провівши навчання зі зворотним поширенням.

Список використаних джерел:

1. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
2. Zhang, S., Yao, L., Sun, A., & Tay, Y. (2019). Deep Learning Based Recommender System: A Survey and New Perspectives. ACM Computing Surveys, 52(1), 1–38.
3. Rendle, S., Krichene, W., Zhang, L., & Anderson, J. (2020). Neural Collaborative Filtering vs. Matrix Factorization Revisited. In Proceedings of the 14th ACM Conference on Recommender Systems (RecSys '20). ACM, New York, NY, USA, 240–248.

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ОЦІНЮВАННЯ ДАНИХ

Вечірська А.Д.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Гороховатський В.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: anna.vechirska@nure.ua

Image classification methods with the calculation of distances between sets of descriptors are discussed. Experiments were conducted for variants of the traditional method based on a linear search in the reference database and methods using evaluation. The evaluation includes the computation of the medoids and distances from the descriptors to the set.

Одним із важливих завдань комп'ютерного зору є класифікація зображень [1, 2]. У застосуваннях комп'ютерного зору швидкодія класифікації є важливою і впливає на точність результату [3–5].

Будемо визначати клас об'єкту як аргумент від максимуму числа голосів:

$$k = \arg \max_{i=1, \dots, N} h_i \parallel h_k \geq \delta_h, \quad (1)$$

де δ_h – поріг для граничного мінімального числа голосів, $\{h_i\}_{i=1}^N$ – накопичений вектор з номерами класів [1].

Традиційний метод базується на лінійному пошуку відповідності дескриптора об'єкта у базі еталонів. Він полягає у обчисленні відстаней Геммінга від дескрипторів зображення до кожного еталону, після чого визначається клас за дескриптором з мінімальною відстанню.

Метод класифікації з роздільним аналізом еталонів відрізняється тим, що відстані до кожного еталону обчислюємо окремо. Далі обчислюється кількість відстаней менше певного порогу. Використано два варіанти граничного числа голосів: 64 та 32, які відповідають відповідно 25 % та 12,5 % від максимально можливої відстані.

У третьому методі класифікація виконується за відстанню до медоїдів еталонів. Медоїд – дескриптор, у якого сумарна відстань до решти дескрипторів мінімальна [5]. Це пришвидшує процес класифікації, адже замість знаходження відстаней між 500 дескрипторами зображення та 2500 дескрипторів еталонів, розраховуються відстані між 500 дескрипторами зображення та 5 медоїдами.

В статті [1] розглянуто метод класифікації зображень з використанням правила трикутника. За правилом трикутника знаходимо по 5 нерівностей до кожного з 500 дескрипторів аналізованого зображення:

$$|c - b| \leq a \leq c + b, \quad (2)$$

де b – відстань від медоїда до дескриптора, c – мінімальна або максимальна відстань до медоїду всередині еталона, a – відстань від точки зображення до еталону. За нерівностями (2) отримаємо оцінку відстані від точки до еталону.

У експерименті використано 5 еталонних зображень пташок (рис. 1). Для визначення дескрипторів використано бітовий детектор ORB.

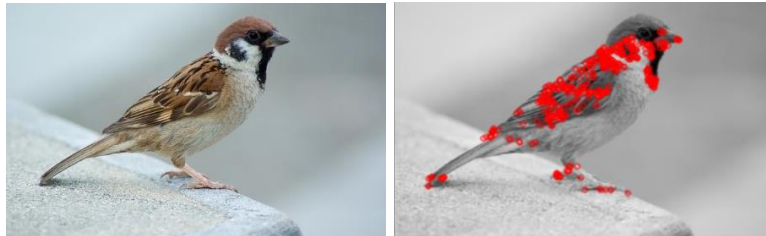


Рисунок 1 – Приклад зображення і координати ключових точок

На класифікатор подається обернене на 45 градусів зображення.

За першим методом отримали вектор голосів класів 429, 22, 15, 13 і 21. За другим методом з порогом 64 маємо 476, 263, 220, 188, 201. Використовуючи поріг 32, маємо 286, 1, 0, 0, 1. Метод працює результативно, а порогом можна управляти задля досягнення ефективності.

Третій метод дав такий розподіл: 103, 117, 137, 43, 100. Це означає помилкову класифікацію. Четвертий метод дав розклад голосів 222, 202, 23, 23, 30. Цей метод не такий точний, так як локальний максимум великий.

Висновок: методи з оцінюванням набагато швидші, але їх точність суттєво залежить від аналізованих даних.

Список використаних джерел:

1. Gorokhovatskyi V., Gadetska S., Stiahlyk N. Accelerating Image Classification based on a Model for Estimating Descriptor-to-Class Distance. *International Journal of Computing*. 2023. P. 485–492.

2. Tvoroshenko I., Gorokhovatskyi V., Kobylin O., and Tvoroshenko A. (2023) Application of deep learning methods for recognizing and classifying culinary dishes in images, *Intern. Journal of Academic and Applied Research*, 7(9), 57–70.

3. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I. (2023) Identification of visual objects by the search request. *Int. scientific symp. «Intelligent Solutions-S». Computational intelligence. Decision making theory: proceedings of the international symposium*, September 28, 2023, Kyiv-Uzhorod, Ukraine, 25–27.

4. Gorokhovatskyi, V., Vlasenko, N. (2021). Редукція опису зображення у складі множини дескрипторів на основі метричного критерію інформативності. *Advanced Information Systems*, 5(4), pp. 10–16.

5. Daradkeh Y.I., Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., Gadetska S., and Al-Dhaifallah M. (2023) Statistical data analysis models for determining the relevance of structural image descriptions, *IEEE Access*, 11, 126938–126949.

СКОРОЧЕННЯ ОБСЯГУ ОПИСУ ЗОБРАЖЕННЯ ЗА ЗАСТОСУВАННЯМ КРИТЕРІЮ ІНФОРМАТИВНОСТІ

Гончаров Д.М.

Науковий керівник – к.н.т., доц. Сакало Є.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

тел.: (057) 702-14-19, e-mail: danylo.honcharov@nure.ua

A technique for cutting down computational expenses in image classification involves compressing the feature space. This reduction relies on assessing the significance of features, achieving savings proportional to the quantitative measures of the descriptions.

Зменшення обсягу даних за допомогою відбору найбільш інформативних ознак є важливим завданням розробників сучасних інтелектуальних систем. Цей відбір сприяє підвищенню ефективності систем розпізнавання даних шляхом зменшення обчислювальних та апаратних витрат [1–5]. Один з методів визначення взаємного зв'язку між фрагментами зображення - використання метричних відношень у просторі описів. Ці відношення враховують можливі геометричні трансформації об'єктів, які відбуваються під час візуального спостереження.

Сучасні методи науки про дані використовують критерії, що ґрунтуються на оцінках інформативності даних, для прийняття рішень [3, 4]. Наприклад, у процесі побудови дерев прийняття рішень у класифікаторах зображень враховуються ці критерії. Було проведено дослідження з метою застосування метричного критерію інформативності до множини дескрипторів у просторі зображень. В якості навчальної вибірки використано базу еталонних зображень зі скінченою множиною 500 дескрипторів ключових точок. Для визначення відстаней між векторами дескрипторів використано метрику Хеммінга.

Використана формула для визначення інформативності дескрипторів базується на припущенні, що важливість ознаки зростає зі збільшенням її здатності розділяти навчальну вибірку на класи. Для оцінки інформативності кожного дескриптора використовується формула, яка враховує мінімальну відстань від елементу до еталону, не належного до класу, а також відстань до найближчого елементу з класу.

З цією формулою (1) визначається інформативність для дескрипторів:

$$V(z, E) = \rho_m(z, \bar{E}_k) - \rho_m(z, E_k) \quad (1)$$

де $\rho_m(z, \bar{E}_k) = \min_{v, i \neq k} \rho(z, e_v(i))$ – мінімальна відстань від z до елементу бази, що не належить класу E_k , $\rho_m(z, E_k) = \min_{v, i=k} \rho(z, e_v(i))$ – відстань від z до найближчого елементу із класу E_k .

Було використано 500 дескрипторів з вихідного зображення, і з них було відібрано лише 100 з найвищим показником інформативності. Після цього була проведена класифікація. Результати на навчальній вибірці показали майже таку саму точність, що й для традиційного методу голосування, проте час виконання зменшився в 4 рази. Для ілюстрації приведено одне зі зображень (рис. 1).



Рисунок 1 – Приклад зображення і координати сформованих КТ

Результати експериментів на навчальній вибірці підтвердили переваги використання методу класифікації з оцінюванням інформативності. Використання критерію сукупної інформативності дозволяє оцінювати і порівнювати ефективність впровадження різних варіантів стиснутої системи ознак. Таким чином, метод оцінювання інформативності стає важливим інструментом, що сприяє суттєвому підвищенню ефективності та швидкодії оброблення даних.

Список використаних джерел:

1. Daradkeh, Y.I., Gorokhovatskyi, V., Tvoroshenko, I., Zeghid, M. Tools for Fast Metric Data Search in Structural Methods for Image Classification, IEEE Access, 2022, 10, pp. 124738–124746.
2. Gadetska S., Ponomarenko R. Gorokhovatskyi V. (2020) Recognition of Visual Objects Based on Statistical Distributions for Blocks of Structural Description of Image. Proc. of the XV Int. Scientific Conference “Intellectual Systems of Decision Making and Problems of Computational Intelligence” (ISDMCI’2019), Ukraine, May 21–25, 2019, pp. 501–512.
3. Гадецька С.В., Стяглик Н.І., Власенко Н.В. (2020) Класифікація зображень на підставі ансамблю статистичних розподілів за класами еталонів для компонентів структурного опису. Радіоелектроніка, інформатика, управління, № 4, с. 85–94.
4. Gorokhovatskyi, V., Stiahlyk, N., Tsarevska, V. (2021). Combination method of accelerated metric data search in image classification problems. Advanced Information Systems, 5 (3), pp. 5–12.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ СЕМАНТИЧНОЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ НОВИН

Гончарова О.В.

Науковий керівник – к.н.т., доц. Кобилін О.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна,

тел.: (057) 702-14-19, e-mail: oksana.honcharova@nure.ua

This work is dedicated to clustering news based on their topics and exploring methods of semantic clustering. Semantic clustering can be used to increase the number of matches and differences between text elements. For advanced semantic clustering, machine learning methods, such as cluster analysis, clustering algorithms, or neural measures that capture semantic interactions between objects, can be used. An analysis of the most popular methods of semantic clustering is conducted, along with testing their effectiveness and speed of operation. Nevertheless, remaining trends in advanced semantic clustering of text documents include the emergence of current models of deep innovation and hybrid approaches.

У сучасному світі новини займають величезну частину нашого життя, отже, семантична кластеризація новин є актуальною проблемою. Під кластеризацією розуміють розбиття даних за певними групами, які називають кластерами, в яких дані згруповано за спільними характеристиками. Завданням кластеризації є відображення множини вхідних даних у множині кластерів. Семантична кластеризація може використовуватися для покращення розуміння подібностей та відмінностей між текстовими елементами, полегшуючи подальший аналіз та обробку [1, 2]. Для виконання семантичної кластеризації можуть використовуватися методи машинного навчання, такі як кластерний аналіз, алгоритми кластеризації, або нейронні мережі, які враховують семантичні взаємодії між об'єктами [3].

Існує декілька методів семантичної кластеризації:

– кластерний аналіз (Hierarchical Clustering): використовує ієрархічний підхід для групування об'єктів. Об'єкти поступово об'єднуються в кластери відповідно до їхньої схожості. Можна використовувати різні метрики схожості, такі як евклідова відстань або косинусна схожість;

– K-Means: визначається кількість кластерів (K), і об'єкти розподіляються між ними на основі мінімізації середньої квадратичної відстані між об'єктами та центрами кластерів;

– DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise): визначає кластери на основі щільності об'єктів у просторі. Кластери формуються там, де є висока щільність, і об'єкти, які знаходяться в менш щільних областях, розглядаються як шум чи викиди;

– Spectral Clustering: використовує властивості собствених значень та собствених векторів графа схожості об'єктів для групування. Ефективний для виявлення нелінійних залежностей та кластерів складної форми;

– Agglomerative Hierarchical Clustering: об'єднує найбільш схожі об'єкти на кожному етапі. Результатом є дерево, яке можна представити у вигляді дендрограми;

– Latent Semantic Analysis (LSA): використовує сингулярний розклад матриці для зменшення розмірності текстових даних та виявлення семантичних взаємодій;

– Word Embeddings-Based Clustering: використання векторних представлень слів (word embeddings), таких як Word2Vec або Doc2Vec, для вимірювання семантичної схожості та кластеризації текстових даних.

Для задачі кластеризації новин можна використати комбінацію кількох методів. Doc2Vec та інші методи, які враховують контекст документів, дозволяють враховувати семантику всього тексту новини при кластеризації, що робить результати більш точними та репрезентативними. Останні тенденції у дослідженні семантичної кластеризації новин включають використання моделей глибокого навчання та гібридних підходів. Завдяки цьому дослідженню відкриваються перспективи для покращення інформаційного пошуку, рекомендацій та організації новинного контенту, що відповідає вимогам сучасного інформаційного суспільства [4].

У ході експериментального дослідження для кластеризації новин було виявлено, що найшвидшим методом семантичної кластеризації є K-Means, а найбільш ефективним є Word Embeddings-Based Clustering, а саме Doc2Vec, оскільки він враховує контекст вхідних даних. Отже для швидкої та ефектвної роботи застосунку семантичної кластеризації новин найліпшим буде використання комбінації цих двох методів семантичної кластеризації.

Список використаних джерел:

1. Оченашко М. О. Використання вагових коефіцієнтів для дескрипторів зображення у задачі класифікації. *Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference*. Oslo, Norway. 2023. pp. 544–548.

2. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., Yakovleva O. Transforming image descriptions as a set of descriptors to construct classification features, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 2024. 33 (1), 113–125.

3. Gorokhovatskyi, V., Vlasenko, N.. Редукція опису зображення у складі множини дескрипторів на основі метричного критерію інформативності. *Advanced Information Systems*, 2021. 5(4), pp. 10–16.

4. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., Kobylin O., Vlasenko N. Search for visual objects by request in the form of a cluster representation for the structural image description, *Advances in Electrical and Electronic Engineering*, 2023. 21 (1), pp. 19–27.

МЕТОД ДЕТЕКТУВАННЯ ЛЮДЕЙ У НАТОВПАХ РІЗНОЇ ЩІЛЬНОСТІ

Гречишкін Д.С.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Яковлева О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф.ІНФ
м. Харків, Україна

e-mail: danylo.hrechyshkin@nure.ua

This work devoted for the analysis of the modern state-of-the-art solutions in crowd counting. Highlighted tendencies and widely used tools of this area. Special attention devoted to the crowd detection with the different density. Methods based on the Convolution Neural Networks analyzed and compared. Provided additional analyze for classic local binary pattern detection methods and brand-new state-of-the-art model YOLOv8, especially for low-dense crowd counting. Various methods compared based on their prospers and concerns.

Прогрес останніх років в вирішенні задач комп'ютерного зору пов'язаний з розвитком архітектури нейронних мереж та покращенням технічних можливостей для їх навчання. Різні моделі можуть бути навчені для розпізнавання, класифікацію, сегментацію, трекінг та інше. Розробники змагаються в проектуванні найкращих та найефективніших моделей, і порівнюють їх між собою.

Вирішення таких задач є актуальним для багатьох сфер життя починаючи від соціальних, закінчуючи стратегічно важливими [1–3]. Аналіз кількості людей в натовпі, наприклад, міг би мати, як соціальне значення, так і економічне. З одного боку продемонстровано інтерес суспільства до певного питання, з іншого – планування можливих заробітків відносно кількості учасників. Навіть такий простий приклад, показує що аналіз зображень може бути вкрай важливим для окремих сфер та може мати свої певні обмеження та специфічні умови.

Дана робота присвячена питанню підрахунку людей у натовпі. Для чого можна використовувати різні підходи, наприклад, на основі аналізу текстур, малювання теплових мап або на основі детектування та класифікації постатей людей. Для того щоб обробляти зображення з натовпом різного типу, або зображення с поодинокими посталями людей однаково добре, треба використовувати додаткову систему класифікації зображень на різні види натовпу, та підготувати моделі, які найкраще підраховують людей для цих умов. Тому в роботі пропонується на першій стадії визначити до якого типу відноситься натовп на зображенні: щільного натовпу, помірного натовпу, або окремих постатей. Для цього була перенавчена модель MobileNetV2 (рис. 1).

Щільний натовп та помірний натовп може сприйматися як текстура, що має певні характеристики, які можна проаналізувати і визначитися із

кількістю людей. Для аналізу текстурних зображень можна використати, наприклад, метод LBP (Local Binary Patterns), або обробляти теплові мапи, що побудують нейронні мережі CSRNet [4], MCNN. В роботі проводилося навчання мереж CSRNet, MCNN на датасеті ShanghaiTech, який складається з двох частин: part_A – щільний натовп, part_B – помірний. Навчання проводилося окремо на part_A, окремо на part_B. Проведені дослідження показали, що підрахунок людей як в щільному натовпі, так й помірному, краще веде модель CSRNet (рис. 2).

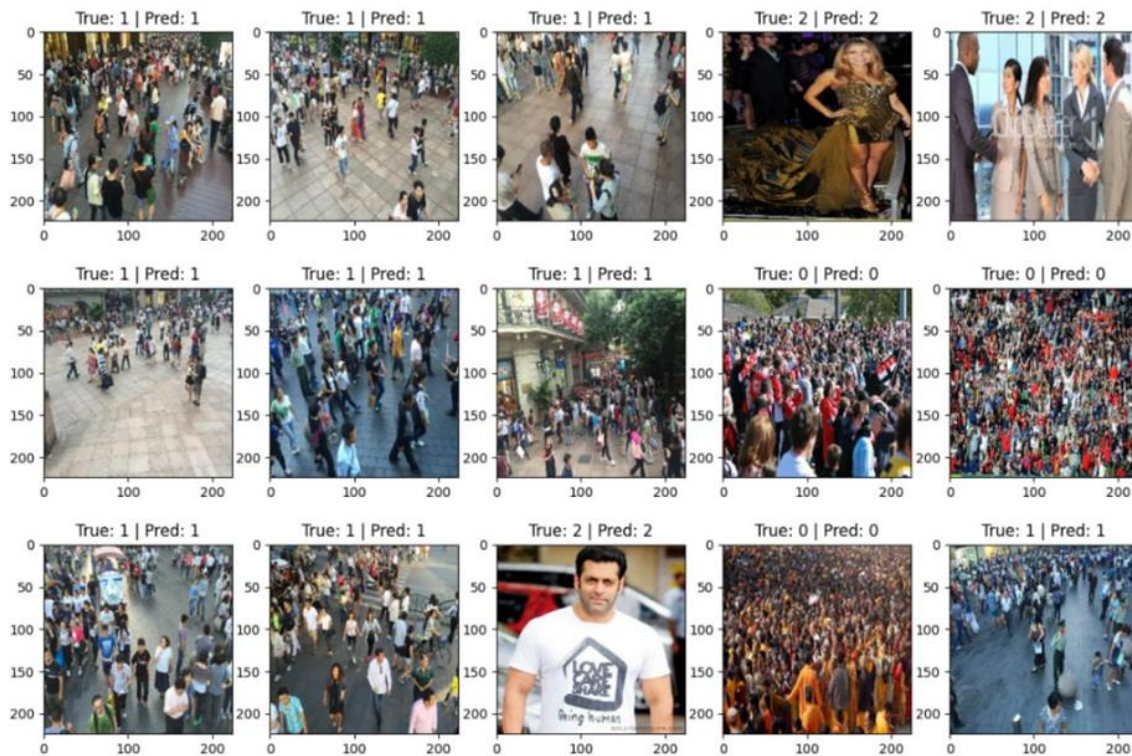


Рисунок 1 – Класифікація натовпу

Models	Part A		Part B	
	MAE	MSE	MAE	MSE
MCNN	110,2	173,2	26,4	41,3
CSRNet	68,2	131,3	10,6	16,2

Рисунок 2 – Навчання мереж CSRNet та MCNN

Для підрахунку людей на зображеннях, де присутні окремі постаті було вирішено застосувати методи детекції. До зображень з окремими посталями, наприклад, можна віднести групові фото, або фото людей, що знаходяться в офісі на робочих місцях, в кав'ярні. Якщо потрібно було б рахувати людей тільки за їхніми обличчями, можна було б використовувати метод на основі LBP, каскадів Наар та Віоли-Джонса, або мережі RetinaFace. Але в задачі підрахунку людей необхідно детектувати постаті людей та об-

личчя, які можуть бути не обов'язково фронтальні. Для цього можна використати сучасні потужні нейронні мережі для детектування та класифікації об'єктів, наприклад, YOLOv8 (рис. 3) [5].

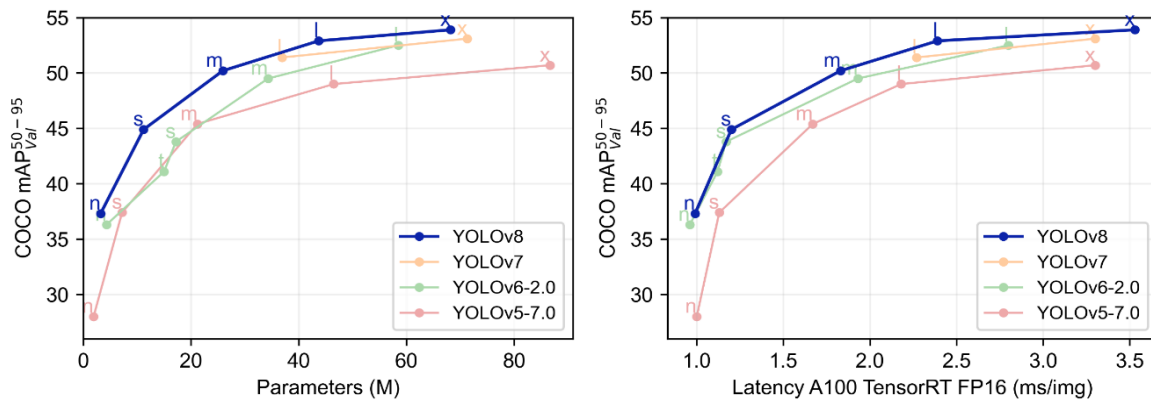


Рисунок 3 – Ефективність YOLOv8 [5]

Таким чином, в роботі досліджено питання підрахунку людей у натовпі, розглянуто різні підходи – від методів, заснованих на аналізі текстур і теплових мап, до методів детектування силуетів. Використання класифікації на першому етапі дозволило використовувати найбільш підходящі методи для натовпу різного типу: для щільного та помірного натовпу – мережу CSRNet, навчену на різних частинах датасету ShanghaiTech; для окремих постатей – модель YOLOv8. У подальшому доцільно було б дослідити використання запропонованого підходу щодо підрахунку людей у відео потоці.

Список використаних джерел:

1. Yakovleva, O., Kovtunenکو, A., Liubchenko, V., Honcharenko, V., & Kobylin, O. (2023). Face Detection for Video Surveillance-based Security System (COLINS-2023). In CEUR Workshop Proceedings (Vol. 3403). pp. 69–86.
2. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., and Yakovleva O. (2024) Transforming image descriptions as a set of descriptors to construct classification features, Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, vol. 33, no. 1, pp. 113–125.
3. Ковтуненко, А. Р., Яковлева, О. В., Любченко, В. А., & Янголенко, О. В. (2020). Дослідження сумісного використання математичної морфології та згорткових нейронних мереж для вирішення задачі розпізнавання цінників.
4. Li, Y., Zhang, X., & Chen, D. (2018). CSRNET: Dilated convolutional neural networks for understanding the highly congested scenes. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 1091–1100).
5. Ultralytics YOLOv8 is out. (2024). Repository of the project. Retrived from <https://github.com/ultralytics/ultralytics>.

УДК 004.93:004.032.6

ПРОЦЕСИ КЛАСИФІКАЦІЇ ОБРАЗІВ ЗОВНІШНІХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЯ

Григор'єва Д.О.

Науковий керівник – к.т.н., асист. Кобилін І.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

тел.: +380688662219, e-mail: daryna.hryhorieva@nure.ua

The research is aimed at developing and implementing an effective computer vision tool. It will facilitate the accurate detection and recognition of external parts, which in turn will improve maintenance processes and raise the overall quality standard in the automotive industry. Convolutional Neural Networks (CNNs) and structured methods have proven to be particularly suitable for this purpose. CNNs are a powerful deep learning approach that can automatically learn complex image features, making them highly effective in car image classification. They can identify different car makes, models, and components even in challenging environments such as different lighting, angles, and obstacles. Structured methods use predefined rules and algorithms to extract features from images. These methods can be designed to focus on specific aspects of automotive parts, making them highly accurate and reliable. They are also less computationally intensive than CNNs, making them suitable for real-time applications.

Автомобільна промисловість постійно розвивається на підвищення ефективності, швидкості та безпеки технічного обслуговування. Введення в проблематику детекції деталей автомобіля та її важливість в автомобільній промисловості та технічному обслуговуванні є ключовою основою цього дослідження.

Розвиток методів визначення образів розпочався у 1950-х роках із перших досліджень у галузі комп'ютерного зору та обробки зображень. З розвитком мікропроцесорів та обчислювальних ресурсів почалася активна робота у галузі комп'ютерного зору та машинного навчання для розпізнавання облич. У початку 2000-х років поява методів глибокого навчання та нейронних мереж стала ключовим моментом, що сприяло підвищенню точності та ефективності технологій розпізнавання образів.

Прецедент базується на класифікації, він розглядається як вже класифікований об'єкт, який вважається як зразок при розв'язанні задач класифікації. Прийняття рішень на основі прецедентності є одним із основних підходів в навчанні навколишнього середовища, і це означає, що алгоритм використовує вже відомі приклади для класифікації нових об'єктів.

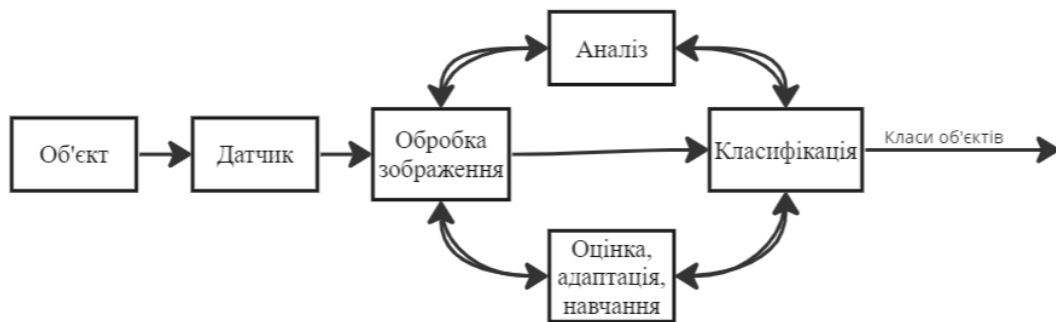


Рисунок 1 – Процес розпізнавання образів

Методи розпізнавання образів розрізняються на основі таких класифікаційних ознак: способи отримання апостеріорної інформації – однорівневі та багаторівневі; характер інформації про ознаки розпізнавання – детерміновані та методи дискримінантних функцій; логічні; структуровані, синтаксичні, лінгвістичні методи; комбіновані методи.

На сьогодні нейронні мережі найкраще підходять для розпізнавання зовнішнього вигляду автомобіля. Це пов'язано з тим, що нейронні мережі здатні вивчати складні патерни та особливості з великих наборів зображень, що робить їх добре пристосованими до завдання розпізнавання зображень. Проте методи нейронних мереж мають недоліки: зображення мають великі розміри, проблема зі змінною позиції об'єктів на зображеннях.

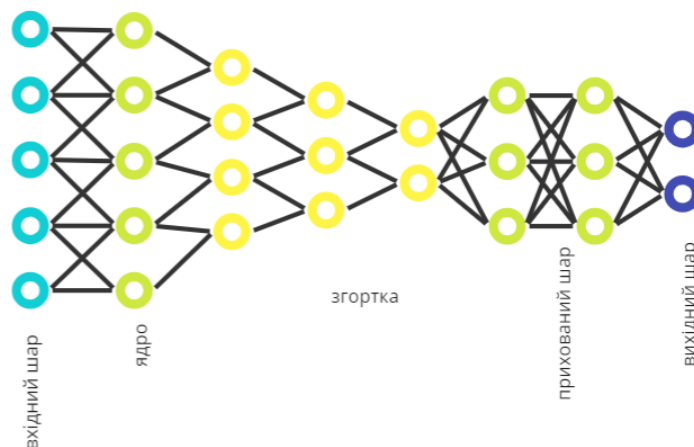


Рисунок 2 – Згорткова нейронна мережа

В CNN для вилучення ознак із зображень використовується операція згортки. Це включає в себе використання спільних параметрів для шарів, що дозволяє використовувати однакові вагові коефіцієнти для обробки різних частин вхідного зображення. Таким чином в нейронній мережі зменшується кількість параметрів для навчання.

Згортка (рис. 2) складається з набору фільтрів, які можна розглядати як двовимірні матриці чисел. Операція згортки в нейронних мережах визначається за формулою (1):

$$(I * K)_{ij} = \sum_m \sum_n I_{(i+m)(j+n)} * K_{mn}, \quad (1)$$

де I – вхідне зображення; K – ядро фільтра; I_{ij} – пікселі в позиції вхідного зображення; K_{mn} – коефіцієнт ядра фільтра.

Нейрони в згортковому шарі (рис. 2) спрямовані на виявлення конкретних характеристик. На простому рівні вхід до згорткового шару є двовимірним масивом, що може бути як вхідним зображенням у мережу або виходити з попереднього рівня в мережі. Перший згортковий шар приймає як вхідний елемент – вхідне зображення. Зазвичай це зображення представлене у градаціях сірого або кольоровим каналам.

У згортковому шарі ключовим параметром є кількість фільтрів, які він використовує. Фільтр переміщується по вхідних даних, і в кожному місці фільтра виконується операція згортання, яка створює одне число. Потім це значення передається через функцію активації, і вихідні дані функції активації заповнюють відповідний запис у виводі, також відомий як карта активації.

Інші методи, такі як Манхеттенська відстань, Евклідова метрика, відстань Чебишева, відстань Махаланобіса, відстань Хеммінга та середньоквадратична різниця координат, більше підходять для числових або векторних даних і можуть бути не ефективними у виявленні структурних та синтаксичних властивостей.

Отже, для класифікації деталей зовнішнього вигляду автомобіля найкраще підходять методи структурної відстані та нейронних мереж (згорткових нейронних мереж/CNN). Структурна відстань дозволяє порівняти структурні властивості різних елементів екстер'єру автомобіля і класифікувати їх на основі їхньої схожості або відмінності.

Список використаних джерел:

1. Zhang, B., Quan, C., & Ren, F. Study on CNN in the Recognition of Emotion in Audio and Images. 2016 IEEE/ACIS 15th International Conference on Computer and Information Science (ICIS) (26-29 June 2016) Okayama, Japan, 2016.

2. Згорткові нейронні мережі. YouTube. URL <https://www.youtube.com/watch?v=Qkq0VLuw5Vg&t=311s> (дата звернення: 28 лютого)

3. Bodyanskiy, Y., Vynokurova, O., Kobylin, I., & Kobylin, O. (2016). Adaptive fuzzy clustering of short time series with unevenly distributed observations in Data Stream Mining tasks. Information Technology and Management Science, 19(1), 2016 December 23–28.

СУЧАСНІ МОВНІ МОДЕЛІ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТЕКСТУ

Дебре В.С.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Гороховатський В.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,

м. Харків, Україна

тел.: (057) 702-14-19, e-mail: viktor.debre@nure.ua

The research materials concern the formation and use of a vector representation for textual data in modern language models. Therefore, the use of such an approach when solving the problems of obtaining answers to questions about professional activity.

Велика мовна модель – це алгоритм нейронних мереж, який застосовує методи глибокого навчання та використовує обширні набори даних для осмислення, узагальнення, генерування та передбачення нового змісту. Властивості цих моделей виражаються у вивченні статистичних зв'язків у текстових документах під час інтенсивного обчислювального процесу, який відбувається під самоконтролем. Вони представляють собою штучні нейронні мережі, при цьому найбільші та потужніші з них базуються на трансформаторній архітектурі [1–3].

Семантичний плагін – це набір функцій, які можуть бути доступні для мовних моделей та сервісів. У фреймворку Semantic Kernel цей підхід реалізовано за допомогою виклику планувальників напряму з плагінів на основі аналізу текстових інструкцій під час виконання застосунків. Робота цього рушію продемонстрована на рис. 1. На вхід Semantic Kernel отримує текстове запитання, після чого проходить через етапи послідовного виклику компонентів мовної моделі, визначення наміру виконання, отримання необхідної інформації з бази знань, та формування висновків на основі всієї інформації. На виході формується текстова відповідь на запитання чи запит та виконується набір інструкцій користувача.

При використанні звичайного підходу передається історія розмови та контекст, який стосується прикладного запитання чи завдання. Але такий підхід дуже обмежений в кількості можливих символів. При використанні підходу з ланцюгом послідовного виклику запитів до системи на базі окремих моделей для планера та зв'язування тексту – все зводиться до векторного представлення та формування відповіді.

За допомогою цього можна передавати значно більшу кількість інформації для обробки запиту користувача. Крім того, оскільки використовується модель для перетворення текстової інформації в вигляд числових векторів, це дозволяє використовувати великі об'єми тексту, які можуть зберігатись в векторних базах даних. Близькі принципи застосовують у системах аналізу візуальних образів [4, 5].

При умові поєднання методів зв'язування тексту з векторними базами знань та підходів рушію Semantic Kernel можна досягти достатній рівень швидкодії та розуміння контексту тексту для виконання практичних завдань.



Рисунок 1 – Схема роботи Semantic Kernel

Векторна база даних – це структура, яка зберігає дані у вигляді векторів великої розмірності, які є математичними представленнями ознак або атрибутів. Кожен вектор має певну кількість вимірів, яка може коливатися від десятків до тисяч залежно від складності та деталізації даних. В даній реалізації вектори формуються на основі контексту та намірів тексту, за допомогою розділення різних характеристик по різних вимірах для векторів.

Для реалізації пошуку у векторних базах даних доцільно застосовувати методи HNSW (Navigable Small World Graphs) для графу пошуку по ній, або IVFFlat (Inverted File with Flat Compression) у разі необхідності забезпечення більшої швидкодії при завантаженні знань в базу та зменшенні точності.

Список використаних джерел:

1. Gorokhovatskyi, V., Vlasenko, N. (2021). Редукція опису зображення у складі множини дескрипторів на основі метричного критерію інформативності. *Advanced Information Systems*, 5(4), pp. 10–16.
2. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I. (2023) Identification of visual objects by the search request. *Int. scientific symp. «Intelligent Solutions-S». Computational intelligence. Decision making theory: proceedings of the international symposium, September 28, 2023, Kyiv-Uzhorod, Ukraine*, 25-27.
3. Gorokhovatsky V.A. Efficient Estimation of Visual Object Relevance during Recognition through their Vector Descriptions. *Telecommunications and Radio Engineering*. – 2016, Vol. 75, No 14. – P. 1271–1283.
4. Daradkeh Y.I., Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., Gadetska S., and Al-Dhaifallah M. (2023) Statistical data analysis models for determining the relevance of structural image descriptions, *IEEE Access*, 11, 126938–126949.
5. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., Yakovleva O. (2024) Transforming image descriptions as a set of descriptors to construct classification features, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 33 (1), 113–125.

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ СУЧАСНИХ НЕЙРОМЕРЕЖ

Євтушенко Д.А.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Творошенко І.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,

м. Харків, Україна

e-mail: dmytro.ievtushenko@nure.ua

This work investigates existing neural networks based on their architectures and functionalities. Various types of neural network architectures, including feedforward, convolutional, recurrent, and attention-based models, are analyzed and categorized. The performance and suitability of each type of neural network for specific tasks are assessed. Additionally, emerging architectures and hybrid models that combine different neural network types are explored. The findings contribute to understanding the strengths and limitations of different neural network architectures, aiding in the selection and optimization of models for various applications.

Нейромережі відіграють ключову роль у сучасних дослідженнях та застосуваннях штучного інтелекту [1–5]. У даній роботі розглянуто існуючі типи нейромереж та задачі, які такі нейромережі виконують.

Перш ніж перейти до окремих типів нейромереж, необхідно з'ясувати, які завдання вони можуть вирішувати.

Виділяють чотири основні групи задач, які виконують нейромережі:

- класифікація: використовується для розпізнавання об'єктів або категоризації даних;
- прогнозування: застосовується для прогнозування часових рядів або генерації послідовностей;
- створення: використовується для створення нового контенту, такого як зображення або текст;
- виявлення: призначена для виявлення складних патернів або аномалій у вхідних даних.

Визначивши основні задачі, перейдемо до розгляду архітектур, які нейромережі можуть мати:

- нейронна мережа прямого поширення: це найпростіші та найбільш поширені нейромережі, в яких дані проходять через шари в одному напрямку від входу до виходу. Вони ефективно використовуються для класифікації та регресії, де кожен вхідний вузол з'єднаний з кожним вихідним;
- згорткові нейромережі: ці моделі зазвичай використовуються для обробки зображень, оскільки вони здатні ефективно розпізнавати локальні патерни на зображеннях. Згорткові шари аналізують малі частини зображення та виокремлюють їхні характеристики;
- рекурентні нейромережі: ці моделі мають зв'язки, які створюють зворотний зв'язок між вузлами, що дозволяє їм працювати з послідовнос-

тими даних. Вони ефективно використовуються для обробки послідовних даних, таких як текст або часові ряди;

– гібридні моделі: ці моделі поєднують різні типи нейромереж для досягнення кращої продуктивності та універсальності. Наприклад, комбінування згорткових та рекурентних шарів може бути ефективним для аналізу послідовностей зображень.

Однією з ключових цілей цього дослідження є оцінка продуктивності та придатності кожного типу нейромережі для конкретних завдань.

Класифікація.

Нейромережі: найчастіше для класифікації використовуються згорткові нейромережі, такі як ResNet, Inception або VGG, оскільки вони ефективно працюють із зображеннями та виявленням патернів.

Точність: згорткові нейромережі зазвичай демонструють високу точність, часто досягаючи показників понад 90 % на популярних наборах даних, таких як ImageNet.

Час навчання: час навчання згорткових нейромереж може бути тривалим через їх складну архітектуру та велику кількість параметрів.

Ресурсозатратність: згорткові нейромережі потребують значних обчислювальних ресурсів та потужного обладнання через велику кількість параметрів та обчислювально важкі операції.

Прогнозування.

Нейромережі: для прогнозування часових рядів часто застосовують рекурентні нейромережі, такі як LSTM або GRU, які здатні враховувати контекст попередніх вхідних значень.

Точність: рекурентні нейромережі зазвичай демонструють хорошу точність у прогнозуванні часових рядів, особливо при належному налаштуванні гіперпараметрів.

Час навчання: час навчання рекурентних нейромереж може бути помірним порівняно з іншими архітектурами, але вони можуть бути вимогливими до додаткових ресурсів при роботі з великими обсягами даних.

Ресурсозатратність: рекурентні нейромережі можуть бути менш ресурсозатратними порівняно зі згортковими, але можуть потребувати значних обчислювальних ресурсів, особливо для навчання на великих даних.

Створення.

Нейромережі: для генерації контенту широко використовуються автокодувальні нейромережі, такі як Variational Autoencoders (VAE) або Generative Adversarial Networks (GANs).

Точність: оцінка точності генерації контенту може бути складною, але при використанні великого обсягу репрезентативних даних модель може генерувати високоякісний контент.

Час навчання: час навчання автокодувальних нейромереж може бути тривалим, особливо для складних моделей, таких як GANs.

Ресурсозатратність: використання ресурсів для навчання автокодувальних нейромереж може бути значним, особливо для складних моделей, які вимагають більше обчислювальної потужності.

Виявлення.

Нейромережі: для цього типу завдань часто використовуються гібридні моделі, які поєднують різні типи нейромереж.

Точність та час навчання: для гібридних моделей можуть варіюватися у залежності від конкретного завдання та даних.

Ресурсозатратність: для гібридних моделей може також варіюватися, залежно від їх складності та обсягу даних.

Дослідивши сучасні нейромережі, розділивши їх за категоріями, виділивши типи завдань, які вони можуть реалізовувати з високою ефективністю, встановлено, яку саме нейромережу варто використовувати під час розроблення інформаційних систем різного призначення.

Список використаних джерел:

1. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., and Yakovleva O. (2024) Transforming image descriptions as a set of descriptors to construct classification features, Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 33 (1), pp. 113–125.

2. Tvoroshenko I., Gorokhovatskyi V., Kobylin O., and Tvoroshenko A. (2023) Application of deep learning methods for recognizing and classifying culinary dishes in images, International Journal of Academic and Applied Research, 7(9), pp. 57–70.

3. Pomazan V., Tvoroshenko I., and Gorokhovatskyi V. (2023) Development of an application for recognizing emotions using convolutional neural networks, International Journal of Academic Information Systems Research, 7(7), pp. 25–36.

4. Pomazan V., Tvoroshenko I., and Gorokhovatskyi V. (2023) Handwritten character recognition models based on convolutional neural networks, International Journal of Academic Engineering Research, 7(9), pp. 64–72.

5. Tvoroshenko I., Pomazan V., Gorokhovatskyi V., and Kobylin O. (2023) Application of video data classification models using convolutional neural networks, International Journal of Academic and Applied Research, 7(11), pp. 134–145.

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ. МЕТОДИ
ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ**

Ємельянова К.О.

Науковий керівник – к.т.н., доцент Каук В.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПІ,
м. Харків, Україна
тел.: (057) 702-13-06

This study examines image processing and object detection methods, highlighting the transition from traditional techniques to advanced machine learning and deep learning models like CNNs. Despite CNNs' flexibility in complex scene analysis, their high data and computational demands present challenges. The Segment Anything Model (SAM) addresses these limitations by excelling in diverse conditions and continuously improving with new data. This work focuses on innovative automatic segmentation algorithms and simplifying complex image analysis by using point coordinates for input to produce segmented objects.

В епоху цифрових технологій, область обробки зображень постійно еволюціонує, пропонуючи нові виклики та перспективи. Завдяки прогресу в області штучного інтелекту та машинного навчання, вдалося значно розширити можливості аналізу та інтерпретації візуальних даних.

Основна увага цього дослідження зосереджена на методах визначення об'єктів у зображеннях, критичному компоненті у різних застосуваннях – від систем автоматичного візуального виявлення до розробки інтерактивного мультимедійного контенту. Ефективне визначення об'єктів відіграє ключову роль у розвитку інтелектуальних систем, що можуть адаптуватися та реагувати на своє візуальне середовище.

У цьому дослідженні розглядаються різні алгоритми та підходи, зокрема, використання нейронних мереж для точного визначення об'єктів. Метою є оцінка ефективності цих методів та їхнього потенціалу для вирішення практичних завдань.

У сфері обробки зображень існує множина підходів до сегментації сцени, кожен з яких має свої унікальні переваги та обмеження, залежно від конкретних завдань і умов застосування. Традиційні методи, такі як порогова сегментація, кластеризація та морфологічний аналіз, дозволяють ефективно виділяти об'єкти на зображеннях з відносно простими або однорідними фонами. Однак, вони часто зазнають невдач при роботі зі складними сценами, де об'єкти та фон можуть мати схожі характеристики або коли об'єкти перекривають один одного. З іншого боку, сучасні методи, засновані на машинному навчанні та глибокому навчанні, такі як конволюційні нейронні мережі (CNN), пропонують більш гнучкі та потужні рішення для аналізу та розуміння складних зображень за допомогою вивчення високо-

рівневих абстракцій в даних. Використання таких методів відкриває шлях до створення адаптивних систем, здатних точно ідентифікувати та сегментувати об'єкти незалежно від зовнішніх умов або рівня складності сцени. Однак, попри потужність та гнучкість, які пропонують конволюційні нейронні мережі (CNN) у області обробки зображень, вони мають деякі недоліки. Великі обсяги даних та високі обчислювальні вимоги для ефективного навчання можуть обмежувати їх застосування, особливо в умовах з обмеженими ресурсами. Крім того, CNN можуть зіткнутися з труднощами при адаптації до нових умов або варіацій у зовнішності об'єктів, що вимагає частого перенавчання моделі для підтримки високої точності розпізнавання. Ці обмеження підкреслюють потребу в розробці більш адаптивних методів сегментації, здатних ефективно працювати в динамічних або непередбачуваних візуальних умовах.

Застосування технологій штучного інтелекту відкриває нові горизонти у розумінні візуального контенту, забезпечуючи революційні підходи до його обробки та аналізу. Однією з передових розробок у цій галузі є модель Segment Anything Model (SAM), яка демонструє вражаючі результати у сегментації об'єктів на зображеннях. Ця модель використовує принципи глибокого навчання для адаптації та визначення об'єктів у різноманітних умовах, роблячи її незамінним інструментом у широкому спектрі застосувань. Основна перевага SAM полягає в її здатності навчатися з широкого діапазону даних, постійно покращуючись з обробкою нових зображень.

Ця робота зосереджена на вивченні та застосуванні інноваційних моделей автоматичної сегментації об'єктів на зображеннях. Вхідними даними до розроблюваної системи є координати певної точки на зображенні, а виходом є повністю сегментований об'єкт, ідентифікований цією точкою. Цей підхід дозволяє точно визначати об'єкти на складних зображеннях, значно спрощуючи процес обробки та аналізу візуальної інформації. Використання глибокого навчання в моделях сегментації, як-от SAM, відкриває нові можливості для створення адаптивних систем, здатних ефективно працювати з різноманітними типами зображень і сценаріями застосування.

Список використаних джерел:

1. Image Segmentation: Principles, Techniques, and Applications / Tao Lei, Asoke K. Nandi, 2022. – 297 с.
2. Segment Anything [Електронний ресурс] / [Alexander Kirillov, Eric Mintun, Nikhila Ravi та ін.]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://arxiv.org/abs/2304.02643>.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ГРОМАДСЬКИХ ОРГАНІЗАЦІЙ

Іванова С.І.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Творошенко І.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: sofia.ivanova@nure.ua

A comparative analysis of the use of information systems by volunteer organizations in different countries, as well as existing software applications in Ukraine, was conducted, and the results of the research will help Ukrainian volunteer organizations identify priority areas for the development and improvement of their work.

Громадська організація – це добровільне об'єднання фізичних осіб, створене для спільного здійснення та захисту своїх законних соціальних, економічних, творчих, національно-культурних, спортивних та інших спільних інтересів.

За даними Єдиного державного реєстру юридичних осіб, фізичних осіб-підприємців та громадських формувань станом на 12.02.2024 р. в Україні зареєстровано 142345 громадських організацій, зокрема, з 24.02.2022 р. по 12.02.2024 р. було зареєстровано 54879 нових формувань.

Інформаційна система – це система, яка збирає, обробляє, зберігає та надає інформацію для підтримки прийняття рішень, координації дій та контролю за діяльністю в організації [1].

Громадські організації використовують програмні платформи для управління волонтерським ресурсом, власними проєктами, збору коштів, аналітики та зв'язку з громадськістю. Зазвичай, це різні застосунки, які рідко об'єднані в одну. Використання інструментальних засобів може допомогти волонтерським організаціям покращити координацію роботи, збільшити прозорість та краще відповідати потребам людей.

Інформаційні системи, які використовують волонтерські організації:

- CRM-системи для управління волонтерським ресурсом;
- системи проєктного менеджменту планування та реалізації проєктів;
- платформи для збору коштів;
- аналітичні інструменти для оцінки результатів діяльності;
- соціальні мережі та вебсайти для зв'язку з громадськістю.

Перевагами використання інформаційних систем є [2]:

- покращення координації роботи;
- збільшення прозорості та підзвітності;
- використання ресурсів стає доцільним та ефективним;
- краще розуміння потреб людей;
- підвищення рівня довіри до організації.

Аналіз сучасного стану використання інформаційних систем волонтерськими громадськими організаціями в Україні надано у табл. 1, де систематизовано та порівняно програмні застосунки за ключовими показниками [3, 4]:

- мета (1);
- цільова аудиторія (2);
- функціональні можливості (3);
- інформаційні системи (4);
- технології (5);
- фінансування (6);
- переваги (7);
- недоліки (8).

Таблиця 1 – Результат порівняння програмних застосунків

№	Дія.City	Volonter.org	Help24.org.ua
1	Створення сприятливих умов для ведення ІТ-бізнесу	Об'єднання волонтерів та організацій, які потребують допомоги	Надання безоплатних консультацій з питань здоров'я, психології та юриспруденції
2	ІТ-компанії	Волонтери	Люди, які живуть з ВІЛ, гепатитами, туберкульозом, а також представники ключових груп населення
3	Реєстрація резидентів, отримання послуг, спілкування з резидентами, ведення податкової та бухгалтерської звітності	Пошук волонтерських проєктів, створення власних проєктів, навчання волонтерів, спілкування з іншими волонтерами, ведення календаря подій	Надання онлайн-консультування, ведення кейсів, моніторинг волонтерської діяльності
4	Сайт, реєстр резидентів, система отримання послуг, система спілкування, система ведення податкової та бухгалтерської звітності	Сайт, мобільний застосунок, система онлайн-консультування, система ведення кейсів, система моніторингу волонтерської діяльності	Сайт, система онлайн-консультування, система ведення кейсів

Продовження таблиці 1

№	Дія.City	Volonter.org	Help24.org.ua
5	Хмарні технології, штучний інтелект, блокчейн	Вебтехнології, мобільні застосунки	Вебтехнології
6	Державне	Гранти, благодійні внески	Гранти, благодійні внески
7	Спрощення ведення ІТ-бізнесу, зниження податкового навантаження, створення нових робочих місць	Створення єдиної платформи для волонтерів та організацій, сприяння розвитку проєктів	Доступність, анонімність, зручність, ефективність
8	Можлива втрата податкових надходжень до бюджету, ризик викривлення конкуренції, необхідність доопрацювання законодавства	Нестача ресурсів, недосконале законодавство, низька обізнаність про волонтерство	Необхідність доступу до Інтернету, не всі питання можна вирішити за допомогою онлайн-консультування, необхідність розширення штату консультантів

Результати дослідження допоможуть волонтерським громадським організаціям України визначити пріоритетні напрямки розвитку та вдосконалити свою роботу.

Список використаних джерел:

1. Tvoroshenko I., Gorokhovatskyi V., Kobylin O., and Tvoroshenko A. (2023) Application of deep learning methods for recognizing and classifying culinary dishes in images, International Journal of Academic and Applied Research, 7(9), pp. 57–70.

2. Творошенко, И. С. (2010). Анализ процессов принятия решений в интеллектуальных системах. Системы обработки інформації, (2), 248–253.

3. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I. (2023) Identification of visual objects by the search request. Int. scientific symp. «Intelligent Solutions-S». Computational intelligence. Decision making theory: proceedings of the international symposium, September 28, 2023, Kyiv-Uzhorod, Ukraine, 25–27.

4. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., and Yakovleva O. (2024) Transforming image descriptions as a set of descriptors to construct classification features, Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 33 (1), pp. 113–125.

УДК 004.932.72'1:004.8]:621.397.43

ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАННЯ МОНІТОРИНГУ ДІЙ ЛЮДЕЙ У ПРИМІЩЕННІ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ВІДЕОПОТОКУ З КАМЕР ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

Ісаєв Є.А.

Науковий керівник – к.н.т., доц. Яковлева О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: yevhenii.isaiev@nure.ua

This work is devoted to the study of the question of monitoring the actions of people indoors based on the analysis of the video stream from surveillance cameras with the aim of further developing a plugin for the iSpy application. Special attention is paid to the study of trackers from BoT-SORT, ByteTrack from the modern Ultralytics framework, as well as experiments with different variants of the YOLOv8 model, which is designed for detection and classification. The results of the research showed that it is reasonable to use the ByteTrack tracker with the YOLOv8n model for implementation in the iSpy application as the fastest tracker and one with high enough accuracy to accomplish the task.

У сучасному світі, де технології невпинно вдосконалюються, застосування камер відеоспостереження стає не лише розповсюдженим, але й необхідним з метою забезпечення безпеки, контролю та ефективного управління різноманітними просторами. Існує велика кількість застосунків, яка використовує штучний інтелект для аналізу зображень. За допомогою штучного інтелекту можна розпізнавати обличчя людей, їх емоції, маски, натовпи, вік людей, та багато інших можливостей. Існують як безкоштовні версії застосунків, так і платні їх версії. Серед найпопулярніших визначають iSpy, Xeoма, Zoneminder та IP Camera Viewer. Було виявлено, що більшість із них мають можливість розпізнавати образи за допомогою штучного інтелекту, але на жаль, ці застосунки не є безкоштовними.

Варто зазначити, що за минулі роки, напрямок детектування та розпізнавання образів у штучному інтелекті мав дуже стрімкий розвиток [1, 2]. Трекінг об'єктів, що базується на детекції та розпізнаванні, також має суттєвий прогрес. Але, на жаль, зазначені вище застосунки ще використовують застарілі алгоритми аналізу образів, які мають велику похибку. Також, наведені вище застосунки не мають трекінгу об'єктів, що може призвести у майбутньому до багатьох проблем, наприклад, проблема оклюзії, через яку детектор не зможе виявити об'єкт. Застосунок iSpy має відкритий вихідний код, завдяки якому можливо створити плагін, або модифікувати застосунок, додавши туди можливість трекінгу об'єктів.

Робота присвячена дослідженню питання трекінгу об'єктів для розв'язання задачі відстеження дій людей в приміщенні з метою подальшого розроблення плагіну трекінгу об'єктів для застосунку iSpy.

Для дослідження було обрано трекери з фреймворку від Ultralytics YOLO [3]. Даний фреймворк було обрано через те, що він має значні переваги серед його аналогів, такі як: обробка відеопотоків в режимі реального часу, підтримка безлічі алгоритмів та конфігурації відстеження, простий Python API та опції CLI для швидкої інтеграції та розгортання, простий у використанні, завдяки спеціально навченим моделям YOLO.

Існує велика кількість моделей YOLO, які розроблені спеціально для певних задач, такі як: детекція об'єктів, сегментація, визначення поз, визначення орієнтації об'єктів, класифікація об'єктів. У нашому випадку, було використано лише моделі для детекції та класифікації об'єктів, такі як YOLOv8n, YOLOv8m, YOLOv8x. У ході дослідження взаємодії моделей та трекерів, було виявлено, що найлегша модель YOLOv8n справлялася із задачею детекції та класифікації об'єктів, але мала помилки. Також, було досліджено модель YOLOv8x, яка є найважчою серед усіх моделей детекції, вона є найповільнішою через те, що вона використовує найбільше ресурсів комп'ютера, але вона мала найкращі результати при виконанні задачі.

Трекінг об'єктів можна класифікувати на дві основні категорії, виходячи з типу та функціональності доступних трекерів – це SOT (Single Object Tracking), та MOT (Multiple Object Tracking). У класі SOT трекерів, перший кадр позначається прямокутником, який вказує на місцезнаходження об'єкта, який ми хочемо відстежувати. Згодом, цей об'єкт відстежується в наступних кадрах за допомогою алгоритму відстеження. У більшості реальних застосунках, ці трекери використовуються з детектором об'єктів. З розвитком швидкості трекерів, стало можливо застосовувати відстеження для кількох об'єктів в одному, або послідовних кадрах. Стандартний підхід в алгоритмах відстеження декількох об'єктів (MOT) - це відстеження за виявленням, де виявлення (обмежувальні рамки, що ідентифікують об'єкти у відеокадрах) керують процесом відстеження. Ці детектори пов'язані з підтримкою однакових ідентифікаторів для одних і тих самих цілей на різних кадрах. Фреймворк YOLOv8 від Ultralytics, має два MOT трекери: BoT-SORT, ByteTrack. BoT-SORT – надійний сучасний трекер, який поєднує в собі переваги інформації про рух та зовнішній вигляд, компенсацію руху камери та більш точний вектор стану фільтра Калмана. BoT-SORT посідає перше місце в наборах даних MOTChallenge на тестових наборах MOT17 і MOT20 за всіма основними метриками MOT: MOTA, IDF1 та HOTA (для MOT17 отримано 80,5 MOTA, 80,2 для IDF1 та 65,0 для HOTA) (рис. 1) [3]. ByteTrack – простий, ефективний і загальний метод асоціації, який відстежує, пов'язуючи кожне поле виявлення, а не тільки ті, що мають високу оцінку. Для блоків визначення з низькою оцінкою ми використовуємо їхню схожість з трекетами, щоб знайти валідні об'єкти та відфільтрувати фонові виявлення. Нижче наведено результати тестування трекера ByteTrack у MOTChallenge на тестових наборах (рис. 2) [3]:



Рисунок 1 – Дослідження трекеру BoT-SORT

Dataset	MOTA	IDF1	HOTA	MT	ML	FP	FN	IDs	FPS
MOT17	80.3	77.3	63.1	53.2%	14.5%	25491	83721	2196	29.6
MOT20	77.8	75.2	61.3	69.2%	9.5%	26249	87594	1223	13.7

Рисунок 2 – Результати тестування трекера ByteTrack у MOTChallenge [3]

Дослідивши трекери ByteTrack та BoT-SORT для відео з камери відеоспостереження із застосування моделей YOLOv8n, та YOLOv8x для детекції постаті людини, можна зробити такі висновки: для детектування та класифікації достатньо можливостей YOLOv8n, яка має значно кращу швидкість; порівняння результатів трекерів ByteTrack та BoT-SORT на основі YOLOv8n показало, що трекери мають схожу точність, обидва трекери в складних випадках, наприклад, за наявності перекриття об'єктів, допускалися помилки, але у випадку BoT-SORT їх було менше ніж у ByteTrack, але швидкості BoT-SORT є не достатньо для обробки відео потоку у режимі реального часу. Таким чином, дослідження показали, що для впровадження у застосунок для відстеження дій людей в приміщенні доцільно використовувати трекер ByteTrack з моделлю YOLOv8n.

Список використаних джерел:

1. Yakovleva, O., Kovtunenکو, A., Liubchenko, V., Honcharenko, V., & Kobylin, O. (2023). Face Detection for Video Surveillance-based Security System. CEUR Workshop Proceedings Vol. 3403. pp. 69-86. ISSN 1613-0073
2. Yakovleva, O., Kovač, M., Ardasov, V. & Yermenko, I. (2023). Study on adding functionality to the Zoom online conference system for monitoring the participant activities. Public Administration and Regional Development, 19(1), pp. 158–184.
3. Ultral Multi-Object Tracking with Ultralytics YOLO. (2024). Retrieved from <https://docs.ultralytics.com/modes/track/>

ОСОБЛИВОСТІ ПІДХОДІВ РОЗРОБЛЕННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

Караконстантин Д.О.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Творошенко І.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,

м. Харків, Україна

e-mail: daniiel.karakonstantyn@nure.ua

This research focuses on exploring the intricacies of developing information systems. Various methodologies employed in the creation of robust and efficient information systems will be examined in detail. The research delves into methodologies such as Agile, Waterfall, and DevOps, aiming to provide insights into their strengths and weaknesses. Additionally, considerations for selecting the most suitable approach based on project requirements will be discussed.

Дослідження зосереджено на вивченні особливостей, пов'язаних із розробленням складних інформаційних систем [1–4]. Проаналізовано переваги та недоліки таких методологій, як Agile, Waterfall і DevOps. Встановлено, що зазначені підходи легко адаптуються до специфічних вимог і складностей проєкту.

Переваги методології Agile:

- гнучкість: дозволяє швидко адаптуватися до змін у вимогах замовника або у внутрішніх умовах проєкту;
- ітеративний підхід: проєкт розбивається на невеликі ітерації, що дозволяє ефективно контролювати процес розробки та вносити корективи;
- залучення замовника: замовник активно залучається до процесу розробки, що дозволяє уникнути непорозумінь і покращити якість продукту;
- постійне вдосконалення: спрямований на постійне вдосконалення процесу розробки та продукту.

Недоліки методології Agile:

- не підходить для всіх проєктів: може бути менш ефективним у великих проєктах з чіткою імовірністю вимог;
- вимагає активної участі замовника: якщо замовник не може або не хоче бути активно залучений до процесу розробки, методологію може бути важко впровадити;
- невизначеність термінів завершення: без жорсткого графіку може виникнути непевність щодо термінів завершення проєкту.

Переваги методології Waterfall:

- простота у розумінні та використанні: має просту структуру, що робить її легкою у розумінні та використанні;
- чіткість у плануванні: усі етапи проєкту чітко визначені заздалегідь, що дозволяє зручно планувати та контролювати процес розробки.

Недоліки методології Waterfall:

- обмежена гнучкість: не передбачає можливості змінювати вимоги середині проєкту, що може бути недоцільним для деяких проєктів;
- ризик затримок: зміни вимог або помилки, виявлені пізніше в процесі розробки, можуть спричинити значні затримки та витрати;
- можливий брак взаємодії замовника: замовник може бути менше залучений до процесу, бо зміни вносяться тільки на завершальних етапах.

Переваги методології DevOps:

- збільшена швидкість доставки: спрямований на автоматизацію процесів розробки та впровадження, що дозволяє швидко впроваджувати зміни;
- покращена співпраця між розробкою та оперативним відділом: сприяє зближенню цих двох відділів, що полегшує комунікацію та спільну роботу.

Недоліки методології DevOps:

- складність впровадження: реалізація DevOps вимагає великих змін у культурі та процесах компанії, що може бути складним та вимагати значних зусиль;
- залежність від автоматизації: часта автоматизація може призвести до проблем, якщо виникнуть труднощі з її підтримкою.

Прикладами застосування даних методологій є:

- Agile: розробка мобільного застосунку для магазину електроніки, де вимоги можуть змінюватися в залежності від ринкових тенденцій;
- Waterfall: розроблення простого вебсайту із чіткою структурою, визначеними етапами виконання та встановленням жорстких термінів;
- DevOps: впровадження хмарної інфраструктури для онлайн-сервісу, де потрібна швидка доставка змін та неперервна робота системи.

Список використаних джерел:

1. Tvoroshenko I., Gorokhovatskyi V., Kobylin O., and Tvoroshenko A. (2023) Application of deep learning methods for recognizing and classifying culinary dishes in images, *International Journal of Academic and Applied Research*, 7(9), pp. 57–70.
2. Творошенко, И. С. (2010). Анализ процессов принятия решений в интеллектуальных системах. Системы обработки інформації, (2), 248–253.
3. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I. (2023) Identification of visual objects by the search request. *Int. scientific symp. «Intelligent Solutions-S». Computational intelligence. Decision making theory: proceedings of the international symposium, September 28, 2023, Kyiv-Uzhorod, Ukraine*, 25–27.
4. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., and Yakovleva O. (2024) Transforming image descriptions as a set of descriptors to construct classification features, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 33 (1), pp. 113–125.

ВИКОРИСТАННЯ ВІДСТАНІ ЛЕВЕНШТЕЙНА ПРИ РОЗРОБЦІ ГОЛОСОВОГО АСИСТЕНТА

Касумов А.І.

Науковий керівник – к.н.т., доц. Шафроненко А.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: artur.kasumov@nure.ua

This research is devoted to exploring and implementing voice recognition methods utilizing neural networks for the development of a desktop application aimed at computer control through voice commands. Specifically, it investigates the application of the Levenshtein algorithm in the development of a voice assistant. The Levenshtein algorithm, renowned for its capability to calculate the edit distance between two strings, plays a pivotal role in enhancing the accuracy and robustness of voice recognition systems. By integrating the Levenshtein algorithm into the voice assistant, the application aims to improve its ability to accurately interpret and respond to a wide range of voice commands, thus enhancing user experience and usability.

З розвитком голосових технологій та зростанням попиту на голосові інтерфейси виникає необхідність в розробці та вдосконаленні систем розпізнавання голосу. При впровадженні голосових інтерфейсів виникають ряд складнощів, включаючи точність розпізнавання голосу та обробку різноманітних голосових команд.

Однією з основних проблем у галузі розпізнавання голосу є забезпечення високої точності розпізнавання при різних умовах оточуючого середовища.

Для вирішення цих проблем існують різні алгоритми та нейронні мережі. Нейронні мережі, навчені на обширних наборах даних, здатні адаптуватися до різних умов та забезпечувати високу точність розпізнавання. Для боротьби з проблемою нечіткого порівняння застосовуються різні алгоритми.

Розглянемо випадок, коли користувач вимовляє фразу "відкрити документ". Через акцент чи фоновий шум система може неправильно розпізнати команду як "відкрити домент". За допомогою відстані Левенштейна система порівнює відстань між двома фразами і визначає найбільш ймовірний варіант, у даному випадку "відкрити документ", і виконує відповідну дію.

Відстань Левенштейна (редакційна відстань) – метрика, яка вимірює по модулю різницю між двома рядками. Вона визначається як мінімальна кількість односимвольних операцій (вставки, видалення, заміни), необхідних для перетворення одного рядка на інший. Кожній операції (вставка, заміна, видалення) можна поставити у відповідність вартість (числовий ек-

вівалент витрат за її виконання). $w(a,b)$ – вартість заміни символу a на символ b ; $w(e,b)$ – вартість вставки символу b ; $w(a,e)$ – вартість видалення символу a . Зазвичай при розрахуванні відстань Левенштейна використовує наступна вартість операцій: $w(a,b)=1$; $w(e,b)=1$; $w(a,e)=1$.

Знаходження відстань Левенштейна зводиться до знаходження такої послідовності операцій сума вартості яких буде мінімальною.

Для знаходження відстані Левенштейна існує декілька алгоритмів, одним з них є алгоритм Вагнера-Фішера (1), суть якого зводиться до побудови матриці розміру $N+1, M+1$ та заповнення її елементів на основі рекурентної формули наведеної нижче [0]:

$$D(i, j) = \begin{cases} 0, i = 0, j = 0, \\ i, j = 0, i > 0, \\ j, i = 0, j > 0, \\ \min \begin{cases} D(i-1, j) + 1, \\ D(i, j-1) + 1, \\ D(i-1, j-1) + m(S_1[i], S_2[j]), \end{cases} & i, j > 0 \end{cases} \quad (1)$$

де S_1 та S_2 – строки, що порівнюються, $S_1[i]$ та $S_2[j]$ – символи, що відповідають елементам матриці, $m(S_1[i], S_2[j])$ – результат порівняння $S_1[i]$ та $S_2[j]$: 0 якщо різні символи та 1, якщо однакові:

$$D(i, j) = \min \begin{cases} 0, \\ D(i-1, j) + 1, \\ D(i, j-1) + 1, \\ D(i-1, j-1) + 1, \\ D(i-1, j-1) + m(S_1[i], S_2[j]), \\ D(i-2, j-2) + 1, & i, j > 1, \\ S_1[i] = S_2[j-1], \\ S_1[i-1] = S_2[j], \end{cases} \quad (2)$$

де S_1 та S_2 – строки, що порівнюються, $S_1[i]$ та $S_2[j]$ – символи, що відповідають коміркам матриці, $m(S_1[i], S_2[j])$ – результат порівняння $S_1[i]$ та $S_2[j]$: 0 якщо різні символи та 1, якщо однакові. Даний метод застосовується в області обробки тексту, де важливо виявляти та виправляти помилки, пов'язані з порядком символів [2]. Алгоритм Дамерау-Левенштейна використовується коли треба виявляти та коригувати помилки, пов'язані з порядком символів в рядках. У інших випадках можна використовувати алгоритм Вагнера-Фішера, так як він більш швидкий за рахунок меншого обсягу обчислень [3]:

$$D_{a,b}(i, j) = \begin{cases} \max(i, j) & \text{якщо } \min(i, j) = 0 \\ \min \begin{cases} D_{a,b}(i-1, j) + 1 \\ D_{a,b}(i, j-1) + 1 \\ D_{a,b}(i-1, j-1) + 1_{(a_i \neq b_j)} \\ D_{a,b}(i-2, j-2) + 1 \end{cases} & \text{якщо } i, j > 1 \text{ та } a_i = b_{j-1} \text{ і } a_{i-1} = b_j \\ \min \begin{cases} D_{a,b}(i-1, j) + 1 \\ D_{a,b}(i, j-1) + 1 \\ D_{a,b}(i-1, j-1) + 1_{(a_i \neq b_j)} \end{cases} & \text{інакше.} \end{cases} \quad (3)$$

Результати роботи алгоритмів наведені в табл. 1 нижче. Проаналізувавши результати наведені в таблиці, можна зробити висновок, що алгоритм Вагнера-Фішера працює швидше в півтори рази.

Таблиця 1 – Результати роботи алгоритмів

Порівнюваний набір символів	Параметри		Алгоритм Вагнера-Фішера	Алгоритм Дамерау-Левенштейна
cat / cot	Кількість операцій: 10000	Швидкість	0.0479с	0.0647с
	Редакційна відстань		1	1
open document / open document	Кількість операцій: 10000	Швидкість	0.5213с	0.8121с
	Редакційна відстань		3	3

Реалізація методу розпізнавання голосу на основі нейронних мереж у поєднанні з алгоритмами обробки тексту представляє собою важливий крок у розвитку голосових інтерфейсів. Такий підхід забезпечує ефективне та точне розпізнавання голосових команд при різних умовах експлуатації.

Список використаних джерел:

1. Мінайло А.Ю., Турчина В.А. Використання відстані Левенштейна для аналізу подібності даних. Питання прикладної математики і математичного моделювання. 2015.

2. Bodyanskiy, Ye V., A. Yu Shafronenko, and I. N. Klymova. "Online fuzzy clustering of incomplete data using credibilistic approach and similarity measure of special type." Radio Electronics, Computer Science, Control 1 (2021): 97-104.

АНАЛІЗ ТА ПОРІВНЯННЯ ФУНКЦІЙ ВТРАТ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ СЕГМЕНТАЦІЇ

Ковтуненко А.Р.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Машталір В.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: andrii.kovtunenکو@nure.ua

The work is devoted to analyzing and comparing the use of different loss functions for image and video segmentation tasks depending on problem and input data. The work analyzes the advantages and disadvantages of each of the loss functions selected for analysis, for what purpose and conditions each of the functions is suitable and the possibility of combining the properties of each of them to create new loss functions.

Прихід машинного навчання в задачі комп'ютерного зору істотно спростив розв'язання цих задач і поліпшив, у той час, результати. Наприклад, завдання сегментації відео та розпізнавання дій вирішували за допомогою традиційних методів сегментації зображень: порогові методи; методи на основі областей; методи на основі виділення меж; методи на основі алгоритму водоподілу; методи на основі кластеризації з подальшою постобробкою результатів за допомогою евристик або інших детермінованих методів. З приходом машинного та глибокого навчання, а саме згорткових нейронних мереж, з'явилися такі методи, як U-Net, convolutional encoder-decoder, Mask-RCNN, Yolact [1] та інші, які вже самостійно могли вивчати ознаки, враховувати контекст та просторові зв'язки, з'явилась краща стійкість до мінливості вхідних даних та покращилась продуктивність. Для навчання нейронних мереж необхідна функція втрат (loss function).

Функція втрат – це функція, яка призначена для розрахунку помилки (різниці) між значеннями, що були отримані моделлю, та еталонними значеннями для вхідних даних, які були подані моделі. Завдання навчання моделі – мінімізувати значення функції втрат. Розглянемо функції для сегментації.

Cross-entropy loss – давно відома функція, але яка досі використовується в роботах, де вихідні дані можна представити як ймовірності розподілу між класами, і дає змогу отримувати state of the art результати. Переваги: ефективна з обчислювального погляду і може бути легко оптимізована за допомогою градієнтного спуску; інваріантна до масштабування і зсуву прогнозованих ймовірностей. Недоліки – погано показує себе на незбалансованих даних і чутлива до викидів. Функція сильно штрафує модель за неправильні класифікації і вони можуть перебити об'єкти малочисельного класу, які були правильно класифіковані. Це може призвести до занадто сильного зміщення моделі в бік класів, яких більше, та ігнорування класів,

яких менше. Для вирішення цих проблем використовують варіації: *balanced cross-entropy*, *weighted cross-entropy*, *focal loss*.

Focal loss [2] – дає змогу працювати з високодисперсними наборами даних і зменшує внесок правильних відповідей з високою ймовірністю (*easy examples*), що дає змогу моделі більше реагувати на неправильні відповіді, ніж на правильні. Переваги – функція дозволяє моделі фокусуватися на прикладах, у яких модель помиляється, а не на тих, які вона може впевнено передбачити. Недоліки – додаткові гіперпараметри, які теж потребують налаштування.

Dice loss – призначена для порівняння *dice coefficient* між двома множинами, отриманою маскою сегментації та еталонною розміткою. Головна перевага цієї функції те, що вона допомагає боротися з дисбалансом класів, звертаючи менше уваги до фонових пікселів і більше – до пікселів об'єктів. Недоліки: можливий вибух градієнтів під час оптимізації; на великих зображеннях може довго обчислюватися.

Tversky loss [3] – функція втрат, яка дає змогу налаштовувати, як враховувати FP і FN помилки і являє собою модифіковану *dice loss*. Переваги – так само враховує дисбаланс класів і дає змогу це налаштовувати. Недоліки – нестабільна на початковому етапі навчання.

IoU – поширена метрика для оцінювання якості виявлення об'єктів, яка так само може бути використана як функція помилки для початку сегментації – *IoU loss* (*Jaccard loss*). Переваги *IoU*: легка інтерпретованість; інваріантність до розмірів об'єктів. Недоліки – функція має розриви і може бути недеференційована. У разі повної несхожості еталонного об'єкта й отриманого результату градієнт дорівнює нулю, і оптимізація не буде виконана. Для вирішення цієї проблеми було розроблено *Generalized IoU loss* [4].

Boundary loss [5] – функція, яка оцінює межі об'єкта. Наприклад, попередні функції оцінювали знайдені регіони за площею, але кривизна кордону не може дуже вплинути на таку оцінку, але існують задачі, в яких врахування кордонів важливе. *Boundary loss* враховує відстань між істинним контуром і прогнозованим контуром, а не площу перекриття масок. Переваги: враховує границі об'єктів; кращий поділ об'єктів; можна легко поєднати із функціями втрат на основі регіону; може використовуватися в наборі даних із дисбалансом класів. Недоліки: складність обчислень; додаткове налаштування гіперпараметрів; нестабільна на зображеннях що мають шум, де важко обчислити контур.

Одні функції втрат добре себе показують для одних завдань, але погані в інших і навпаки. Для вирішення цього прийнято комбінувати функції помилок, або застосовувати принципи однієї до іншої. Наприклад, якщо ми хочемо, щоб *dice loss* більше фокусувався на об'єктах, які важко знайти (*hard values*), то ми можемо застосувати принципи *focal loss* тощо.

Отже, були розглянуті функції втрат: на основі розподілу, які порівнюють регіони об'єктів, які порівнюють межі об'єктів та комбіновані. Вибір функції втрат залежить від специфіки розв'язуваного завдання. Одні краще справляються з незбалансованим набором даних, другі швидші в обчисленнях, треті повільніше, але можуть точно обчислювати межі об'єкта, який треба знайти. Перераховані вище функції втрат підходять як для задач з одним класом, так і для задач з декількома класами, але є недолік, який полягає в тому, що вихідні результати для задач з декількома класами для підрахунку загальної помилки усереднюються. У такому разі може втрачатися частина інформації про розташування об'єкта, його важливість у конкретній сцені. Проблема втрати важливості об'єкта можна розв'язати введенням вагових коефіцієнтів, але так само потребує подальших досліджень проблема врахування взаємозв'язків об'єктів на сцені, оскільки перераховані функції цього не враховують. Ця проблема актуальна для розв'язання задачі сегментації дій та їхньої класифікації. Додатково варто дослідити функції втрат, які є одночасно і метриками. У такому випадку можна регулювати вибір даних для навчання, якщо знати відстань отриманого результату від еталону.

Список використаних джерел:

1. Bolya D. et al. Yolact: Real-time instance segmentation // Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. – 2019. – С. 9157–9166.
2. Lin T. Y. et al. Focal loss for dense object detection // Proceedings of the IEEE international conference on computer vision. – 2017. – С. 2980–2988.
3. Tversky A. Features of similarity // Psychological review. – 1977. – Т. 84. – №. 4. – С. 327.
4. Rezatofighi H. et al. Generalized intersection over union: A metric and a loss for bounding box regression // Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2019. – С. 658–666.
5. Kervadec H. et al. Boundary loss for highly unbalanced segmentation // International conference on medical imaging with deep learning. – PMLR, 2019. – С. 285–296.

**ВИЗНАЧЕННЯ ТРЕНДІВ ЧАСОВОГО РЯДУ
ЗА ДОПОМОГОЮ METHOD OF MOVING AVERAGES
ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГРЕСУ СПОРТСМЕНА
У ПІДВОДНОМУ ПЛАВАННІ**

Кондратова А.Ю.

Науковий керівник – к.т.н., асист. Кобилін І.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: anna.arterchuk@nure.ua

This work describes one of the most popular method - method of moving averages to figure out trend in time series to explore progress of swimming athletes. This paper contains information about pros and cons of this methods and two general approaches of using this method: SMA, EMA and reasons for using each of them. Also, using of this method demonstrates how it can be applied in practice.

Дослідження прогресу спортсменів – є важливим аспектом розвитку та покращення своїх досягнень. Але маючи не упорядковані дані, тренерам та їх підопічним стає надто важко визначити чи дійсно вони знаходяться на вірному шляху. Сучасні технології дають нам можливість швидко та ефективно систематизувати їх та допомогти виявити прогрес. Особливо корисним є подання даних у часових рядах та їх дослідження. Результати змагань, а саме час запливу, дозволяє нам провести аналіз та визначити чи є у спортсмена прогрес, застій чи регрес та побудувати графіки. Саме це дозволить тренерів та спортсмену зробити певні висновки про тренування і успіхи спортсмена.

Часовий ряд – це набір даних, які представляють собою значення однієї змінної (у нашому дослідженні це час запливу) у різні періоди, тобто часові проміжки, основна характеристика, яка відрізняє часовий ряд від простої вибірки даних – вказаний час вимірювання або номер зміни порядку. Вони використовуються для аналізу тенденцій, виявлення циклічностей та прогнозування значень.

Для більш детального дослідження прогресії спортсменів можна використовувати часові ряди та визначення природи даних, а саме визначення трендів. Основною метою якого є визначення загальної тенденції та надання можливості подальшого прогнозування.

Існує багато способів визначення тренду у часовому ряду:

- Freehand or Graphic Method (Графічний метод).
- Method of Semi-Averages (Метод півсередніх).
- Method of Moving Averages (Метод рухомої середньої).
- Method of Least Squares (Метод найменших квадратів).

Method of Moving Averages (Метод рухомої середньої) – цей метод використовується для згладжування даних та виявлення тренду, обчислюючи середнє значення для певного періоду. Це може бути проста рухома середня або експоненціальна рухома середня, два досить популярних підходи до використання методу рухомої середньої.

Проста рухома середня (SMA) обчислюється як середнє значення певної кількості попередніх точок у часовому ряді.

Для величини m (періоду) проста рухома середня S_t обчислюється так:

$$S_t = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^{m-1} x_{t-i},$$

S_t – значення рухомої середньої в момент часу t , x_{t-i} – значення часового ряду в момент часу $t-i$, m – період рухомої середньої.

Експоненційна рухома середня (ЕМА) також згладжує дані, але надає більшу вагу останнім точкам у часовому ряді. Ця вага експоненційно зменшується з віддаленням від поточного моменту. ЕМА розраховується з використанням попереднього значення ЕМА та нового значення в кожний момент часу:

$$EMA_t = \alpha \cdot x_t + (1 - \alpha) \cdot EMA_{t-1},$$

EMA_t – значення експоненційної рухомої середньої в момент часу t ; x_t – значення часового ряду в момент часу t ; α – параметр згладжування.

Вибір між розрахунком SMA та ЕМА залежить від специфіки часового ряду, потреб у прогнозуванні та чутливості до змін. Тобто, SMA доречно застосовувати для довгострокових аналізів, коли цікавить загальний тренд без великих реакцій на кожну зміну, або коли тренд досить стабільний і рідко змінюється. В той час як ЕМА доречно застосовувати для короткострокових аналізів або прогнозів, коли треба швидше реагувати на нові дані та зміни в тренді, для виявлення короткострокових відхилень від загального тренду.

Для визначення трендів часового ряду спортсменів з підводного плавання доречно застосовувати SMA (проста рухома середня). Оскільки ми проводимо довгостроковий аналіз.

Таким чином, виконавши розрахунки, було отримано данні, які відображені у графіку (рис. 1).

Проаналізувавши графік, ми можемо стверджувати, що тренд є негативний, оскільки рухома середня спадає. Але для спортсмена це є позитивна прогресія, тому що він витрачає менше часу – стає спритнішим. Якщо рухома середня зростає, це може свідчити про позитивний тренд, а коли спадає – про негативний.

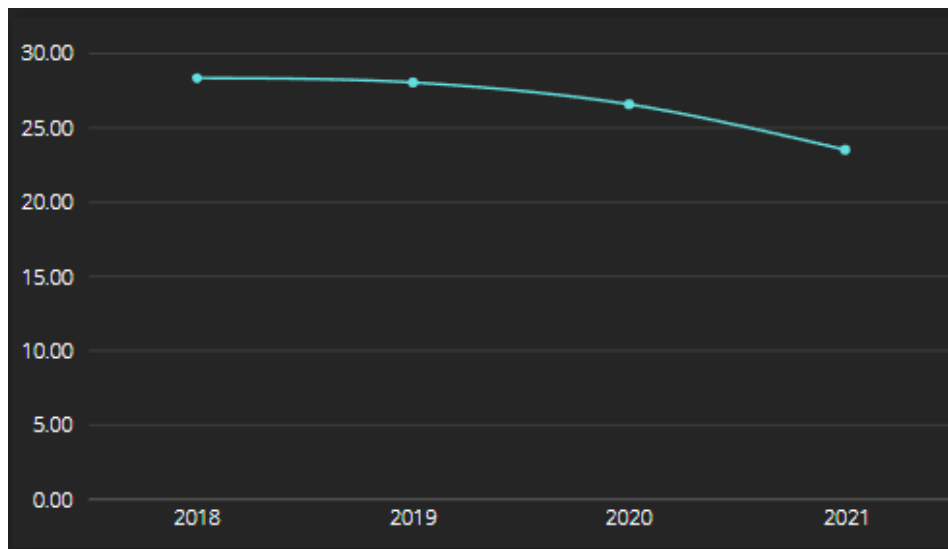


Рисунок 1 – Графік значень SMA

Часові ряди та дослідження їх тренду за допомогою методу рухомої середньої відіграють важливу роль у відстеженні прогресу спортсмена. Порівнюючи інші методи з методом рухомої середньої, ми можемо визначити кілька переваг:

- Простота використання: цей метод є досить легкий для реалізації і розуміння. Сенса якого полягає у взятті середнього значення певної кількості попередніх значень часового ряду, що дозволяє швидко отримати оцінку тренду уникаючи складних обчислень.

- Згладжування шумів: цей метод допомагає зменшити вплив випадкових величин (шумів) на аналіз тренду. Він використовує середні значення, що згладжує короткострокові коливання.

Список використаних джерел:

1. Bodyanskiy Y., Vynokurova O., Kobylin, I., Kobylin O. Adaptive fuzzy clustering of short time series with unevenly distributed observations in Data Stream Mining tasks // Information Technology and Management Science. 2016. Vol. 19.1 P. 23–28.

2. Яровий, Андрій Тимофійович, та Страхов Євген Михайлович. Аналіз часових рядів. Одеса: Освіта України, 2019. 260 с.

ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Корякіна С.М.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Творошенко І.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: sofii.koriakina@nure.ua

Information systems in the modern world play a key role in solving various tasks and supporting business processes. Their importance is becoming even more important in the context of rapid technological development and a constantly changing business environment. In this regard, it is important to have tools for effective development and analysis of information systems. Structural modeling is considered one of the key tools in the development and analysis of information systems. It allows to consider the complexity of the system through the prism of its components and the relations between them.

Структурне моделювання інформаційних систем з використанням діаграми класів має на меті уявно представити структуру системи шляхом ідентифікації та опису класів [1], їх атрибутів та методів, а також зв'язків між класами. Основною метою цього процесу є створення абстрактної моделі, яка відображає ключові складові системи та їх взаємодію.

Діаграма класів – це тип діаграми в моделюванні програмного забезпечення, який використовується для візуального представлення об'єктів системи [2]. Основні елементи діаграми класів включають:

- класи (представляють собою сутності або об'єкти системи, що мають спільні характеристики та поведінку);
- атрибути (характеристики або властивості класів, що описують стан об'єктів);
- методи (операції або функції, які можуть бути викликані для обробки даних або зміни стану об'єктів);
- зв'язки (відносини між класами, які показують, як класи взаємодіють один з одним):

1) зв'язок залежності – це семантичний зв'язок між двома сутностями, який виникає тоді, коли зміна однієї сутності, що є незалежною, може вплинути на іншу сутність, яка є залежною;

2) зв'язок асоціації – це структурне відношення, що відображає сукупність зв'язків між об'єктами. Агрегація, в свою чергу, представляє собою конкретний вид асоціації, який характеризує структурний зв'язок між цілим об'єктом та його частинами;

3) зв'язок узагальнення – це відношення, коли об'єкт, який є спеціалізованим елементом (нащадком), може бути використаний замість об'єкта, який є узагальненим елементом (батьком або предком).

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ КЛАСИФІКАЦІЇ ОДЯГУ НА ВІДВІДУВАЧАХ ПО ЇХ ЗОБРАЖЕННЯМ

Кравченко Д.С.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Машталір С.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІТМ,
м. Харків, Україна

e-mail: denys.kravchenko@nure.ua

This work is devoted to the analysis of the advantages and disadvantages of using computer vision for the classification of objects, in particular, in the clothing of web application users. Let's consider various options for using this technology in everyday life, paying attention to its potential and limitations. The study will also cover modern technological solutions already implemented in the market and compare their effectiveness with traditional methods. In addition, we will analyze the impact of computer vision on user interaction with online platforms and the possibilities of its future improvement. Highlighting these aspects will help to understand how this technology can affect our daily life realities and contribute to the development of modern Internet services.

З кожним днем технології стають все більш необхідними в нашому суспільстві, змінюючи наше розуміння та сприйняття навколишнього світу. Однією з цих технологій є комп'ютерний зір, який надає можливість аналізу предметів та об'єктів за їх зображеннями. У цьому контексті особливо цікавим є використання комп'ютерного зору для аналізу користувачів веб-застосунків. Настрій, міміка зовнішній вигляд – усе має значення, усі характеристики важливі для розробників та власників сайту. Комп'ютерний зір використовується при аналізі відвідувачів, що в подальшому може допомогти корегувати сайт та підлаштовувати його під його відвідувачів. В даному дослідженні ми спробуємо розглянути переваги та недоліки цієї технології, особливості її впровадження в життя та можливості подальшого розвитку. За приклад аналізу буде взято одяг користувачів, та класифікування його. Одяг вибрано не з простої причини, бо саме він може багато сказати про людину, його вподобання та соціальний рівень, які можна буде використати для створення загальних та індивідуальних статистик чи пропозицій. Розглянувши усі аспекти та наведений приклад, розпізнавання одягу, ми можемо краще зрозуміти, як технологічні інновації формують наше повсякденне життя та сприяють еволюції сучасних сервісів в Інтернеті.

При початку розробки виникає перше та основне питання, що краще за все підійде для розробки системи класифікації з використання комп'ютерного зору. У наш час ринок насичений багатьма рішеннями для реалізації даного типу проекту. Найбільш популярними рішеннями для цього є TensorFlow, YOLOv8 або інші версії YOLO, також в залежності від

платформи та мови програмування дані технології можуть мати свої власні бібліотеки для зручнішого використання або навіть мати власні технології для машинного навчання. При розробці демонстраційного прикладу було використано комбінований підхід з поєднанням технології YOLOv8, та користувацькою бібліотекою, для користування цією технологією на платформі .NET. YOLOv8 був вибраний із-за тих причини, що ця технологія є гнучкою, має декілька версій та має документацію та активних користувачів. Використання отриманої технології дозволяє отримати на виході зображення з поміченими об'єктами, у нашому випадку це будуть речі на користувачах. Важливим аспектом використання YOLOv8 є наявність великого та підготовленого набору даних, на якому буде у подальшому навчатися модель, яка буде розпізнавати одяг. Окрім обробленого зображення розробнику надається доступ до оброблених даних, таких як класи, які були знайдені, координати початку прямокутників та інші. Враховуючи ці аспекти загальну систему по розпізнаванню можна робити гнучкішою та більш налаштованою під певний тип задач.

Багато хто знає що індустрія моди дуже специфічна та має безліч видів одягу. З урахуванням цього розробникам треба розуміти, що для впровадження YOLOv8 треба мати дуже великий та якісний набір даних, який буде мати множину класів з найменуванням категорій одягу, а також передбачення різних варіантів фото цього одягу для створення гарної та функціональної системи з розпізнавання одягу. Іншою проблемою може поставити розширення функціоналу та виявлення кольорів одягу. Ця задача може мати за собою два рішення: перший – розширення та вдосконалення навчального набору даних з впровадженням підкласів з кольорами або використання програмного розпізнавання. Другий варіант може мати різні варіанти реалізації та єдине залишається не змінним, такий варіант є дуже не точним, та може видавати кольори не відповідні дійсності.

Важливим аспектом при впровадженні таких інновацій у свої застосунки є важливість конфіденційності користувача, що логічно з морально-етичної точки зору та врегульовано чинним законодавством. Розглядаючи закони тої чи іншої країни ми можемо побачити, що багато де, створення кіно- та фото- матеріалів із залученням людей можливе лише за повної згоди тієї людини, яку будуть знімати. Важливим є врахування моральних, етичних та релігійних переконань користувача. Усі наведені вище пункти приводять нас до усвідомлення, що при розробці веб застосунків з використанням комп'ютерного зору треба передбачати можливість повідомлення користувача про можливість збору персональних даних, з наголошенням про відео- та фото- фіксацію. Логічним удосконаленням системи у таких випадках є створення гнучкої системи обробки даних, яка буде індивідуальна для кожної людини та буде збирати лише ті дані, на які користувач надав згоду.

На прикладі класифікації одягу можна розглянути такі варіанти використання як розпізнавання одягу на користувачеві з подальшим пропонуванням індивідуальних пропозицій від сайту на основі стильових вподобань користувача або, навіть, аналіз одягу за ціновим сегментом. Такий аналіз може збільшити ймовірність придбання товару на цьому сайті або на сайті звідки пропозиція родом. Треба зауважити що використання не обмежене сферою сайту, бо багато хто має партнерські домовленості або мають передбачені блоки з рекламою, де теж можна розміщувати даний тип пропозицій, який будується на індивідуальних даних користувачів. Другим дуже цікавим та реалістичним варіантом використання є впровадження на сайтах одягу спеціального функціоналу, на якому клієнт зможе завантажити свої власні фото чи знімки одягу, які йому подобаються, після чого система зможе провести аналіз та видати усі пропозиції із сайту, які зможуть сподобатися покупцю. Такі підходи та функціонали можуть мати позитивний аспект для веб ресурсу, з пробудженням інтересу до веб-магазину та самого виробника.

У підсумку можна сказати, що комп'ютерний зір є технологією майбутнього, яка надає великий функціонал для різних сфер використання. При правильному використанні ця технологія зможе збільшувати прибутки компаній, покращити безпеку, створювати більш гнучкі системи та багато іншого. З іншої сторони стоїть питання якості, яке залежить від обсягу навчальних даних, що у свою чергу вимагає більших потужностей. На перешкоді можуть виникнути і такі фактори як персональні релігійні переконання, що зобов'язує розробників брати до уваги ці аспекти та створювати більш гнучкі системи. Тож це технологія має багато недоліків та переваг, але з правильним підходом вона принесе користь як для споживачів, так і для виробників.

Список використаних джерел:

1. Фото- і відеозйомка людей: коли дозвіл потрібен, а коли - ні? : вебсайт. URL: https://jurliga.ligazakon.net/news/198823_foto---vdeozyomka-lyudey-koli-dozvl-potrben-a-koli---n (дата звернення: 15.02.2024).
2. Ultralytics YOLOv8 Modes : вебсайт. URL: <https://docs.ultralytics.com/modes/> (дата звернення: 15.02.2024).
3. ML.NET Documentation : вебсайт. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/machine-learning/> (дата звернення: 15.02.2024).

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ DNCNN ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ШУМУ З ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Лавошник І.О.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Кобилін О.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна,

тел.: (057) 702-14-19, e-mail: illia.lavoshnyk@nure.ua

This essay describes a study about efficiency of DnCNN network for Image denoising. It's efficiency is evaluated by comparing PSNR metric of original images to the output of a trained DnCNN model. providing valuable information for using it in the image analysis systems.

Цифрові зображення часто страждають від проблеми шуму, що виникає під час зйомки або передачі даних. Шум може значно знизити якість зображення, впливаючи на його використання в подальшій обробці або аналізі. В цьому контексті виникає потреба в ефективних методах видалення шуму.

Існують різноманітні традиційні методи видалення шуму, такі як медіанні та Гаусівські фільтри, які мають свої обмеження [1]. З появою глибокого навчання відкрилися нові можливості для ефективнішого вирішення цієї проблеми.

DnCNN (Deep Convolutional Neural Network for Image Denoising) [1] – це передова модель, заснована на глибокому навчанні, яка демонструє високу ефективність у видаленні шуму з цифрових зображень. Ця мережа використовує глибокі згорткові нейронні мережі для моделювання шуму та його видалення.

Для навчання моделі DnCNN було використано публічно доступний набір даних зображень з Berkeley University of California. Цей набір містить 500 природних зображень, з яких було виділено 400 зображень для навчальної вибірки та 100 зображень для тестової вибірки. Для адаптації зображення під потреби, було створено з них патчі розміром 40x40 пікселів, використовуючи крок (stride) 40 пікселів та різні розміри обрізки. В результаті цього процесу отримано 85600 патчів для навчання та 21400 патчів для тестування моделі. Такий підхід дозволяє збільшити кількість даних для навчання моделі, що є важливим для досягнення високої точності та ефективності видалення шуму з цифрових зображень [2].

Для визначення ефективності роботи мережі, була обрана метрика PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio, пікове співвідношення сигнал/шум) [3]. Вона є однією з найбільш використовуваних метрик для оцінки якості зображення після видалення шуму. PSNR вимірює співвідношення між мак-

симально можливим значенням (потужністю) сигналу та потужністю створюючого шуму, що впливає на якість його представлення.

Для розрахунку PSNR між зображенням без шуму (g) та зашумленим зображенням (f), спочатку обчислюється середньоквадратична помилка (MSE) за формулою [3]:

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \|f(i, j) - g(i, j)\|^2, \quad (1)$$

де m та n відповідають розмірам зображення по висоті та ширині відповідно, а $g(i, j)$ та $f(i, j)$ є значеннями інтенсивності пікселів відповідно у зображенні без шуму та зашумленому зображенні. Після обчислення MSE, PSNR можна розрахувати за формулою [3]:

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{MAX_f}{\sqrt{MSE}} \right), \quad (2)$$

де MAX_f є максимальним можливим значенням пікселя в зображенні (наприклад, 255 для 8-бітних зображень). Вищі значення PSNR вказують на менший рівень шуму та кращу якість відновленого зображення, роблячи PSNR важливою метрикою для оцінювання ефективності алгоритмів видалення шуму.

Після тренування мережі на навчальній вибірці зображень, було проведено ряд експериментів із зображеннями з тестової виборки. Для оцінки результатів ефективності роботи нейромережі було порівняно PSNR для вхідних зображень, та зображень після роботи DnCNN (рис. 1).

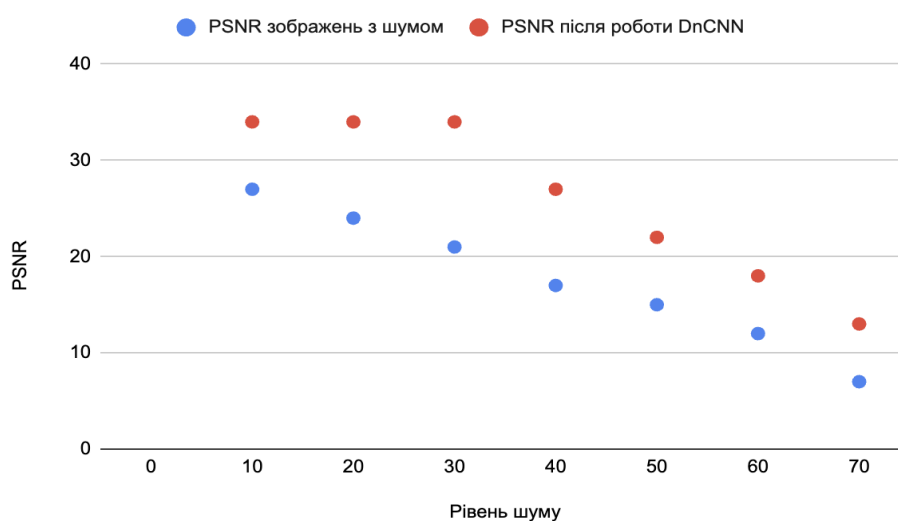


Рисунок 1 – Порівняння метрики PSNR для вхідних зображень, та зображень після роботи DnCNN

Проаналізувавши результати дослідження, можна прийти до висновку, що модель показує хороші результати при роботі з зображеннями, рівень шуму в яких знаходиться в діапазоні від 10 до 35. Зі збільшенням рівня шуму спостерігається лише незначне покращення у показниках PSNR. При рівнях шуму вище 60, моделі стає складно реконструювати зображення з зашумленого вихідного матеріалу.

Це свідчить про те, що, хоча DnCNN ефективно справляється з помірними рівнями шуму, її здатність до відновлення зображень значно знижується при високих рівнях шуму. Ця характеристика важлива для розуміння меж ефективності моделі та для подальшого вдосконалення методик видалення шуму, спрямованих на покращення якості відновлення при високих рівнях шуму.

Список використаних джерел:

1. Kai Zhang, Wangmeng Zuo, Yunjin Chen, Deyu Meng, and Lei Zhang, “Beyond a Gaussian Denoiser: Residual Learning of Deep CNN for Image Denoising”, arXiv.org, 2016. [Online]. Посилання: <https://arxiv.org/pdf/1608.03981v1.pdf>.
2. A. Buades, B. Coll, and J.-M. Morel, “A non-local algorithm for image denoising,” in IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 2, 2005.
3. Olena Yakovleva, Andrii Kovtunencko, Valentyn Liubchenko, Vadym Honcharenko and Oleg Kobylin, “Face Detection for Video Surveillance-based Security System”, Посилання: <https://ceur-ws.org/Vol-3403/paper6.pdf>
4. Gorokhovatskyi, V., Tvoroshenko, I., Kobylin, O., Vlasenko, N. Search for Visual Objects by Request in the Form of a Cluster Representation for the Structural Image Description, Advances in Electrical and Electronic Engineering, 2023, 21 (1), pp. 19–27. DOI: 10.15598/aeec.v21i1.4661.
5. Gorokhovatskyi, V., Tvoroshenko, I., Kobylin, O., Vlasenko, N., Search for Visual Objects by Request in the Form of a Cluster Representation for the Structural Image Description. Чехія, Острава. Advances in Electrical and Electronic Engineering, 2023, 21 (1), pp. 19–27.

**АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОЗВИТКУ ВЕБЗАСТОСУНКІВ
РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ
ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

Ларін І.П.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Творошенко І.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: ivan.kaziuta@nure.ua

At the moment, the development of web applications for recognizing and identifying users of computer systems does not stop. This trend is particularly developed abroad and is rather limited in Ukraine. Due to certain shortcomings in current systems, there is a need to develop and improve recognition and identification applications. To achieve this, it is possible to use the latest artificial intelligence libraries and image analysis methods.

Кожна людина у своєму повсякденному житті прагне до спрощення та надійності. Замість того, щоб рахувати вручну, вона придумала машини, які це роблять за неї. Замість того, щоб міркувати, яке слово і як правильно написати наступним у реченні, з'явилась технологія, яка пропонує варіанти, виходячи з того, що було написано раніше. Коли постала потреба у отриманні та аналізі біометричних даних, людина вирішила втілити технології розпізнавання та ідентифікації особистості.

Людина є унікальною особистістю. Біологічних рис, за якими можна точно відрізнити одну людину від іншої, не так багато. Наразі існує два основних способи ідентифікації:

- за відбитком пальця (Touch ID);
- за обличчям (Face ID).

Touch ID хоча і набув розповсюдження, особливо у телефонах, та у більшості ноутбуків, не отримав розповсюдження у вебзастосунках. Зокрема він використовується замість паролів при вході в систему та підтвердженні певних дій (часто може бути замінений Face ID або бути в комбінації). Для отримання відбитку використовується сканер, який є часто або окремим пристроєм, або вмонтованим в пристрій, на якому відкривається інструментальний засіб, наприклад, телефон або ноутбук. Оскільки біометричні дані зберігає безпосередньо пристрій, то, якщо вебзастосунок допускає використання Touch ID, то для отримання даних використовується застосунок-посередник, який на пристрої порівнює відбитки і надсилає браузеру результат.

На відміну від попереднього варіанту, взаємодія з вебкамерами є більш поширеною серед вебплатформ. У якихось випадках це використовується для розпізнавання та отримання інформації про людей на фото, десь для аналізу та обробки облич на відео тощо.

Робота з камерою вкрай важлива для сервісів з онлайн-трансляціями та відеодзвінками. Наприклад, Google Meet та Discord. Наразі більша частина пристроїв має вебкамери і за потреби може використовувати розпізнавання обличчя як функцію Face ID або для інших задач.

Відбиток пальця людини також є унікальним і неповторним. Саме тому взаємодія з Touch ID полягає у простому порівнянні без необхідності у глибокому аналізі. Розпізнавання обличчя та ідентифікація за допомогою Face ID має похибку через те, що риси обличчя людей є схожими, а інколи ідентичними. Тому через більшу доступність взаємодії з Face ID, а також необхідність більшого дослідження платформ з цією функцією, увагу у роботі буде сфокусовано на тих вебзастосунках, що мають можливість розпізнавати обличчя.

Вебзасоби, які надають можливість по ідентифікації обличчя отримувати певні права не так багато. Для того, щоб зрозуміти їхній стан і проблеми достатньо розглянути застосунки, які використовують розпізнавання та ідентифікацію обличчя.

Серед таких програмних платформ можна виділити три основних типи:

- ті, які лише розпізнають обличчя;
- ті які розпізнають та ідентифікують обличчя;
- API застосунки, які використовуються як окремі засоби, що надають функції розпізнавання та ідентифікації платформі не являючись його внутрішньою системою.

Українські застосунки з можливістю розпізнавання та ідентифікації користувачів є на мобільних платформах (Monobank, Дія), але вони або не мають desktop версії, або ці функції у ній недоступні. Через це у роботі будуть в більшості розглянуті закордонні приклади втілення технологій ідентифікації біометричних даних, але за наявності напрацювань України у якомусь типі застосунків про це буде описано окремо.

Список використаних джерел:

1. Tvoroshenko I., Gorokhovatskyi V., Kobylin O., and Tvoroshenko A. (2023) Application of deep learning methods for recognizing and classifying culinary dishes in images, *International Journal of Academic and Applied Research*, 7(9), pp. 57–70.

2. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I. (2023) Identification of visual objects by the search request. *Int. scientific symp. «Intelligent Solutions-S». Computational intelligence. Decision making theory: proceedings of the international symposium*, September 28, 2023, Kyiv-Uzhorod, Ukraine, 25–27.

3. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., and Yakovleva O. (2024) Transforming image descriptions as a set of descriptors to construct classification features, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 33 (1), pp. 113–125.

**ВИКОРСТАННЯ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ
ДЛЯ СТВОРЕННЯ ФІЛЬМІВ З 3D ЕЛЕМЕНТАМИ**

Леонов Л.О.

Науковий керівник – к.т.н., професор Колендовська М.М.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МІРЕС,
м. Харків, Україна

тел.: +38(050) 402-15-12, e-mail: leonid.leonov@nure.ua

Today, technology is developing at an incredible speed, spilling over into all areas of our lives. One of these areas is cinematography, which is constantly using new technologies to create more realistic and sizzling films. Particularly appreciated is the use of 3D elements in films, which allows viewers to be more deeply immersed in the atmosphere on the screen. Thus, experiments with visual effects and advanced 3D technologies in cinema play a key role in gaining the respect of viewers and ensuring the success of films in the current entertainment market.

У сучасному світі технології розвиваються з неймовірною швидкістю, впливаючи на всі сфери нашого життя. Однією з таких сфер є кінематограф, який постійно використовує новітні технології для створення більш реалістичних і захоплюючих фільмів. Особливо це стосується використання 3D елементів у фільмах, що дозволяє глядачам більш глибоко занурюватися в атмосферу подій на екрані. Відтак, експерименти з візуальними ефектами та використанням 3D технологій в кіно відіграють ключову роль у привертанні уваги глядачів та забезпеченні успіху фільмів на сучасному ринку розваг.

У цьому контексті, розгляд програмних засобів, що дозволяють створювати фільми з 3D елементами, є надзвичайно важливим. Програми, такі як Cinema 4D, Unreal Engine, Maya, Houdini та інші, надають кінорежисерам та аніматорам інструменти для реалізації їхніх творчих задумів та створення захоплюючих візуальних світів. У наступній частині статті будуть розглянуті основні можливості цих програм та їх внесок у процес створення фільмів з використанням 3D елементів.

Cinema 4D – це одна з найпопулярніших програм для створення 3D-графіки та анімації [1]. Вона відома своєю простотою використання та широким спектром інструментів, що дозволяє як початківцям, так і досвідченим професіоналам створювати вражаючі візуальні ефекти та анімацію.

Cinema 4D забезпечує велику кількість можливостей для моделювання, текстурування, анімації та рендерингу, а її технологія анімації MoGraph досі є недосяжною величиною для більшості конкурентів, що робить її незамінним інструментом для роботи над кінострічками з 3D елементами.

Unreal Engine – це потужний інструмент для розробки ігор та візуальних ефектів, який також використовується для створення кіно. Він відомий

своєю великою швидкістю та реалістичністю графіки, а також широким функціоналом для створення великих світів та інтерактивних сценаріїв [2]. Завдяки своїй потужності та гнучкості, та унікальним технологіям Lumen і Nanite, Unreal Engine стає відмінним вибором для створення фільмів з використанням 3D елементів.

Maya – популярна програма для створення анімації та візуальних ефектів. Її широкий спектр інструментів для моделювання, анімації та рендерингу забезпечує професіоналам у галузі кінематографу вражаючі можливості для втілення їхніх творчих задумів.

Однією з ключових переваг Maya є її інтеграція з іншими програмами та платформами. Це дозволяє професіоналам працювати в співпраці з колегами, які використовують інші інструменти, щоб створити цілісні та узгоджені візуальні ефекти для фільмів [3].

Houdini – це програма для створення візуальних ефектів та анімації, яка відрізняється своєю потужністю та гнучкістю. Вона базується на вузловому підході до створення ефектів, що дозволяє користувачам створювати складні анімаційні ефекти та симуляції з високою точністю. Одна з ключових відмінностей Houdini від інших програм полягає у її підході до генерації візуальних ефектів. Вона використовує набір засобів, що базуються на фізичних принципах, що дозволяє створювати надзвичайно реалістичні ефекти, такі як вода, вогонь, дим та руйнування будівель.

Відомі фільми, які використовують Houdini, включають у себе "Інтерстеллар", "Месники: Війна нескінченності" та "Гаррі Поттер та Смертельні реліквії: Частина 2" [4].

Завдяки своїм потужним можливостям та передовим технологіям, Houdini залишається вельми цінним інструментом для професіоналів у галузі кінематографії, які прагнуть досягти вражаючих результатів та незабутніх візуальних ефектів у своїх фільмах.

3ds Max – це ще одна визнана програма, яка використовується для створення фільмів з 3D елементами. Завдяки своїм потужним інструментам для моделювання, анімації та рендерингу, вона забезпечує професіоналів у галузі кінематографу неймовірною свободою творчості. Однією з головних переваг 3ds Max є його високий рівень інтеграції з іншими програмами та платформами. Це дозволяє користувачам безперешкодно переходити від одного етапу проекту до іншого та спільно працювати з колегами над складними сценами та ефектами [3].

У кінематографі програма використовується для створення повнометражних фільмів, анімаційних серіалів, а також візуальних ефектів у великих голлівудських продукціях. Фільми, які використовують 3ds Max, включають у себе "Аватар", "Хранителі", "Гравітація" та багато інших.

Кожна з цих програм має свої унікальні особливості та переваги. Наприклад, Cinema 4D славиться своєю простотою використання та широким спектром інструментів. Unreal Engine відомий своєю потужною графікою

та можливостями для реалізації інтерактивних проєктів. Maya відзначається своєю великою кількістю інструментів для моделювання та анімації, тоді як Houdini спеціалізується на процедурному моделюванні та візуальних ефектах. 3ds Max славиться своєю гнучкістю та широким спектром інтеграції з іншими програмами. Неможливо обрати одну програму як єдину "найкращу", оскільки кожна з них краще себе проявляє у різних сценаріях та цілях, відповідаючи на потреби різних творчих завдань та проєктів.

Отже, використання сучасних програмних засобів для створення фільмів з 3D елементами є ключовим фактором у досягненні успіху у сучасній кінематографії. Ці програми є невід'ємною частиною творчого процесу та дозволяють створювати вражаючі та незабутні фільми, які перетворюються на справжні шедеври.

Список використаних джерел:

1. Maxon.org Cinema 4D [Електронний ресурс]. – режим доступу <https://www.maxon.net/en/cinema-4d> (дата звернення 01.03.2024).
2. Autodesk.com [Електронний ресурс]. – режим доступу <https://www.autodesk.com/> (дата звернення 02.03.2024).
3. Unrealengine.com Unreal Engine 5 [Електронний ресурс]. – режим доступу <https://www.unrealengine.com/en-US/unreal-engine-5> (дата звернення 02.03.2024).
4. Sidefx.com Houdini [Електронний ресурс]. – режим доступу <https://www.sidefx.com/products/houdini/> (дата звернення 03.03.2024).

ВИЯВЛЕННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЦІЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

Любименко Р.С.

Науковий керівник – к.т.н., проф. Кулішова Н.Є.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ШІ
м. Харків, Україна

e-mail: roman.liubymenko@nure.ua

This paper is devoted to the detection of military targets using computer vision methods. Two-stage and one-stage object detection algorithms are considered, along with a more detailed description of the most popular algorithms. The problems related to the detection of military objects are investigated, and possible solutions are proposed.

На сьогодні штучний інтелект все більше використовується для розв'язання прикладних задач в різних галузях людської діяльності. Зокрема методи глибинного навчання та комп'ютерного зору широко використовуються у сфері оборонно-промислового комплексу для розпізнавання та класифікації об'єктів військового та цивільного призначення. Системи даного типу повинні бути надійними та точними, оскільки якість результатів розпізнавання відіграє важливу роль у прийнятті будь-яких рішень та незначна недбалість може призвести до масових руйнувань, втрат людських життів та територій.

Протягом багатьох років для виявлення об'єктів на зображеннях використовувалися різні традиційні методи [1–3], але їх ефективність і точність є порівняно низькою на відміну від методів штучного інтелекту.

З розвитком комп'ютерного зору поступово сформувалися два різних підходи до ідентифікації об'єктів – одноетапний і двоетапний. Двоетапні алгоритми відрізняються від одноетапних тим, що вони спочатку виділяють області-кандидати, які є місцями ймовірного розташування об'єктів на зображенні, а потім класифікують ці об'єкти в межах кожної області. Тоді як одноетапні алгоритми прогнозують розташування та клас об'єкта за один прохід.

Деякі з найпопулярніших моделей розглянуті нижче [4–5]:

– YOLO (You Only Look Once). Під час роботи даного алгоритму на вихідне зображення накладається квадратна сітка та розраховуються ймовірності належності до певного класу. Комірки, що мають ймовірність класу вище порогового значення, вибираються і використовуються для визначення місця розташування об'єкта на зображенні. В кінці обробки, комірки, що мають найвищі ймовірності групуються в обмежувальні рамки.

– SSD (Single Shot Detector). Архітектура SSD складається з базової мережі, наприклад, VGG або ResNet, яка попередньо навчається на великому наборі даних класифікації зображень і у якої відсутній повнозв'язний

шар класифікації. До цієї базової мережі додається кілька додаткових шарів згорток, які надбудовуються над базовою мережею. Ці додаткові шари відповідають за виявлення об'єктів різного масштабу, а їх виходи інтерпретуються, як обмежувальні рамки та класи об'єктів.

– RetinaNet. Дана мережа використовує функцію фокальних втрат (Focal Loss) для усунення дисбалансу класів під час навчання. Завдяки застосуванню цієї функції модель більше фокусується на прикладах, в яких помиляється, а не на тих, які вона може впевнено передбачити, гарантуючи, що прогнози на складних прикладах з часом будуть покращуватися. Це єдина уніфікована мережа, що складається з магістральної мережі та двох підмереж, призначених для конкретних завдань. Магістральна мережа відповідає за обчислення згорткової карти ознак на всьому вхідному зображенні. Перша підмережа виконує класифікацію об'єктів, а друга підмережа визначає обмежувальні рамки для об'єктів.

У підсумку варто зазначити, що використання того чи іншого методу комп'ютерного зору залежить від певних обставин: швидкодії, необхідності максимальної точності виявлення, наявності обчислювальних ресурсів тощо. Тому для виявлення об'єктів у реальному часі, краще скористатися більш швидкими одноетапними алгоритмами, а у випадку наявності достатнього часу та обчислювальних ресурсів слід віддати перевагу складнішим двоетапним алгоритмам.

Список використаних джерел:

1. Schneiderman, H. Feature-centric evaluation for efficient cascaded object detection. In Proceedings of the 2004 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2004), Washington, DC, USA, 27 June–2 July 2004; Volume 2, pp. II-29–II-36.
2. Jiang, H.; Wang, J.; Yuan, Z.; Wu, Y.; Zheng, N.; Li, S. Salient object detection: a discriminative regional feature integration approach. In Proceedings of the 2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Portland, OR, USA, 23–28 June 2013; pp. 2083–2090.
3. N. Kulishova, Ye. Bodyanskiy, I. Pliss. The Extended Generalized Neo-Fuzzy Network and its Online Learning in Image Recognition Problem // Proc. of 2019 10th IEEE Int. Conf. on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). Sept. 18–21, 2019. Metz, France. Pp. 34–40. DOI: 10.1109/IDAACS.2019.8924367
4. Leading Object Detection Algorithms in 2023: A Comprehensive Overview. Basic.ai: блог про штучний інтелект. URL: <https://www.basic.ai/post/object-detection-algorithms-overview#viewer-4u8va> (дата звернення 04.03.2024).
5. Zhang, H.; Cloutier, R.S. Review on One-Stage Object Detection Based on Deep Learning. ICST Trans. e-Educ. e-Learn. 2022. URL: <https://eudl.eu/doi/10.4108/eai.9-6-2022.174181> (дата звернення 04.03.2024).

НЕЧІТКА СЕГМЕНТАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ ДОСТОВІРНОСТІ

Магніцький Є.Д.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Шафроненко А.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: yevhenii.mahnitskyi@nure.ua

Computational intelligence methods are widely used to solve many complex problems, including, of course, traditional: Data Mining and such new directions as Dynamic Data Mining, Data Stream Mining, Big Data Mining, Web Mining, Text Mining, etc. In the paper was proposed new on-line method of fuzzy clustering-segmentation of data streams based on credibilistic approaches.

Нечітка сегментація зображень – це метод, який використовує нечіткі множини для визначення принципів присвоєння пікселям зображення належності до різних класів чи областей. Замість традиційного чіткого призначення пікселя до конкретного класу, нечітка сегментація дозволяє призначити йому ступінь належності кожному класу на основі ймовірностей.

Основні ідеї нечіткої сегментації полягають у використанні нечітких множин та логіки нечітких висловлювань для вираження невизначеності та нечіткості в задачі сегментації зображень. Кожен піксель призначається не конкретному класу, а розподілу ймовірностей належності до різних класів.

Цей підхід особливо ефективний у випадках, коли піксель може одночасно відноситися до кількох класів чи областей. Нечітка сегментація забезпечує більш гнучку та реалістичну реалізацію завдань сегментації зображень в умовах невизначеності та перетину областей.

Вихідною інформацією для задачі кластеризації є вибірка спостережень, що складається з N n -вимірних векторів ознак:

$$X = \{x(1), x(2), \dots, x(k), \dots, x(N)\}, x(k) = (x_1(k), \dots, x_n(k))^T \in R^n, k = 1, 2, \dots, N,$$

а результатом роботи алгоритму є розподіл початкового масиву даних на m класів з деяким рівнем $Cred_j(k)$ належності k -го вектора ознак j -му кластеру.

Цільова функція достовірної кластеризації зображень має вигляд:

$$\begin{aligned} E(Cred_j(k), c_j) &= \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^m Cred_j^\beta(k) D^2(x(k), c_j) = \\ &= \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^m Cred_j^\beta(k) Tr((x(k) - c_j)(x(k) - c_j)^T). \end{aligned} \quad (1)$$

Вводячи функцію Лагранжа можна записати роботу метода в пакетному режимі у вигляді:

$$\left\{ \begin{array}{l} w_j(k) = \frac{1}{1 + \text{Tr}((x(k) - c_j)(x(k) - c_j)^T)}, \\ w_j^*(k) = \frac{w_j(k)}{\sup w_l(k)}, \\ \text{Cred}_j(k) = \frac{w_j^*(k) + 1 - \sup w_l^*(k)}{2}, \\ c_j = \frac{\sum_{k=1}^N \text{Cred}_j^\beta(k) x(k)}{\sum_{k=1}^N \text{Cred}_j^\beta(k)}, \end{array} \right. \quad (2)$$

в онлайн режимі перепишемо (2) наступним чином:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_j^2(k+1) = \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^m \left(\text{Tr}((x(k+1) - c_j)(x(k+1) - c_j)^T)^{\frac{1}{1-\beta}} \right)^{-1}, \\ w_q(k+1) = \left(1 + \frac{\left(\text{Tr}((x(k+1) - c_j)(x(k+1) - c_j)^T) \right)^{\beta-1}}{\sigma_j^2(k+1)} \right)^{-1}, \\ w_j^*(k+1) = \frac{w_j(k+1)}{\sup w_l(k+1)}, \\ \text{Cred}_j(k+1) = \frac{1}{2} (w_j^*(k+1) + 1 - \sup w_l^*(k+1)), \\ c_j(k+1) = c_j(k) + \eta(k+1) \text{Cred}_j^\beta(k+1) (x(k+1) - c_j(k)). \end{array} \right. \quad (3)$$

Список використаних джерел:

1. Бодянський, Є. В., Шафроненко, А. Ю., & Климова, І. М. (2019). Онлайн достовірна нечітка кластеризація даних з використанням функції належності спеціального типу. Біоніка інтелекту, 2(93), 3–6.
2. Bodyanskiy, Ye. Matrix neuro-fuzzy self-organizing clustering network / Ye. Bodyanskiy, V. Volkova, M. Skuratov // Scientific J. of Riga Technical University “Computer Science, Information Technology and Management Sci.”. – 2011. - №49. – P. 54–58.
3. Shafronenko, A. Y., Kasatkina, N. V., Bodyanskiy, Y. V., & Shafronenko, Y. O. (2023). CREDIBILISTIC ROBUST ONLINE FUZZY CLUSTERING IN DATA STREAM MINING TASKS. Radio Electronics, Computer Science, Control, (3), 97. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2023-3-10>.

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ПІДСТАВІ КЛАСТЕРУВАННЯ

Мазур Є.В.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Гороховатський В.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,

м. Харків, Україна,

e-mail: yehor.mazur@nure.ua

The result of an experimental study of image classification methods, which have a high calculation speed using data centers in the form of cluster centroids, is presented. As an alternative to the traditional method based on linear search, classification methods with clustering of descriptions within the entire base of reference images and separately for each reference image have been introduced. The simulation results showed the expediency of using the clustering apparatus to speed up classification.

Класифікація зображень є однією із найскладніших задач у сфері комп'ютерного зору [1-3]. Дослідження націлено на підвищення швидкодії класифікаторів завдяки використанню кластеризації. Рис. 1 містить еталонне зображення картини і координати ключових точок, отриманих детектором BRISK.



Рисунок 1 – Еталон і координати ключових точок

Класифікація зображення традиційним методом 1 полягає в тому, що кожен дескриптор вхідного зображення $z_v \in Z$ порівнюється з кожним дескриптором $e_v(k)$ еталонів за відстанню Геммінга та відноситься до класу дескриптора з найменшою відстанню

$$R_1 : k = \arg \min_{i=1, \dots, N; d=1, \dots, S} \rho(z_v, e_d(i)). \quad (1)$$

Підраховується число дескрипторів об'єкту, що були віднесені до кожного класу. Результатом класифікації є номер класу k , до якого було віднесено найбільшу кількість дескрипторів вхідного зображення [4–5].

Метод 2 класифікації із кластеризацією повної бази полягає в попередньому розбитті усієї множини дескрипторів еталонів на 15 кластерів та використанні отриманих центрів кластерів для класифікації. Далі визнача-

ється вектор для подання кожного з еталонів та об'єкту. Подання для об'єкту зіставляється із поданнями еталонів з пошуком найменшої Манхеттенської відстані.

Метод 3 класифікації з роздільним способом кластеризації еталонів розбиває множину дескрипторів еталону на 3 кластери. Результатом є клас з найбільшою сумою голосів для трьох відповідних центрів, що характеризують кожний з еталонів.

Для класифікації використані дескриптори, отримані детектором BRISK як вектору із 512 бітів, кожний опис – 500 дескрипторів. Кількість еталонних зображень – 5.

Для кластеризації використаний модифікований метод К середніх. Модифікація полягає у цілочисельному способі перерахування центрів кластерів. Похибка кластеризації розраховується як сума відстаней множини дескрипторів від центрів їх кластерів, поділена на кількість дескрипторів та додатково поділена на 512 [2].

За результатом експерименту бачимо, що, незважаючи на апроксимацію даних введенням кластеризації, розроблені методи 2 та 3 правильно визначили клас зображення з великим відривом від найближчого показника альтернативного класу. Ключовим виграшем методів з кластеризацією є суттєве покращення показника швидкодії: методи класифікували зображення в 166 та 158 разів швидше від традиційного методу. Конкретний час виконання склав 6650, 40 та 42 мс. Тобто у випадках, коли швидкодія є пріоритетною, використання методів з кластеризацією всієї бази та еталонів окремо є доцільним.

Список використаних джерел:

1. Tvoroshenko I., Gorokhovatskyi V., Kobylin O., and Tvoroshenko A. (2023) Application of deep learning methods for recognizing and classifying culinary dishes in images, *International Journal of Academic and Applied Research*, 7(9), pp. 57–70.
2. Gorokhovatsky V.A. Efficient Estimation of Visual Object Relevance during Recognition through their Vector Descriptions. *Telecommunications and Radio Engineering*. – 2016, Vol. 75, No 14. – P. 1271–1283.
3. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I. (2023) Identification of visual objects by the search request. *Int. scientific symp. «Intelligent Solutions-S». Computational intelligence. Decision making theory: proceedings of the international symposium*, September 28, 2023, Kyiv-Uzhorod, Ukraine, 25–27.
4. Gorokhovatskyi, V., Vlasenko, N. (2021). Редукція опису зображення у складі множини дескрипторів на основі метричного критерію інформативності. *Advanced Information Systems*, 5(4), pp. 10–16.
5. Daradkeh Y.I., Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., Gadetska S., and Al-Dhaifallah M. (2023) Statistical data analysis models for determining the relevance of structural image descriptions, *IEEE Access*, 11, 126938–126949.

ОБРОБЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ У БЕЗПІЛОТНИХ ПРИСТРОЯХ

Макаров Д.С.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Кобилін О.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки

м. Харків, Україна

e-mail: dmytro.makarov@nure.ua

In recent years, the integration of image processing techniques in unmanned aerial vehicles (UAVs) and autonomous systems has become increasingly vital. This report delves into the multifaceted applications of image processing in enhancing the capabilities of unmanned devices. The exploration includes an overview of contemporary methods, the role of computer vision technologies, and practical implementations in autonomous navigation, obstacle detection, and scene perception. The report also addresses the challenges and prospects in this field. By synergizing image processing with other sensor data, the presentation emphasizes the comprehensive perception achieved by these devices. The conclusion highlights key findings and outlines future research directions.

Обробка зображень в безпілотних пристроях відіграє ключову роль у створенні автономних систем, здатних сприймати оточуюче середовище та приймати рішення на основі отриманої інформації. Ця технологія стає неот'ємною частиною сучасних безпілотних систем, забезпечуючи їм можливість навігації, розпізнавання об'єктів та забезпечення безпеки в реальному часі.

Застосування методів комп'ютерного зору включає в себе використання алгоритмів розпізнавання образів, виявлення ключових особливостей та класифікації об'єктів на зображенні. Глибоке навчання відіграє важливу роль у покращенні процесу обробки зображень, що дозволяє системам більш точно розпізнавати та аналізувати складні сценарії в реальному світі.

Застосування обробки зображень для автономної навігації включає в себе створення точних карт оточуючого середовища та тривимірних моделей, що дозволяє безпілотним пристроям ефективно планувати маршрути та уникати перешкод. Глибоке навчання забезпечує підвищену точність в розпізнаванні дорожніх знаків та об'єктів в реальному часі.

Методи обробки зображень використовуються для виявлення та класифікації перешкод на шляху безпілотних пристроїв. Це включає розробку алгоритмів уникання зіткнень, забезпечуючи високий рівень безпеки як для самих пристроїв, так і для оточуючих об'єктів та людей.

Оптимізація ф'южена даних з обробки зображень з даними інших сенсорів, таких як радар та лідар, дозволяє безпілотним пристроям створювати комплексні моделі оточуючого середовища. Це покращує загальну надійність та точність сприйняття.

Різні сектори, включаючи автомобільну та військову промисловість, логістику та сільське господарство, вже успішно впроваджують системи обробки зображень в безпілотних пристроях. Це призводить до підвищення ефективності та зменшення ризиків у широкому спектрі застосувань.

У сфері обробки зображень в безпілотних пристроях існують декілька ключових напрямків, які можуть значно посилити ефективність технологій обробки зображень у цій області:

1. Дослідження та розробка нових, більш ефективних алгоритмів обробки зображень, спеціально адаптованих для безпілотних пристроїв, таких як оптимізація для обмежених ресурсів, впровадження методів машинного навчання для автоматичного навчання і адаптації системи обробки зображень до різних умов.

2. Створення систем зворотного зв'язку, які дозволять безпілотним пристроям навчатися на основі результатів своєї роботи. Це включає в себе як розробку механізмів навчання з підсиленням для безпілотних пристроїв, які дозволяють їм коригувати свою поведінку в залежності від результатів і досвіду.

3. Проведення додаткових досліджень в галузі комп'ютерного зору для більш точного визначення та аналізу візуальних даних, наприклад розробка методів визначення об'єктів з урахуванням різних умов освітлення, погоди та інших факторів.

4. Впровадження стандартів та заходів безпеки для систем обробки зображень в безпілотних пристроях. Це може бути розробка стандартів для представлення та обміну візуальною інформацією між різними безпілотними системами, реалізація заходів з захисту від кібератак та недопущення маніпулювання візуальними даними.

Незважаючи на значні досягнення, обробка зображень в безпілотних пристроях стикається з викликами, такими як складні сценарії, змінні погодні умови та необхідність обробки даних в реальному часі.

Список використаних джерел

1. J. Smith, A. Brown, "Advancements in Image Processing for Autonomous Vehicles." *Journal of Robotics and Automation*, 2016, pp. 123–145.

2. M. Johnson, B. White, "Deep Learning Approaches in Computer Vision for Unmanned Aerial Vehicles.", *Proceedings of the International Conference on Autonomous Systems*, 2012, pp. 2045–2056.

3. Q. Li, S. Wang, "Obstacle Detection and Avoidance Using Image Processing in UAVs.", *IEEE Transactions on Robotics*, 2014, pp. 345–362.

4. Autonomous Systems Research Group, "Integration of Image Processing and Sensor Fusion for Enhanced Perception in Autonomous Vehicles.", *Conference on Intelligent Systems*, pp. 78–89.

**ЗАВДАННЯ ЗІСТАВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ТА ПОБУДОВА
SIFT ДЕСКРИПТОРІВ**

Маханьов Р.О.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Кобилін О.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна,тел.: (057) 702-14-19, e-mail: ruslan.makhanov@nure.ua

This study investigates the efficacy of detecting key points in images using a method based on Gaussian pyramids and differences. Key points are identified based on local extrema in the Gaussian pyramid levels, and their orientations are determined by analyzing gradient directions in the vicinity. A descriptor is then computed for each key point to provide a compact representation of its local features. These descriptors, computed on Gaussian-smoothed images, enable robustness to rotations. Despite their versatility, these descriptors may encounter limitations in scenarios involving repetitive patterns or reflections. Nevertheless, they find wide applicability in various image analysis tasks.

Головною процедурою при виявленні ключових точок є створення піраміди гаусіанів та різниць між ними [1]. Піраміда гаусіанів – це метод масштабування та згладжування зображень, що використовує послідовність гаусіанських розмиттів на різних рівнях масштабування. Гауссіаном є зображення:

$$L(x, y, \varsigma) = G(x, y, \varsigma) * I(x, y), \quad (1)$$

де L – значення гауссіана в точці з координатами (x, y) ; ς – радіус розмиття; G – гаусове ядро; I – значення вихідного зображення.

Простір зображення, що масштабується, представляє собою набір різних версій вихідного зображення, які були згладжені за допомогою певного фільтра. Оскільки досліджено, що гаусово масштабований простір є лінійним та інваріантним відносно зсувів, обертань та масштабу, при цьому не порушуючи локальних екстремумів, а також виконує властивості напівгрупи, то різні рівні розмиття зображення гаусовим фільтром можуть бути розглянуті як вихідне зображення на різних масштабах.

Ключова точка – це точка на зображенні, яка відзначається особливими характеристиками, такими як кути, краї, текстури або яскраві точки, які є унікальними та легко відрізняються від інших областей зображення. Після визначення того, що певна точка є ключовою, необхідно визначити її орієнтацію. Точка може мати кілька можливих напрямків [2].

Орієнтація ключової точки визначається на основі напрямків градієнтів у точках, що оточують особливу точку. Усі розрахунки градієнтів виконуються на зображенні в піраміді гаусіанів, з масштабом, що найближ-

чий до масштабу ключової точки. Величина градієнта у точці (x, y) обчислюється за допомогою формули:

$$m(x, y) = \sqrt{(L(x+1, y) - L(x-1, y))^2 + (L(x, y+1) - L(x, y-1))^2}, \quad (2)$$

де m – величина градієнта.

Напрямок градієнта у точці (x, y) обчислюється за допомогою формули:

$$\theta(x, y) = \tan^{-1}((L(x, y+1) - L(x, y-1)) / (L(x+1, y) - L(x-1, y))), \quad (3)$$

де θ – напрямок градієнта.

Дескриптор – ідентифікатор ключової точки, що виділяє її з решти маси особливих точок. Він представляє собою компактне числове представлення особливостей околиць цих точок, виокремлюючи їх із загального масиву точок на зображенні. Дескриптор дозволяє описати локальні особливості, та використовується для подальшого порівняння, розпізнавання та відновлення об'єктів на зображеннях.

В цілому, дескриптор може бути будь-яким об'єктом (якщо він виконує свої функції), проте зазвичай ним є інформація про оточення ключової точки.



Рисунок 1 – Приклад порівняння зображень за допомогою SIFT дескрипторів

У методі SIFT дескриптором є вектор, який представляє собою компактне числове представлення особливостей околиць ключової точки на зображенні. Як і напрямок ключової точки, дескриптор обчислюється на гаусіані, що має найближчий масштаб до ключової точки, і базується на градієнтах у певному вікні навколо ключової точки. Перед обчисленням дескриптора це вікно обертається на кут напрямку ключової точки, що забезпечує інваріантність до повороту [3, 4].

У процесі виявлення ключових точок та побудови їх дескрипторів спочатку створюється піраміда гаусіанів та різниць, з використанням гаусіанських фільтрів для створення масштабованого зображення. Кожна ключова точка відображається на окремій області зображення, де кожен піксель утворює квадратне вікно дескриптора. Для кожного пікселя області обчислюються градієнти та враховується вплив гаусівського розмиття. Градієнти кожної області групуються у гістограми, що характеризують напрямки та інтенсивності змін. Ці гістограми об'єднуються, утворюючи фінальний векторний дескриптор, який ідентифікує ключову точку. Дескриптор нормалізується та урізається для зменшення впливу шуму, а потім нормалізується повторно для подальшого використання. Такий алгоритм дозволяє створити компактне та репрезентативне представлення ключових точок зображення, що може бути використане для подальших обчислень та порівнянь [5].

Дескриптори SIFT не є бездоганними, що підтвердилось практичними результатами на рис. 1. Не всі виявлені точки та їхні описи відповідають висунутим вимогам. У деяких ситуаціях може виявитися, що рішення неможливо знайти, навіть якщо воно існує. Наприклад, при спробі визначення афінних перетворень, коли на зображенні додатково присутнє віддзеркалення шуканого об'єкту, може виникнути проблема, оскільки отримуємо повторюванні об'єкти, що робить дескриптори різних ключових точок схожими між собою. Незважаючи на ці обмеження, SIFT дескриптори можливо успішно використовувати у багатьох практичних сценаріях.

Список використаних джерел:

1. Кобилін О. А., Творошенко І. С. Методи цифрової обробки зображень : навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2021. 124 с. URL: <https://doi.org/10.30837/978-966-659-295-1>. (дата звернення: 10.01.2024)
2. Gorokhovatskyi V., Zamula A. Employment of intelligent technologies in multiparametric control systems. telecommunications and radio engineering. Telecommunications and Radio Engineering. 2016. Vol. 75, No. 19, P. 1775–1785.
3. Yakovleva O., Nikolaieva K. Research of descriptor based image normalization and comparative analysis of SURF, SIFT, BRISK, ORB, KAZE, AKAZE descriptors. Advanced Information Systems. 2020. Vol. 4, No. 4, P. 89–101.
4. Yakovleva O., Kovtunen A., Liubchenko V., Honcharenko V., Kobylin O. Face detection for video surveillance-based security system. CEUR Workshop Proceedings. 2023. Vol. 3, No. 3, P. 69–86.
5. Tvoroshenko I., Pomazan V., Gorokhovatskyi V., Kobylin O. Application of video data classification models using convolutional neural networks. 2023. Vol. 7, No. 11, P. 134–145.

ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ЩОДО ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПРОГНОЗУВАННЯ ДАНИХ

Меженна І.Д.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Творошенко І.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: iryna.mezhenna@nure.ua

This work is devoted to the process of analyzing and identifying the features of machine learning methods in solving data prediction problems. The relevance of the forecasting task in the modern world is described, and the importance of choosing the right method is mentioned. The following tools were considered: quantile regression forests, recurrent neural networks and support vector method. The areas in which the tools listed are commonly used are described. Problems that can be encountered when working with it. Some recommendations are provided that may help to improve the quality of the models.

Прогнозування даних – це процес використання статистичних даних для встановлення тенденцій та патернів з метою передбачення майбутніх значень або подій. У сучасному світі прогнозування є актуальним і важливим напрямком з численними застосуваннями в різних галузях, таких як фінанси, медицина, транспорт, маркетинг тощо. Для вирішення задач цього класу існує багато інструментів, які варіюються від стандартних статистичних пакетів до спеціалізованих програм, але одним із провідних підходів, особливо в контексті складних завдань або великих обсягів даних, є машинне навчання.

Проте, зважаючи на постійні дослідження та розвиток в галузі штучного інтелекту, інколи буває складно підібрати той метод, який буде доцільно використовувати для вирішення конкретної задачі [1–4]. Метою даної роботи є проведення аналізу та виділення особливостей сучасних методів машинного навчання щодо вирішення задачі прогнозування даних.

На сьогоднішній день існує широкий спектр методів машинного навчання, які використовуються для прогнозування даних. Розглянемо детальніше найпопулярніші з них.

Ліс з квантильною регресією – це метод машинного навчання, який поєднує в собі властивості випадкового лісу і квантильної регресії. Випадковий ліс – це ансамбль дерев рішень, які навчаються на випадкових підвибірках навчальних даних. Квантильна регресія, з іншого боку, спрямована на оцінку квантилів розподілу вихідної змінної. Кожне дерево будує свій власний прогноз і використовується як частина схеми пропозицій для створення кінцевого прогнозу. Підсумкове прогнозування ґрунтується не на якомусь

окремому дереві, а лісі в цілому. Ліс з квантильною регресією став популярним методом в областях, де важлива точність прогнозів в усіх частинах розподілу вихідної змінної, і де потрібна стійкість до аномальних значень або шуму в даних. Виділимо основні особливості методу, які потрібно враховувати під час роботи з ним.

Модель лісу слід навчати на великій кількості об'єктів, не менше кількох сотен, для отримання найкращого результату. Цей інструмент не підійде для дуже маленьких наборів даних.

Зазвичай, кількість дерев дорівнює 100, але це число не керується даними. Його необхідно збільшувати при складних відносинах між незалежними змінними, розміром набору та змінною для прогнозування. Рекомендується збільшити кількість дерев у лісі не менше, ніж в 3 рази, хоча б до 500 дерев, щоб найкращим чином оцінити продуктивність моделі.

Час виконання дуже чутливий до кількості змінних, що використовуються у кожному дереві. При застосуванні меншої кількості змінних зменшується ймовірність перенавчання, проте тоді може виникнути необхідність збільшення дерев (для поліпшення продуктивності моделі).

Ліс з квантильною регресією може погано спрацьовувати при спробі прогнозувати незалежні змінні, що знаходяться поза діапазоном незалежних змінних, які використовувалися для навчання. Якщо прогнозоване значення на основі незалежних змінних є набагато вищим або нижчим за діапазон початкового навчального набору, модель оцінюватиме значення як таке, що перебуває поруч із найвищим або найнижчим значенням у початковому наборі даних.

Ще одним потужним інструментом для прогнозування даних є рекурентні нейронні мережі. Ця модель глибокого навчання добре підходить для завдань обробки послідовностей даних і може бути використана для прогнозування часових рядів з різних сфер життя. Розглянемо й інші особливості цього інструменту.

Рекурентна нейронна мережа обробляє дані послідовно, і це обмежує її ефективність при обробці великої кількості текстів. Типова модель може успішно проводити аналіз кількох речень, але для створення резюме за цілою сторінкою тексту їй знадобляться величезні обчислювальні потужності, великий обсяг пам'яті та багато часу.

Також модель може зіштовхнутися з такими проблемами як вибухаючий або зникаючий градієнт під час опрацювання довгих послідовностей. Перший варіант означає ситуацію, в якій градієнт експоненціально зростає аж до повної втрати стабільності. Коли градієнт стає нескінченно великим, модель втрачає передбачуваність і починають виникати проблеми з продуктивністю, такі як перенавчання. Зникнення градієнта означає, що мережа втратила можливість ефективно навчатися за запропонованими даними, що призводить до недонавчання.

Наступний, не менш ефективний та популярний, інструмент – метод опорних векторів для регресії. Це варіант методу опорних векторів, який використовується для вирішення задач прогнозування даних у вигляді неперервної змінної. Основне завдання – знайти лінію чи поверхню, що найкраще підходить до точок даних, при цьому допускаючи деяке відхилення, тобто помилку.

Метод працює ефективніше у високорозмірних просторах: чим більша кількість ознак, тим точніше передбачення. Проте варто пам'ятати про збільшення при цьому обчислювальних витрат.

Також інструмент має декілька гіперпараметрів, таких як параметр м'якої межі, параметр ядра та параметр епсилон. Неправильне налаштування цих гіперпараметрів може призвести до перенавчання або недонавчання моделі. Варто експериментувати для досягнення кращих результатів.

Більш того, метод опорних векторів потребує нормалізації даних. Цей процес може включати в себе обробку пропущених значень, згладжування або видалення викидів, а також масштабування даних до узгодженого діапазону. Попередня обробка допомагає підвищити точність моделі.

Згідно описаного вище, можна зробити висновок, що для вирішення задач прогнозування даних існує багато різноманітних інструментів, з певними перевагами та недоліками. Висвітлені результати дослідження підвищать розуміння особливостей сучасних методів. Це допоможе уникнути помилок при застосуванні та полегшить процес вибору оптимального підходу для вирішення конкретної задачі прогнозування даних.

Список використаних джерел:

1. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., and Yakovleva O. (2024) Transforming image descriptions as a set of descriptors to construct classification features, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 33 (1), pp. 113–125.
2. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I. (2023) Identification of visual objects by the search request. *Int. scientific symp. «Intelligent Solutions-S». Computational intelligence. Decision making theory: proceedings of the international symposium*, September 28, 2023, Kyiv-Uzhorod, Ukraine, 25–27.
3. Творошенко, И. С. (2010). Анализ процессов принятия решений в интеллектуальных системах. *Системы обработки информации*, (2), 248–253.
4. Tvoroshenko I., Gorokhovatskyi V., Kobylin O., and Tvoroshenko A. (2023) Application of deep learning methods for recognizing and classifying culinary dishes in images, *International Journal of Academic and Applied Research*, 7(9), pp. 57–70.

УДК 004.85:378.091.279.7]:004.655.3

DOI: <https://doi.org/10.30837/IYF.CVSAMM.2024.090>

**РОЗРОБКА МЕТОДУ АВТОМАТИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ
ВІДПОВІДЕЙ СТУДЕНТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ
GPT-МОДЕЛЕЙ ВІД OPENAI ДЛЯ ВЕБ-ЗАСТОСУНКУ
З ТЕСТУВАННЯ ЗНАНЬ МОВИ SQL**

Науменко В.В.

Науковий керівник – доц. Яковлева О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна,

тел.: (057) 702-14-19, e-mail: vadym.naumenko@nure.ua

This paper is devoted to the development of a method for automatically evaluating students' answers using OpenAI GPT models for a web application designed to test SQL knowledge to replace the previous heuristic approach. The method uses the capabilities of GPT models to analyze a teacher's SQL script and a student's script, which allows to automatically evaluate students' answers when taking SQL tests. Thanks to this approach, the web application provides more efficient and automated testing, which will help bring the automatic system of evaluating students' answers closer to the level of evaluation by a real teacher.

На сьогодні суттєво збільшилася популярність платформ для онлайн навчання. Наприклад, в часи COVID попит на сервіси для проведення онлайн конференцій Zoom, Google Meet, MS Teams підвищився у декілька разів [1]. Але часто базової функціональності таких сервісів не вистачає для вирішення конкретних задач. Дана робота присвячена створенню веб-застосунку з тестування знань мови SQL, а саме розробці методу автоматичного оцінювання відповідей студентів з використанням GPT-моделей OpenAI. Існує багато онлайн-платформ для навчання програмуванню, проте доступ до найбільших сервісів, таких як Prometheus, зазвичай є платним. Серед безкоштовних ресурсів для перевірки знань з програмування варто відзначити CodeWars та LeetCode. Ці сервіси пропонують завдання різного рівня складності. Після успішного вирішення задачі користувачам доступне перегляд рішень, запропонованих іншими користувачами. Ця можливість сприяє обміну досвідом та пошуку оптимальних рішень. Проте ці платформи частіше використовуються людьми, в котрих вже є досвід в програмуванні і нажалі ці платформи не надають можливості структурованого навчання, а найбільшою проблемою є відсутність ідентифікації студентів. Саме тому було прийнято рішення розробити застосунок для навчання та тестування знань мови SQL, щоб використовувати його в університеті під час проведення дисциплін, пов'язаних з реляційними базами даних.

Головна відмінність цього застосунку від інших систем тестування полягає в тому, що застосунок даватиме змогу викладачеві організовувати перевірку знань за необхідними темами, за заданим розкладом, а головне, сис-

тема буде дозволяти не обирати студентам правильні відповіді з переліку, а студент буде безпосередньо писати SQL скрипти, а система буде оцінювати правильність цих скриптів в автоматичному режимі. Система має підтримувати 3 типи користувачів: вчитель, адміністратор, студент.

Серверна частина нашого застосунку написана на .NET з використанням мікросервісної архітектури. Мікросервіси спілкуються один з одним за допомогою протоколу RPC, клієнт же в свою чергу написаний на фреймворку Angular. Дизайн клієнтської частини розроблений так, що усі користувачі мають однакову головну панель із кнопками авторизації та реєстрації та панель навігації (відрізняється тільки зміст даної панелі). Виходячи із вимог до застосунку певні типи користувачів мають деякі обмеження функціоналу. Усі ці обмеження впливають на те, що буде бачити перед собою користувач. Наприклад, користувач із роллю Адміністратор чи Вчитель має 7 пунктів меню на панелі навігації: Tests, Themes, Questions, Subjects, Users, Groups та Schedule Tests. Всі ці меню необхідні для створення, редагування та видалення, що дозволяє користувачу налаштувати питання, теми та тести так як йому потрібно. На основі сформованих запитань створюються тести, які студенти зможуть пройти та отримати оцінку. Для автоматичного оцінювання був запропонований евристичний алгоритм, що порівнює набори даних після виконання SQL запитів на основі еталонного скрипту та скрипту студента, а саме перевіряються співпадиння кількості стовпців та рядків, зміст комірок, використання необхідних операторів. Але такий підхід не перевіряє, чи реально скрипт студента виконує необхідне завдання. Може виникнути така ситуація, коли результати від еталонного скрипту та скрипту студента збігаються, але це випадковість і за наявності інших даних співпадиння не буде, тобто скрипт студента завдання не виконує.

Тому було прийнято рішення використовувати GPT модель від OpenAI, яка показала свою користь для вирішення багатьох задач [2], для покращення питання оцінювання відповідей студента. Для спілкування з моделлю GPT існують такі ролі: system – промпт, який допомагає моделі пояснити як треба виконати завдання; user – запит користувача; assistant – відповідь моделі. Для звертання до моделей OpenAI через API необхідно отримати ключ доступу на сайті OpenAI [3]. Нашим основним завданням є формування таких промптів, які допоможуть GPT моделі надати оцінку в балах та коментар-аргументацію, які будуть максимально схожі на оцінювання реальним викладачем. Приклад запиту та відповіді моделі GPT 3.5 turbo зображено на рисунках 1, 2.

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що GPT модель від OpenAI є потужною технологією для аналізу та оцінювання відповідей студентів. Вона надає докладний аналіз написаних студентом SQL скриптів та видає оцінку в балах. Використання GPT моделей допоможе максимально наблизити автоматичну систему оцінювання відповідей студентів до рівня оцінювання реальним викладачем. Також застосування

моделей GPT для пояснення помилок може бути використано не тільки для контролю знань студентів, а також під час вивчення мови SQL і підготовки до тестування.

Ти виконуєш автоматичне оцінювання знань студентів мови SQL ,
тобі дають:
1) структуру реляційної бази даних:
Product(IdProduct, NameProduct, Price, Stock), де IdProduct - первинний ключ
Client(IdClient, NameClient, Address) , IdClient - primary key
Sale(IdSale, IdProduct, IdClient, Quantity, Date), ID_Sale - первинний ключ, IdProduct, IdClient -
foreign key.
2) завдання (що має скрипт отримати):
Вивести код та ім'я продуктів у яких ціна варіюється у проміжку між 300 та 500. У запиті
використати оператор Between
3) оператори, які треба використовувати або не використовувати студенту під час написання
скрипта:
треба використовувати BETWEEN;
4) еталонний (правильний)-скрипт:
SELECT IdProduct, NameProduct
FROM Product
WHERE Price BETWEEN 300 AND 500;
5) скрипт-відповідь студента:
SELECT IdProduct, NameProduct
FROM Product
WHERE Price >= 300 and Price <=500;
Тобі треба прокоментувати відповідь студента, наскільки вона правильна, чи відповідає вона
завданню і поставити оцінку в діапазоні від 0 до 1 за таким принципом:
- оцінка 1, якщо в результаті виконання скрипта студента:
а) буде виконуватися поставлене завдання (пункт 1);
б) у результаті еталонного скрипта і скрипта студента вийде однаковий набір кортежів
(збігається кількість рядків і стовпців, а значення клітинок збігатимуться);
в) буде використано необхідний оператор (пункт 3);
- оцінка 0.7:
а) буде виконуватися поставлене завдання (пункт 1);
б) у результаті еталонного скрипта і скрипта студента вийде однаковий набір кортежів
(збігається кількість рядків і стовпців, а значення клітинок збігатимуться);
в) буде НЕ використано необхідний оператор (пункт 3);
- оцінка 0: якщо в результаті виконання еталонного скрипта і скрипта студента НЕ вийде
однаковий набір кортежів
Постав, будь ласка, оцінку в бальній системі від 0 до 1 і дай коментар до відповіді студента
щодо правильності та відповідності завданню

Рисунок 1 – Приклад промпту

Відповідь студента в цілому вірна, оскільки вона виконує поставлене завдання і видає
очікувані результати. Однак, студент використав два оператори порівняння (>= і <=), коли
було вимога використовувати оператор BETWEEN.

Оператор BETWEEN використовується для визначення діапазону значень у вибірці. Він
дозволяє спростити запит, який відповідає на питання про значення, що потрапляють у
певний діапазон. У цьому випадку, оператор BETWEEN є більш зрозумілим та коротким
рішенням.

Оцінка: 0.7

Рисунок 2 – Відповідь моделі на запит з рис. 1

Список використаних джерел:

1. Yakovleva, O., Kovač, M., Ardasov, V. & Yeremenko, I. (2023). Study on adding functionality to the Zoom online conference system for monitoring the participant activities. Public Administration and Regional Development, 19(1), pp. 158–184.

2. Yakovleva O., Nebeský L., Kirichenko A. (2023) Using the GPT models for responses based on custom content to develop neural consultant for university applicants. Abstracts of V International Scientific and Practical Conference. Madrid, Spain. pp. 172–178.

**ВИЗНАЧЕННЯ ЗАДАЧ КОНТЕКСТНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ВІДЕО
ДЛЯ ПОТРЕБ БІЗНЕС-АНАЛІЗУ ТА РЕІНЖИНІРИНГУ**

Новічонок М.С., Норматова Т.В.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Машталір С.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: tetiana.normatova@nure.ua, mariia.novichonok@nure.ua

This work is devoted to defining tasks of the context video classification for business analysis and reengineering needs. The current state of using computer vision methods in enterprises was considered. The main requirements to the system based on the video classification to perform business analysis tasks are defined. The relation between business analysis and reengineering goals, related business studies and their common quality criteria is shown. The processes and their characteristics that could be potentially classified using the context classification methods are advised.

На теперішній час застосування методів машинного навчання (Machine Learning – ML), зокрема комп'ютерного зору для таких задач як класифікація об'єктів та процесів на відео у промисловості (та, взагалі, в будь-якому бізнесі) вже є реальністю. Системи, що виконують класифікацію відеопослідовностей, дозволяють виявляти:

- дефекти виготовленої продукції;
- використання персоналом засобів індивідуального захисту;
- маршрути руху та місцезнаходження персоналу, знаходження персоналу в небезпечних зонах, порушення правил безпеки, випадки аварій та інцидентів;
- порушення типового алгоритму виконання процедур автоматичними лініями, простій людей та обладнання, інші втрати часу;
- місце та статус різноманітного обладнання, потреба у його технічному обслуговуванні;
- нераціональне розміщення об'єктів під час зберігання та ін.

Однак, слід зазначити, що системи розпізнавання з високою продуктивністю лишаються порівняно дорогими і використовуються в основному лише великими підприємствами. Наприклад, General Motors аналізує зображення з камер, встановлених на складальних роботах, щоб виявити ознаки несправності компонентів робота [1]. Проте, відомі приклади застосування класифікації відеоданих і на дуже малих підприємствах. В роботі [2] зазначається, що навіть на малому підприємстві впровадження технології штучного інтелекту для візуального контролю якості продукції є більш ефективним, ніж навчання цьому людини.

Впровадження методів класифікації відео у бізнес-аналіз не є популярною практикою, що пов'язано в першу чергу з потребою бізнес-аналізу у

засобах розпізнавання, які б не вимагали налаштування робочого середовища (окрім встановлення камер та відповідної апаратури реєстрації процесів), були відносно дешеві, та легко адаптувались до нових (заздалегідь невідомих) завдань аналізу. Оскільки бізнес-аналіз є одним з перших етапів, за результатами якого саме вирішується, чи потрібно взагалі вносити якісь зміни у процеси компанії, розробляти та впроваджувати системи автоматизації тощо, ресурси для проведення аналізу, зазвичай, обмежені. Проте, має місце впровадження у стек доступних інструментів бізнес-аналітика застосунку, який може проводити контекстну класифікацію відео, на яких відбуваються процеси бізнесу, та віддавати вихідні дані, необхідні бізнес-аналітику для застосування його подальших вже буденних методів. З основних варіантів отримання таких відео є зйомка з охоронних камер відеоспостереження, або узгоджене безпосередньо з замовником (власником бізнесу) встановлення камер для збирання таких даних.

Аналіз багатьох матеріалів показує, що незалежно від масштабу впровадження ML у виробництво, здебільшого він використовується для контролю певного елементу виробничої технології. Іноді умови застосування системи ML можуть бути відкориговані з метою полегшення роботи алгоритму розпізнавання. Тобто, з одного боку, система розпізнавання розробляється для контролю заздалегідь добре відомого класу об'єктів, а з іншого – можна вжити спеціальних заходів для полегшення роботи алгоритму (наприклад, вдягнути робітників на виробництві у одяг різного кольору, який би позначав їх приналежність до певної спеціалізації).

Відсутність потенційних можливостей для проведення якісного аналізу великого обсягу відеоданих методами комп'ютерного зору для вирішення задач бізнес-аналізу є одним із основних протиріч, які необхідно подолати.

Для впровадження методів контекстної класифікації відеоданих в бізнес-аналіз необхідно в першу чергу визначити задачі та показники якості розпізнавання [3].

Основними групами задач класифікації відеоданих для потреб бізнес-аналізу та реінжинірингу є методи аналізу тривалості процесів, методи аналізу процесів для усунення зайвих дій. Саме візуальне спостереження є основним шляхом збору інформації для застосування даних методів. При цьому, найбільш складними завданнями для класифікації відеоданих є надання оцінки діяльності людини на основі її рухів впродовж деякого часу, так званих методів Time and Motion. В цьому класі задач основні зусилля класифікації відеоданих необхідно направити на здатність алгоритму виявляти в роботі елементарні елементи – тербліги [4] та визначати:

- періоди відпочинку та продуктивної роботи, момент втоми робітника та її ступінь;
- час виконання окремого тербліга та процесу загалом, кількість необхідних рухів для виконання роботи;

- ергономічність робочого місця, ступінь досяжності основних інструментів (органів управління);
- дистанції та час на виконання непродуктивних переміщень;
- порушення трафіку у проходах (переходах, сходах тощо);
- рівномірність застосування обох рук, відсутність перехрещувань;
- доцільність застосування засобів автоматизації (кранів, лебідок тощо);
- необхідність роботи на різних висотах;
- ступінь та достатність освітлення, контрастність робочого місця;
- ступінь забрудненості та заха́ращеності робочого простору.

Таким чином, показана доцільність застосування методів класифікації відеоданих для задач бізнес аналізу та реінжинірингу. Представлені основні групи задач контекстної класифікації відео для цієї галузі.

При подальших дослідженнях цей перелік задач повинен бути уточнений, і кожний з елементів переліку повинен отримати показники якості класифікації відео, які дозволять оцінити ступінь задоволення існуючого або створюваного методу контекстної класифікації відео потреб бізнес-аналізу та реінжинірингу.

Список використаних джерел:

1. 10 Ways AI Is Improving Manufacturing In 2020. URL: <https://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2020/05/18/10-ways-ai-is-improving-manufacturing-in-2020/?sh=4f76ca9e1e85>
2. Pysource (2021, 11 травня). How computer vision and AI can help manufacturing? I'll show you a project. [Відео]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=ihRQNsDhEFM>
3. Новічонок М. С., Машталір С. В. Дослідження можливості використання методів контекстної класифікації відео у бізнес-аналізі та в реінжинірингу // Innovative development of science, technology and education. Proceedings of the 5th International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Vancouver, Canada. 2024. Pp. 209-216. URL: <https://sci-conf.com.ua/v-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-innovative-development-of-science-technology-and-education-15-17-02-2024-vankuver-kanada-arhiv/>
4. Eadom Dessalene, Michael Maynard, & Yiannis Aloimonos. Therbligs in Action: Video Understanding through Motion Primitives. University of Maryland, College Park. 2023. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.03631>

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ФРАГМЕНТНОГО АНАЛІЗУ
ВІДЕОПОТОКІВ ДЛЯ ЗАДАЧІ КЛАСИФІКАЦІЇ**

Норматова Т.В., Новічонок М.С.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Машталір С.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Українаe-mail: tetiana.normatova@nure.ua, mariia.novichonok@nure.ua

This work is devoted to fragmented video analysis methods as a way to optimize the classification task. Traditional approaches to video classification often require significant hardware resources. The concept of fragmented video stream analysis aims to alleviate these resource demands while enhancing classification effectiveness through algorithmic improvements. By breaking down video frames into smaller components, this method reduces hardware requirements and streamlines the classification process. Incorporating fragmented video analysis not only addresses the resource-intensive nature of traditional classification methods but also opens doors to more nuanced insights into video content. This approach empowers systems to better discern patterns and anomalies, leading to enhanced decision-making processes and user interactions across diverse domains. Additionally, the utilization of unusual matrix metrics further enhances classification efficiency. Overall, this work explores innovative strategies to make video classification more resource-efficient and effective, offering promising avenues for advancing classification techniques in various applications.

Аналіз і класифікація відео стали незамінними інструментами у багатьох сферах: від відеоспостережень і безпеки до розваг і маркетингу. Здатність отримувати інформацію, виявляти шаблони та класифікувати вміст відео відіграє вирішальну роль в оптимізації процесів прийняття рішень і покращенні взаємодії з користувачем. У таких областях, як відеоспостереження, відеоконтент необхідно ретельно перевіряти, щоб виявити потенційні загрози або аномальну поведінку.

Потреба в значних ресурсах, як з точки зору апаратного забезпечення, так і пов'язаних з цим витрат, становить значну проблему, що призводить до звуження практичного застосування технологій відеоаналізу. І навпаки, спроба працювати з обмеженими ресурсами часто призводить до погіршення якості розпізнавання, що робить технологію непрактичною для різних випадків використання. Наприклад, у сценаріях, коли відеопотоки високої чіткості вимагають обробки в режимі реального часу, недостатні ресурси можуть призвести до затримок або неточностей у розпізнаванні, впливаючи на такі важливі сфери, як безпека та відеоспостереження, відеоаналітика промислових процесів.

Підвищення спроможності методів класифікації відеопотоків потенційно поширює застосування їх застосування, а збільшення потреб у ресурсах для забезпечення підвищення спроможності розпізнавання звужує її. Це протиріччя є одним з головних. Для його подолання з'явилися інноваційні методи, такі як фрагментний аналіз.

На відміну від традиційних методів, які аналізують цілі кадри, фрагментний аналіз розділяє відеокадри на більш дрібні компоненти, що дозволяє більш точно досліджувати динаміку вмісту відео. Перевага цього методу полягає у зосередженні основних обчислювальних зусиль на відповідних сегментах, таким чином підвищуючи ефективність і точність завдань класифікації.

Пропонується використання поділу відеокадру на прямокутні макроблоки різного розміру (рис.1) замість традиційного поділу на квадратні макроблоки. Вибір прямокутних макроблоків пояснюється тим, що, цільові об'єкти – ті що є в кадрі об'єктом аналізу здебільшого краще розміщуються цілком у прямокутному контурі ніж в квадратному, що викликано самою геометричною природою більшості об'єктів [1]. Таким чином до ключового фрагменту буде входити мінімальна кількість зайвої інформації. Окрім цього застосування прямокутного розподілу призведе до отримання квадратної матриці параметрів цілого відеокадру. Ці матриці є більш прийнятними для обробки за допомогою матричних аналізаторів, за рахунок чого прискорюється аналіз відеокадру.

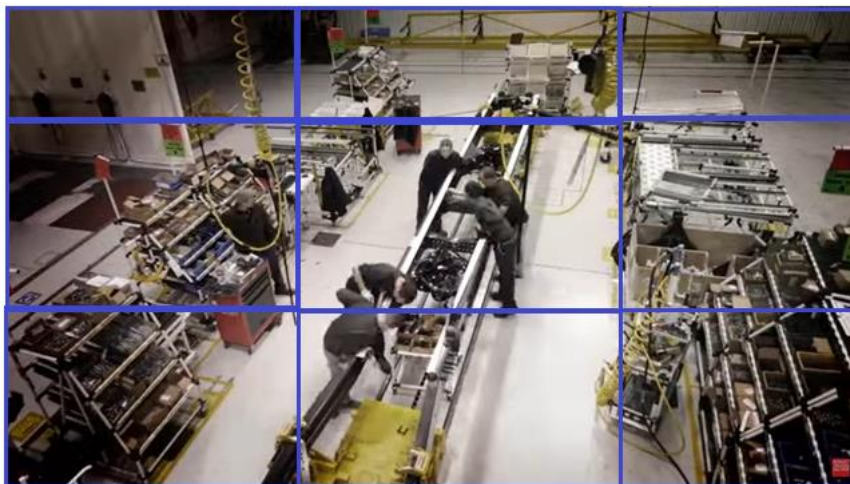


Рисунок 1 – Приклад розбиття відеокадру на прямокутні макроблоки

Передбачається, що розмір фрагментів буде визначатись відеоконтентом і тому на послідовності зображень фрагменти, що відповідають одній частині зображення, можуть мати певну відміну у розмірах. Для врахування цієї особливості пропонується застосування нестандартної метрики, відомої як метрика Кі Фана [2] для вимірювання відмінностей між матрицями. Перевага метрики Кі Фана над стандартними метриками (наприклад,

евклідова відстань) впливає з її здатності обробляти нестандартні геометрії, надавати інтерпретовані результати, пропонувати універсальність у різних програмах і підтримувати ефективність обчислювальних реалізацій. У цій роботі пропонується розширення використання прямокутної згортки не до усього кадру [3], а шляхом її застосування в поєднанні з фрагментним аналізом.

Грубо оцінити переваги запропонованого методу можна наступним чином. Якщо прийняти загальну площу кадру за S_u , а площу об'єкту, що класифікується S_o коефіцієнт $\eta_u \approx S_u/S_o$ покаже ступень надлишковості обчислювальних зусиль (ресурсів) при аналізі цілого кадру. Аналогічно $\eta_k \approx S_k/S_o$ – для квадратного сегмента, якій містить об'єкт цілком, та для прямокутного сегмента $\eta_n \approx S_n/S_o$. Оскільки ,у загальному випадку $S_u \gg S_k > S_n$, то очевидно, що $\eta_u \gg \eta_k > \eta_n$. Або з урахуванням отримання квадратної матриці параметрів:

$$\eta_u \gg \eta_k > \eta_n \cdot k,$$

де k – коефіцієнт врахування застосування квадратної матриці параметрів.

Запропонований метод націлено на покращення якості класифікації та зменшення використання ресурсів. Його впровадження спрямовано зробити технологію класифікації відео доступною для ширшого спектру застосувань, включаючи малий бізнес, бізнес-аналіз, процеси реінжинірингу тощо.

Список використаних джерел:

1. Патерни у природі. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B8_%D1%83_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%96
2. Mariusz Startek. The Ky-Fan Metric And The Change Of Scale. Rzeszów University of Technology.2010.URL: <https://www.ijpam.eu/contents/2010-59-4/2/2.pdf>
3. Myroslava O. Koliada "Ky Fan norm application for video segmentation" Herald of Advanced Information Technology 2020; Vol. 3, No. 1: 345–351.

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ ІДЕНТИФІКАЦІЇ
ОПЕРАТОРІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ
ВІЗУАЛЬНИХ ТА ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ДАНИХ**

Одейчук О.М.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Єрохін А.Л.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПІ,
м. Харків, Україна

тел.: +38 (067) 573-18-62, e-mail: oleksiy.odeychuk@gmail.com

This work focuses on analyzing, researching, and developing an integrated solution for monitoring the work hours of information system operators using both visual and thermal imaging data for the identification of individuals' faces. A novel approach has been developed, which automates the data collection process via web cameras (capturing both visual and thermal images) and integrates facial recognition systems, using a convolutional neural network for visual data and support vector machine techniques for thermal imaging data.

Розпізнавання обличчя як метод ідентифікації особи залишається одним із напрямів, що найбільш динамічно розвиваються у сфері комп'ютерного зору та штучного інтелекту. Незважаючи на значні успіхи в цій області, існуючі технології все ще стикаються з викликами, пов'язаними з розпізнаванням в умовах змінного освітлення, частковим перекриттям обличчя або його зміною через вплив зовнішніх факторів. Ці фактори можуть істотно знижувати точність ідентифікації, що є актуальною проблемою для систем безпеки та інших застосувань, де необхідна висока надійність.

В цьому дослідженні пропонується використання тепловізійних даних як доповнення до візуальних під час ідентифікації, що не тільки підвищить якість розпізнавання, але й виключить можливість хибного розпізнавання при використанні штучних об'єктів (наприклад, фотографії, малюнки та ін.) замість реальної особи. Враховуючи спектр тепловипромінювання, який є унікальним для кожної людини та менш чутливим до вищезгаданих зовнішніх факторів, тепловізійні дані можуть надати додаткову інформацію, яка дозволить підвищити точність ідентифікації. Такий підхід може бути особливо корисним при розробці системи контролю часу операторів інформаційних систем.

На цей час розроблено кілька методів у галузі комп'ютерного зору, що можуть бути застосовані для вирішення цієї задачі.

Метою дослідження є визначення методів, що найефективніше підходять для визначення особи оператора за візуальними та тепловізійними даними.

Формалізована постановка вибору методу ідентифікації обличчя може бути представлена наступним чином.

З множини методів $M=\{M_1, M_2, \dots, M_n\}$ знайти таку унікальну комбінацію методів ідентифікації $M_k=(M_v, M_T)$ за візуальними M_v та тепловізійними M_T даними, що максимізує цільову функцію $F(M_k)$, представлену адитивною лінійною згорткою з ваговими коефіцієнтами:

$$F(M_k) = \sum_{i=1}^p w_i \cdot K_i(M_k) \rightarrow \max,$$

де $K(M_k)=(K_1(M_k), K_2(M_k), \dots, K_p(M_k))$ – вектор критеріїв для альтернативи M_k ; w_i – вагові коефіцієнти, що відображають важливість відповідного критерію в загальній оцінці.

Такий вид згортки цільової функції дозволяє врахувати індивідуальну важливість кожного критерію, виходячи з вимог та потреб системи контролю часу оператора.

У роботі були розглянуті наступні методи та моделі: згорткові нейронні мережі (CNN), глибокі нейронні мережі на основі архітектури ResNet та еластичні графові моделі (EBGM) для обробки візуальних даних, а також метод опорних векторів (SVM) та випадкові дерева рішень для аналізу тепловізійних даних [1–3]. Такий поділ відображає особливості кожного методу та його придатність до різних типів даних.

Дослідження включало збір та попередню обробку зображень обличчя в різних умовах освітлення. Для забезпечення збору достатньої кількості зображень обличчя виконувалась відеозйомка оператора впродовж 10 секунд. Оператор повертав голову по горизонталі в межах ± 30 градусів відносно об'єктиву камери, отримане відео перетворювалося на серію з 200 зображень. По вертикалі об'єктив камери знаходився на рівні очей. Відстань від обличчя до об'єктива камери 80 см. Освітлення приміщення: денне світло у пахмурний день, ніч та світлодіодні лампи (світловий потік 2500 Lm), ніч (без освітлення).

Відеозйомка виконувалась на відеокамеру телефона BlackView BV8900 (роздільна здатність: 4640x3472 px). Фіксація тепловізійних даних здійснювалася на тепловізійну камеру FLIR BlackView BV8900 (роздільна здатність знімків: 720x540 px).

Тепловізійна зйомка була виконана у 9 різних кольорових режимах, що дозволило оцінити ефективність розпізнавання залежно від візуалізації теплових патернів.

Для оцінки альтернатив була визначена множина критеріїв: точність, чутливість, специфічність, швидкість розпізнавання та навчання. Обґрунтування вибору критеріїв засновувалося на вимогах ефективної роботи системи контролю часу оператора.

Були проаналізовані шкали, за якими вимірюються критерії. Зазначено, що шкали критеріїв точність, чутливість та специфічність є кількісними інтервальними. Критерії швидкості навчання та розпізнавання мають

відносні виміри. На основі обраних критеріїв був сформований векторний опис альтернатив та ідентифікована множина Парето оптимальних альтернатив.

Для уніфікації оцінок критеріїв було запропоновано їх нормування, щоб привести всі виміри до єдиної шкали від 0 до 1.

В роботі запропоновані значення вагових коефіцієнтів відображають пріоритети та специфіку задачі, дозволяючи оцінити корисність альтернатив з урахуванням обраної згорткової моделі.

В ході проведення експериментів було визначено, що ефективність розпізнавання змінюється залежно від кута повороту голови – що більший кут повороту, то нижча точність розпізнавання використовуваного методу. Також відзначено, що за результатами дослідження комбінування методів за типом аналізованих даних (візуальних та тепловізійних) у підсумку значно підвищує точність розпізнавання.

В результаті розрахунку корисності альтернатив визначено, що комбінація згорткових нейронних мереж та методу випадкових дерев рішень є найкращим вибором для системи контролю часу оператора, завдяки їх здатності ефективно обробляти та ідентифікувати обличчя оператора в різноманітних умовах.

Список використаних джерел:

1. Зінченко О.В., Звенігородський О.С., Кисіль Т.М. Згорткові нейронні мережі для вирішення задач комп'ютерного зору // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2022. – № 2 (75). – С. 4–12.
2. Anil K. Jain, Patrick Flynn, Arun A. Ross Handbook of biometrics. – Springer, Science & Business Media, LLC. – 2008. – 556 p.
3. S.Abe. Support vector machines for pattern classification. – Springer Science & Business Media. – 2010 – 473 p.

**ВПРОВАДЖЕННЯ ЙМОВІРНІСНИХ ПАРАМЕТРІВ
ДЛЯ ДЕСКРИПТОРІВ ЗОБРАЖЕНЬ**

Оченашко М.О.

Науковий керівник – д.т.н., проф., Гороховатський В.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна,

тел.: (057) 702-14-19, e-mail: maksym.ochenashko@nure.ua

The work explores the utilization of the probabilistic distributions in the image classification task. The distributions can be treated as weighting coefficients for image descriptors to improve accuracy and processing efficiency. Experimental results using OpenCV demonstrate the effectiveness of the proposed model in distinguishing objects.

Розробка методів, які оперують ваговими коефіцієнтами для дескрипторів зображень у задачі класифікації, вдосконалює точність та швидкодію оброблення [1–4]. При вирішенні цього завдання важливо визначити критерії оцінювання класифікатора, такі як затрати часу, точність та потреба у обчислювальних ресурсах [3, 5].

Визначимо множину дескрипторів опису зображень Z як $z \in Z$, $z \in B^n$, $z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$ розмірності n із простору B^n бінарних векторів, де $z_i \in \{0, 1\}$, $i = 1, \dots, n$. Множину Z визначимо як:

$$Z = \{z(r)\}_{r=1}^s, z(r) = (z_1(r), z_2(r), \dots, z_n(r)), s = \text{card } Z. \quad (1)$$

Кожен дескриптор $z(r) \in Z$ можна розглядати як послідовність бітів, які представляють собою відліки n -вимірного сигналу. Для цього введемо вектор $P = (p_1, \dots, p_n)$, де p_i визначає ймовірність виявлення одиниці в біті з індексом i . Вектор $P = P(Z)$ не змінюється при зміні порядку дескрипторів у множині Z та є інваріантним до їх перемішування. Отриманий вектор P можна вважати узагальненим багатовимірним ймовірнісним образом об'єкта. На рис. 1 наведений експериментальний приклад значень вектору P для одного з тестових зображень.

Результати експерименту, отримані за допомогою інструментів OpenCV для значень відстані в залежності від кількості дескрипторів та числа бітів, подані у табличному вигляді (табл. 1).

Використання ймовірнісних параметрів дозволяє оцінювати якість побудованого простору ознак з різних позицій з метою ефективної класифікації об'єктів. Моделі блочно-бітового подання та статистичного аналізу даних підвищують ефективність розпізнавання з високою швидкістю, що підтверджується збільшенням рівня розрізнення при збільшенні розміру фрагменту у структурі опису.

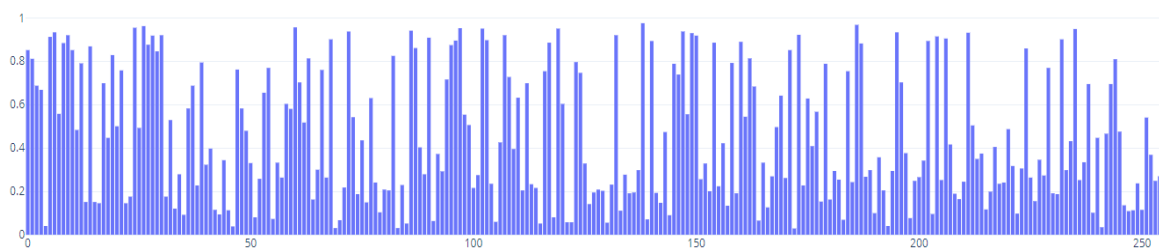


Рисунок 1 – Приклад вектору P

Таблиця 1 – Значення нормованої відстані

Число дескрипторів	Число бітів розподілу			
	1	2	4	8
700	0,059	0,084	0,143	0,319
500	0,061	0,086	0,149	0,326
100	0,071	0,110	0,204	0,450
50	0,106	0,165	0,290	0,570
30	0,108	0,175	0,320	0,600
16	0,127	0,210	0,402	0,699

Список використаних джерел:

1. Daradkeh Y.I., Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., Gadetska S., and Al-Dhaifallah M. (2023) Statistical data analysis models for determining the relevance of structural image descriptions, IEEE Access, 11, 126938-126949.

2 Gorokhovatskyi, V., Vlasenko, N. (2021). Редукція опису зображення у складі множини дескрипторів на основі метричного критерію інформативності. Advanced Information Systems, 5(4), pp. 10–16.

3. Tvoroshenko I., Gorokhovatskyi V., Kobylin O., and Tvoroshenko A. (2023) Application of deep learning methods for recognizing and classifying culinary dishes in images, International Journal of Academic and Applied Research, 7(9), pp. 57–70.

4. Gorokhovatsky V.A. Efficient Estimation of Visual Object Relevance during Recognition through their Vector Descriptions. Telecommunications and Radio Engineering. – 2016, Vol. 75, No 14. – P. 1271–1283.

5. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I. (2023) Identification of visual objects by the search request. Int. scientific symp. «Intelligent Solutions-S». Computational intelligence. Decision making theory: proceedings of the international symposium, September 28, 2023, Kyiv-Uzhorod, Ukraine, 25–27.

УДК 004.93'14

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЗАСТОСУНКІВ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ КУЛІНАРНИХ СТРАВ

Подшивалова О.Є.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Творошенко І.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: olha.podshyvalova@nure.ua

The functionality of applications related to the recognition of products and culinary dishes, as well as their classification by allergens and belonging to a group of certain products that can be limited or excluded from the diet while following diet therapy, is considered and analyzed. There are no Ukrainian analogues of culinary classification applications, no applications with similar functions or information on their development. Given this, it can be argued that this area is quite promising.

На сьогодні багато людей мають проблеми зі здоров'ям внаслідок погіршення екологічного стану навколишнього середовища у світі, а також пришвидшення темпу життя, через що збільшується кількість факторів виникнення стресу та знижується якість прийомів їжі внаслідок зменшення на це часу. З'являються нові випадки алергічних реакцій, спричинених різними подразниками, а також захворювання внутрішніх органів, лікування яких передбачає дієтичне харчування. За даними ВОЗ України на харчову алергію страждає 1–2 % дорослих, 4–6 % дітей.

Багато сучасних ІТ-компанії, наприклад таких як Microsoft та Google, виділяють багато ресурсів на дослідження та розроблення систем, що автоматизують процеси догляду за здоров'ям. Причому поле розробки таких компаній включає в себе не тільки інструменти для забезпечення персоналу закладів сфери охорони здоров'я, але й для індивідуальних потреб конкретної людини.

Для дослідження стану організму та дотримання обмежень у харчуванні з кожним днем розробляється все більше різних застосунків, пристроїв та утиліт. Вони покликані автоматично зчитувати різні показники організму людини на кшталт рівня цукру в крові, визначення оптимального часу прийомів їжі та виявлення вмісту потенційних алергенів у продуктах. Також слід окремо виділити застосунки із добіркою низки інтерактивних рецептів, які підбираються персонально, з урахуванням зазначених особливостей людини.

На сьогодні популярним інструментом для догляду за собою та своїм здоров'ям є мобільний застосунок. Перевагами таких програмних платформ є мобільність та зручність використання. У сучасному світі не можна уявити життя без мобільного телефону, тож такий пристрій буде у людини завжди під рукою.

Наразі існує багато зручних застосунків для знаходження потенційного вмісту алергенів, які допомагають поліпшити життя людей, що мають алергію чи змушені дотримуватися певної дієти. Вони мають зручний дизайн та доступний інтерфейс. Хоча повних аналогів, які могли б показати потенційний вміст алергенів при розпізнаванні зображення страви знайдено не було, слід зазначити, що існують застосунки, які частково виконують аналогічні функції та мають схожу мету [1–4].

Найбільш поширеним видом інструментальних засобів, подібних до розроблюваного, є застосунок для сканування штрих-коду продукції або розпізнавання інгредієнтів. Найпопулярнішим інструментом є Food scanner. Окрім досить зручного дизайну, він має функціональні переваги:

1) сканування в реальному часі. Застосунок виводить результат сканування одразу після потрапляння до поля зору камери штрих-коду продукту;

2) збір продуктів-алергенів у групи. Такий підхід є досить зручним, оскільки користувачеві з алергією чи дієтою, яка передбачає вилучення певної категорії інгредієнтів не доведеться шукати кожен продукт у великому списку окремо. Загалом, групування можна здійснювати за такими ознаками:

- за напрямом дієти;
- за домінуючим вмістом білків, жирів та вуглеводів;
- за належністю до категорії продуктів.

Також можна індивідуально формувати групу та заносити туди продукти власноруч;

3) додатковий вміст рецептів деяких страв, що не мають алергенів.

Однак даний застосунок має декілька суттєвих проблем, серед яких є відсутність української мови інтерфейсу та обмежена база даних, яка не містить дані щодо маркування українських продуктів. Внаслідок вищезначеного використовувати цю програмну платформу на території України немає можливості.

Іншими схожими за функціоналом є застосунки, що безпосередньо сканують склад товару з пакування. Серед таких найбільш досконалим є Avoid Food Additives. Він сканує склад продукту на пакуванні та віднаходить харчові добавки, які там присутні. При реєстрації в застосунку користувач може обрати ті з них, які він уникає, і в подальшому скануванні даний застосунок складатиме рекомендацію щодо доцільності вживання такого продукту.

Серед переваг Avoid Food Additives є гнучкий вибір алергенів за захворюваннями та власноручне додавання харчових добавок у список уникнення. Також суттєвою перевагою є знаходження перефразованих харчових добавок на упаковці (наприклад, коли Е330 позначається на упаковці як лимонна кислота).

Недоліком Avoid Food Additives є розпізнавання складу продукту виключно англійською мовою, що ускладнює використання такого застосунку в неангломовних країнах, оскільки маркування продуктів, призначених для внутрішнього ринку, в більшості випадків відбувається виключно державною мовою країни-виробника.

Серед великої кількості застосунків, що ґрунтуються на підрахуванні калорій у стравах, виділяється MyFitnessPal. Інноваційним підходом цього застосунку є безпосереднє сканування продукту: для цього треба піднести продукт до камери і застосунок покаже список продуктів, які мають класифікаційні ознаки. Також за допомогою даної платформи можна класифікувати комплексні страви. Суттєвою перевагою такого розпізнавання страв є подолання мовного бар'єру та долаання проблем з малою базою даних, що зберігає штрих-коди, оскільки основні продукти виглядають однаково у більшості країн. Недоробкою такого підходу є класифікація лише одного продукту у кадрі. При знаходженні декількох продуктів у кадрі застосунок має хибну класифікацію.

Виявлено, що на ринку застосунків, які призначені для контролю та аналізу раціону харчування, присутні такі, що покликані на підрахування збалансованості та калорійності продуктів. Більшість з них працюють за принципом сканування штрих-коду чи зчитування складу.

Українських аналогів застосунків класифікації кулінарних страв, наразі не було знайдено застосунків з подібними функціями чи інформації щодо їх розробки. Також треба додати, що більшість з розглянутих вище застосунків не мають можливості працювати на території України через брак інформації щодо українських продуктів, а також через відсутність розпізнавання складу, записаного українською мовою. Враховуючи це, можна стверджувати, що даний напрямок є досить перспективним.

Список використаних джерел:

1. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I. (2023) Identification of visual objects by the search request. *Int. scientific symp. «Intelligent Solutions-S». Computational intelligence. Decision making theory: proceedings of the international symposium*, September 28, 2023, Kyiv-Uzhorod, Ukraine, 25–27.
2. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., and Yakovleva O. (2024) Transforming image descriptions as a set of descriptors to construct classification features, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 33 (1), pp. 113–125.
3. Творошенко, И. С. (2010). Анализ процессов принятия решений в интеллектуальных системах. *Системы обработки информации*, (2), 248–253.
4. Tvoroshenko I., Gorokhovatskyi V., Kobylin O., and Tvoroshenko A. (2023) Application of deep learning methods for recognizing and classifying culinary dishes in images, *International Journal of Academic and Applied Research*, 7(9), pp. 57–70.

ОГЛЯД МЕТОДУ НЕЧІТКОЇ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ

Полубєхін А.А.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Шафроненко А.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,

м. Харків, Україна

e-mail: anton.polubiekhin@nure.ua

Computational intelligence methods are widely used to solve many complex problems, including, of course, traditional: Data Mining and such new directions as Dynamic Data Mining, Data Stream Mining, Big Data Mining, Web Mining, Text Mining, etc. Fuzzy image segmentation is an image processing technique that uses fuzzy sets to assign each pixel or group of pixels in an image the appropriate degree of belonging to a certain class or region. The basic idea is that each pixel has a probability of belonging to different classes or areas, rather than a fixed class, as in classical segmentation methods.

Нечітка сегментація зображень – це метод обробки зображень, який використовує нечіткі множини для призначення кожному пікселю або групі пікселів на зображенні відповідного ступеня належності до певного класу чи області. Основна ідея полягає в тому, щоб кожному пікселю призначити ймовірність належності до різних класів чи областей, а не твердий клас, як у класичних методах сегментації.

Традиційно початковою інформацією для задачі кластеризації є вибірка спостережень, що складається з N n -вимірних векторів ознак:

$$X = \{x(1), x(2), \dots, x(k), \dots, x(N)\}, x(k) = (x_1(k), \dots, x_n(k))^T \in R^n, k = 1, 2, \dots, N,$$

а результатом роботи алгоритму є розподіл початкового масиву даних на m класів з деяким рівнем $w_j(k)$ належності k -го вектора ознак j -му кластеру.

В то же час існує широкий клас задач, коли початкова інформація надходить не в векторній, а в матричній формі, тобто $x(k) = \{x_{i_1 i_2}(k)\}$, де $i_1 = 1, 2, \dots, n_1$, $i_2 = 1, 2, \dots, n_2$, $k = 1, 2, \dots, N$. Така ситуація є характерною, наприклад, при обробці зображень [1], коли початкова $(N_1 \times N_2)$ -матриця розбивається на $N = N_1 N_2 (n_1 n_2)^{-1}$ $(n_1 \times n_2)$ матриць-фрагментів, які підлягають кластеризації, в результаті якої формуються однорідні в деякому сенсі сегменти цього зображення. Традиційно ця задача вирішується шляхом попередньої векторизації фрагментів і використання вже відомих процедур, найбільш популярною з яких є метод кластеризації нечітких C – середніх [2]. Для обробки матричних даних має сенс використовувати матричні методи кластеризації-сегментації. Один з варіантів – це застосування матричного методу нечітких середніх (C -середніх), що є узагальненням FCM. Використання такого методу дозволить уникнути зайвих операцій векторизації-

девекторизації для обробки двовимірних масивів даних та забезпечить можливість обробки інформації в режимі реального часу.

Як цільова функція кластеризації використовується матричний імовірнісний критерій:

$$E(w_j(k), c_j) = \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^m w_j^\beta(k) D^2(x(k), c_j) = \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^m w_j^\beta(k) \text{Tr}((x(k) - c_j)(x(k) - c_j)^T), \quad (1)$$

за наявності обмежень:

$$\sum_{j=1}^m w_j(k) = 1 \quad \vee \quad \sum_{j=1}^m w_j(k) - 1 = 0, k = 1, 2, \dots, N, \quad 0 < \sum_{j=1}^m w_j(k) < N, j = 1, 2, \dots, m.$$

Вводячи функцію Лагранжа приходимо до кінцевого вигляду алгоритму:

$$\left\{ \begin{array}{l} w_j(k) = \frac{(D^2(x(k), c_j))^{\frac{1}{1-\beta}}}{\sum_{l=1}^m (D^2(x(k), c_l))^{\frac{1}{1-\beta}}}; \\ \lambda(k) = - \left(\sum_{l=1}^m \left(\beta D^2(x(k), c_l)^{\frac{1}{1-\beta}} \right)^{1-\beta} \right); \\ c_j = \frac{\sum_{k=1}^N w_j^\beta(k) x(k)}{\sum_{k=1}^N w_j^\beta(k)}. \end{array} \right. \quad (2)$$

Отримана система відкриває доступ до широкого спектру процедур кластеризації. Наприклад, при встановленні значення $\beta = 2$ отримується простий та ефективний алгоритм матричної кластеризації [3]. Цей алгоритм представляє собою узагальнену версію відомої процедури, запропонованої Дж. Бездеком:

$$\left\{ \begin{array}{l} w_j(k) = \frac{(\text{Tr}(x(k) - c_j)(x(k) - c_j)^T)^{-1}}{\sum_{l=1}^m (\text{Tr}(x(k) - c_l)(x(k) - c_l)^T)^{-1}}; \\ c_j = \frac{\sum_{k=1}^N w_j^2(k) x(k)}{\sum_{k=1}^N w_j^2(k)}, \end{array} \right. \quad (3)$$

де Tr – символ сліду матриці.

Метод (3) може бути розширений для випадку, коли дані надходять для обробки послідовно в режимі реального часу (on-line). З цією метою, використовуючи лагранжіан і застосовуючи процедуру пошуку сідлової

точки Ерроу-Гурвіца-Удзави, при надходженні $(k+1)$ -го спостереження оцінки рівнів належностей і центроїдів можуть бути уточнені за допомогою рекурентних співвідношень:

$$\left\{ \begin{aligned} w_j(k+1) &= \frac{(D^2(x(k+1), c_j(k))^{\frac{1}{1-\beta}})}{\sum_{l=1}^m (D^2(x(k+1), c_l(k))^{\frac{1}{1-\beta}})}; \\ c_j(k+1) &= c_j(k) - \eta(k) \left\{ \frac{\partial L(w_j(k+1), c_j, \lambda(k+1))}{\partial c_j} \right\} = \\ &= c_j(k) + \eta(k) w_j^\beta(k+1) (x(k+1) - c_j(k)), \end{aligned} \right. \quad (4)$$

Результатом роботи алгоритму є кінцева матриця нечіткого розбиття для усіх об'єктів вибірки і прототипи класів. Під час обробки цифрових зображень об'єкти, які є матрицями або векторами однакової розмірності, формуються з фрагментів самого зображення. Кожен піксель у кольоровій моделі RGB (Red-Green-Blue) перетворюється в модель Grayscale, де яскравість пікселя виражається скалярним значенням в інтервалі $[0, 1]$. Переведення з моделі RGB до моделі Grayscale виконується згідно з формули:

$$Y = (0.299R + 0.587G + 0.114B) / 255,$$

де Y – яскравість світіння пікселя, R, G, B – яскравості світіння красного, зеленого і синього тонів відповідно, значення яких знаходяться в інтервалі $[0, 255]$. Набори спостережень, сформовані з цифрових зображень, оброблюються на зразок стандартних кількісних вибірок. Після обробки зображень кожному кластеру призначаються кольори моделі Grayscale, і кожен об'єкт забарвлюється в колір найближчого кластера.

Список використаних джерел:

1. Chan, K. Efficient time series matching by wavelets / K. Chan // Proc. of 15th IEEE Int. Conf. on Data Engineering. – 1999. – P. 126–133.
2. Bodyanskiy, Y., Popov, S., Brodetskiy, F., & Chala, O. (2022, November). Adaptive Least-Squares Support Vector Machine and its Combined Learning-Selflearning in Image Recognition Task. In 2022 IEEE 17th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT) (pp. 48–51). IEEE.
3. Shafronenko, A. Y., Kasatkina, N. V., Bodyanskiy, Y. V., & Shafronenko, Y. O. (2023). CREDIBILISTIC ROBUST ONLINE FUZZY CLUSTERING IN DATA STREAM MINING TASKS. Radio Electronics, Computer Science, Control, (3), 97. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2023-3-10>.

ПОРІВНЯННЯ BACKEND ТА FRONTEND ТЕСТУВАННЯ У ВЕБ-ЗАСТОСУНКАХ

Прокоп'єв С.А.

Науковий керівник – к.н.т., доц. Тітова О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна,

тел.: (057) 702-14-19, e-mail: stepan.prokopiev@nure.ua

This work is devoted to comparing backend and frontend testing, analysing their strong and weak sides, their use in ensuring the comprehensive test coverage of the product. The focus will be on both manual and automation aspects of testing and how we can make sure that the critical functionality works as expected to provide the best user experience and not harm firm's reputation and business operations. As an example, the checkout charging process will be discussed as a part of this work.

Для перевірки того, що програмний продукт працює згідно з очікуваннями та є доступним до усіх користувачів існує багато різних видів тестування. Прикладами можуть слугувати: functional, API, smoke, regression, accessibility, security, performance, compatibility види тестування, тощо [1, 2]. В роботі розглядається два основні види тестування щодо автоматизації тестових сценаріїв:

- Тестування Frontend, або End-to-End (E2E) тести.
- Тестування Backend, або Application Programming Interface (API) тести.

Тестування – це процес, який складно зробити універсальним, різні проекти мають свої специфічні потреби, різні власники продуктів (product owners) мають своє бачення та побажання щодо автоматизації, саме тому часто можуть повставати проблеми з імплементацією авто-тестів.

Також іноді складно обрати який саме тип тестів обрати для покриття певного функціоналу. Кожен зі згаданих вище видів має свої переваги та недоліки [3].

Головною перевагою написання E2E тестів є те, що вони симулюють реальні user-flows, які будуть відповідати потенційним діям користувачів. Щодо недоліку, то такий тип тестування займає більше часу, адже відбувається інтеракція з усіма UI елементами.

В свою чергу перевагою API тестів є час та швидкість виконання тестових сценаріїв. Недоліком, як зазначено вище є те, що це не відповідає діям реальних користувачів, адже відсутня взаємодія з Frontend частиною.

Щодо технічного аспекту, то можна зазначити, що для написання E2E з використанням best practises потрібно імплементувати Page Object Model, а для цього потрібні знання з об'єктно-орієнтованого програмування. Також потрібно розуміти, що таке Document Object Model, які типи селекто-

рів існують та які є найбільш стабільними. А задля написання API тестів знадобляться знання з How The Web Works, які існують HTTP методи, та для яких цілей вони використовуються [4]. Також існує велика ймовірність зіткнення з асинхронною поведінкою виконання коду [5].

Тож який тип авто-тестів є кращим, та який слід використовувати? Насправді, однозначної відповіді на це запитання нема, адже це залежить від великої сукупності різноманітних факторів. Здебільше на проектах поєднують ці два типи тестування. Особливо це важливо для критично важливого функціоналу компанії з точки зору бізнесу, наприклад, коли справа стосується фінансової складової.

Уявімо, що користувач хоче купити певний товар на сайті і має промокод, який дає певну знижку. Після введення промокоду користувач бачить оновлену ціну, яка відображається на сторінці, купує товар і помічає, що з картки було стягнуто початкову вартість товару без застосованого промокоду.

Тобто в той час, коли на Frontend'і було відображене актуальне значення, то Backend "забув" змінити вартість та надіслав запит на покупку й передав разом з ним початкову ціну. Відповідно саме таке значення й було списано з картки. В такому разі гарно покрити даний тестовий сценарій й з боку Frontend, й з боку Backend, щоб переконатись в тому, що функціонал працює належним чином. Адже якщо в Backend запиті надсилається вірна ціна зі знижкою, а на Frontend відображається початкова ціна, то це призведе до недовіри користувачів і негативно вплине на репутацію компанії. Таким чином перевірка лише Frontend'у або лише Backend'у в даному разі не гарантує якісного тестового покриття.

Такі випадки все ще зустрічаються й тестувальникам потрібно докласти зусиль, щоб запевнитись, що в першу чергу критичний функціонал працює згідно до вимог.

Список використаних джерел:

1. Всі відомі типи тестування. URL: <https://dou.ua/forums/topic/40666/> (дата звернення 23.02.2024).
2. Тітова О.В. Веб-системи в освіті: основні методи та принципи проведення юзабіліті-тестування / С. В. Тітов, О. В. Тітова // Експертні оцінки елементів навчального процесу: XVII міжвузівська науч.-практ. конференція. – Х. : ХГУ «НУА», 2015. – С. 90–92.
3. Tvoroshenko, I. S., & Maksimenko, H. (2021). To the question of analysis of existing mechanisms of web application testing.
4. End-to-End тестування: процес та переваги. URL: <https://foxminded.ua/end-to-end-testuvannia/> (дата звернення 24.02.2024).
5. Asynchronous Programming in JavaScript. URL: <https://www.freecodecamp.org/news/asynchronous-programming-in-javascript/> (дата звернення 25.02.2024).

ЗАСТОСУВАННЯ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ДО ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ

Стрельцов О.А.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Тітова О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

тел.: +38(099) 165-42-19, e-mail: oleksandr.streltsov@nure.ua

The paper considers the key aspects of object detection in images in the field of computer vision. It is shown that thanks to the development of deep learning, in particular convolutional neural networks (CNN), modern object detection systems have become extremely effective. Key technologies such as R-CNN, YOLO, SSD used for object detection in images are identified. Important components of training deep learning models, such as data augmentation and transfer learning, are also discussed. Examples of the application of object detection systems in various fields, such as the automotive industry, medicine, security, and cooking, are given.

Виявлення об'єктів на зображеннях є однією з ключових задач у галузі комп'ютерного зору. Початкові методи цього процесу, такі як ковзне вікно, базувалися на простих алгоритмах, що часто виявлялися неефективними. Ці методи вимагали значних зусиль для ручного вибору ознак та були не здатні адекватно справлятися зі складністю реальних зображень.

Завдяки розвитку глибокого навчання (deep learning), виявлення об'єктів пережило справжній прорив. Глибокі нейронні мережі, зокрема згорткові нейронні мережі (CNN), стали основою сучасних систем виявлення об'єктів [1]. Вони забезпечують високу точність та швидкість обробки зображень, що робить їх надзвичайно ефективними для виявлення об'єктів на різних типах зображень.

Ключові технології глибокого навчання в області виявлення об'єктів на зображеннях включають: згорткові нейронні мережі, R-CNN і його еволюції, YOLO та інші. Розглянемо кожен окремо.

Згорткові нейронні мережі (CNN) є важливим компонентом сучасних систем виявлення об'єктів на зображеннях. Вони можуть ефективно аналізувати зображення, автоматично виявляючи важливі ознаки без необхідності ручного налаштування. Ця здатність CNN робить їх незамінними для задач виявлення об'єктів у великих наборах даних, де ручна обробка стає непрактичною [1]. Використання CNN дозволяє створювати моделі з високою точністю і швидкістю обробки, що робить їх важливим інструментом у сферах, де потрібне точне і швидке виявлення об'єктів на зображеннях.

R-CNN (Region-based Convolutional Neural Networks) та його вдосконалені версії, такі як Fast R-CNN та Faster R-CNN, є методами, які використовують згорткові нейронні мережі (CNN) для аналізу регіонів зображен-

ня [2]. Це дозволяє їм здійснювати більш детальний аналіз потенційних локацій об'єктів на зображенні і підвищує точність виявлення. Кожен метод удосконалює попередній, додавши нові функціональності та покращуючи швидкість та ефективність виявлення об'єктів.

YOLO (You Only Look Once) і SSD (Single Shot Detector) є технологіями, спрямованими на досягнення високої швидкості виявлення об'єктів майже в реальному часі. Основна особливість цих методів полягає у тому, що вони використовують лише один прохід через нейронну мережу для класифікації і локалізації об'єктів на зображеннях [2]. Це дозволяє їм забезпечувати швидку та ефективну обробку зображень, що робить їх особливо підходящими для застосування у системах реального часу, таких як автомобільні системи безпеки, системи моніторингу та ін.

Аугментація даних і Transfer Learning є важливими компонентами у тренуванні ефективних моделей глибокого навчання для виявлення об'єктів. Аугментація даних збільшує різноманітність тренувального набору, допомагаючи моделям краще узагальнювати знання, тоді як Transfer Learning дозволяє застосовувати знання, отримані з одного задання, до іншого, зменшуючи потребу в об'ємних датасетах для тренування [3, 4].

Отже, глибоке навчання революціонізувало методи виявлення об'єктів на зображеннях, забезпечуючи високу точність і швидкість обробки. Наприклад, в автомобільній промисловості системи виявлення об'єктів використовуються для розпізнавання дорожніх знаків, пішоходів та ін. У медицині системи виявлення об'єктів можуть допомагати лікарям у ранньому виявленні захворювань на зображеннях. У сфері безпеки вони можуть використовуватися для виявлення підозрілих об'єктів на відеозаписах. У сфері кулінарії вони можуть використовуватися для розпізнавання продуктів харчування, щоб знаходити рецепти страв.

Список використаних джерел:

1. Wang, P., Sun, F., Jiang, W., Li, T., Zhang, H., Wang, C., Liu, Y. (2020). CSPNet: A new backbone that can enhance learning capability of CNN. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 32(5), 1576–1587.
2. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (pp. 770–778).
3. Zhuang, F., Zhu, C., Lin, Y., Shi, X., & Hoi, S. C. (2021). Comprehensive survey on transfer learning. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 33(11), 4583–4608.
4. Тітов С.В., Тітова О.В., Чорна О.С. Опис нескоротних наборів ознак в приблизних множинах з використанням систем числення // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. № 1(71) 2022, с. 106–110. <https://doi.org/10.30748/zhups.2022.71.12>

УДК 004.42:004.7

РОЗРОБКА ВЕБ-ЗАСТОСУНКУ «СОЦІАЛЬНА МЕРЕЖА ДЛЯ ПУБЛІКАЦІЇ ТВОРЧИХ РОБІТ»

Супрун А.Є.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Руденко Д.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна,

тел.: (057) 702-14-19, e-mail: anna.suprun@nure.ua

In our modern world, where technology is rapidly developing and virtual social networks fill our daily lives, there is a need for a platform that will bring together creative individuals, allow them to find common interests and inspiration, and publish their work. In this context, it is proposed to create a social network for the publication of creative works, which will use the Java programming language and the Spring framework. They allow to create large and complex systems with high productivity and efficiency. Spring provides a wide set of tools that simplify and accelerate the development process, providing effective management of users and data in the social network.

У вік інтернету, коли технології стрімко розвиваються, а штучний інтелект потроху стає невід’ємною частиною повсякденного життя людства, ми відчуваємо себе одночасно ближче та далі один від одного. Віртуальний світ соціальних мереж надає величезні можливості для спілкування, але при цьому створює дистанцію між нами, як особистостями через нескінченний потік інформації та людей, із якими ми стикаємося. Нам часто не вистачає часу на індивідуальне знайомство та поглиблене розуміння кожної людини у нашому оточенні.

Для творчих особистостей, інтереси яких часто є більш вузькоспеціалізованими, проблема пошуку однодумців стоїть особливо гостро в умовах сучасного світу. Окрім того, технології та алгоритми глибокого навчання починають використовувати творчі роботи людей як джерело даних для свого навчання. Для творців, чиї роботи можуть стати частиною їх датасетів, це представляє новий виклик. Використання їх творчих робіт як матеріалів для навчання алгоритмів може спричинити зміну сприйняття та цінності їх творчості. Звичайній людині часто буває складно оцінити всю глибину та значущість зусиль, часу, емоцій та душі, вкладених у кожную творчу роботу. Саме тому такій людині може бути важко зрозуміти, наскільки цінними та унікальними є ці роботи в порівнянні з тими, які створені з використанням штучного інтелекту.

У такій ситуації стає цінним простір, де творці зможуть легко знаходити собі подібних, спілкуватися з тими, хто поділяє їхні погляди й інтереси, насолоджуватися взаємним натхненням і підтримкою, а їх роботи будуть цінуватися та поважатися за індивідуальність та внесок у світову культуру та мистецтво.

Способом вирішення цієї проблеми може стати створення соціальної мережі, призначеної для публікації творчих робіт. Буде використовуватися мова програмування Java у поєднанні з фреймворком Spring. Ці технології обрані завдяки їх потужним можливостям та перевагам.

Java славиться своєю універсальністю та можливістю створення великих та складних систем, що є важливим аспектом для соціальної мережі. Однією з її переваг є кросплатформенність, що дозволяє програмі працювати на різних операційних системах, що забезпечує широку доступність користувачів з різних пристроїв. Java також відома своєю видатною продуктивністю та ефективністю. Це забезпечує оптимізацію роботи програми, що особливо важливо для додатку соціальної мережі з великою кількістю одночасних запитів.

Ще одним важливим аспектом є екосистема Java-фреймворків, з яких виділяється Spring. Цей фреймворк надає широкий набір інструментів та функціональність, які суттєво полегшують та прискорюють розробку соціальної мережі. Модульна архітектура Spring дозволяє розробляти додаток у вигляді незалежних модулів для керування користувачами, публікацією контенту, взаємодією та іншим функціоналом. Spring надає великий набір інструментів для роботи з веб-контролерами для обробки HTTP-запитів від користувачів, керування сесіями та відображення веб-сторінок. Це дозволяє ефективно керувати інтерфейсом користувача та забезпечити зручність використання соціальної мережі. Spring Data JPA забезпечує зручну взаємодію з базою даних, дозволяє спростити доступ до даних та управління транзакціями. Крім того, Spring забезпечує підтримку багатьох інших технологій та інструментів, таких як Spring Security для забезпечення безпеки програми, Spring Boot для автоматизації конфігурації та розгортання, а також інтеграція з іншими технологіями та сервісами.

Таким чином створення соціальної мережі, присвяченої публікації творчих робіт, відповідає на потребу в об'єднанні творчих особистостей, спільному натхненні та підтримці, а також підкреслює цінність і унікальність творчої роботи. Використання Java та Spring для розробки такої соціальної мережі забезпечує потужні інструменти та технології, які дозволять ефективно впоратися з усіма викликами та забезпечити стабільну та надійну роботу платформи.

УДК 004.093

АНАЛІЗ ЗОБАЖЕННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАЙБІЛЬШ КОНТРАСНОГО КОЛЬОРУ ФОНУ ТЕКСТУ

Суровикін Ю.В.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Машталір С.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: yurii.surovykin@nure.ua

This work delves into the development of a fully automated system for analyzing the color distribution of digital images. This approach uses image processing techniques to identify the color that offers the most contrasting background color for superimposed text. By identifying this color, the method aims to significantly enhance the visual accessibility and distinctiveness of text elements, thereby achieving confidence in the full readability of both black and light text, regardless of the image analyzed. Furthermore, this methodology has the potential to be applied in diverse real-world applications, such as creating accessible web content and generating informative image captions for visually impaired individuals.

Читабельність тексту – це фундаментальний аспект, що впливає на доступність та зручність користування будь-яким інтерфейсом. Вдалий вибір контрастного кольору фону для тексту суттєво покращує його читабельність, роблячи інформацію доступнішою для людей з вадами зору. Ця наукова робота має за мету розробити метод автоматичного визначення оптимального контрастного кольору фону тексту за допомогою методів аналізу зображення.

Для забезпечення швидкості процесу обробки відбувається зменшення розміру зображення до меншого, а саме до 256x256 пікселів. Цей процес відбувається завдяки усереднення значень RGB сусідніх пікселів, де для кожного пікселя в зображенні, представленому як масив пікселів, вибираються його 4 сусідні пікселі зверху, знизу, зліва та справа. Для кожного такого набору розраховується середнє значення червоного, зеленого та синього кольорів, з яких він складається. Це робиться шляхом додавання значень кольорів кожного пікселя та ділення вихідної суми на загальну кількість пікселів. Зменшення розміру може призвести до втрати деталей зображення, проте це значно прискорює процес обробки зображення, а у випадку нашої основної задачі – визначення домінантних кольорів – ця помилка є допустимою [1].

Надалі, використовуючи зменшене зображення, відбувається квантування кольорів за допомогою алгоритму медіанного розрізу [2], де кожен піксель в зображенні перетворюється на його найближчий колір з заздалегідь підготовленої палітри. Після цього, для визначення домінантних кольорів, алгоритм підраховує кількість разів появи кожного з кольорів, що

використовуються в зображенні. Кольори з найвищою частотою використання вважаються домінантними і формують палітру, що є масивом кольорів, записаних у форматі комбінації червоного, зеленого та синього.

Отримавши палітру, алгоритм починає аналізувати контрастність кольорів у порівнянні з чорним та білим, використовуючи сучасні рекомендації щодо доступності веб-вмісту. Першочергово, визначається освітленість кожного кольору. Кожне значення червоного, зеленого і синього ділиться на 255 для отримання лінійного значення освітлення кольору, яке знаходиться у діапазоні від 0 до 1. У випадку, якщо отримане значення менше 0.03928 використовується лінійна функція, у іншому випадку – степенева функція:

$$cl = \frac{l}{12,92}, cp = \left(\frac{l + 0,055}{1,055} \right)^{2,4},$$

де cl – значення лінійної освітленості у результаті використання лінійної функції; cp – значення лінійної освітленості у результаті використання степеневі функції; l – лінійне значення кольору.

Після отримання значення лінійної освітленості вираховується освітленість кольору:

$$L = 0,2126 * rL + 0,7152 * gL + 0,0722 * bL,$$

де L – значення освітленості кольору; rL – значення лінійної освітленості червоного кольору; gL – значення лінійної освітленості зеленого кольору; bL – значення лінійної освітленості синього кольору.

Після визначення освітленості надалі оцінюється коефіцієнт контрастності для кожного з кольорів. Достатньо контрастним вважається колір, у якого коефіцієнт контрастності більший чи дорівнює 4.5:

$$cr = (L1 + 0,05) / (L2 + 0,05),$$

де cr – коефіцієнт контрастності; $L1$ – значення освітленості першого кольору; $L2$ – значення освітленості другого кольору.

Після визначення коефіцієнтів контрастності для кожного з кольорів відбувається пошук найбільш контрастного. Першочергово, алгоритм сортує палітру кольорів за віддаленістю від чорно-білих відтінків, що дозволяє спочатку порівнювати найбільше насичені кольори. Перший з проаналізованих кольорів, що відповідає вимогам контрастності як до чорного, так і до білого, обирається алгоритмом як результуючий (рис. 1).

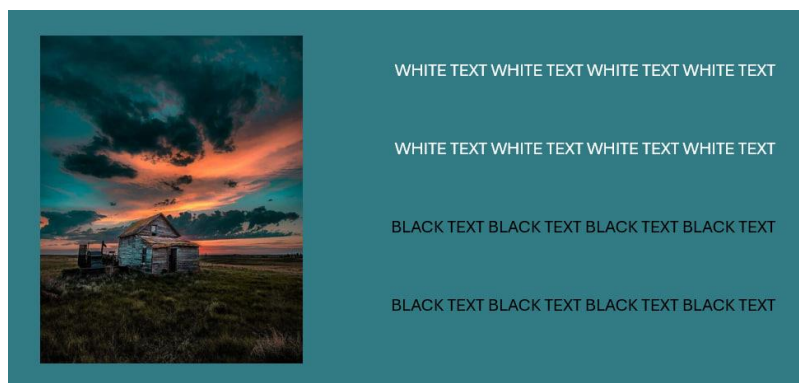


Рисунок 1 – Визначення найбільш контрастного кольору зображення

У випадку, коли при аналізі зображення усі його кольори не відповідають одній, або обом вимогам контрастності, алгоритм виконує пошук потрібного затемнення, або засвітлення для досягнення найбільшої можливої контрастності (рис. 2).

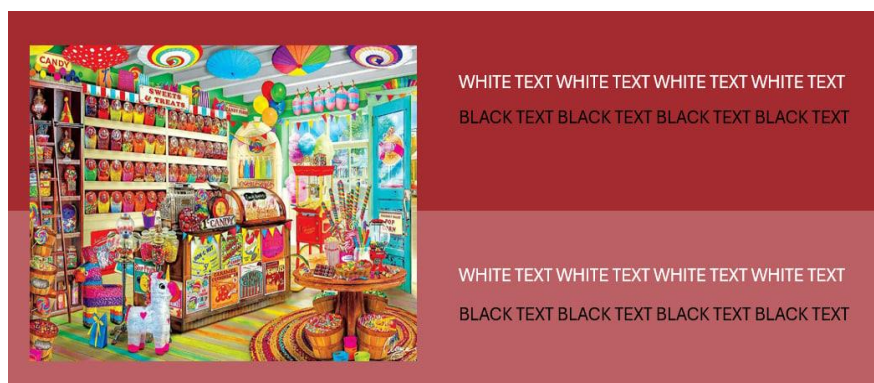


Рисунок 2 – Використання засвітлення через відсутність достатнього контрасту кольору до чорного тексту

Розроблений алгоритм автоматичного визначення контрастного кольору фону тексту продемонстрував свою ефективність у порівнянні з традиційними методами. Завдяки аналізу зображення він дозволяє підібрати оптимальний колір фону, що значно покращує читабельність тексту та робить його більш доступним для людей з вадами зору. Впровадження цього алгоритму сприятиме покращенню загального досвіду користувачів та доступності інформації.

Список використаних джерел:

1. S. Sangwine, R. Horne, eds. The Colour Image Processing Handbook. Dordrecht, Netherlands: Springer Sci & Business Media, 1998. 455 p.
2. P. Heckbert, Color Image Quantization for Frame Buffer Display. ACM Computer Graphics, SIGGRAPH, Vol. 16, No. 4, July 1982, pp. 297–307.

ОГЛЯД МЕТОДУ ГЛИБОКОЇ НЕЧІТКОЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДАНИХ

Таняньський О.С.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Шафроненко А.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: oleksii.tanianskyi@nure.ua

Deep fuzzy clustering is one of the directions in the development of fuzzy clustering methods. This approach combines the advantages of fuzzy logic and deep learning for efficient data separation and analysis.

The main idea is to use a deep neural network to represent data in a new feature space that takes into account the complex relationships between features and helps preserve the structural features of the data. Deep fuzzy clustering can solve the problems associated with matching high-dimensional and fuzzy data, which are often encountered in real-world problems.

Глибинне навчання (Deep Learning) є підгалуззю машинного навчання, яка фокусується на використанні штучних нейронних мереж з численними шарами (глибокими архітектурами) для вирішення завдань розпізнавання патернів та вивчення складних представлень даних. Основною ідеєю глибинного навчання є автоматичне вивчення представлень за допомогою внутрішніх шарів нейронної мережі, що дозволяє системі ефективно адаптуватися до складних завдань та витягати корисні ознаки з великої кількості даних. Глибинні нейронні мережі використовуються для різноманітних задач, таких як розпізнавання зображень, обробка природної мови, рекомендаційні системи та багато інших. Вони виявляються особливо ефективними у випадках, коли дані мають складну структуру або велику розмірність.

Глибинне навчання часто включає в себе тренування моделей на великих обсягах даних та використання глибоких нейронних мереж з численними шарами для автоматичного виділення важливих ознак. Також популярними є концепції, такі як згорткові нейронні мережі (Convolutional Neural Networks, CNN) для обробки зображень та рекурентні нейронні мережі (Recurrent Neural Networks, RNN) для роботи з послідовностями даних. Глибинне навчання вважається однією з ключових технологій, що сприяє розвитку штучного інтелекту та вирішенню різних завдань у різних галузях.

Глибока нечітка кластеризація представляє сучасний підхід до вирішення труднощів, пов'язаних з нечіткою кластеризацією в умовах обробки великого обсягу даних високої розмірності та складних розподілів. Цей метод використовує глибокі нейронні мережі для представлення даних у новому просторі ознак.

Основні особливості глибокої нечіткої кластеризації включають:

- представлення у просторі ознак. Дані перетворюються за допомогою глибоких нейронних мереж у новий простір ознак, де здійснюється подальший аналіз та кластеризація;
- м'яке розділення даних. Метод дозволяє отримати м'яке розділення даних на кластери, що є важливим у випадках, коли об'єкти можуть належати до декількох категорій одночасно;
- уникнення обмежень нечіткої кластеризації. Глибоке навчання допомагає уникнути обмежень традиційних методів нечіткої кластеризації, особливо при роботі з великим обсягом даних та високою розмірністю;
- автоматичне вивчення ознак. Глибокі нейронні мережі в змозі автоматично вивчати важливі ознаки для кращого представлення даних, що сприяє ефективнішій кластеризації;
- використання сучасних досягнень. Метод користується сучасними досягненнями в галузі глибокого навчання та нейронних мереж, враховуючи їхню потужність та ефективність.

Глибока нечітка кластеризація ставить перед собою завдання подолання обмежень традиційних методів та вирішення проблем, пов'язаних з аналізом великих та складних наборів даних.

У контексті навчання репрезентації вводяться три обмеження для поліпшення придатності представлення для кластеризації. По-перше, для забезпечення ефективного представлення даних в новому просторі ознак застосовується архітектура автокодувальника, щоб гарантувати можливість відновлення вихідних даних шляхом декодування закодованого представлення за допомогою іншої нейронної мережі. По-друге, для оптимального розв'язання завдання кластеризації в новому просторі функцій мінімізується внутрішньокластерна компактність і максимізується міжкластерна роздільність. Нарешті, враховуючи, що дані в одному класі повинні бути близькими один до одного, спорідненість між новими уявленнями налаштовується відповідно до дискримінаційної інформації.

Список використаних джерел:

1. C.-H. Chen, V. S. Tseng, T.-P. Hong, et al., "Cluster-based evaluation in fuzzy-genetic data mining," *IEEE transactions on fuzzy systems*, vol. 16, no. 1, pp. 249–262, 2008.
2. H. Liu, M. Shao, S. Li, and Y. Fu, "Infinite ensemble for image clustering," in *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. ACM, pp. 1745–1754.
3. Shafronenko, A. Y., Kasatkina, N. V., Bodyanskiy, Y. V., & Shafronenko, Y. O. (2023). CREDIBILISTIC ROBUST ONLINE FUZZY CLUSTERING IN DATA STREAM MINING TASKS. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, (3), 93–97.

УДК 004.093

АНАЛІЗ ПРОДАЖІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОПУЛЯРНИХ ІГОР НА РИНКУ

Терещенко О.О.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Кіношенко Д.К.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: oleksandr.tereshchenko1@nure.ua

Conducting sales analyses in an online video game store allows you to analyze sales in the modern video game market and provides information about the most popular genres among players. These theses present the main methods for analyzing sales data to determine the most popular game genres. The study uses information obtained from transactions made in the digital store and analyzed by various categories and parameters. Trends such as the popularity of destinations for sellers, the degree of competition, and the dynamics of changes over time are analyzed. It also takes into account the influence of such factors as the latest trends in the gaming industry. The results of this analysis can be useful for game developers and publishers to effectively plan and develop strategies for the development of a product or products. It is also important to note the importance of risk identification, so methods for this will also be considered.

Грунтовний аналіз даних є важливим помічним інструментом для розуміння ситуації на ринку. В випадку онлайн магазину з продажу відео ігор це ринок цифрових копій ігор, а отже тут свої правила та умови, які є специфічними відносно інших галузей. Їх потрібно враховувати, бо сфера розваг, так ще й цифровий з кожним роком буде охоплювати ще більше людей. А чим більше людей, тим більший прибуток. Тому тут зацікавлені всі: магазин, видавці та покупці. Коли перші отримують прибутки, то останні отримують якісні продукти для проведення дозвілля. Тому потрібні якісні інструменти для отримання даних по ситуації на ринку відео ігор.

Аналіз вимагає дані, тому потрібно їх збирати. Для цього дані збираються з власного онлайн магазину комп'ютерних ігор. В такому випадку доступні любі дані, які може надати магазин. Такі як, кількість проданих ігор, дати продажу, час проведений в іграх, ціна, рейтинги від магазину чи гравців, інформація по покупцям, яка в них мова інтерфейсу, які ще ігри в бібліотеці є, їх улюблені жанри та інші більш детальні характеристики [1]. Така велика кількість даних надає детальну картину популярних продуктів на ринку та дає змогу більш якісно прогнозувати тренди. Також можна використовувати сторонні бази даних, як то Super Data Research чи NPD Group. Вони також надають дані про продажі ігор, але по всьому світу. Що надає більшу вибірку даних, але може бути не ідентичним до локального ринку на який спрямований онлайн магазин комп'ютерних ігор. Тому ліпше роботи висновки на основі даних з власного магазину.

Після отримання даних, потрібно їх проаналізувати. Якщо ставити питання прогнозування тенденцій, то тут використовується методи часових рядів. Завдяки ним можна прогнозувати як буде змінювався найбільш популярний жанр, ґрунтуючись на минулих продажах. Для цього є модель ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) [2]. Необхідно визначити оптимальні параметри p , d і q цієї моделі. Цими параметрами є порядок регресії, порядок похідної та порядок ковзного середнього, відповідно. Це хороший метод для прогнозування значень, але лише для короткотривалих та середньотривалих трендів. Але це не погано, бо так можна добре відслідковувати саме сезонні тренди:

$$Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t,$$

де Y_t – кількість проданих ігор в момент часу t , себто те що ми прогнозуємо; c – константа, яка є середнім в продажу ігор за весь час; $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ – коефіцієнти авторегресії, які відображають вплив попередніх продажів ігор на поточні продажі; $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ – коефіцієнти ковзного середнього, які відображають вплив попередніх помилок у прогнозуванні на поточні продажі ігор; ε_t – різниця між спостережуваними продажами і прогнозованими продажами у момент часу t .

Для розуміння по якій причині популярна гра, чи то оцінка від гравців висока, чи якась інша причина, існує метод коефіцієнта кореляцій [3]. Себто буде отриманий результат який покаже, по якій з причин популярна гра. Де для визначення популярності, наприклад через свій жанр, буде проводитися обрахунок кількості проданих копій гри та в сумі по тому жанру:

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}},$$

де n – кількість спостережень; x – кількість проданих копій гри; y – кількість проданих ігор в жанрі.

Також потрібно розуміти чи вплинув жанр взагалі на продажі, бо те чи куплять гру впливає безліч причин. В такому випадку використовується факторний аналіз, який може враховувати велику кількість змінних. Мови що підтримує гра, жанр, ціна, системні вимоги. Такий метод вже використовує матриці для обрахунку кінцевого результату:

$$X = F \times L \times F^T + E,$$

де X – коваріаційна матриця даних, що відображає зв'язок між кількістю проданих копій для різних жанрів відеоігор; F – матриця факторів, що відображає вагу кожного жанру для кожної гри. В гри може бути безліч

жанрів, а не один; L – діагональна матриця, що містить дисперсії факторів; F^T – транспортна матриця F ; E – матриця помилок.

Не варто забувати про ризики, які також потрібно враховувати. Бо вони не менш важливі, аніж попередні методи аналізу даних, бо якщо видавець чи розробник знає свої ризики він може оцінити чи коштує взагалі того розробка гри. Для зручності видавців можна це все обрахувати через метод дисперсії та середнього відхилення, де завдяки простій формулі можна взяти середні значення в різниці проданих копій між всіма іграми жанру, чи іншої категорії по якій буде вестися порівняння:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2,$$

де σ^2 – дисперсія; n – кількість ігор; x_i – кожна окрема гра; $\bar{x}$ – середнє значення усіх ігор.

Наведені аналізи надають ясність на ситуацію щодо гри для розробників та чи видавців. Завдяки ним можна з легкістю зрозуміти через що стався успіх чи провал гри, також можна провести прогнози подивившись через ці аналізи на ситуацію по ринку відео ігор. Найліпше вивід такої інформації виводити для користувачів через графіки, діаграми, порівняльні таблиці, списки, тощо. Завдяки цьому впровадження й без того дуже корисних інструментів для аналізу даних стане ще ліпше та інформативніше, завдяки зручному виводу даних. А отже ще більші прибутки як для магазину, так для видавців.

Список використаних джерел:

1. "Steamworks Partner Documentation". Valve Corporation. URL: <https://partner.steamgames.com/doc/home> (дата звернення: 02.03.2024).
2. Peter J. Brockwell, Richard A. Davis. Introduction to Time Series and Forecasting, Second Edition. Springer-Verlag New York, Inc, 2002. pp. 179–221.
3. A.K. Sharma. Text Book of Correlations and Regression. Discovery Publishing House, 2005. 212 p.

ОПИС ТЕХНІК ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦІЇ ФОТОГРАФІЙ

Тесленко Д.М.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Назаров О.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПІ,
м. Харків, Україна

e-mail: denys.teslenko@nure.ua

In the realm of computer vision and image processing, effective preprocessing techniques play a pivotal role in enhancing the quality and facilitating accurate analysis of images. This article comprehensively explores several essential preprocessing techniques tailored for image segmentation applications – noise reduction, grayscale conversion, histogram equalization and 3D perspective distortion correction. Through a detailed analysis of each technique's principles, applications, and impact on image analysis, this article provides insights into the crucial role of preprocessing in optimizing image segmentation processes, paving the way for more accurate and reliable results in various computer vision applications.

У сучасному світі, де обробка та аналіз великих обсягів зображень стають невід'ємною складовою багатьох сфер, важливість розробки ефективних методів обробки та сегментації фотографій набуває все більшого значення. Наука комп'ютерного зору та обробки зображень розвивається швидкими темпами, пропонуючи нові підходи та технології для вдосконалення процесів аналізу візуальних даних.

Одним з ключових етапів у цьому процесі є попередня обробка зображень, яка передуює їх подальшому аналізу та інтерпретації. Ця обробка включає в себе ряд технік, спрямованих на покращення якості та відсіювання зайвої інформації, що допомагає підвищити ефективність подальшого аналізу. Попередня обробка є важливим кроком у задачах комп'ютерного зору, щоб гарантувати, що вхідні дані знаходяться у формі, яка більше відповідає вимогам конкретного завдання.

Зменшення шуму на фотографіях є важливим кроком у попередній обробці, який може значно покращити якість зображення та результати подальшого аналізу [1]. До алгоритмів фільтрації задля зменшення шуму можна віднести:

- фільтрацію середнім значенням. Цей метод полягає в обчисленні середнього значення пікселів у визначеному діапазоні, що допомагає згладити відхилення та видалити шум [2]. Однак цей підхід може спричинити втрату деталей у зображенні;

- медіанний фільтр. Медіанний фільтр використовує медіанне значення пікселів у визначеному діапазоні, що дозволяє ефективно видалити шум

без втрати деталей. Цей метод особливо корисний для зменшення шуму на фотографіях з текстурними деталями;

– фільтрацію за гауссівською функцією. Гауссівська фільтрація використовує вагові коефіцієнти, які зменшуються з відстанню від центрального пікселя, для згладжування зображення та зменшення шуму. Цей метод ефективно працює для м'якого зменшення шуму без втрати різких деталей.

Конвертація у відтінки сірого (Grayscale Conversion) – це процес перетворення кольорового зображення у зображення, яке містить лише відтінки сірого. Ця техніка може бути важливою в попередній обробці фотографій перед їх подальшою аналізом та сегментацією. Перетворення у відтінки сірого включає в себе видалення інформації про кольори зображення, зберігаючи лише яскравість кожного пікселя. Це дозволяє спростити аналіз зображення та зменшити обсяг даних, необхідних для обробки. Робота з відтінками сірого може бути ефективнішою в порівнянні з кольоровими зображеннями, оскільки вона вимагає менше обчислювальних ресурсів і може прискорити процес обробки. Конвертація у відтінки сірого може допомогти зменшити вплив варіацій у кольорі на результати аналізу та сегментації, особливо коли кольори не є критичними для конкретного завдання.

Гістограмне вирівнювання (Histogram Equalization) – це метод обробки зображень, який використовується для покращення контрастності та якості зображення шляхом розподілу яскравості пікселів більш рівномірно [3]. Головна ідея гістограмного вирівнювання полягає у тому, щоб перерозподілити значення яскравості пікселів у зображенні таким чином, щоб гістограма стала більш рівномірною. Це дозволяє підвищити контрастність та деталізацію зображення. Гістограмне вирівнювання допомагає покращити якість зображення, збільшуючи різницю між яскравими та темними ділянками, що робить зображення більш виразним та зручним для аналізу.

Гістограмне вирівнювання може бути застосоване як до кольорових, так і до чорно-білих зображень. При цьому кольори можуть бути перетворені в відтінки сірого перед застосуванням методу. За допомогою параметрів регулювання гістограмного вирівнювання можна контролювати рівень яскравості та контрастності зображення, що дозволяє адаптувати метод до конкретних вимог та задач аналізу. Ця техніка дозволяє виправити артефакти, які виникають внаслідок спотворення перспективи, такі як зміна форми та розміру об'єктів у залежності від їх віддаленості від камери.

Ця техніка використовується для вирівнювання геометричних спотворень, які виникають при фотографуванні об'єктів під кутом або з великою відстанню. Це допомагає зберегти правильні пропорції та форму об'єктів у зображенні. Корекція перспективних спотворень допомагає забезпечити консистентність зображення та однорідність у всьому наборі даних, що спрощує подальший аналіз та сегментацію.

Кожна з цих технік має свої переваги та обмеження, і їх вибір залежить від конкретних вимог та характеристик зображення. Допмагаючи відобразити точне та об'єктивне відтворення реальних об'єктів у тривимірному просторі, обробка зображень відіграє важливу роль у покращенні якості та ефективності аналізу. Загалом, ефективне використання цих методів попередньої обробки може значно покращити якість та точність сегментації фотографій, що робить їх більш придатними для подальшого аналізу та використання у різних сферах, включаючи медицину, безпеку, комп'ютерний зір та багато інших.

Список використаних джерел:

1. De Raad K. B. et al. The Effect of Preprocessing on Convolutional Neural Networks for Medical Image Segmentation. 2021 IEEE 18th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI), Nice, France, 2021. P. 655–658.
2. Duque P., Cuadra J. M., Jiménez E., Rincón-Zamorano M. Data preprocessing for automatic WMH segmentation with FCNNs, International Work Conference on the Interplay Between Natural and Artificial Computation, 2019. P. 452–460.
3. Sun X. et al. Histogram-based normalization technique on human brain magnetic resonance images from different acquisitions, Biomedical Engineering Online, 2015. Vol. 14, no. 1, P. 73.

МЕТОДИ СЕМАНТИЧНОЇ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕННЯ ТА ЇХ ПОРІВНЯННЯ

Ткаченко Н.О.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Кобилін О.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна,

тел.: (057) 702-14-19, e-mail: nazar.tkachenko@nure.ua

This work is devoted to research, comparison and implementation of semantic image segmentation methods with the aim of developing an effective algorithm for automatic selection and classification of objects in images. The purpose of the study is to determine the optimal method or combination of methods that provide the highest segmentation accuracy and speed of image processing. Convolutional Neural Networks (CNNs) were chosen as the main method, noting their high accuracy, generalizability and efficiency in different settings. The implementation of the selected method is performed using a framework for deep learning. The research results can be useful for various applications in modern image processing systems and intelligent systems.

Семантична сегментація зображень – це процес розділення зображення на різні частини або області з метою призначення семантичного значення кожній з цих областей. Іншими словами, це завдання класифікації кожного пікселя на зображенні, присвоюючи йому конкретну мітку, що відповідає класу або категорії.

Семантична сегментація має велике значення в обробці зображень через свою здатність відокремлювати та ідентифікувати об'єкти та їхні частини на зображенні [1]. Вона допомагає в багатьох важливих застосуваннях, таких як розпізнавання об'єктів на зображеннях, автоматичне вирізання та виділення областей інтересу, аналіз медичних зображень, віртуальна реальність, автономні автомобілі, моніторинг навколишнього середовища тощо. Отже, семантична сегментація відіграє важливу роль у багатьох сучасних системах обробки зображень та розвитку інтелектуальних систем.

Мета дослідження полягає у вивченні, порівнянні та реалізації різних методів семантичної сегментації зображень з метою розробки ефективного алгоритму для автоматичного виділення та класифікації об'єктів на зображеннях. Це дослідження спрямоване на визначення оптимального методу або комбінації методів, які забезпечують найвищу точність сегментації та швидкодію обробки зображень. Додатковою метою є реалізація обраного методу з метою його практичного використання у різноманітних застосуваннях, включаючи комп'ютерний зір, медичні дослідження, автономні системи та інші області.

Конволюційні нейронні мережі є одними з найбільш популярних та ефективних методів семантичної сегментації. Вони використовуються для

автоматичного визначення класу кожного пікселя на зображенні шляхом застосування фільтрів та згорток для виявлення ознак на різних рівнях абстракції.

Рекурентні нейронні мережі, хоч і менш поширені в сфері семантичної сегментації порівняно з CNN, все ж використовуються для врахування контексту та послідовності в зображеннях. Вони можуть бути використані для моделювання просторових та часових залежностей між пікселями у зображенні.

Класичні методи сегментації включають в себе підходи, що базуються на характеристиках, текстурних ознаках та алгоритмах кластеризації. Ці методи, хоч і менш потужні порівняно з методами глибокого навчання, все ще знаходять своє застосування у випадках, де обмежені обчислювальні ресурси або недостаток великої кількості даних для навчання нейронних мереж [2].

Конволюційні нейронні мережі (CNN) загалом вважаються найефективнішими для багатьох завдань семантичної сегментації через їхню здатність автоматично вивчати корисні ознаки з даних та адаптуватися до нових умов [4]. Рекурентні нейронні мережі (RNN) можуть бути корисними для завдань, де важливий контекст або послідовність, таких як обробка послідовних зображень або відео [5, 6]. Хоча класичні методи можуть бути менш ефективними порівняно з глибоким навчанням у деяких випадках, вони можуть залишатися конкурентоспроможними в умовах, де обмежені обчислювальні ресурси або кількість доступних даних для навчання.

Для виконання поставленої задачі було обрано CNN. CNN показали вражаючі результати в багатьох сферах обробки зображень, включаючи розпізнавання об'єктів, класифікацію зображень та семантичну сегментацію. Їхній успіх у вирішенні складних завдань свідчить про їхню ефективність та потужність. CNN можуть бути легко масштабовані для різних завдань та різних розмірів зображень. Вони можуть бути навчені на великих обсягах даних та використовуватися для обробки зображень різної роздільної здатності без великих змін у структурі моделі. За останні кілька років було розроблено безліч відкритих бібліотек та фреймворків для роботи з CNN, таких як TensorFlow, PyTorch, Keras тощо. Це робить їх легкодоступними та легкими у використанні для дослідників та розробників.

Отже, обираючи CNN для семантичної сегментації зображень, ми можемо впевнено розраховувати на їхню здатність до вивчення складних ознак зображень та ефективне рішення задач сегментації зображень.

Для реалізації методу семантичної сегментації зображень за допомогою конволюційних нейронних мереж (CNN) було обрано наступні засоби:

- навчальний набір даних, який складається з зображень та відповідних міток сегментації. Структура CNN, яка включає в себе шари згортки, пулінгу, повнозв'язаних шарів тощо. Ця мережа буде використовуватися для вивчення ознак та виконання сегментації зображень;

– використання фреймворку для глибокого навчання, такого як TensorFlow, PyTorch, Keras тощо, для реалізації та навчання CNN. Ці фреймворки надають зручні інтерфейси та оптимізовані інструменти для роботи з нейронними мережами;

– для оцінки ефективності та точності моделі потрібні метрики, такі як індекс схожості Якобі, долю правильних класифікацій (IoU), точність, відгук тощо.

CNN демонструють вражаючу точність у вирішенні задач семантичної сегментації зображень. Їхні здатності до вивчення складних корисних ознак зображень дозволяють отримувати високоякісні результати, які зазвичай перевершують традиційні методи. CNN проявляють високу здатність до узагальнення на нові дані, що робить їх ефективними для різних завдань семантичної сегментації зображень. Після навчання на великому наборі даних вони можуть успішно застосовуватися до нових зображень з різних джерел та умов. Використання CNN для семантичної сегментації зображень дозволяє автоматизувати процес виділення областей інтересу на зображеннях, що робить його більш ефективним та швидким у порівнянні з ручними або напівавтоматичними методами.

Список використаних джерел:

1. Mechea D. What is Panoptic Segmentation and why you should care. Medium. 2019. URL: <https://medium.com/@danielmechea/what-is-panoptic-segmentation-and-why-you-should-care-7f6c953d2a6a>

2. The Berkeley Segmentation Dataset and Benchmark: веб-сайт. URL: <https://www2.eecs.berkeley.edu/Research/Projects/CS/vision/bsds/>

3. Kaur D., Kaur Y. Various Image Segmentation Techniques: A Review. International Journal of Computer Science and Mobile Computing. 2014. Vol. 5, №. 1. P. 809–814.

4. Gorokhovatskyi, V., Tvoroshenko, I., Kobylin, O., Vlasenko, N. Search for Visual Objects by Request in the Form of a Cluster Representation for the Structural Image Description, Advances in Electrical and Electronic Engineering, 2023, 21 (1), pp. 19–27. DOI: 10.15598/aeer.v21i1.4661.

УДК 004.75

**РОЗРОБКА ЗАСТОСУНКУ "ПЕРСОНАЛЬНА БІБЛІОТЕКА"
ДЛЯ КАТАЛОГІЗАЦІЇ І УПРАВЛІННЯ ПРОЧИТАНИМИ
КНИГАМИ**

Уткін Є.І.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Тітова О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

Тел.: (+380) 98-356-94-77, e-mail: yevhenii.utkin@nure.ua

This work is devoted to the development of the "Personal Library" application for cataloging and managing read books. The developed system consists of a user interface, saving information about books, reading analysis and tracking reading speed and time spent on a book. The task of the system is to create a database of the user's read books. The user can add his own information, such as title, author, year of publication, number of pages, etc., as well as choose a book rating and write a review. The system, in turn, will store this information. The JavaScript programming language and the React framework were used to implement the system.

У сучасному світі, де книги стають все більш доступними у цифровому форматі, потреба в ефективному управлінні та каталогізації прочитаних книг стає все більш актуальною. Персональна бібліотека дозволяє читачам зберігати інформацію про прочитані книги та відстежувати свої читачські звички.

Звички читання та управління особистою колекцією книг набули нового рівня значущості в епоху цифрової літератури. Сучасні технології роблять книги доступнішими, ніж будь-коли, завдяки електронним читалкам, смартфонам, планшетах та комп'ютерам. З цим розвитком виникає потреба у зручному і ефективному способі організації прочитаних та бажаних книг.

На ринку існують різноманітні програми та застосунки для управління бібліотеками, такі як Goodreads та LibraryThing. Проте, більшість з них є платними або мають обмежений функціонал у безкоштовних версіях. Також, деякі з цих програм можуть бути складними для користувачів-початківців або мати недоліки в інтерфейсі.

Тому актуальною є розробка застосунку "Персональна бібліотека", який буде мати широкий спектр функціоналу для зручного управління прочитаними книгами та аналізу читання книги. Робота присвячена створенню системи для каталогізації та управління книгами, з особливою увагою на розширення функціоналу існуючих систем та спрощенні інтерфейсу для інтуїтивного розуміння. Основна мета проекту полягає у створенні зручного і ефективного інструменту для користувачів, які бажають організувати свою особисту бібліотеку, систематизувати прочитані книги та вес-

ти власний каталог. Застосунок передбачає можливість додавання нових книг, внесення відгуків та оцінок.

Однією з ключових особливостей застосунку "Персональна бібліотека" є його інтуїтивний та зручний інтерфейс. Система розроблена з урахуванням принципів юзабіліті, щоб забезпечити легкість навігації та роботи для користувачів різного рівня технічної грамотності. Застосунок має сучасний та привабливий дизайн, який створює приємний досвід користування.

Дизайн програми відображає сучасні тенденції, використовуючи гармонійні кольори, чисті форми та зручне розміщення елементів. Це створює приємне візуальне сприйняття та заохочує користувачів до активного використання програми.

Нарешті, враховано різноманітність аудиторії та їхні потреби. Інтерфейс "Персональної бібліотеки" адаптивний та гнучкий, щоб задовольняти вимоги користувачів різних вікових категорій та рівнів технічної підготовки.

Система складається з інтерфейсу користувача, підсистеми збереження інформації про книги, підсистеми аналізу прочитаного та відстежування швидкості читання та час, витрачений на книгу.

Застосунок розроблений за допомогою мови програмування JavaScript та фреймворку React. Перевагою використання React є швидкість та ефективність розробки, а також підтримка компонентного підходу, що спрощує структуру та повторне використання коду.

Таким чином, запропонована система "Персональна бібліотека" дозволяє користувачам зручно каталогізувати та управляти своїми прочитаними книгами. Для подальшого розвитку системи можна додати підтримку інтеграції з онлайн-книгарнями та бібліотеками, а також розширити функціонал аналізу читацьких звичок, наприклад, відстежувати швидкість читання та час, витрачений на книгу.

Список використаних джерел:

1. Goodreads. URL: <https://www.goodreads.com/> (дата звернення: 28.02.2024)
2. LibraryThing. URL: <https://www.librarything.com/> (дата звернення: 20.02.2024)
3. Тітов С.В., Тітова О.В., Чорна О.С. Опис нескоротних наборів ознак в приблизних множинах з використанням систем числення // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. № 1 (71) 2022, с. 106–110.

ОГЛЯД МЕТОДІВ НОРМАЛІЗАЦІЇ ЗОБРАЖЕННЯ

Фролов Д.Є.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Кобилін О.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,

м. Харків, Україна,

тел.: (057) 702-14-19, e-mail: dmytro.frolov@nure.ua

Image processing using to improve the quality of images, edit colors and effects, and correct imperfections in photos. In image processing systems, image enhancement is performed using a variety of techniques. Image normalisation techniques are using to enhance images. The main methods are related to changes in contrast, lighting, and noise removal. Each of these methods can be applied separately or in combination with others. Convolutional Neural Networks and semantic segmentation are aimed at eliminating the disadvantages of using normalisation methods.

Обробка зображень має велику актуальність у багатьох сферах сучасності [1, 2, 3, 4]. Обробка зображень використовується для покращення якості зображень, редагування кольорів та ефектів, виправлення недоліків на фотографіях. Для діагностики та при плануванні хірургічних втручань у медицині використовується зображення отримані за допомогою томографа. Ключовою в галузі комп'ютерного зору є обробка зображень яка використовується для розпізнавання обличч, об'єктів та сцен, автоматичного аналізу зображень, тощо. Практично у всіх системах обробки зображень необхідно проводити покращення зображення за допомогою різних методів. Ці методи пов'язані із нормалізацією зображень. Існують різні методи нормалізації зображень для певних задач:

- масштабування зображень-це може бути зміна розміру зображення для вирівнювання його розміру з іншими зображеннями або для підготовки до подальшої обробки і використовуватися для створення мініатюр, збільшення чи зменшення зображення;

- нормалізація кольорів – це коригування кольорів зображення для забезпечення стандартизації кольорової палітри або виправлення відхилень у кольорі, які виникають через, наприклад, освітлення або інші чинники;

- нормалізація контрастності – застосовуються для підвищення або зменшення контрастності зображення для поліпшення його якості та різкості;

- вирівнювання освітлення – використовується для коригування освітлення зображення для зменшення тіней та вирівнювання яскравості на різних ділянках зображення;

- фільтрація зображень – використовуються для застосування фільтрів та видалення шуму або артефактів, що виникають під час захоплення або обробки зображення;

– нормалізація формату зображення- використовуються для конвертації зображення з одного формату файлу в інший (наприклад, з JPEG в PNG або TIFF), щоб забезпечити сумісність та оптимальну якість зображення.

Кожен з цих методів може бути застосований окремо або у поєднанні з іншими для досягнення бажаного результату обробки зображень.

Існують не вирішені проблеми при використанні методів нормалізації пов'язаною з контрастністю та освітленням. При надмірному підвищенні контрастності може виникнути втрата деталей у темних або світлих областях зображення. Це може призвести до вигорання в світлих ділянках або занурення темних ділянок у чорність. Під час коригування контрастності можуть виникати артефакти у вигляді різких переходів між тонами кольорів або втратою градації відтінків. Надмірне коригування контрастності може призвести до того, що зображення виглядатиме надто пересиченим або неприродним, втрачаючи при цьому свою естетичність. Під час нормалізації контрастності можуть виникати проблеми з неоднорідністю контрасту, коли одні ділянки зображення стають більш насиченими, ніж інші. Зміни контрастності також можуть впливати на загальний вигляд та сприйняття зображення.

Останні тенденції у використанні різних методів обробки зображень направлені на усунення недоліків методів нормалізації зображення. Згортові нейронні мережі (CNN) використовуються для задач розпізнавання образів, класифікації, виявлення об'єктів. Семантична сегментація полягає в класифікації кожного пікселю зображення за його приналежністю до певного класу. Структурний аналіз зображень може бути використано для визначення структури та форми об'єктів на зображенні, таких як визначення геометричних форм, вимірювання розмірів, тощо.

Список використаних джерел:

1. Кобилін О. А., Творошенко І. С. Методи цифрової обробки зображень: навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2021. 124 с. URL: <https://doi.org/10.30837/978-966-659-295-1>. (дата звернення: 10.01.2024).

2. Tvoroshenko I., Gorokhovatskyi V., Kobylin O., Tvoroshenko A. Application of deep learning methods for recognizing and classifying culinary dishes in images. *International Journal of Academic and Applied Research*. 2023. Vol. 7 pp. 57–70.

3. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., Kobylin O., Vlasenko N. Search for visual objects by request in the form of a cluster representation for the structural image description. *Advances in Electrical and Electronic Engineering*. 2023. 21(1), 19–27.

4. Yakovleva O., Kovtunen A., Liubchenko V., Honcharenko V., Kobylin O. Face Detection for Video Surveillance-based Security System (COLINS-2023). In *CEUR Workshop Proceedings*. 2023. Vol. 3403, pp. 69–86.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ФРЕЙМВОРКІВ PHP

Ходонович А.Б.

Науковий керівник – к.н.т., доц. Тітова О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,

м. Харків, Україна

e-mail: andrii.khodonovych@nure.ua

The research aims to analyze various PHP frameworks with a focus on Laravel and Symfony, with an overview of their advantages and disadvantages. Laravel is characterized by simplicity and a powerful ORM, while Symfony is characterized by high performance and modularity. The pros and cons analysis show that Symfony is suitable for complex large applications, while Laravel is effective for quickly implementing small projects.

На сьогоднішній день PHP є найбільш поширеною мовою веб програмування. За деякими оцінками, PHP застосовується більш ніж на 80 % сайтів, серед яких такі сервіси, як Facebook, Wikipedia, Yahoo та інші [1]. Дана мова програмування не тільки є фундаментом для серверної частини більшості вебсайтів, але й лежить в основі численних фреймворків, які значно спрощують та оптимізують процес розробки. Сучасні PHP-фреймворки надають потужні інструменти розробки, які дозволяють створювати API та back-end веб застосунків набагато швидше, роблять їх більш структурованими, що дозволяє їх легше підтримувати та масштабувати у майбутньому.

Мета даної роботи полягає у дослідженні та аналізі різних PHP-фреймворків з метою визначення їхніх переваг та недоліків. Головний акцент планується зробити на порівнянні цих фреймворків для отримання відомостей про те, як їхні особливості впливають на загальну продуктивність.

В ході аналізу буде приділено увагу як сильним, так і слабким сторонам кожного PHP-фреймворку. Це дозволить отримати об'єктивний погляд на їхню функціональність та придатність для різних проектів.

Для дослідження були обрані два популярних фреймворка – Laravel та Symfony [2, 3].

Laravel – це фреймворк для швидкої розробки. Він простий в освоєнні і зводить до мінімуму кількість кроків між запуском нового додатку та його публікацією. Його компоненти спрощують розробку веб-програми: від взаємодії з базою даних й аутентифікації до роботи з чергами, електронною поштою і кешем. Станом на 2024 рік – це найпопулярніший PHP-фреймворк у світі.

Symfony – це високопродуктивний фреймворк, написаний на PHP. У порівнянні з Laravel – Symfony виглядає дещо «академічним» фреймворком, місцями навіть незрозумілим. Однак, якщо розглядати розробку скла-

дного проекту, то вибір на користь Symfony буде обґрунтованим – «академічність» окупається, якщо кодова база стрімко зростає.

Розглянемо плюси та мінуси кожного з фреймворків:

Laravel:

- переваги: простота використання; одна з найпотужніших ORM у світі PHP; має значну екосистему додаткових інструментів; надійні шифрувальні пакети; дуже добре написана документація.

- недоліки: створює багато запитів в базі даних; не завжди підходить для складних і великомасштабних проектів.

Symfony:

- переваги: висока продуктивність за рахунок кешування байт-коду; модульність; ідеально підходить для розробки великих, корпоративних застосунків; стабільні оновлення і велике співтовариство.

- недоліки: значне часу для тестування; складний механізм безпеки; складність для навчання.

Підсумовуючи порівняльний аналіз Laravel та Symfony можна сказати, що Symfony підходить для великих і складних додатків, що вимагають високої гнучкості і контролю, а також для досвідчених розробників, які готові працювати з більш високим рівнем абстракції. З іншого боку Laravel краще підходить для роботи з невеликими проектами, які вимагають швидкої реалізації [4]. Вбудована в Laravel аутентифікація, просте перенесення баз даних і проста настройка значно прискорюють розробку веб-додатків.

Список використаних джерел:

1. Stauffer M. Laravel : Up & Running: A Framework for Building Modern PHP Apps. O'Reilly Media, 2019. 544 с.

2. Potencier F. Symfony 5: The Fast Track. Symfony SAS, 2019. 324 с.

3. Laravel – The PHP Framework For Web Artisans. Laravel – The PHP Framework For Web Artisans. URL: <https://laravel.com/docs/10.x/readme> (дата звернення: 29.02.2024).

4. Тітова О.В. Веб-системи в освіті: основні методи та принципи проведення юзабіліті-тестування / С. В. Тітов, О. В. Тітова // Експертні оцінки елементів навчального процесу: XVII міжвузівська науч.-практ. конференція. – Х. : ХГУ «НУА», 2015. – С. 90–92.

УДК 004.93:004.032.6

РОЗРОБКА ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ОФОРМЛЕННЯ ЗАМОВЛЕННЯ ТА ОПЛАТИ В ЗАКЛАДАХ ХАРЧУВАННЯ

Цехмістренко К.В.

Науковий керівник – канд. т. н., доц. Тітова О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна,

тел.: (066) 815-55-75, e-mail: katernyna.tsekhmistrenko@nure.ua

The text explores the global impact of industrialization and digital transformation, noting improvements in technological processes, production quality, speed, and the reduction of physical strain for workers. To enhance competitiveness, the necessity for businesses to seek and create new solutions is emphasized in response to the ongoing evolution of digitalization. Digital transformation has altered the approach to business model development, unlocking new opportunities and channels for profit creation. The adoption of familiar technologies such as QR codes for advertising, information delivery, and interactive features is discussed in the context of restaurant innovations.

Бурхливий розвиток та поширення інформаційних технологій веде до швидких змін технологічних процесів, вимог до якості продукції, швидкості та об'ємів виробництва, а також зменшення фізичного навантаження та формування безпечного робочого простору для працівників. Для підвищення конкурентоспроможності компаніям постійно необхідно шукати та створювати нові рішення. Діджиталізація змінила підхід до розробки бізнес-моделі та відкрила нові можливості та канали для створення прибутку. Наразі, інноваційні колись впровадження електронного документообігу, чи ведення бізнесу в соціальних мережах, є базовими і необхідними для створення актуального та сучасного продукту.

Цифрова трансформація торкнулася багатьох сфер життя і значно покращила клієнтський сервіс. В статтях про інновації в ресторанному світі за 2013 рік розглядалися звичні для нас зараз QR-коди, як спосіб реклами, донесення інформації та спосіб додавання інтерактивності [1, 2]. Також згадуються електронні меню, що допомогли б розв'язати проблему з помилками при замовленні або зменшити ризик виникнення конфліктних ситуацій між гостем та персоналом тощо. Вже у 2019–2020 роках, за часів пандемії відбувається різка зміна в підході до ведення бізнесу – якщо до цього вище згадані інновації використовувалися не скрізь, то тепер це стає необхідністю, яка допомагає втриматися на ринку. Після ослаблення карантинних обмежень у клієнтів лишився запит на зменшення ризиків для власного здоров'я, крім того, вони оцінили зручність використання QR-кодів, які містять посилання на сайт з меню.

Такий вид електронного меню є універсальним для бізнесу. Більше не потрібно робити фото меню для розміщення в соціальних мережах та на гугл мапах, постійно передруковувати його через зміну цін, інгредієнтів чи через будь-яких інших причин. Все що потрібно клієнту – лишити посилання на сторінці, мапах та на столиках у вигляді маленького квадрата.

Тож, діджиталізація меню допомагає розв'язати проблему безпеки та покращити досвід клієнта. Але бізнес досі має утримувати достатню кількість офіціантів та терміналів, щоб мати змогу швидко обслуговувати одразу декілька гостей, підтримувати сайт тощо. Таким чином, актуальним стає створення системи єдиного QR-коду для ресторанів, яка буде містити відгуки, меню, можливість здійснювати оплату та чайових. Якщо людина самостійно може розбити чек, вона не займатиме офіціанта, який своєю чергою зможе продовжувати обслуговувати наступних відвідувачів.

Наряду з пришвидшенням обслуговування, що веде до збільшення потоку клієнтів, бізнес зможе отримати інформацію у вигляді відгуків та оцінок. Збір статистики, визначення найпопулярніших позицій, а також аутсайдерів допоможе проаналізувати та вдосконалити процеси закупівлі, посприяють визначенню тенденцій ринку, прогнозуванню попиту, також дозволять бізнесу зрозуміти, що цінують клієнти, а також ідентифікувати області для поліпшень. Отримання звітності в електронному форматі значно спростить ведення документообігу та знизить ризик втрати документів. Діджиталізація процесів допомагає зменшити кількість ризиків пов'язаних з людським фактором.

Список використаних джерел:

1. Інновації в ресторанному світі. URL: https://reston.ua/kyiv_topics/innovatsii-v-restorannom-mire.

2. ЩО TAKE ДІДЖІТАЛІЗАЦІЯ? URL: <https://webcase.com.ua/uk/blog/didzhitalizacija-biznesa/#f1>

3. Лісова, Р. М. Вплив діджиталізації на бізнес-моделі: етапи та інструменти цифрової трансформації / Р. М. Лісова // Науковий вісник Ужгородського національного університету : серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство / голов. ред. М.М. Палінчак. – Ужгород : Гельветика, 2019. – Вип. 24, № Ч.2. – С. 114–118. – Рез. рос., англ. – Бібліогр. : с. 118.

4. Тітов С.В., Тітова О.В., Чорна О.С. Метод знаходження апроксимацій приблизних множин з використанням систем числення // Системи обробки інформації. № 2(173), 2023, с. 58–62.

ПРИКЛАДНІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

Ціпковський В.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки,

м. Харків, Україна

e-mail: vadym.tsipkovskiy@nure.ua

This work is devoted to assessing the applied applications of computer vision systems in different spheres of human's life. The exploration of the diverse ways in which the computer vision technology is utilized in practical contexts across the various fields was made. Through the analysis of real-world scenarios, this work delves into how computer vision systems are employed in sectors such as healthcare, manufacturing, transportation, surveillance, and entertainment. By examining specific use cases and implementations, research gains insights into the effectiveness, challenges, and potential advancements of these systems. Overall, investigating the applied applications of computer vision systems offers valuable perspectives on their impact on industry and human experiences.

Сфера комп'ютерного зору – це сфера штучного інтелекту, яка використовує машинне та глибоке навчання, щоб дозволити комп'ютерам бачити, виконувати розпізнавання образів і аналізувати об'єкти на фотографіях і відео так само, як це роблять люди. Комп'ютерне бачення швидко набирає популярності для віддаленого моніторингу та автоматизації. Робота з комп'ютерним баченням має величезний вплив на компанії в різних галузях, від роздрібної торгівлі до безпеки, охорони здоров'я, будівництва, автомобілебудування, виробництва, логістики та сільського господарства. Системи комп'ютерного зору використовують камери для отримання візуальних даних, моделі машинного навчання для обробки зображень і умовну логіку для автоматизації конкретних прикладних випадків використання. Розгортання штучного інтелекту на крайніх пристроях, так званого периферійного інтелекту, полегшує реалізацію масштабованих, ефективних, надійних, безпечних і приватних реалізацій комп'ютерного зору.

У виробництві розпізнавання зображень застосовується для огляду, аналітики продуктивності, контролю якості, віддаленого моніторингу та автоматизації системи. Аналітика продуктивності відстежує вплив змін на робочому місці, як працівники витрачають свій час і ресурси, а також запроваджує різні інструменти. Такі дані можуть надати цінну інформацію про управління часом, співпрацю на робочому місці та продуктивність співробітників. Стратегії економічного управління комп'ютерним баченням спрямовані на об'єктивну кількісну оцінку процесів за допомогою систем бачення на основі камер. Програми для розумних камер забезпечують масштабований метод для реалізації автоматизованого візуального контро-

лю та контролю якості виробничих процесів і виробничих ліній на розумних заводах. Таким чином, глибоке навчання використовує виявлення об'єктів у реальному часі, щоб забезпечити кращі результати (точність виявлення, швидкість, об'єктивність, надійність) порівняно з трудомісткою перевіркою вручну. Порівняно з традиційними системами, ШІ-інспекція використовує методи машинного навчання, які є дуже надійними та не потребують дорогих спеціальних камер і негнучких налаштувань. Отже, методи бачення штучного інтелекту дуже гарно підходять для масштабування багатьох виробничих локацій і фабрик.

Зараз комп'ютерний зір відіграє життєво важливу роль в службах безпеки. Деякі з його відомих застосувань: автентифікація обличчя, виявлення фейкових новин та камери відеоспостереження, котрі відстежують незвичайні дії. Розпізнавання обличчя та автентифікація є важливою програмою безпеки, за допомогою якої комп'ютерний зір може виявити чиєсь обличчя та зіставити його з базою даних осіб у розшуку. Фейкові новини є великою причиною неспокою в суспільстві. Це може спричинити хаос, а іноді навіть призвести до насильства. Комп'ютерний зір і глибоке навчання можуть допомогти у виявленні цих фейків і видаленні неправдивих новин. Камери відеоспостереження в поєднанні з глибоким навчанням і комп'ютерним зором можуть допомогти нам виявити незвичайні дії, такі як крадіжки, пограбування, переслідування та інші шкідливі дії, такі як бійки. Гарним прикладом програми для виявлення подібних дій є японський стартап для виявлення крадіжок VAAKEYE [1].

З моменту появи глибокого та машинного навчання сфера охорони здоров'я отримала багато переваг. Деякі програми включають точне вимірювання втрати крові, виявлення раку, більш точну діагностику, інтерактивне медичне зображення, автоматичне створення медичних звітів. Однією з найбільших причин смертності під час пологів є післяпологова кровотеча. Це відбувається в основному через надмірну втрату крові. Використовуючи комп'ютерний зір, лікарі можуть точно виміряти, скільки крові було втрачено під час процесу пологів, і, отже, лікувати жінок більш належним чином. Сучасні алгоритми глибокого навчання та велика кількість даних звели до мінімуму помилкові діагнози. Комп'ютерне бачення для медичної візуалізації дозволяє 3D-візуалізацію в зручній, інтерактивній та детальній формі. Зразком успішної програми котра використовується для даних цілей є ADAS3D [2]. Тепер глибоке навчання та комп'ютерний зір можна використовувати для візуального аналізу інтерактивних 3D-моделей, щоб поставити точніші медичні діагнози. Широке використання даних медичних зображень дозволило комп'ютерному зору та глибокому навчанню створювати точні та правильні звіти на основі медичних зображень, наприклад, виявлення захворювань легенів за допомогою рентгенівського зображення. Передача даних МРТ, рентгенівських знімків, комп'ю-

терної томографії та інших джерел в алгоритми автоматично створюватиме звіти та витягуватиме поглиблену інформацію.

Комп'ютерний зір стає все більш важливим інструментом для аграрних підприємств у сучасному світі. Ця технологія використовується для моніторингу та управління виробничими процесами в сільському господарстві, що дозволяє оптимізувати виробництво та підвищувати його ефективність. Комп'ютерний зір може використовуватися для аналізу стану рослин, виявлення хвороб, шкідників або стресових умов. Високоточні камери та програмне забезпечення спроможні виявляти навіть найменші зміни в рослинах, що дозволяє оперативно реагувати на проблеми та зменшувати втрати врожаю. Завдяки комп'ютерному зорові можна автоматизувати процеси вирощування культур, визначати оптимальний час для поливу, внесення добрив чи захисту від шкідників. Це дозволяє зменшити використання ресурсів і збільшити врожайність. Комп'ютерний зір може допомагати аналізувати стан ґрунту на полях, виявляти його характеристики та потенційні проблеми. Це дозволяє вчасно коригувати агротехнічні заходи та використовувати ресурси з ефективністю. Також, за допомогою комп'ютерного зору можна автоматично визначати врожайність на полях, оцінювати якість та кількість врожаю, що допомагає планувати збирання та зберігання продукції. Гарним рішенням для аграрних підприємств є FarmBeats [3] від Microsoft, ця платформа використовує штучний інтелект, у тому числі комп'ютерне зір, щоб допомогти фермерам стежити за посівами, худобою та станом ґрунту. Він використовує аерофотознімки та датчики для надання інформації та рекомендацій щодо оптимізації роботи ферми.

Комп'ютерний зір – це динамічно розвиваюча галузь штучного інтелекту, яка має значний потенціал для зміни світу на краще.

Список використаних джерел:

1. These Cameras Can Spot Shoplifters Even Before They Steal // Bloomberg : американська компанія, провайдер фінансової інформації. URL:<https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-03-04/the-ai-cameras-that-can-spot-shoplifters-even-before-they-steal> (дата звернення: 20.12.2023).
2. Improved safety with 3D thermal ranging for ADAS/AV applications // ADS : онлайн база даних з понад 16 мільйонів документів, розроблених національним управлінням з авіації та дослідження космічного простору. URL:<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022SPIE12107E..1OG/abstract> (дата звернення: 11.12.2023).
3. FarmBeats: An IoT Platform for Data-Driven Agriculture // Usenix : американська некомерційна членська організація, що підтримує дослідження передових обчислювальних систем та операційних систем. URL:<https://www.usenix.org/conference/nsdi17/technical-sessions/presentation/vasisht> (дата звернення: 07.01.2024).

**ВИЯВЛЕННЯ ДРОНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ
КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ЯК ЕЛЕМЕНТ ЗАХИСТУ
КОНФІДЕНЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

Шевченко О.Т.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Безсонов О.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: oleksii.shevchenko1@nure.ua

This paper addresses the crucial issue of confidential information security in the context of the rapidly evolving technological landscape, focusing on the challenges posed by the unauthorized use of unmanned aerial vehicles (UAVs), or drones. The increased accessibility and sophistication of drones have escalated the risks to privacy and security across various sectors, including military, commercial, state institutions, and private individuals. This situation underscores the urgency of developing reliable drone detection methods.

У сучасному світі, де технології розвиваються стрімкими темпами, питання безпеки конфіденційної інформації набуває особливої актуальності. Одним із нових викликів у цій сфері є несанкціоноване використання безпілотних літальних апаратів, або дронів, для шпигунства та збору конфіденційних даних. Зростаюча доступність і складність дронів ставить під загрозу приватність та безпеку не лише військових об'єктів, а й комерційних установ, державних установ, а також приватних осіб. У цьому контексті, розробка надійних методів детектування дронів є нагальною необхідністю.

Детектування дронів за допомогою комп'ютерного зору відкриває нові можливості для забезпечення безпеки. Комп'ютерний зір – це галузь штучного інтелекту, що займається розробкою алгоритмів, здатних інтерпретувати та обробляти зображення та відео. Використання цих технологій для виявлення та відстеження дронів може стати ключовим елементом у системах безпеки.

В Україні як і в інших країнах розвиток законодавства не встигає за розвитком технологій та збереженням інформації, так у статті [1] розглядаються проблеми, які несуть дрони у захисті конфіденційної інформації. Комп'ютерний зір може виступати як технологія, що полегшить виявлення та розпізнавання дронів для забезпечення охорони об'єктів, які можуть бути у приватній або державній власності. Перспективними моделями які показують велику ефективність є сімейство YOLO [2].

За результатами практичних експериментів [3] було розглянуто можливість детектування дронів за допомогою YOLOv5 та наведені порівняння з минулою моделлю цього типу у табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняння результатів детектування

Модель	F1 Показник	mAP50
YOLOv4	0.79	0.7436
YOLOv5	0.896	0.904

Але розглядаючи це питання потрібно більш комплексно підходити до збору тестових даних, бо враховуючи, що ці дані можуть бути корисними не тільки в дослідницьких проектах, але й на практиці – вони стають доволі цінним продуктом. Тому розвиток таких ініціатив як у сегментуванні зображень [4, 5] та надані результатів у відкритий доступ набагато полегшує роботу дослідникам у сфері детектування БПЛА.

Підсумовуючи, можна зауважити, що нав'язливе порушення приватності стає все більш нагальною проблемою, спричиняючи зростання потреби в розробці надійних методів та інструментів для виявлення дронів. Дослідження, представлене вище, демонструє, що моделі комп'ютерного зору, зокрема ті, що належать до сімейства YOLO, продемонстрували здатність до удосконалення та ефективності, що робить їх потенційно корисними для інтеграції в більш складні системи виявлення. Це підкреслює важливість подальшого вдосконалення технологій комп'ютерного зору не лише для забезпечення безпеки, але й для захисту особистого простору від неавторизованого спостереження. Розвиток та адаптація таких моделей відкривають шлях до створення більш ефективних систем безпеки, здатних протистояти сучасним викликам у сфері приватності.

Список використаних джерел:

1. Des Butler (2019) Drones and invasions of privacy: an international comparison of legal
2. Redmon, J. (2016) You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection., 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)
3. Kumar Shandilya , Aditya Srivastav , Kyrylo Yemets , Agni Datta , Atul ya K. Nagar , 2023, Data in Brief, Volume 50
4. Burchan Aydin, Subroto Singha, 2023, Drone Detection Using YOLOv5, Eng, Volume 4, Issue 1
5. Gorokhovatskyi, V., Peredrii, O., Tvoroshenko, I., Markov, T. (2023) Distance matrix for a set of structural description components as a tool for image classifier creating, Advanced Information Systems, 2023, 7(1), pp. 5–13.

УДК 004.8:004.934

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ GPT-МОДЕЛЕЙ OPENAI ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВІДПОВІДЕЙ НА ОСНОВІ ВЛАСНОГО КОНТЕНТУ

Широкорад К.А.

Науковий керівник - доц. Яковлева О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

e-mail: kseniia.shyrokoraad@nure.ua

This research explores the application of OpenAI's GPT models in education, focusing on retraining them to provide customized responses aligned with instructional material. By leveraging GPT models, the study aims to enhance teaching quality and student engagement by addressing queries and clarifying educational topics. It examines two retraining approaches and suggests the use of the LangChain framework for optimization. Overall, the research demonstrates the practicality of utilizing GPT models for tailored educational support, offering potential advancements in web development and educational tools.

Прогрес в галузі Computer Vision та розвиток Language Model (LLM) відкривають безліч можливостей для впровадження їх у різноманітні сфери [1]. Зокрема, використання GPT-моделей OpenAI в освіті виявляється дуже актуальним напрямком інновацій. Перш за все, великий обсяг контенту, що генерується такими моделями, може служити цінним інструментом для вивчення та навчання. Однак основним перевагам є можливість вивільнення часу викладача, особливо у ситуаціях з великими потоками студентів. GPT-моделі можуть ефективно взаємодіяти зі студентами, надаючи відповіді на їх запитання та допомагаючи розкрити теми, що залишилися непоясненими після лекцій. Такий підхід сприяє покращенню якості освіти та сприяє розвитку інновацій у сфері освіти.

Робота присвячена дослідженню моделей GPT від OpenAI для створення відповідей на основі власного контенту з метою використання даних моделей у навчальному процесі. Тобто метою є «донавчити» модель GPT відповідати згідно навчально-методичного матеріалу, що супроводжує дисципліну під час її викладання. Це дозволить студентам швидко орієнтуватися як в безпосередньо в навчальному матеріалі, так і мати відповіді щодо організаційної інформації. Наприклад, студент може отримати відповіді на такі організаційні питання:

- що має містити в собі звіт з лабораторної роботи;
- на які питання потрібно вміти відповідати, щоб захистити лабораторну роботу за конкретною темою;
- скільки сторінок повинна мати записка до курсової роботи;
- яке програмне забезпечення буде необхідне на лабораторних роботах.

Звісно, відповіді на такі питання можна знайти витративши час та передивившись багато матеріалу, але можна донавчити GPT модель і отримати відповідь миттєво.

Існує два варіанти донавчання моделей GPT [2]:

- класичне донавчання моделі GPT із зміною вагів нейронної мережі;
- «донавчання» на основі передачі власного контенту (базі знань) під час звертання до моделі GPT.

Обидва підходи мають переваги та недоліки. Часто обирається підхід «донавчання» на основі власного контенту за такими причинами: зберігається конфіденційність власних даних; не потрібні витрати гроші та час на створення великого датасету для навчання; не потрібно платити за донавчання на платформі вартість OpenAI; можливість використання в режимі реального часу найактуальнішої інформації для генерації відповідей.

В роботі був використано другий підхід, суть якого полягає у звертанні до GPT моделі через API та передачі моделі заздалегідь підготовленого контенту, на основі якого вона сформує відповідь [3].

Для роботи з моделями GPT через API існують наступні ролі: system (промпт, який пояснює моделі, що їй потрібно робити); user (запит користувача); assistant (відповідь моделі). Для передачі власного контенту моделі можна використати роль system, та попросити модель для відповіді використовувати тільки наданий документ. Але моделі GPT мають обмеження на об'єм загальної інформації, що може міститися у ролях system, user, assistant. Наприклад, для моделі GPT-3.5 Turbo-1106 цей об'єм складає 8,192 токенів, для GPT-4 Turbo – 128 токенів, але використання моделі GPT-4 Turbo приблизно у 10 разів дорожче. Для скоротчення об'єму в роботі запропоновано використовувати фреймворк LangChain – фреймворк з відкритим вихідним кодом, який реалізує велику множину задач для спрощення розроблення застосунків із використанням моделей LLM, таких як GPT, BERT, T5 та інші.

Таким чином, алгоритм «донавчання» за власним контентом буде складатися з таких кроків:

- зчитується запит користувача та записується до «user»;
- за допомогою LangChain знаходяться фрагменти з власного контенту, які якнайкраще відповідають запиту;
- налаштовуються параметри для формування відповіді (temperature, verbose); формується промпт для GPT;
- додаються знайдені фрагменти та промпт до «system»;
- відправляється до ChatGPT «system» та «user»;
- отримується відповідь «assistant» від моделі GPT;
- відповідь надається користувачу.

В роботі можливість використання моделі GPT генерувати відповідь протестована для дисципліни «Бази даних та інформаційні системи», яка викладається у Харківського Університету Радіоелектроніки. Було спробу-

вано декілька варіантів промптів, один з яких показаний на рис. 1. На рис. 2 наведено приклад відповіді моделі GPT з використанням промпту з рис. 1.

Ти тьютор (викладач) для студентів, які вивчають дисципліну "Бази даних та інформаційні системи" на кафедрі Інформатики Харківського Університету Радіоелектроніки. Дисципліна складається з лекцій, практичних занять, лабораторних робіт та курсової роботи. У тебе є всі матеріали: лекційний матеріал, методичні вказівки з лабораторних робіт, курсового проекту, в яких міститься безпосереднього сам матеріал за змістом дисципліни, а також організаційна інформація. Тобі студент ставить запитання. Дай йому відповідь, спираючись на документ, відповідай максимально точно за документом, не вигадуй нічого від себе. Не згадуй документ під час відповіді, студент нічого не повинен знати про документ, за яким ти відповідаєш. Не відповідай "За даними з документу". Відповідай згідно такого контенту:

Рисунок 1 – Приклад промпту

```
temperature=1
verbose=0
# питання студента
topic='скільки сторінок повинна мати записка до курсової роботи та з яких розділів складатися?'
ans=answer_user_questionNew(system_doc_url, knowledge_base_url, topic)
ans
```

' Записка до курсової роботи повинна мати від 40 до 55 сторінок. Вона повинна складатися з таких розділів: титульний аркуш, завдання на дипломний проект, реферат, зміст,\n перелік умовних позначень, вступ, змістовну частину (суть пояснювальної записки), висновки, перелік посилань і додатки.'

Рисунок 2 – Приклад відповіді GPT моделі

Таким чином, результати досліджень показали доцільність використання моделей GPT від OpenAI для створення відповідей на основі власного контенту. Таке рішення може бути використано у веб-застосунках або telegram ботах з метою супроводження навчального процесу.

Список використаних джерел:

1. Yakovleva, O., Kovač, M., Ardasov, V. & Yeremenko, I. (2023). Study on adding functionality to the Zoom online conference system for monitoring the participant activities. Public Administration and Regional Development, 19(1), pp. 158–184.
2. Yakovleva, O., Nebeský, L., Kirichenko, A. (2023) Using the GPT models for responses based on custom content to develop neural consultant for university applicants. Abstracts of V International Scientific and Practical Conference. Madrid, Spain. pp. 172–178.
3. OpenAI platform. (2023), from <https://platform.openai.com/docs/quickstart>

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ У СФЕРІ ТЕХНОЛОГІЙ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ

Шкарупа А.О.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Тітова О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

тел.: +38(099) 442-98-65, e-mail: alona.shkarupa@nure.ua

In the digital world, images play a key role in visual communication. Image recognition and classification supported by artificial intelligence are becoming increasingly important tasks. Efforts are being made to improve algorithms and reduce computational costs. Transfer Learning and TensorFlow contribute to solving classification problems. Methods of interpreting the results help to understand the solutions of the models. The future of classification technologies promises development in the directions of 3D images, virtual reality and real-time data processing.

У сучасному цифровому світі зображення стали одним з основних засобів візуальної комунікації, що знаходяться в усьому: від фотографій і відео до медичних зображень та супутникових знімків. Розпізнавання та класифікація цих зображень стають дедалі більш важливими завданнями в контексті розвитку сучасних технологій [1]. Технології класифікації зображень, засновані на штучному інтелекті, розроблені з метою розуміння та аналізу великих обсягів візуальної інформації з метою автоматизації процесів в різних сферах людської діяльності.

Проте розвиток технологій класифікації зображень не зупиняється на досягнутому. Сучасні дослідження зосереджені на вдосконаленні алгоритмів, підвищенні точності класифікації, зменшенні обчислювальних витрат та розширенні можливостей застосування. Також активно вивчаються питання інтерпретації результатів класифікації, оскільки важливо розуміти, як саме нейронні мережі приймають рішення та наскільки можна довіряти їхнім результатам.

Однією з ключових тенденцій є використання аугментації даних для підвищення точності класифікації. Цей підхід дозволяє збільшити кількість доступних прикладів у навчальному наборі, що може покращити здатність моделі до узагальнення на нові дані.

У випадку класифікації одягу, аугментація даних може бути особливо корисною. Наприклад, застосування обертання може допомогти моделі навчитися розпізнавати одяг з різних кутів. Зміщення та зміна масштабу можуть допомогти моделі розпізнати одяг різних розмірів та відстаней до камери [1].

Інші трансформації, такі як зміна яскравості та контрастності, також можуть допомогти створити більш різноманітний набір даних, що підви-

щить точність класифікації. Важливо підкреслити, що при використанні аугментації даних необхідно уникати занадто агресивних трансформацій, які можуть спотворити зображення і погіршити якість навчання моделі.

Іншою важливою тенденцією є використання Transfer Learning для покращення результатів класифікації. Цей метод передбачає використання попередньо навчених моделей, наприклад, на наборі даних ImageNet [2], для розв'язання нової задачі класифікації зображень. Це дозволяє досягти високої точності класифікації навіть на невеликих наборах даних.

Згорткові нейронні мережі (CNNs) залишаються основним інструментом для класифікації зображень. Останні тенденції містять в собі розробку більш ефективних та потужних архітектур CNNs, що дозволяє досягти ще кращих результатів у класифікації зображень [3, 4].

Ще одним популярним інструментом для реалізації моделей глибокого навчання, включаючи класифікацію зображень є TensorFlow. Він має гнучкість, підтримує різні архітектури нейронних мереж, зокрема згорткові (CNNs), та Transfer Learning. Розширені засоби візуалізації допомагають аналізувати результати, а підтримка великих даних і обчислювальних ресурсів робить його ідеальним для складних моделей класифікації зображень.

Однією з важливих тенденцій є розвиток методів інтерпретації результатів класифікації. Це дозволяє зрозуміти, як саме модель приймає рішення, що є важливим для підвищення довіри до її результатів та для виявлення можливих помилок чи перекосів у результаті.

Можливими напрямками розвитку є вдосконалення алгоритмів для роботи з 3D-зображеннями, розширення застосувань у сфері віртуальної реальності та розробка методів для роботи з великими обсягами даних в реальному часі.

Список використаних джерел:

1. He K., Fan H. Momentum Contrast for Unsupervised Visual Representation Learning: Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2021 P. 9729–9738.
2. Russakovsky O., Deng J., Su H., Krause J., Satheesh S., Ma S., Berg A. C. ImageNet large scale visual recognition challenge // International Journal of Computer Vision. 2015. 115(3). P. 211–252.
3. Khan, S., Ma, Z., & Liu, X. (2021). A survey of recent advances in CNN-based single image crowd counting and density estimation. Pattern Recognition Letters, 145, 10–22.
4. Тітов С.В., Тітова О.В., Чорна О.С. Метод знаходження апроксимацій приблизних множин з використанням систем числення // Системи обробки інформації. №2(173), 2023, с. 58–62. DOI: 10.30748/soi.2023.173.07

Шовковий Є.І.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Машталір В.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

тел.: +38(096) 784-85-89, e-mail: yevhenii.shovkovyi@nure.ua

The development of software for automatic sign language translation plays a crucial role in fostering social inclusion for individuals with hearing impairments. Addressing the challenge of social inclusion for those with hearing disabilities is a pressing issue, necessitating solutions within the framework of advancing IT and legislative measures that safeguard the rights and equal opportunities of individuals with disabilities. The research focuses on automated sign language translation methods utilizing intelligent technologies. The objective of this study is to develop and explore methods for automating sign language, aiming to enhance the overall quality of life for individuals with hearing impairments.

Мова жестів (Sign Language – англ.) представляє собою один із найдавніших методів міжособистісного спілкування для людей із порушеннями слуху у різних культурах, і вона має власні правила та норми. Незважаючи на те, що мова жестів є так само важливою, як і вербальна мова, вона не отримала достатньої уваги в дослідженнях з боку науковців. Підвищення рівня усвідомленості та розуміння широкою громадськістю труднощів, з якими зіштовхуються люди із вадами слуху, сприятиме зменшенню дискримінації та покращенню ставлення до цієї групи осіб. Для вирішення цих завдань важливо залучити експертів та фахівців у галузі сурдоперекладу, лінгвістики, штучного інтелекту та програмного забезпечення, які спрямовані на комплексне розв'язання викладених проблем.

Метою даної роботи є дослідження, розробка та вивчення засобів автоматизації сурдоперекладу, що спрямовані на підвищення ефективності комунікації для осіб із вадами слуху.

Задачі дослідження: розробка способів конвертації жестової мови в текст, трансформації тексту в жестову мову та автоматизації перекладу між різними жестовими мовами з використанням сучасних інтелектуальних технологій; проведення практичного та аналітичного тестування запропонованих методів автоматизації сурдоперекладу та визначення перспектив їх застосування.

Запропонована у цьому дослідженні технологія передбачає використання методів конвертації жестової мови в текст (завдання А) та трансформації тексту в жестову мову (завдання В) за допомогою нейронних мереж та 3D-анімації.

Технології перекладу жестової мови в текст (SL-to-Text) представляють собою різноманітний набір методів, які дозволяють конвертувати жести, використовувані в жестовій мові (ЖМ), в письмовий текст.

Запропонований метод SL-to-Text можна розглядати як послідовність трьох етапів:

- фіксування рухів і жестів усіх частин тіла за допомогою відеопристроїв та відповідних програмних засобів;
- визначення форми руки та її просторового розташування на зображенні з використанням алгоритмів комп'ютерного зору;
- використовується модель конволюційної нейронної мережі (CNN), яка тренується на датасетах відео жестів, які імпортуються або генеруються самостійно.

Метод Text-to-SL можна розглядати як послідовність чотирьох етапів:

- формування вихідного тексту для перекладу на жестову мову зі збереженням оригінального смислу та ідеї, вкладеної у текст;
- вибрати жести або їх набори, які максимально відповідають семантиці концептів тексту, використовуючи словники ЖМ, зокрема, ASL Pro Dictionary, Lifepoint, Signing Saavy тощо;
- формування наборів послідовностей жестів, які передають семантику тексту;
- графічна візуалізація жестів із використанням анімованого 3D-персонажу.

Таким чином, поєднавши цих 2 запропоновані методи можна отримати новий – метод перекладу SL1-to-SL2. Потенційною областю подальших досліджень у цьому напрямку є вдосконалення методів перекладу з однієї жестової мови (SL1) на іншу (SL2) за допомогою різних архітектур нейронних мереж, а також створення відкритих датасетів, що включають розширені набори відео-жестів та словників концептів для різних жестових мов. Новизною роботи є запропонований метод перекладу з однієї жестової мови на іншу жестову мову.

Список використаних джерел:

1. Shovkovyi Y., Grinyova O., Udovenko S., Chala L. Automatic sign language translation system using neural network technologies and 3D animation // Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2023. Vol. (4(26)). P. 108–121. <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.26.108>
2. Mashtalir S V., Nikolenko O. V. Data preprocessing and tokenization techniques for technical Ukrainian texts // Applied Aspects of Information Technology. 2023. Vol. 6. No. 3. P. 318–326. <https://doi.org/10.15276/aait.06.2023.22>

**АНАЛІЗ ТА РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ СЕГМЕНТАЦІЇ КЛІТИН
НА МІКРОПРЕПАРАТАХ**

Яковенко А.П.

Науковий керівник – проф. Аврунін О.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ШІ,
м. Харків, Українаe-mail: anton.iakovenko@nure.ua

This research explores the development of algorithms for cell segmentation in microscopic slides, addressing the challenges posed by the high variability of cell structures and noise in microimages. A comprehensive review of existing segmentation methods, including the influence of different neural network architectures, forms the foundation for the proposed deep learning-based approach. The algorithms, adapted to the specific features of microscopic preparations, will be able to show promising experiments on real cell samples, showcasing their potential impact on advancing medical diagnostics and contributing to the automation of research laboratories.

У сучасному науковому світі розвиток методів комп'ютерного зору виявляється ключовим напрямком для удосконалення біологічних досліджень [1]. Поєднання високоточних зображень та алгоритмів аналізу відкриває нові можливості у розумінні клітинних процесів [2].

Процеси автоматичної комп'ютерної обробки зображень клітин в мікропрепаратах грає важливу роль у визначенні структури та стану тканин, що є критичним для точної діагностики захворювань та вивчення біологічних механізмів. Для цього використовуються алгоритми розпізнавання і сегментації об'єктів на зображеннях. Мікропрепарати характеризуються великою різноманітністю клітинних структур та високим ступенем деталізації, що створює виклики для точної сегментації через ймовірну наявність шуму, нерівномірної контрастності зображення, обмеженої роздільної здатності фрагмента зображення з об'єктом, оклюзій, зміни положень об'єктів у хронологічному ряді зображень, тощо [3]. Висока варіабельність клітинних структур та можливість появи артефактів на зображеннях створюють проблеми для існуючих алгоритмів сегментації [4].

Використання глибокого навчання виявляється перспективним підходом для покращення точності сегментації та адаптації до різноманітних структур клітин на мікропрепаратах. Розроблені алгоритми повинні бути спеціально адаптовані до особливостей мікропрепаратів, враховуючи їхню велику варіабельність. Введення автоматичних механізмів виявлення та корекції помилок допомагає покращити надійність алгоритмів сегментації в умовах високої варіабельності [5].

Метою доповіді є аналіз наявних методів сегментації зображень з визначенням їхніх особливостей, переваг та недоліків, а також основних на-

прямків для подальшого вдосконалення, необхідного для ефективного вирішення задачі сегментації клітин. Задля того щоб отримати можливість використовувати ці алгоритми, їх комбінації або модифікації в медичних дослідженнях.

В доповіді розглядаються існуючі алгоритми сегментації зображень, оцінюється їх доцільність і ефективність використання у заданій предметній області. А також ймовірні шляхи покращення для отримання більш чітких результатів з оглядом на перспективу створення похідних алгоритмів, які гіпотетично даватимуть якісніші результати у межах задач сегментації клітин на біомедичних зображеннях.

Список використаних джерел:

1. O. Gryshkov, M.Tymkovych, O. Avrunin, B. Glasmacher et al. Ethylene glycol improves cryopreservation of cell-seeded electrospun scaffolds in cryobags // Abstracts of 8th European Medical and Biological Engineering Conference (EMBEC 2020), 29 November – 3 December, Portorož, Slovenia – 2020. – P.169.

2. Tymkovych, M., Avrunin, O., Gryshkov, O., Semenets, V. and Glasmacher, B. “Ice crystals microscopic images segmentation based on active contours”, IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology, 493–496 (2019).

3. Tymkovych, M. Y., Gryshkov, O., Selivanova, K. G., Mutsenko, V., & Glasmacher, B. (2019). Multiscale quantitative analysis of microscopic images of ice crystals. 46th ESAO Congress. The International Journal of Artificial Organs, (42), 429.

4. Kovalova A., Shushliapina N., Avrunin O., Zlepko A., Pugach S., Burennikova N., Smailova S. Possibilities of automated image processing at optical capillaroscopy. In Optical Fibers and Their Applications. 2020. Vol. 11456. P. 82–87. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2569772>

5. Tymkovych, M., Gryshkov, O., Selivanova, K., et al., “Application of Artificial Neural Networks for Analysis of Ice Recrystallization Process for Cryopreservation”, IFMBE Proceedings 102, (2021). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-64610-3>

ГЕНЕТИЧНІ АЛГОРИТМИ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАДАЧ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Ясько О.С.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Любченко В.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,
м. Харків, Україна

тел.: +(38) 068-061-94-75, e-mail: oleh.iasko@nure.ua

This work is focused on researching of artificial intelligence integration into the Traveling Salesman Problem (TSP) using Genetic algorithm. As time and precision are the key factors in the area as logistics, the work aims to provide an introduction to a method that can be applied in order to increase effectiveness of evolution algorithms for route planning. A method that only expands the possibilities for genetic operators such as selection, crossover, mutation and replacement which represent the real life evolution process.

Кожен день ми спостерігаємо як штучний інтелект набуває все більшої швидкості розвитку. Бізнеси від малого до великого намагаються відповідати темпу, який задають технології та використовувати це на свою користь. Сфера логістики, а саме проблема комівояжера, не є виключенням, коли кажуть про інтеграцію штучного інтелекту в складні системи.

Транспортна задача залишається актуальним питанням, оскільки ресурс часу є головним в житті людини. Одними із методів, які автоматизують процес знаходження оптимального шляху, залишаються еволюційні алгоритми.

Метою цієї роботи є дослідження способу навчання логістичної системи, яка використовує генетичні алгоритми, за допомогою нейронних мереж на основі відгуків користувачів. Робота з такими даними буде покращувати ефективність побудови маршрутів в реальному часі.

Для реалізації цього методу необхідно зібрати такі дані як інформація про маршрути, час, вартість, відстань, а також відгуки користувачів про ці маршрути. Їх підготовка для використання в моделі може включати фільтрацію даних, форматування, кодування категоріальних змінних тощо. Визначається функція, яка буде вимірювати вартість або ефективність маршруту з урахуванням відгуків.

Важливим етапом є вибір моделі навчання. Нею може бути нейронна мережа, регресійна модель або класифікатор. Нейронні мережі, зокрема звичайні штучні нейронні мережі (ANN) або глибокі нейронні мережі (DNN), можуть бути використані для прогнозування оптимальних маршрутів на основі великої кількості вхідних ознак. Регресійні моделі, такі як лінійна регресія, дерева рішень, випадковий ліс або градієнтний бустінг, можуть бути використані для прогнозування числових значень, таких як вар-

тість маршрутів або час доставки. Класифікатори, наприклад, метод опорних векторів (SVM), може бути використаний для класифікації маршрутів за категоріями або типами. Наприклад, він може визначити, чи є маршрут швидким або повільним, економічним чи затратним, оптимальним для певних типів користувачів.

Обрана модель має пройти тестування за допомогою валідаційних метрик:

Точність класу (Class Accuracy): метрика вимірює точність прогнозів для кожного окремого класу. Вона корисна у випадку, коли важливо знати, наскільки добре модель прогнозує кожен клас окремо.

F1-міра (F1-Score): гармонічне середнє між точністю та повнотою. Вона використовується для оцінки якості бінарних класифікаторів та враховує як точність, так і повноту моделі.

Слідкуючи за запитамі клієнтів, необхідно корегувати підхід до навчання задля пошуку найкращого рішення для їх потреб.

Список використаних джерел:

1. Aybars Uğur, Serdar Korukoğlu, Ali Caliskan, Muhammed Cinsdikici, Ali Alp , Department of Computer Engineering (2009). “Genetic algorithm based solution for TSP on a sphere”, Mathematical and Computational Applications, Vol. 14, 219-228. Взято 5 лютого 2024 року з: https://www.researchgate.net/publication/228710887_Genetic_Algorithm_Based_Solution_for_TSP_on_a_Sphere

2. Rathindra Nath Mohalder, Dr. Md. Alam Hossain, Nazmul Hossain (2024). Classifying the supervised machine learning and comparing the performances of the algorithms 12(1), 422–438. Взято 10 лютого 2024 року з: https://www.researchgate.net/publication/377852289_CLASSIFYING_THE_SUPERVISED_MACHINE_LEARNING_AND_COMPARING_THE_PERFORMANCES_OF_THE_ALGORITHMS

3. Omar M.Sallabi (2009) “An Improved GeneticAlgorithm to Solve the Travelling SalesmanProblem” World Academy of Science,Engineering and Technology, 52. Взято 21 лютого 2024 року з: https://www.academia.edu/99739831/An_Approach_to_the_Travelling_Salesman_Problem_using_Genetic_Algorithm?uc-sb-sw=100916887

4. Zeleniy O., Rudenko D., Lyubchenko V., Lyashenko V. Image Processing as an Analysis Tool in Medical Research // International Journal of Academic and Applied Research (IJAAR). – 2022. – Vol. 6(9). – P. 135–141.

УДК 004.94

**СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ, МАТЕМАТИЧНЕ
ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ**

**STUDYING CATASTROPHES FOR FINDING
THE BEST WAY OUT OF WAR**

Fedosieienko A.O.

Science Supervisor – PhD in Technical Sciences, Ac. Prof. Naumeyko I.V.

Kharkiv National University of Radio Electronics,

Department of Applied Mathematics,

Kharkiv, Ukraine

e-mail: andrii.fedosieienko@nure.ua

У світі науки і техніки настає час, коли вивчення криз і катастроф стає ключовим напрямком досліджень. Надзвичайні події, неврожаї чи, скажімо, війни – все це результати самоорганізації відкритих систем. Важливо розуміти, що розвиток таких систем проходить еволюційний і революційний етапи. Метою цього дослідження є розробка стратегій прогнозування, подолання та відновлення після катастроф. Системи, включаючи людські, технічні та природні компоненти, проходять еволюційні та революційні стадії розвитку, де зростання напруги може призвести до катастрофічних трансформацій.

Scientific research on crises and catastrophes reveals common patterns and helps identify bifurcation points, where even a small impact can lead to a catastrophe. Since any war accelerates the system towards critical points, the task of optimal exit from war essentially comes down to managing the system at the bifurcation point. To obtain a function of control, it is necessary to define and the functioning goal, the process's coordinates, and the control parameters:

$$X = f(y, \alpha, \beta, \dots, \Omega), P = \varphi(y, \alpha, \beta, \dots, \Omega),$$

where y is the system's output; $\alpha, \beta, \dots, \Omega$ are control parameters.

However, in the wartime, the role of the defensive subsystem increases rapidly, which affect the control function of the system:

$$P = \varphi(y, \alpha, \beta, \dots, \Omega) - \mu(x).$$

In Fig. 1, we can see several variants of the system's behavior with expenditures on the defensive subsystem. Regardless of this, increasing expenditures on it approaches the bifurcation moment and affects system's stability during this period. Therefore, optimal control in wartime consists of the ability to correctly assess the threat from the opponent on one hand and the ability to limit the resources going to the defensive subsystem and redirect these resources to transition to a new product (this task also includes the subtask of increasing the efficiency of the defensive subsystem for $\mu(x) \rightarrow 0$), for the optimal passage the bifurcation point.

In Fig. 2, you can see the transition of the system to a new resource under the condition of expenditures on the defense subsystem.

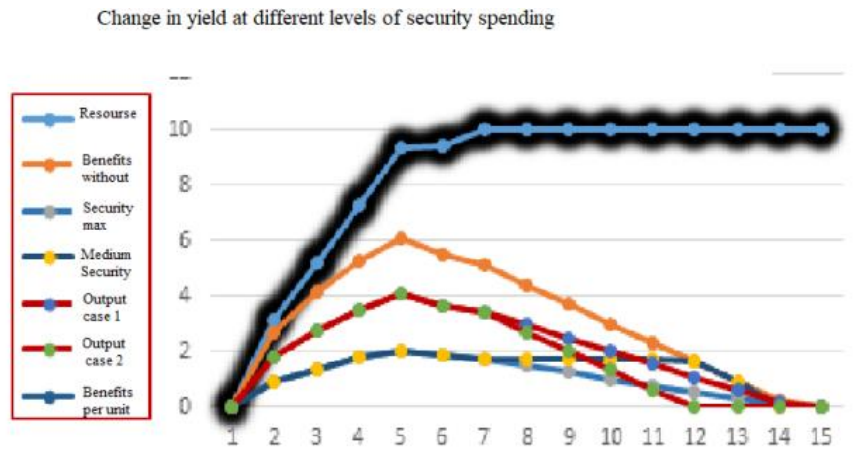


Figure 1 – Dependency of the system's output on defense expenditures

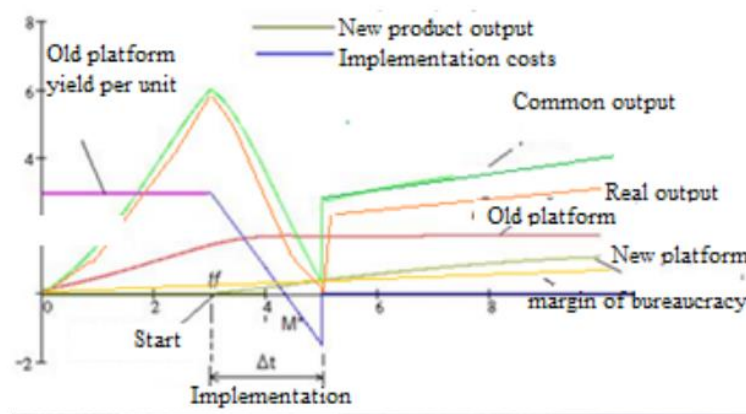


Figure 2 – Dependency of the system's output on marginal defense expenditures

To ensure the system's transition to a new trajectory, the cost function of the defensive subsystem must satisfy inequalities for all non-negative x :

$$\mu(x) < s_0/y - K,$$

where $K = \Omega/\Delta t$ is the proportionality coefficient of structure transformation.

References:

1. Milgrom P., Roberts J. (1990) Rationalizability, learning and equilibrium in games with strategic Complementarities *Econometrica* Vol. 58 (11/1990, pp. 1255–1277 (23 pages). Published By: The Econometric Society.
2. Goodwin, R. M. (1951). The non-linear accelerator and the persistence of business cycles. *Economists*. 19, 1–17.
3. Friedman M. *The Optimum Quantity of Money and other essays*. – Chicago, Aldine Pub. Co., 1969
4. Poston, Tim & Stewart, Ian. (1978).
4. Naumeyko I. Dynamic balance research of protected systems / I. Naumeyko, M. Alja'afreh. *ECONTECHMOD* – 2015, vol. 4, No. 3 – P. 85–90.

RELAXATION OF CONTIGUITY CONSTRAINT IN VARIED-SIZE WINDOW ATTENTION IN VISION TRANSFORMERS

Lukashov D.S.

Science Supervisor – PhD in Technical Sciences, Ac. Prof. Naumeyko I.V.

Kharkiv National University of Radio Electronics,

Department of Applied Mathematics,

Kharkiv, Ukraine

e-mail: dmytro.lukashov@nure.ua

Метою цієї роботи є дослідження можливості подальшої релаксації обмежень у структурі вікон Swin трансформерів із введенням поняття змінного розміру вікна. Ця робота пропонує повністю відійти від вікон та зняти обмеження на те, що механізм самоуваги має бути застосовано між елементами, що знаходяться у неперервному вікні. Вибір елементів між якими має застосовуватись механізм самоуваги пропонується віддати на навчання основному трансформеру, а не окремій мережі.

A crucial part of basically any state-of-the-art deep computer vision network is a special subnetwork called backbone. It is responsible for extracting features from images which are then used by other subnetworks to solve a task in question (classification, detection, segmentation etc.). Currently, one of the best, if not the best, networks to be used as a backbone is swin transformer [1] and its modifications, such as varied-size vision transformer [2].

Swin transformer is a vision transformer that uses so called "shifting windows" to avoid performing MSA (multi-head self-attention) across all patches of an image [3].

Varied-size vision transformers paper relaxes fixed window sizes and non-overlapping constraint, and it also proposes a method to efficiently choose window sizes using a small convolutional network. It also explores a possibility to not use shifting by arguing that is redundant since the overlapping is allowed. In the result, authors have been able to improve the performance of the original swin transformer architecture by a few percents which is a significant amount considering the performance of the modern computer vision algorithms.

The success of the relaxation of the window constraints in swin transformers suggests that it is worth exploring further in this direction. These proceedings propose a method to learn "window" configurations without including any prior knowledge into the initial configuration. However, it is necessary to point out that "window" is no longer a correct word because there is no contiguity constraint, so it is more appropriate to call learned patterns "focus groups".

The obvious downside of the proposed approach is that more data, time and processing resources required to learn focus groups. However, there are two very significant benefits: flexibility and transferability. The first one is obvious, the network is free to learn any configuration that it thinks is appropriate which

can lead to performance improvements. The second one means that it is possible to transfer the approach to other data modalities where it is not obvious or not possible to choose good windows.

To formally define an approach, consider the following two matrices $X \in \mathbb{R}^{s \times d}$ and $W \in \mathbb{R}^{g \times s}$ where s is the sequence length, d is the dimension of a transformer and g is the number of focus groups. Each focus group is defined by the following equation:

$$F^{(i)} = X_{\text{index_of}(\text{topk}(W_i, k), W_i)} \quad (1)$$

There k is the length of a focus group, it is chosen so that $gk = s$ to preserve the sequence length by concatenating $F^{(i)}$ across the first dimension so that it is possible to do the residual connection with the input X . The topk function selects the top k biggest elements of a vector and the index_of function selects the indices in the second argument which correspond to the values in the first. It is obvious that $F^{(i)} \in \mathbb{R}^{k \times d}$. The standard MSA is then applied to each $F^{(i)}$ and the results of that operation are then concatenated as has been mentioned above.

One big problem of this approach is that the functions topk and index_of are non-differentiable. However, this can be easily fixed by defining the operation G in the following way:

$$G(x, w) = x, \partial G / \partial x = 1, \partial G / \partial w = x.$$

This operation acts as an element-wise multiplication where w is assumed to always be 1 (or vector/matrix/tensor of ones). It does not change gradient flow to x but allows w to receive gradients from the network. So, to circumvent the problem in question it is just necessary to extend the equation (1):

$$F^{(i)} = G(X_{\text{index_of}(\text{topk}(W_i, k), W_i)}, \text{topk}(W_i, k)).$$

Essentially what this does is imagining as if the weights W_i were ones and zeros broadcasted to the shape $s \times d$ and were element-wise multiplied with X .

In summary, the proceedings propose to relax the constraints of swin transformers even more than the varied-size window attention does by introducing the notion of learnable focus groups. The potential drawbacks and benefits of such a relaxation have been discussed and the method for learning focus groups have been introduced. The next logical step is to experiment with the approach on different data sets and evaluate its performance.

References:

1. Swin Transformer: Hierarchical Vision Transformer Using Shifted Windows / [Z. Liu, Y. Lin, Y. Cao et al.]. // Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV). – 2021. – P. 10012–10022.
2. VSA: Learning Varied-Size Window Attention in Vision Transformers / Q. Zhang, Y. Xu, J. Zhang, D. Tao. – 2022.
3. Theoretical feasibility of fully linear multiple full-size attentions / D. Lukashov, I. Naumeyko, N. Lukashova. // Information Technology and Implementation (IT&Is-2023) Kyiv. – 2023. – P. 276–278.

**РОЗПІЗНАВАННЯ РІВНЯ ШУМУ ФРАКТАЛЬНОГО
БРОУНІВСЬКОГО РУХУ**

Авсітідійський М.М.

Науковий керівник – д-р техн. наук, проф. Кіріченко Л.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: mykyta.avsitidiyskyi@nure.ua

This work focuses on developing a methodology for assessing the noise level of fractal Brownian motion using machine learning techniques, particularly a convolutional neural network. Input data comprise fractal Brownian motion realizations with varying degrees of noise, and neural network approaches are utilized for their recognition. The findings shed light on the efficacy and reliability of employing such machine learning methodologies in the domain of noise assessment within fractal systems.

Фрактальний броунівський рух (ФБР) є випадковим процесом з властивістю самоподібності на різних масштабах. Це важливий інструмент для моделювання різних складних процесів, таких як фінансові ринки, технічні, інформаційні та природні явища.

ФБР відображає властивості самоподібності, що є характерною рисою багатьох біологічних, фізичних, технічних та інформаційних систем. Ця властивість означає, що система залишається подібною самій собі при збільшенні масштабу, і це спостерігається не лише у фігурах та геометричних об'єктах, а й у сигналах, які вони випромінюють [1]. Дисперсія ФБР має залежність не тільки від часу, як для звичайного броунівського руху, але і від ступеню самоподібності процесу.

Коли наша система, яка може бути промодельована за допомогою фрактального броунівського руху, працює в реальних умовах, вона піддається адитивному шуму. Наприклад, внаслідок турбулентності, система може зазнавати випадкових коливань, які додаються до її основного руху. Цей адитивний шум може призвести до непередбачуваних змін у траєкторії частки, ускладнюючи прогнозування її руху та аналіз системи в цілому. Метою представленої роботи є класифікація траєкторій ФБР з різним рівнем адитивного шуму, за допомогою згорткової нейронної мережі.

Дисперсія – це міра того, наскільки сильно значення ряду коливаються навколо середнього значення. Моделюючи шум з різними значеннями дисперсії, ми досліджуємо його вплив на систему та її середовище. Визначення рівня шуму за значеннями дисперсії дозволяє нам кількісно оцінити його інтенсивність та варіативність. Аналізуючи дисперсію, ми можемо приймати рішення щодо необхідних корекцій чи фільтрації шуму для поліпшення якості даних та результатів моделювання. Автоматизована

оцінка наявного шуму в даних суттєво може облегшити подальший аналіз процесу.

Для класифікації зашумлених траєкторій ФБР, в роботі було використано згорткову нейронну мережу [2]. Вхідними даними для неї є візуальні зображення траєкторій фрактального броунівського руху з шумом різним рівнем дисперсії.

На рис. 1 показано реалізації фрактального броунівського руху з різним ступенем зашумленості, який визначається дисперсією шуму σ^2 .

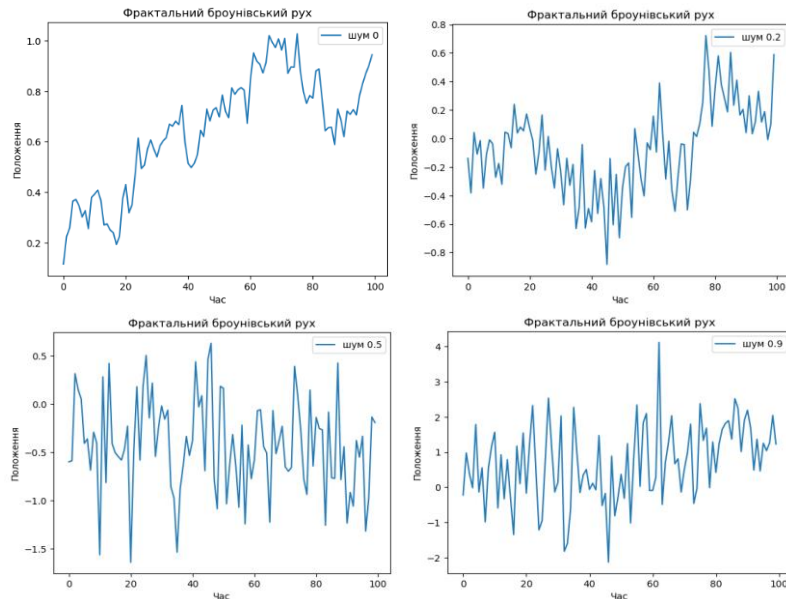


Рисунок 1 – Траєкторії фрактального броунівського руху без зашумленості (вгорі ліворуч), з рівнем зашумленості $\sigma^2 = 0.2$ (вгорі праворуч), з рівнем зашумленості $\sigma^2 = 0.5$ (внизу ліворуч), з рівнем зашумленості $\sigma^2 = 0.9$ (внизу праворуч)

У роботі була проведена класифікація зашумлених траєкторій ФБР за рівнем шуму за допомогою згорткової нейронної мережі. Результати дослідження показали, що згорткова нейронна мережа добре справляється з завданням класифікації. Це важливий крок у напрямку розвитку методів аналізу стохастичних процесів, який може знайти застосування в різних областях науки.

Список використаних джерел:

1. José R. León, Alain Latour, Corinne Berzin (2014). Inference on the Hurst parameter and the variance of diffusions driven by fractional Brownian motion (lecture notes in statistics, 216). Springer.

2. Lyudmyla Kirichenko, Tamara Radivilova, and Vitalii Bulakh. Machine Learning in Classification Time Series with Fractal Properties. Data, Vol. 4, issue 1, 5, pp. 1–13, 2019.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ СТВОРЕННЯ 3D МОДЕЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Безродний В.В.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Єсілевський В.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: vladyslav.bezrodnyi@nure.ua

Methods that use neural networks to create 3D models from raw data such as photos or videos are gaining importance. These methods include 3D Convolutional Neural Networks (3D CNNs), Generative Adversarial Networks (GANs), Variational Autoencoders (VAEs) and Neural Radiance Fields (NeRF). Combining these approaches helps overcome existing limitations, enhancing the accuracy and realism of generated models. Innovations like MIT's Light Field Networks (LFNs) and NVIDIA's GANverse3D exemplify progress in this field. Combines the advantages of GAN and NeRF can be offered like own method, which shows good results.

У сучасному світі 3D моделювання знаходить широке застосування в ігровій індустрії, кінематографії, архітектурі, медицині та багатьох інших галузях. Завдяки нейронним мережам процес створення 3D моделей може стати швидшим, точнішим і менш затратним. Тому розробка ефективних методів генерації 3D моделей з використанням нейронних мереж, здатних адаптуватися до різноманітних умов та вимог, а також забезпечення високої реалістичності та деталізації створених моделей є дуже актуальною.

Задача створення 3D моделей з використанням нейронних мереж може бути сформульована як процес побудови функції, що перетворює вхідні дані (зображення, відео, скани) у тривимірну модель. Це включає розпізнавання форм, текстур, освітлення та інших аспектів сцени.

Можна застосовувати для цих цілей різні архітектури мереж. 3D конволюційні нейронні мережі (3D CNN) [1] використовуються для аналізу 3D даних представлених у форматі вокселів або 3D зображень. Вони здатні вловлювати просторові залежності між об'єктами в 3D просторі. Генеративно-змагальні мережі (GAN) [2] дозволяють створювати реалістичні 3D моделі з високим рівнем деталізації. Генератор створює моделі, а дискримінатор оцінює їх реалістичність. Варіаційні автокодувальники (VAE) [3] застосовуються для генерації нових 3D моделей шляхом навчання розподілу даних у низьковимірному просторі представлень. Нейронні поля випромінювання (NeRF) [3] використовуються для створення високодеталізованих 3D сцен з набору 2D зображень, моделюючи випромінювання світла через сцену.

Поєднання різних підходів та архітектур нейронних мереж може подолати існуючі обмеження та підвищити точність та реалізм генерованих мо-

делей. Дві видатні методики в цій області включають розробку мереж світлових полів (Light Field Networks, LFNs) [4] та модель GANverse3D [4], представлену NVIDIA. Техніка мереж світлових полів кодує світлове поле в нейронну мережу, що дозволяє швидше візуалізувати базову 3D сцену з зображення. Мережі світлових полів можуть реконструювати світлове поле після лише одного спостереження зображення та здатні візуалізувати 3D сцени в реальному часі. З іншого боку, модель GANverse3D від NVIDIA використовує генеративну змагальну мережу (GAN) для генерації 3D моделей з одного 2D зображення. Ця модель може обробити зображення автомобіля та створити повністю анімовану 3D версію у віртуальному середовищі. GANverse3D використовує архітектуру StyleGAN. Ця особливість, поєднана з різними функціями втрат, дозволяє контролювати форму, точки зору, текстуру та фон генерованих 3D моделей.

Аналізуючи підходи для створення 3D моделей можна запропонувати метод, що поєднує переваги GAN та NeRF для створення реалістичних моделей з одного або декількох зображень. Такий підхід може використовувати GAN для генерації первинних 3D моделей, а NeRF – для додавання реалістичних деталей і текстур шляхом моделювання світлових властивостей сцени.

Розвиток технологій нейронних мереж відкриває нові можливості для створення 3D моделей, пропонуючи значні переваги у швидкості та якості процесу моделювання. Подальші дослідження мають зосередитися на оптимізації обчислювальних процесів, покращенні масштабування та адаптації до специфічних задач. Цей аналіз демонструє потенціал нейронних мереж у сфері 3D моделювання та вказує на шляхи подальших досліджень і розробок у цій області.

Список використаних джерел:

1. Yesilevskiy, V., Tevyashev, A., Koliadin, A. (2020), "A method of air object recognition based on the normalized contour descriptors and a complex-valued neural network", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* 2020, 6, p. 48–57. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.22003
2. Image GANs meet differentiable rendering for inverse graphics and interpretable 3D neural rendering [Електронний ресурс] / [Y. Zhang, W. Chen, H. Ling та ін.] // arXiv. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://arxiv.org/pdf/2010.09125.pdf>.
3. CharNeRF: 3D Character Generation from Concept [Електронний ресурс] / E.Chu, Y. Chen, C. Raissi, A. Bhojan // arXiv. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://arxiv.org/pdf/2402.17115.pdf>.
4. Bouchard L. Create 3D Models from Images! GANverse3D & NVIDIA Omniverse [Електронний ресурс] / Louis Bouchard. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.louisbouchard.ai/ganverse3d/>

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ В УЗАГАЛЬНЕНІЙ ФОРМУЛІ ДАЛАМБЕРА ДЛЯ ФУНКЦІЇ ДВОХ ЗМІНИХ

Білобородов А.А.

Науковий керівник – д-р фіз.-мат. наук, проф. Першина Ю.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна

e-mail: artem.biloborodov@nure.ua

This work addresses issues of interpolation of functions of two variables, which are reconstructed using the generalized D'Alembert formula proposed by O.M. Lytvyn [1–4]. The peculiarity of this formula is related to fact that it preserves the same class of differentiability to which the approximated function belongs. In construction of this operator, a system of parameters $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_N$ is used. This work overview method [5] of optimal selection of these parameters and shows several theorems about classes of functions that are precisely reconstructed by the generalized D'Alembert operator.

В даній роботі розглядаються метод [5] оптимального вибору параметрів в узагальненій формулі Даламбера, запропонованної О.М. Литвином [1–4] і розглянуто ряд теорем про класи функцій які точно відновлюються цим оператором. Розглянемо наступну теорему [1–4]:

Теорема 1. Хай $r, N \in \mathbb{N}$, $r > N$, $f(x, y) \in C^r(R^2)$, β_i ($i = \overline{0, N}$) – задані числа, що не дорівнюють одне одному, $\beta_k \neq \beta_l$, $k, l = \overline{0, N}$. Тоді оператор:

$$D_{N, \beta} f(x, y) = \sum_{i=0}^N \lambda_{N0i} f(x + \beta_i y, 0) + \sum_{s=1}^N \sum_{i=0}^N \lambda_{Nsi} \int_0^{x+\beta_i y} f^{(0,s)}(t, 0) \frac{(x + \beta_i y - t)^{s-1}}{(s-1)!} dt, \quad (1)$$

де числа λ_{Nsi} ($0 \leq s, i \leq N$) є розв'язками $(N+1)$ – системи лінійних алгебричних рівнянь, відповідних значенням $0 \leq s \leq N$:

$$\sum_{i=0}^N \lambda_{Nsi} \beta_i^p = \delta_{p,s}, \quad 0 \leq p \leq N, \quad (2)$$

має властивості:

$$D_{N, \beta} f(x, y) \in C^r(R^2), \quad (3)$$

$$\left. \frac{\partial^s D_{N, \beta} f(x, y)}{\partial y^s} \right|_{y=0} = \left. \frac{\partial^s f(x, y)}{\partial y^s} \right|_{y=0}, \quad s = \overline{0, N}. \quad (4)$$

Можна побачити що твердження теореми 1 виконуються для довільних $\{\beta_i\}$, $i = \overline{0, N}$, які задовольняють вказаним вище умовам, тому актуальним є питання: як саме оптимально обирати параметри $\{\beta_i\}$. Наприклад з умови мінімуму похибки наближення $R_{N, \beta} f(x, y) = (I - D_{N, \beta}) f(x, y)$. Тобто можна сформулювати наступну оптимізаційну задачу: $\|R_{N, \beta} f(x, y)\|_{L_2} \rightarrow \min_{\beta_i, i=0, N}$.

Оператор (1) приведений у теоремі 1 автоматично зберігає клас дифе-

ренційовності функції f . Тобто $f(x, y) \in C^r(R^2) \Rightarrow D_{N,\beta} f(x, y) \in C^r(R^2)$. При цьому залишок $R_{N,\beta} f(x, y) = (I - D_{N,\beta}) f(x, y)$ має вигляд:

$$R_{N,\beta} f(x, y) = \int_0^y \left[\sum_{i=0}^N \Delta_{Ni}^{-1} \int_0^{x+\beta_i(y-z)} (A_{N+1,\beta} f)(t, z) \frac{(x + \beta_i(y-z) - t)^{N-1}}{(N-1)!} dt \right] dz, \quad (5)$$

де

$$(A_{N+1,\beta} f)(x, y) = \prod_{i=0}^N \left(-\beta_i \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \right) f(x, y); \quad (6)$$

$$\Delta_{Ni} = \prod_{k=0, k \neq i}^N (\beta_i - \beta_k), \quad 0 \leq i \leq N.$$

Розглянемо питання оптимального вибору параметрів $\{\beta_i\}$, $i = \overline{0, N}$, з умови мінімуму похибки наближення $R_{N,\beta} f(x, y)$ (5). Далі наведено ряд теорем, запропонованих і доведених у [5].

Теорема 2. Нехай $\{\beta_k\}$, $0 < \beta_0 < \beta_1 < \dots < \beta_N < \infty$, задана система чисел, а числа λ_{Nsi} це розв'язок $\sum_{i=0}^N \lambda_{Nsi} \beta_i^p = \delta_{p,s}$, $0 \leq s, p \leq N$, тоді для системи чисел, $\beta_i = C \cdot \beta_i, i = \overline{0, N}$, $C > 0$ числа $\lambda_{Nsi} = \lambda_{Nsi} C^{-s}$ будуть розв'язками системи (2).

Теорема 3. Нехай $r, N \in \mathbb{N}$, $r > N$, $f(x, y) \in C^r(R^2)$, $0 < \beta_0 < \dots < \beta_N < B < \infty$ – задана система чисел, а числа λ_{Nsi} це розв'язок системи (2), тоді оператор:

$$D_{N,\beta} f(x, y) = \sum_{i=0}^N \lambda_{N0i} f\left(x + \frac{\beta_i}{B} y, 0\right) + \sum_{s=1}^N \sum_{i=0}^N \lambda_{Nsi} B^s \int_0^{x+\frac{\beta_i}{B} y} f^{(0,s)}(t, 0) \frac{\left(x + \frac{\beta_i}{B} y - t\right)^{s-1}}{(s-1)!} dt$$

має властивості (3) та (4).

Теорема 4. Нехай $r, N \in \mathbb{N}$, $r > N$, $f(x, y) \in C^r(R^2)$, β_i ($i = \overline{0, N}$) $0 < \beta_0 < \beta_1 < \dots < \beta_N < B < \infty$, задана система чисел, а числа λ_{Nsi} це розв'язок системи (2), тоді оператор:

$$D_{N,\beta} f(x, y) = \sum_{i=0}^N \lambda_{N0i} f(x + \beta_i y, 0) + \sum_{s=1}^N \sum_{i=0}^N \lambda_{Nsi} \int_x^{x+\beta_i y} f^{(0,s)}(t, 0) \frac{(x + \beta_i y - t)^{s-1}}{(s-1)!} dt$$

тотожньо дорівнює оператору (1) $D_{N,\beta} f(x, y)$.

З теорем 2 та 3 можна досягти вибору чисел $\{\beta_i\}$ в межах від 0 до 1. З теореми 4 випливає, що при побудові оператора $D_{N,\beta} f(x, y)$ є можливим змінювати область інтегрування. Все це має сенс у випадку наближеного обчислювання, таким чином зменшення області інтегрування може зменшити похибку.

Теорема 5. Якщо функція $f(x, y) \in C^r(R^2)$ має вигляд $f(x, y) = g(x + \alpha y)$, $g(t) \in C^r(R)$, $N < r$ то залишок оператору (1) $R_{N,\beta} f(x, y) = 0$ при умові $\alpha \in \{\beta_i\}$. При чому $R_{N,\beta} f(x, y)$ матиме вигляд:

$$R_{N,\beta} f(x, y) = \prod_{i=0}^N (\alpha - \beta_i) \int_0^y \left(\sum_{i=0}^N \Delta_{Ni}^{-1} \int_x^{x+\beta_i(y-z)} g^{(N+1)}(t + \alpha z) \frac{(x + \beta_i(y-z) - t)^{N-1}}{(N-1)!} dt \right) dz.$$

Таким чином, в теоремі 5 стверджується, що для функцій виду $f(x, y) = g(x + \alpha y)$ узагальнена формула Даламбера точно наближує ці функції, якщо $\beta_k = \alpha$ при довільних не рівних один одному $\beta_i, i \neq k, i = \overline{0, N}$.

Теорема 6. Якщо наближування функція $f(x, y) \in C^r(R^2)$ має вигляд $f(x, y) = \sum_{j=0}^m \varphi_j(x + \alpha_j y) + f(x, y), \varphi_j(t) \in C^r(R), f(x, y) \in C^r(R^2), j = \overline{0, m}, m < N < r$ то для залишку (5) узагальненого оператора Даламбера виконується рівність $R_{N,\beta} f(x, y) = R_{N,\beta} f(x, y)$ за умови, що $\alpha_j \in \{\beta_i\}, j = \overline{0, m}, i = \overline{0, N}$.

В теоремі 1 наведено оператор, який дозволяє отримати в результаті наближення функції які належать до того ж класу диференційовності, що і наближування функція. З теорем 5, 6 випливає що функції виду $f(x, y) = g(x + \alpha y)$ наближуються точно при запропонованому виборі параметрів $\{\beta_i\}$. У загальнішому випадку $f(x, y) = \sum_{j=0}^m \varphi_j(x + \alpha_j y) + f(x, y), m < N$ оптимальний вибір параметрів $\{\beta_i\}$ витікає з умови $\alpha_j \in \{\beta_i\}, j = \overline{0, m}$.

В загальному випадку знаходження параметрів $f(x, y) = \sum_{j=0}^m \varphi_j(x + \alpha_j y) + f(x, y)$ пропонується виконувати за допомогою мінімізації відповідної норми класичними методами оптимізації.

Список використаних джерел:

1. Литвин О. М. Інтерлінація функцій та деякі її застосування. Монографія Харків : Основа, 2002. – 544 с.
2. Литвин О. М. Методи обчислень. Додаткові розділи. Київ : Наукова думка, 2005. 331 с.
3. Сергієнко І. В., Литвин О. М., Литвин О. О., Ткаченко О. В., Грицай О. Л. Побудова та дослідження операторів ермітової інтерлінації функцій двох змінних на системі неперетинних ліній із збереженням класу диференційовності. *Проблеми машинобудування*. 2016. Т. 19, № 3. С. 60–68.
4. Сергієнко І. В., Литвин О. М., Литвин О. О., Ткаченко О. В., Грицай О. Л. Відновлення функцій двох змінних із збереженням класу $C^r(R^2)$ за допомогою їх слідів та слідів їх похідних до фіксованого порядку на заданій лінії. *Доповіді НАН України*. 2014. № 2. С. 50–55.
5. Сергієнко І. В., Литвин О. М., Литвин О. О., Ткаченко О. В., Білобородов А. А. Оптимізація параметрів в узагальненій формулі Даламбера для функцій двох змінних. *Кібернетика і системний аналіз*. 2021. Т. 57, № 4. С. 20–29.

ПРОГРАМНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ДОПОВНЕННЯ ТРЕЙДИНГОВОЇ ТОРГІВЛІ

Бузова К.В.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Назаров О.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПІ,
м. Харків, Україна

e-mail: kristina.buzova.cpe@nure.ua

The purpose of this work is to study and evaluate various methods and technologies applicable for the development of trading forecasting systems in the stock market. It examines the different types of neural networks suitable for solving such problems, existing implementations and strategies for improving software solutions, and the possibility of combining their use with conventional algorithmic trading methods. By combining different approaches, it is possible to improve the efficiency of the system as a whole, since it is not always possible to ensure optimal operation of systems using neural networks due to the specifics of time series and factors that may not be taken into account during modeling, in this case, solutions using trading algorithms can save the system from excess losses.

Дослідження методів доповнення алгоритмічної акційної торгівлі з застосуванням машинного навчання є дуже актуальним напрямком досліджень у фінансовій сфері. Машинне навчання може бути використане для прогнозування зміни цін, виявлення патернів на ринку, розробки торгових стратегій та оптимізації управління портфелем [1].

Основні напрямки досліджень у цій області включають:

- прогнозування цінових рухів, використання алгоритмів машинного навчання, таких як нейронні мережі, дерева рішень, ансамблеві методи та інші, для аналізу історичних даних цін та ринкових показників для прогнозування майбутніх цінових рухів;

- виявлення патернів на ринку, машинне навчання може допомогти виявити складні патерни та зв'язки в цінових динаміках, які можуть бути важко виявити людиною;

- розробка торгових стратегій, на основі прогнозів зміни цін та виявлених патернів, можна розробляти торгові стратегії, які автоматично виконують угоди на ринку;

- оптимізація управління портфелем, машинне навчання може бути застосоване для оптимізації алгоритмів управління портфелем, зокрема для розподілу активів, стратегій ребалансування та управління ризиками.

Для проведення досліджень у цій області можуть використовуватися різні методи машинного навчання [2], а також статистичні та фінансові моделі. Важливою частиною дослідження є валідація моделей на історич-

них даних та їх тестування на реальних ринках для перевірки ефективності та придатності до використання в реальному середовищі акційної торгівлі.

Найбільш популярні типи нейронних мереж у цьому контексті включають:

- мережі зворотного поширення помилки;
- рекурентні нейронні мережі (RNN);
- нейронні мережі з тимчасовою затримкою (TDNN).

Рекурентні нейронні мережі часто застосовуються в прогнозуванні цін на акції, оскільки вони здатні враховувати попередні значення у часовому ряді.

Оскільки ціни на акції представляють собою часові ряди, для їх прогнозування застосовується так званий "ковзне вікно". Для цього потрібна нейронна мережа з довгою короткостроковою пам'яттю (LSTM).

Звісно, не обов'язково реалізувати такі моделі власноруч, оскільки існують готові рішення на базі різноманітних бібліотек штучного інтелекту. Однією з найбільш помітних інструментальних засобів у цій сфері є бібліотека TensorFlow [3], яка дозволяє зосередитися на розробці бізнес-логіки та архітектури нейронних мереж. До переваг цієї бібліотеки можна також віднести можливість перегляду графу навченої нейронної мережі, а також можливість використовувати мову програмування Python.

Для полегшення інтеграції коду, що використовує TensorFlow, з рішеннями, що використовують алгоритмічні підходи варто зосередитись на бібліотеках, що також базуються на мові програмування Python. Одними з найпопулярніших в цій сфері можна виділити наступні продукти:

– Backtrader. Ця бібліотека для розробки, тестування та автоматизації торговельних стратегій, має вбудовану підтримку для оптимізації параметрів стратегій.

– PyAlgoTrade. Ця бібліотека має простий у використанні API та підтримує різні типи індикаторів.

– Zipline. Це бібліотека Python, розроблена для алгоритмічної торгівлі та фінансового дослідження. Вона має вбудовану підтримку для історичних даних та може бути використана для розробки та тестування різних торговельних стратегій.

Комбінація використання різних підходів може дозволити отримати більш стабільні результати.

Список використаних джерел:

1. Marcos Lopez de Prado. *Advances in Financial Machine Learning*. Wiley, 2018. 393 с.
2. Назаров О.С. *Теорія прогнозування: навч. посіб.* Харків, 2017. 300 с.
3. Нишант Ш. *Машинное обучение и TensorFlow*. Питер, 2019. 336 с.

МОДЕЛЬ ВИЯВЛЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ЦІЛЕЙ ДЛЯ КВАДРОКОПТЕРУ DJI MAVIC 3

Бутирін І.С.

Науковий керівник – д-р техн. наук, проф. Кіріченко Л.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: ivan.butyrin@nure.ua

This work is intended to study and create a machine learning model, namely in the field of computer vision, which should detect and classify targets. This is a field of artificial intelligence that deals with the development of algorithms and technologies that allow computers to interpret and analyze images and videos. Developing a solution requires a large amount of data, since the accuracy of the model depends on it.

В сучасному світі дрони стають все більш поширеними та значущими засобами для виконання різноманітних завдань у багатьох галузях, включаючи розвідку, мапування, рятувальні операції та розваги. Камери, встановлені на квадрокоптерах, забезпечують велику кількість даних, які можна використовувати для різноманітних цілей.

Дана робота присвячена розробці та дослідженню методів пошуку та класифікації цілей, що знаходяться в кадрі камери квадрокоптера DJI Mavic 3. У роботі досліджуються алгоритми обробки зображень, методи машинного навчання та комп'ютерного зору, спрямовані на ефективне виявлення та розпізнавання різноманітних об'єктів. Досягнення в цій області може мати важливе значення для розвитку автономних систем, систем безпеки та багатьох інших сфер, де використання дронів має великий потенціал.

DJI Mavic 3 на сьогодні є найпоширенішим дроном у світі, саме тому ця робота пов'язана саме з ним. Постановка проблеми в задачі пошуку та класифікації цілей з камери квадрокоптера DJI Mavic 3 полягає в наступному:

– Обмеженість обробки даних. Камера квадрокоптера DJI Mavic 3 надає великий потік відеоданих, які потрібно обробляти в реальному часі або з мінімальною затримкою.

– Змінні умови освітлення та середовища. Умови зйомки можуть різнитися від часу доби, погодних умов до особливостей території. Це створює складнощі для стабільного виявлення та класифікації цілей.

– Різноманітність цілей. Цілі, які можуть зустрічатися у відеопотоці, можуть включати різні об'єкти та області інтересу, від автомобілів та людей до будівель та природних об'єктів. Це вимагає від алгоритмів класифікації великої різноманітності образів.

Основна ідея комп'ютерного зору полягає в тому, щоб дати комп'ютерам здатність розуміти зображення та відео на такому ж рівні, як і людина. Це означає розпізнавання об'єктів, розуміння сцен та взаємодію з ними без прямої людської участі. Основною метою є розробка алгоритмів та програм, які можуть автоматично аналізувати та розуміти зображення та відео. В області комп'ютерного зору і машинного навчання, ці дві ідеї часто поєднуються. Машинне навчання використовується для навчання комп'ютерних систем розпізнавати об'єкти та розуміти зображення на основі великої кількості даних (рис. 1).

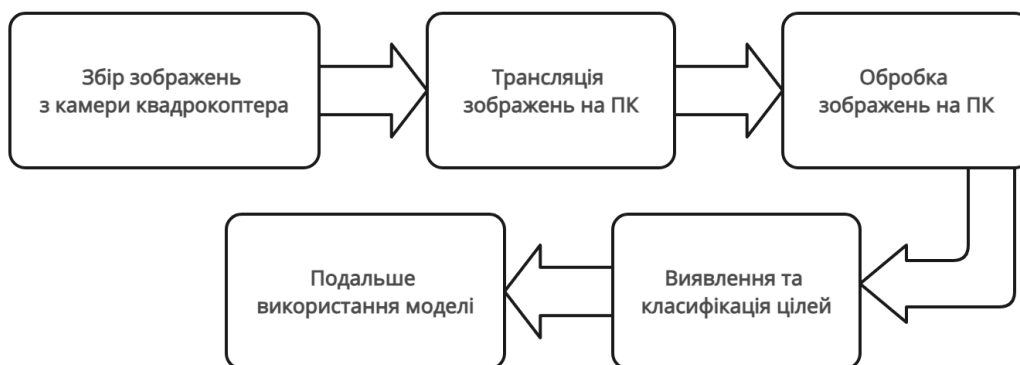


Рисунок 1 – Схема використання моделі для виявлення та класифікації цілей

На дронах DJI Mavic 3 використовуються дві камери: телекамера та Hasselblad L1D-20c. Камери передають відео на пульт дистанційного керування через технологію O3+, оновлену версію DJI OcuSync. O3+ забезпечує більший діапазон, високу якість зображення, низьку затримку та стійкість до перешкод. Використовуються два діапазони частот: 2.4 ГГц для телеметрії та управління дроном і 5.8 ГГц для передачі відео. Крім того, DJI Mavic 3 може записувати відео на внутрішній накопичувач або на зовнішню SD-карту.

Після розробки та тестування моделі, вона може бути використана у багатьох сферах, полегчуючи роботу людям та беручи на себе найскладніші задачі.

Список використаних джерел:

1. Adrian Kaehler, Gary Bradski. Learning OpenCV. O'Reilly Media, 2008. 570 p.
2. Robert Laganiere. OpenCV Computer SAP Cookbook. Stern Inc, 2013, 357 p.
3. L. Kirichenko, T. Radivilova, V. Bulakh, P. Zinchenko and A. Saif Alghawli. Two Approaches to Machine Learning Classification of Time Series Based on Recurrence Plots. 2020 IEEE Third International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP), Lviv, Ukraine, 2020, pp. 84–89.

**МЕТОД ДВОБІЧНИХ НАБЛИЖЕНЬ У ЧИСЕЛЬНОМУ АНАЛІЗІ
ЗАДАЧІ ДІРІХЛЕ ДЛЯ НЕЛІНІЙНОГО РІВНЯННЯ
ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ**

Василишин К.В.

Науковий керівник – канд. фіз.-мат. наук, доц. Ламтюгова С.М.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: kostiantyn.vasylyshyn@nure.ua

A one-dimensional Dirichlet problem for the heat equation with an exponential heat conductivity coefficient and a heat sources function is considered. By replacing the unknown function, the problem under consideration was reduced to a problem for a semilinear differential equation, which was analyzed by methods of the operators theory in semi-ordered Banach spaces. Conditions for the existence of a single positive solution are obtained. The results of a computational experiment are presented.

Розглядатимемо задачу знаходження додатного розв'язку нелінійної крайової задачі вигляду:

$$-\frac{d}{dx}\left(e^T \frac{dT}{dx}\right) = \lambda e^{\sigma T}, \quad 0 < x < l, \quad (1)$$

$$T(0) = T(l) = 0. \quad (2)$$

Задача (1), (2) є математичною моделлю процесу теплопровідності у випадку, коли коефіцієнт теплопровідності експоненціально залежить від температури і коли на $(0, l)$ наявні джерела тепловиділення, розподілені за експоненціальним законом $f(T) = \lambda e^{\sigma T}$ (параметр λ характеризує їх потужність).

У задачі (1), (2) зробимо заміну $T = \ln \theta$, де $\theta(x)$ – нова невідома функція. Тоді для функції θ отримаємо крайову задачу:

$$-\frac{d^2\theta}{dx^2} = \lambda \theta^\sigma, \quad 0 < x < l, \quad (3)$$

$$\theta(0) = \theta(l) = 1. \quad (4)$$

Крайові умови (4) не є однорідними, тому робимо заміну $\theta = 1 + u$, де u – нова невідома функція, і отримуємо крайову задачу:

$$-\frac{d^2u}{dx^2} = \lambda(1+u)^\sigma, \quad 0 < x < l, \quad (5)$$

$$u(0) = u(l) = 0. \quad (6)$$

Для розв'язання задачі (5), (6) застосуємо метод двобічних наближень на основі використання функції Гріна [1 – 4].

Тоді задача (5), (6) буде еквівалентна інтегральному рівнянню Гаммештейна:

$$u(x) = \lambda \int_0^l G(x, s)(1 + u(s))^\sigma ds. \quad (7)$$

Рівняння (7) розглядатимемо у банаховому просторі $C[0, l]$ неперервних на відрізку $[0, l]$ функцій. У просторі $C[0, l]$ введемо напівупорядкованість за допомогою конуса $\mathcal{K}_+$ невід'ємних функцій.

Узагальненим розв'язком задачі (5), (6) називатимемо функцію $u^* \in \mathcal{K}_+$, яка є розв'язком рівняння (7). Тоді розв'язком (узагальненим) вихідної задачі (1), (2) вважатимемо функцію $T^* = \ln(1 + u^*)$.

У конусі $\mathcal{K}_+$ невід'ємних функцій з $C[0, l]$ виділимо інваріантний конусний відрізок $\langle v_0, w_0 \rangle$ умовами:

$$\lambda \int_0^l G(x, s)(1 + v_0(s))^\sigma ds \geq v_0(x) \text{ для всіх } x \in [0, l],$$

$$\lambda \int_0^l G(x, s)(1 + w_0(s))^\sigma ds \leq w_0(x) \text{ для всіх } x \in [0, l].$$

Оскільки $F(0) = 1 + \lambda > 0$, то конусний відрізок, сильно інваріантний для оператора $T(u)(x) = \lambda \int_0^l G(x, s)(1 + u(s))^\sigma ds$, можна шукати у вигляді $\langle v_0, w_0 \rangle = \langle 0, \beta \rangle$.

Сформуємо далі ітераційний процес за схемою:

$$v^{(k+1)}(x) = \lambda \int_0^l G(x, s)(1 + v^{(k)}(s))^\sigma ds, \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad (8)$$

$$w^{(k+1)}(x) = \lambda \int_0^l G(x, s)(1 + w^{(k)}(s))^\sigma ds, \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad (9)$$

$$v^{(0)}(x) = v_0(x), \quad w^{(0)}(x) = w_0(x). \quad (10)$$

Можна довести, що за умови $0 < \sigma < 1$ ітераційний процес (8)–(10) збігається у нормі простору $C[0, l]$ до єдиного на $\langle v^0, w^0 \rangle$ неперервного додатного розв'язку u^* крайової задачі (5), (6), причому має місце ланцюг нерівностей:

$$v_0 = v^{(0)} \leq v^{(1)} \leq \dots \leq v^{(k)} \leq \dots \leq u^* \leq \dots \leq w^{(k)} \leq \dots \leq w^{(1)} \leq w^{(0)} = w_0. \quad (11)$$

Нерівності (11) характеризують ітераційний процес (8) – (10) як метод двобічних наближень. Перевагою цього методу є те, що на кожній k -й ітерації для наближеного розв'язку $u^{(k)}(x) = \frac{1}{2}(w^{(k)}(x) + v^{(k)}(x))$ матимемо зруч-

ну апостеріорну оцінку похибки: $\|u^* - u^{(k)}\| \leq \frac{1}{2}\|w^{(k)} - v^{(k)}\|$.

Отже, якщо задана точність $\varepsilon > 0$, то ітерації слід проводити до виконання нерівності $\max_{x \in [0, l]} (w^{(k)}(x) - v^{(k)}(x)) < 2\varepsilon$. Тоді з точністю ε можна вважати, що $u^*(x) \approx u^{(k)}(x)$, а отже, $T^*(x) \approx \ln(1 + u^{(k)}(x))$.

Проведено обчислювальний експеримент для задачі (5), (6) у якій покладемо $\lambda = 2$ і $\sigma = \frac{2}{3}$. Умовою збіжності метода знаходження додатного розв'язку є нерівність $0 < \sigma < 1$. Тепер можемо знайти параметр β $[1, 4]$, та побудувати інваріантний конусний відрізок $< 0, \beta >$. Отримаємо, що $\beta = 0,2974$. Запустимо ітераційний процес вигляду (8) – (10) і задамо точність $\varepsilon = 10^{-4}$.

Ітераційний процес зійшовся із заданою точністю до розв'язку вихідної задачі за 4 ітерації. Результати ітерацій наведено на рис. 1.

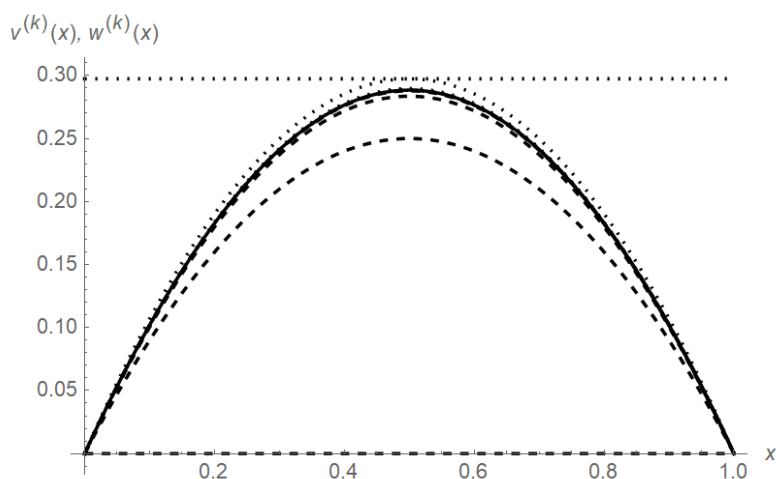


Рисунок 1 – Графіки $v^{(k)}(x)$ і $w^{(k)}(x)$, $k = 0, 1, 2, 3, 4$

Список використаних джерел:

1. Ламтюгова С. М., Поляков А. О., Сидоров М. В. Конструктивне дослідження методами двосторонніх наближень крайових задач для напівлінійних еліптичних рівнянь другого порядку. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. 2023. № 1. С. 142–148. DOI: 10.20998/2222-0631.2023.01.21
2. Сидоров М. В. Метод двобічних наближень розв'язання першої крайової задачі для нелінійних звичайних диференціальних рівнянь на основі використання функції Гріна. *Радіoeлектроніка, інформатика, управління*. 2019. № 1 (48). С. 57–66. DOI: 10.15588/1607-3274-2019-1-6
3. Gybkina N. V., Lamtyugova S. M., Sidorov M. V. Two-sided approximations method based on the Green's functions use for construction of a positive solution of the Dirichlet problem for a semilinear elliptic equation. *Радіoeлектроніка, інформатика, управління*. 2021. № 3 (58). С. 26–41. DOI: 10.15588/1607-3274-2021-3-3
4. Gybkina N., Sidorov M., Vasylyshyn K. Application of two-sided approximations method to solution of first boundary value problem for one-dimensional nonlinear heat conductivity equation. *Системні дослідження та інформаційні технології*. 2021. № 4. С. 115–127. DOI: 10.20535/SRIT.2308-8893.2021.4.09

ГІПЕРСИНГУЛЯРНІ ІНТЕГРАЛЬНІ РІВНЯННЯ ПРИ ЧИСЛОВОМУ МОДЕЛЮВАННІ РОЗВИНЕННЯ ТРІЩИН

Верушкін І.О.¹, Осипов І.М.²

Науковий керівник – д-р техн. наук, проф. Стрельнікова О.О.

¹Інститут проблем машинобудування ім. А. Н. Підгорного НАНУ
м. Харків, Україна

²Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,
м. Харків, Україна

e-mail: olena.strelnikova@nure.ua

This paper aims to develop advanced numerical methods for analyzing stress in structures containing crack-like defects. The innovative aspect of the proposed research lies in involving hypersingular integral equations to solve a benchmark test. The benchmark test employs both boundary and finite element methods. The investigation involves fatigue analysis under finite amplitude cyclic loading, revealing a significant increase in service life, ensuring successful transportation of the intact structure. However, placing a penny-shaped crack in the zone of maximum stresses results in a notable decrease in the expected service life before failure. For practical applications, short-distance transportation is deemed sufficient, as long-distance transport may induce fatigue crack propagation within the shell, leading to depressurization and eventual failure.

Для визначення напружено-деформованого стану пружного тіла використовується система рівнянь еліптичного типу в частинних похідних другого порядку відносно вектору переміщення $\mathbf{U}$:

$$\mu \Delta U_j + (\lambda + \mu) \frac{\partial \vartheta}{\partial x_j} = 0, \Delta = \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_3^2}, \vartheta = \operatorname{div} \mathbf{U}, j=1,2,3, \quad (1)$$

де μ та λ коефіцієнти Ламе.

Введемо диференціальний оператор поверхневого напруження класичної теорії пружності як:

$$\mathbf{T}^{(n)} \mathbf{U} = 2\mu \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial n} + \lambda n \operatorname{div} \mathbf{U} + \mu (\mathbf{n} \times \operatorname{rot} \mathbf{U}), \quad (2)$$

де $\mathbf{n}$ – одинична зовнішня нормаль до поверхні.

Сформульовано крайову задачу для тривимірного тіла, обмеженого областю Ω та ослабленого розрізами S_i ($i=1, \dots, n$), для визначення $\mathbf{U}$:

$$\Delta U_j + (\lambda + \mu) \frac{\partial \vartheta}{\partial x_j}, j=1,2,3, U_i(\mathbf{x}) = u_{il}(\mathbf{x}), \mathbf{x} \in \Omega_1, \mathbf{T}^{(n)} \mathbf{U}(\mathbf{x}) = \mathbf{X}(\mathbf{x}), \mathbf{x} \in \Omega_2, \quad (3)$$

$$(\mathbf{T}^{(n)} \mathbf{u}(\mathbf{x}) \cdot \mathbf{n}(\mathbf{x})) = N_{3i}, (\mathbf{T}^{(n)} \mathbf{u}(\mathbf{x}) \cdot \boldsymbol{\tau}_k(\mathbf{x})) = N_{ki}, \mathbf{x} \in \Omega_2, i=1,2.$$

Розв'язання крайової задачі (3) може бути знайдено за допомогою різних числових методів. Серед них варто відзначити методи скінчених [1] та граничних елементів (МГЕ) [2]; обидва засновані на використанні методу

зважених похибок. Далі використано формулювання на основі методу граничних елементів. Однією з ключових особливостей цього методу є використання сингулярних пробних функцій, які задовольняють диференціальне рівняння (1) всюди, за винятком однієї сингулярної точки. Таким чином, фундаментальні та сингулярні розв'язки рівняння (1) використовуються як пробні функції. Фундаментальний розв'язок теорії пружності отримується при розв'язанні рівняння (1) з правою частиною у вигляді дельта-функції і подається в матричній формі:

$$\Gamma_{ij}(\mathbf{x} - \mathbf{y}) = \frac{\lambda + \mu}{8\pi\mu(\lambda + 2\mu)} \left[\frac{\lambda + 3\mu}{\lambda + \mu} \frac{\delta_{ij}}{|\mathbf{x} - \mathbf{y}|} + \frac{(x_i - y_i)(x_j - y_j)}{|\mathbf{x} - \mathbf{y}|^3} \right]. \quad (4)$$

З використанням подання (4) у разі ізольованої кругової тріщини отримано гіперсингулярне інтегральне рівняння у вигляді [1]:

$$\frac{1}{4\pi} \iint_S \frac{\alpha_3(\mathbf{y})}{|\mathbf{x} - \mathbf{y}|^3} dS_y = Mq(\mathbf{x}), \quad M = \frac{1 - \nu}{\mu}, \quad (5)$$

де $q(\mathbf{x})$ – функція, що характеризує зовнішнє навантаження, ν – коефіцієнт Пуассона. Рівняння (5) розглядалось для тріщини у вигляді кола радіусом R при однорідному розтягуванні σ . Таким чином, $q(\mathbf{x}) = \sigma$. Область інтегрування S розділена на N плоских трикутних та чотирикутних елементів. Розглянуто гіперсингулярний інтеграл по апроксимованій поверхні і отримано систему лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\sum_{k=1}^N H_{kj} \alpha_{3k} = f(\mathbf{x}_{0j}), \quad j = 1, 2, \dots, N, \quad (6)$$

де елементи матриці H_{kj} обчислюються за формулами:

$$H_{kj} = \frac{1}{4\pi} \sum_{i=1}^m \frac{([\mathbf{l}_i \times \mathbf{r}_i] \cdot \mathbf{n})}{\|[\mathbf{l}_i \times \mathbf{r}_i]\|^2} \left[\frac{(\mathbf{l}_i \cdot \mathbf{r}_{i+1})}{r_{i+1}} - \frac{(\mathbf{l}_i \cdot \mathbf{r}_i)}{r_i} \right] \cdot \mathbf{r}_k = (x_k - x_0, y_k - y_0, z_k - z_0),$$

$$\mathbf{l}_i = (x_{i+1} - x_i, y_{i+1} - y_i, z_{i+1} - z_i), \quad i = \overline{1, m},$$

$$\mathbf{n} = (n_1, n_2, n_3), \quad x_{m+1} = x_1, \quad y_{m+1} = y_1, \quad z_{m+1} = z_1, \quad r_k = |\mathbf{r}_k|.$$

Оскільки область у рівнянні (5) є колом, то двовимірне гіперсингулярне рівняння зводиться до одновимірного [2]. Застосовується циліндрична система координат, тому $x = \rho \cos \varphi$, $y = \rho \sin \varphi$, $x_0 = \rho_0 \cos \varphi_0$, $y_0 = \rho_0 \sin \varphi_0$. Введемо позначення: $a = \rho^2 + \rho_0^2 + (z - z_0)^2$, $b = 2\rho\rho_0$ і отримаємо одновимірне гіперсингулярне інтегральне рівняння. Числову реалізацію цього рівняння зроблено методами [3,4]. Для тріщини у формі круга радіусом R , яка знаходиться під дією навантаження σ , використовується МГЕ, при цьому тріщина розглядається в необмеженому тривимірному просторі. Таким чином, виникає два варіанти розв'язання задачі із гіперсингулярними інтегральними рівняннями. Перший варіант пов'язаний з двовимірним інтегральним рівнянням (5), тоді як другий стосується аксіально-симетричного формулювання [4]. При числових симуляціях вибрані значення $R=0.005$ м і $\sigma=1$ МПа. Загальна кількість плоских трикутних та чотирикутних елементів складала при використанні рівняння (5) складала $N=9284$. Сегмент

$[0, \pi]$ був поділений на $N_1=100$ одновимірних граничних елементів. Аналітичний розв'язок рівняння аксіально-симетричної задачі отриманий в [4] як $\alpha_3(\rho) = 4\sqrt{R^2 - \rho^2}/\pi$.

Найважливішими параметрами руйнування є коефіцієнти інтенсивності напружень. У розглянутому випадку потрібен лише коефіцієнт K_I , щоб адекватно описати деформований стан в околі тріщини, його аналітичний вираз для кругової тріщини радіусом R під дією навантаження σ має вигляд $K_I = 2\sigma\sqrt{\pi R}/\pi$. У табл. 1 надано порівняння аналітичних та числових результатів, отриманих різними методами для різних полярних кутів φ . Сітка скінчених елементів складалась з 43674 елементів.

Таблиця 1 – Порівняння числових та аналітичних результатів

φ	Аналітичне значення	Двовимірне рівняння	Одновимірне рівняння	МСЕ
10	1.12827	1.13217	1.12988	1.14217
30	1.12827	1.12945	1.12837	1.14207
50	1.12827	1.12876	1.12830	1.14204
70	1.12827	1.12842	1.12828	1.14203
90	1.12827	1.12830	1.12828	1.14200

Результати, подані в табл. 1, свідчать про точність і надійність методів скінчених та граничних елементів, що надалі будуть використані при аналізі можливості руйнування паливних баків з початковими мікродефектами при транспортуванні.

Список використаних джерел:

1. K.V. Avramov, E.A. Strelnikova. "Chaotic vibrations of plates two-sided interacting with flux of moving fluid", Int. Appl. Mech, Vol. 50, P. 329–335, 2014.
2. O. Sierikova, E. Strelnikova, V. Gnitko, K. Degtyarev, "Boundary Calculation Models for Elastic Properties Clarification of Three-dimensional Nanocomposites Based on the Combination of Finite and Boundary Element Methods", IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), P. 351–356, 2021.DOI: 10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570086
3. С.М. Ламтюгова, А.О. Поляков, М.В. Сидоров, "Конструктивне дослідження методами двосторонніх наближень крайових задач для напівлінійних еліптичних рівнянь другого порядку", Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях, № 1, 2023, 142–148 DOI: 10.20998/2222-0631.2023.01.21
4. A. Karaiev, E. Strelnikova, "Axisymmetric polyharmonic spline approximation in the dual reciprocity method". Z Angew Math Mech. 101, e201800339, 2021, DOI:10.1002/zamm.201800339.

ТРИВИМІРНІ ОБЧИСЛЕННЯ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

Гаронін В.В.

Науковий керівник – ст. викл. Штих І.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. РТІКС,
м. Харків, Україна

e-mail: vladyslav.haronin@nure.ua

Work is devoted to creation and usage of programs that utilize geometric calculations in three dimensions. This type of programs is widely used in modern day building industry as well as game design, reason for that being that both buildings and three-dimensional game space are based on numberless combinations of simpler geometrical bodies with different sets of characteristics.

У сучасному світі все більша роль відводиться комп'ютерам і техніці в першу чергу в тій галузі, для якої перші комп'ютери були створені – обчислення.

Вибираючи більш конкретні приклади, не можна залишити без уваги геометрію і фізику, за допомогою комбінації яких колись були створені базові принципи архітектурного мистецтва.

Програми зі створення моделей, симуляції та обчислення характеристик об'єктів у тривимірному просторі при заданих їм властивостях є бажаними, а також постійно допрацьовуються різними фірмами за гроші будівельних компаній, що хочуть швидше отримувати красиві, дешеві та надійні креслення, моделі майбутніх проєктів. Прикладом є програма на рис. 2, що використовує безліч простих тривимірних об'єктів, основні види яких наведені на рис. 1. Технології на тій же основі використовують і для більш комплексних проєктів [1].

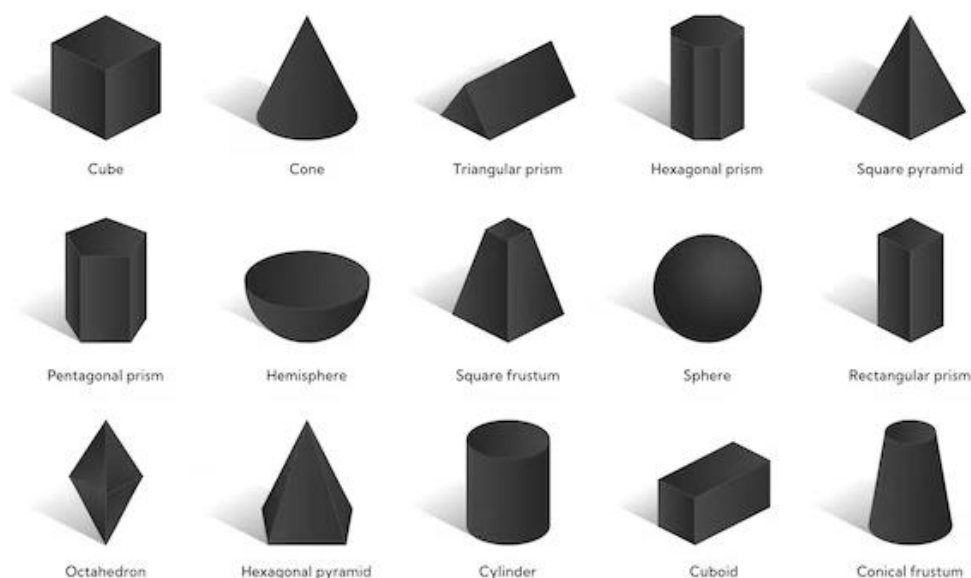


Рисунок 1 – Основні види тривимірних фігур

Крім цього подібні обчислення використовуються в ігровій індустрії: тривимірний простір всередині ігор також складено з множини простих фігур, які можна побачити на рис. 1.

У роботі я розгляну створення калькулятора для тривимірних фігур різної складності, обчислення їхньої маси залежно від зазначеної щільності, розміщення фігур щодо одне одного за допомогою зберігання їх, як об'єктів множини.

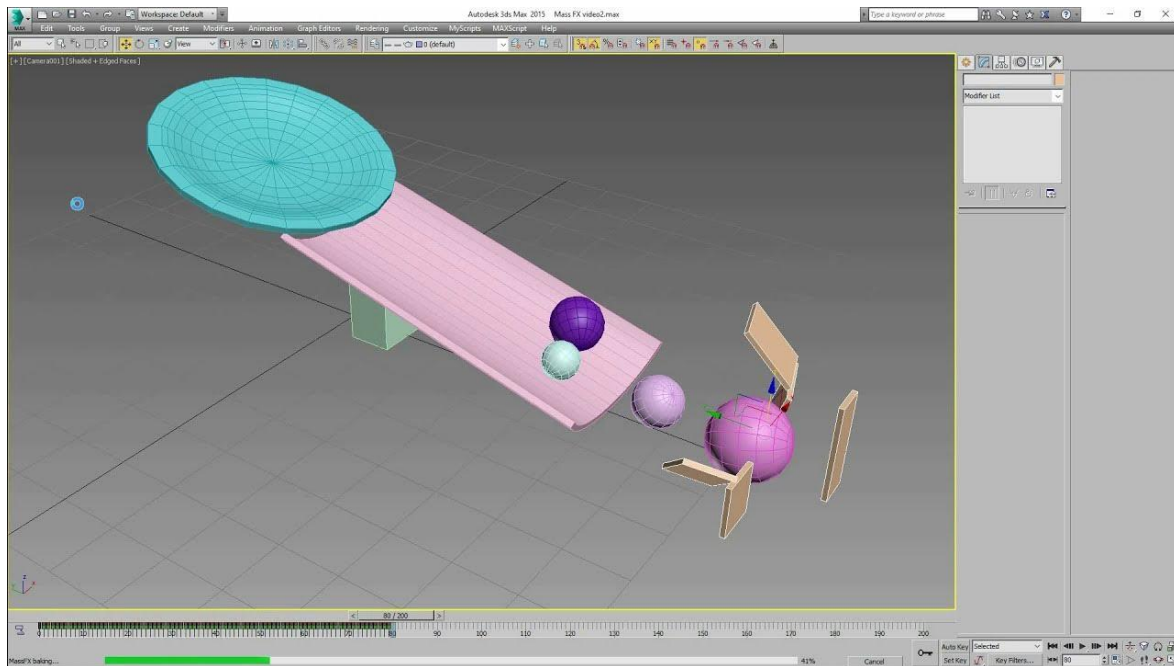


Рисунок 2 – Симулятори простих фізичних процесів

Це можна назвати спрощеною версією тих програм, які в сучасній науці використовують програми для симуляції простих фізичних процесів взаємодії тіл різної маси та обсягів.

Список використаних джерел:

1. Применение 3D технологий в производстве навесных фасадных систем: <https://fasady.pro/articles/primenenie-3d-tekhnologiy-v-proizvodstve-navesnykh-fasadnykh-sistem-bionicheskiy-fasad-2023-04-10>

**МЕТОД ДВОБІЧНИХ НАБЛИЖЕНЬ У ЧИСЕЛЬНОМУ АНАЛІЗІ
НЕЛІНІЙНИХ КРАЙОВИХ ЗАДАЧ ДЛЯ РІВНЯНЬ ЧЕТВЕРТОГО
ПОРЯДКУ, ЯКІ МОДЕЛЮЮТЬ
МІКРОЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ**

Гвоздєв М.І.

Науковий керівник – д-р фіз.-мат. наук, проф. Сидоров М.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: mykyta.hvozdev@nure.ua

The paper considers a microelectromechanical system, the mathematical model of which is the Navier problem for a fourth-order semilinear equation. To find its numerical solution, a method of two-sided approximations based on the use of the Green's function is proposed.

Мікроелектромеханічні системи з електростатичним керуванням (МЕМС) є мікроскопічними пристроями, що поєднують механічні та електростатичні ефекти. Типова МЕМС – це пристрій, що складається з жорсткої провідної заземленої пластинки, над якою підвішена затиснута деформівна мембрана, що покрита тонкою провідною плівкою. Якщо прикладсти різницю напруг, то це викликає кулонівську силу, яка, у свою чергу, приводить до зміщення мембрани. Особливістю цих пристроїв є те, що коли прикладена напруга перевищує певне порогове значення, мембрана може зіпсуватися або торкнутися пластини заземлення. Управління появою цього явища має надзвичайно практичне значення при розробці МЕМС або для встановлення оптимальних умов роботи та для уникнення пошкодження пристрою. Дослідження таких процесів можна проводити методом математичного моделювання. Нехай мембрана має форму Ω . Якщо не нехтувати згином і краї мембрани вільно закріплені, то для визначення прогину ми приходимо до наступної крайової задачі Нав'є для напівлінійного рівняння четвертого порядку еліптичного типу [1]:

$$B\Delta^2 u - T\Delta u = \frac{\lambda}{(1-u)^2}, \quad \mathbf{x} = (x_1, x_2) \in \Omega, \quad (1)$$

$$0 < u(\mathbf{x}) < 1, \quad \mathbf{x} \in \Omega, \quad (2)$$

$$u|_{\partial\Omega} = \Delta u|_{\partial\Omega} = 0. \quad (3)$$

У моделі (1) – (3) члени $B\Delta^2 u$ і $-T\Delta u$ обумовлені згином та розтягом мембрани, а член $\frac{\lambda}{(1-u)^2}$ відображає дію електростатичних сил; параметр λ є пропорційним квадрату прикладеної напруги.

Зведемо задачу (1) – (3) до системи диференціальних рівнянь з частинними похідними. Покладемо $u_1 = u$, $u_2 = -\Delta u$. Тоді задача (1) – (3) набуде вигляду:

$$-\Delta u_1 = u_2, \quad -B\Delta u_2 + Tu_2 = \frac{\lambda}{(1-u_1)^2}, \quad \mathbf{x} \in \Omega, \quad (4)$$

$$u_1|_{\partial\Omega} = u_2|_{\partial\Omega} = 0. \quad (5)$$

Для побудови двобічних наближень до додатного розв'язку задачі (4), (5) скористаємося методами нелінійного аналізу у банахових просторах [2] та методом, викладеним у [3].

Задача (4), (5) еквівалентна системі інтегральних рівнянь Гаммерштейна:

$$u_1(\mathbf{x}) = \int_{\Omega} G_1(\mathbf{x}, \mathbf{s}) u_2(\mathbf{s}) d\mathbf{s}, \quad u_2(\mathbf{x}) = \frac{\lambda}{B} \int_{\Omega} \frac{G_2(\mathbf{x}, \mathbf{s})}{(1-u_1(\mathbf{s}))^2} d\mathbf{s}, \quad (6)$$

де $G_1(\mathbf{x}, \mathbf{s})$ – функція Гріна першої крайової задачі для оператора $-\Delta$, а $G_2(\mathbf{x}, \mathbf{s})$ – функція Гріна першої крайової задачі для оператора $-\Delta u + \kappa u$, $\kappa = \frac{T}{B}$.

Систему рівнянь (6) розглядатимемо у банаховому просторі $C(\bar{\Omega}) \times C(\bar{\Omega})$, який напівопорядковано конусом K_+ невід'ємних функцій. Інтегральний оператор, що визначається правою частиною рівнянь (6), є ізотонним. Якщо він має інваріантний конусний відрізок $\langle (v_{1,0}, v_{2,0}), (w_{1,0}, w_{2,0}) \rangle$, то можна утворити ітераційний процес:

$$v_1^{(k)}(\mathbf{x}) = \int_{\Omega} G_1(\mathbf{x}, \mathbf{s}) v_2^{(k-1)}(\mathbf{s}) d\mathbf{s}, \quad v_2^{(k)}(\mathbf{x}) = \frac{\lambda}{B} \int_{\Omega} \frac{G_2(\mathbf{x}, \mathbf{s})}{(1-v_1^{(k-1)}(\mathbf{s}))^2} d\mathbf{s}, \quad k = 1, 2, \dots,$$

$$w_1^{(k)}(\mathbf{x}) = \int_{\Omega} G_1(\mathbf{x}, \mathbf{s}) w_2^{(k-1)}(\mathbf{s}) d\mathbf{s}, \quad w_2^{(k)}(\mathbf{x}) = \frac{\lambda}{B} \int_{\Omega} \frac{G_2(\mathbf{x}, \mathbf{s})}{(1-w_1^{(k-1)}(\mathbf{s}))^2} d\mathbf{s}, \quad k = 1, 2, \dots,$$

$$v_1^0(\mathbf{x}) = v_{1,0}(\mathbf{x}), \quad v_2^0(\mathbf{x}) = v_{2,0}(\mathbf{x}), \quad w_1^0(\mathbf{x}) = w_{1,0}(\mathbf{x}), \quad w_2^0(\mathbf{x}) = w_{2,0}(\mathbf{x}),$$

який у випадку збіжності збігатиметься двобічно до єдиного на конусному відрізку $\langle (v_{1,0}, v_{2,0}), (w_{1,0}, w_{2,0}) \rangle$ додатного розв'язку крайової задачі (4) – (6) (буква w позначає послідовність верхніх функцій, а v – нижніх).

Список використаних джерел:

1. Laurençot P., Walker C. A fourth-order model for MEMS with clamped boundary conditions. *Proceedings of the London Mathematical Society*. 2014. Vol. 109. № 6. P. 1435–1464.

2. Опойцев В. И., Хуродзе Т. А. Нелинейные операторы в пространствах с конусом. Тбилиси : Изд-во Тбилис. ун-та, 1984. 272 с.

3. Сидоров М. В. Побудова двобічних наближень до додатного розв'язку нелінійної задачі Нав'є. *Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. Сер. Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління*. 2017. Вип. 34. С. 58–66.

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ В АНАЛІЗІ ОБТІКАННЯ РІДИНОЮ ОБ'ЄКТІВ

Гета Д.В.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Єсілевський В.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: dmytro.heta@nure.ua

Focusing on mathematical models and numerical simulation methods, this article reviews fluid dynamics around obstacles. It covers the mathematical description of fluid motion, selection of numerical methods for equation solving, and specifics of modeling obstacle flow. The article also discusses approaches in numerical models to handle complexities in obstacle flow and their applications in various fields. Overall, it offers an overview of modern mathematical models and methods for obstacle-related fluid dynamics, highlighting potential avenues for further research.

В останні десятиліття вивчення динаміки рідини навколо перешкод перетворилося на динамічну галузь досліджень, що має застосування в аеродинаміці, океанографії, гідродинаміці, біомедичній інженерії та інших галузях. Ця область залишається складною і багатогранною через складну взаємодію між рідиною і перешкодою, а також безліч факторів, що впливають на динаміку потоку. Ця взаємодія може викликати турбулентність, формуючи локальну динаміку течії і навіть великомасштабні циркуляції. Математичні моделі та чисельні методи, включаючи рівняння Нав'є-Стокса, поширений і ефективний інструмент для розв'язання гідродинамічних рівнянь, широко застосовуються для чисельного моделювання в цій галузі.

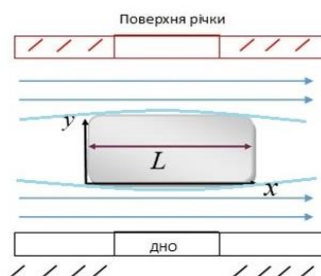


Рисунок 1 – Поперечний переріз потоку навколо зануреної балки

Рівняння Нав'є-Стокса є фундаментальним математичним інструментом для опису динаміки рідини, особливо навколо перешкод. Воно виводиться із законів збереження маси, імпульсу та енергії для ньютонівської рідини. Це рівняння враховує в'язкість рідини і молекулярні взаємодії, забезпечуючи детальний опис руху рідини, особливо в складних сценаріях, таких як обтікання перешкод. У цьому дослідженні рівняння Нав'є-

Стокса [1] буде використано для моделювання та аналізу руху рідини навколо обтічного об'єкта:

$$\frac{\partial \rho(x,t)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \vec{j} = 0, \quad \vec{j} = \rho \mathbf{v}(x,t).$$

При застосуванні чисельного моделювання для аналізу динаміки рідини навколо перешкод необхідно враховувати кілька важливих факторів, включаючи турбулентність потоку, нелінійність рівняння Нав'є-Стокса і взаємодію тіла з рідиною. Ключовою проблемою чисельного моделювання є точна апроксимація граничних умов, таких як умови на поверхні тіла та вільній поверхні рідини. Нещодавно з'явилися нові методи апроксимації граничних умов, такі як метод граничних елементів і метод занурених границь.

Використання рівняння Нав'є-Стокса для аналізу динаміки рідини навколо перешкод має важливе значення в багатьох наукових і технічних галузях. Цей метод полегшує точний розрахунок швидкості і тиску рідини при різноманітних впливах, допомагаючи в проектуванні нових пристроїв і систем, оптимізації існуючих і прогнозуванні їхньої роботи в різних умовах.

Важливо розуміти, що чисельне моделювання – це математичне наближення, яке не завжди точно відображає реальні умови [2]. Тому результати чисельного моделювання слід перевіряти на основі експериментальних даних. Крім того, отримання точних розв'язків рівняння Нав'є-Стокса може вимагати значних обчислювальних ресурсів, що може бути обмеженням для задач високої розмірності.

Очікувані результати дослідження динаміки рідини при обтіканні перешкоди за допомогою рівняння Нав'є-Стокса можуть включати:

Визначення поля швидкостей та тисків навколо тіла під час обтікання рідини, що може бути використане для проектування нових пристроїв та систем або оптимізації вже існуючих.

Прогнозування сил, що діють на тіло в процесі обтікання, що може бути корисним для оцінки його міцності та довговічності.

Оцінка впливу різних факторів на динаміку рідини, таких як зміна форми тіла, зміна швидкості потоку та наявність інших перешкод у потоці.

Список використаних джерел:

1. Tomoki Takahashi, Keiichi Watanabe (2024). Navier-Stokes flow in the exterior of a moving obstacle. <https://arxiv.org/pdf/2402.05618.pdf>
2. Yesilevskiy, V. et al. (2022), "Development of a video processing module for the task of air object recognition based on their contours", Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, No. 3 (21), P. 16–25. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.21.016>

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ РОЙОВОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИХ ЗАДАЧ

Голубощенко Р.В.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Наумейко І.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: ruslan.holuboshchenko@nure.ua

In this thesis, the relevant topic of using unmanned aerial vehicles (UAVs) in the conditions of modern conflicts is explored. The main focus is on the development and improvement of swarm algorithms for autonomous drones capable of efficiently performing reconnaissance and combat tasks in uncertain conditions. A significant portion of the work is devoted to the mathematical formalization of the task at hand and the development of an efficient algorithm based on a modified ant colony method.

Актуальність теми. У ХХІ столітті дедалі частіше на полі бою застосовуються безпілотні літальні апарати, як для розвідки, так і для ведення наступальних та оборонних дій. Особливої масовості ця технологія набула протягом російсько-української війни [1].

Великою перевагою збройних сил Російської Федерації є їхній високий рівень інженерної підготовки. Уздовж усієї лінії фронту ЗСРФ сформували потужну шеренгу траншей, ДОТів, ДЗОТів тощо. Як показали події весни-осені 2023 року, ледве штурм таких позицій живою силою є ефективним. Разом з тим, знищення їх артилерією є недоцільним та марнотратним, а керування БПЛА є надто складними в керуванні, щоби стабільно прицільно знищувати ними піхоту ворога, яка знаходиться всередині укриттів. Одним із можливих технологічних рішень цієї проблеми є рой автономних дронів, які без попередньої мапи здатні залітати в укріплення, обстежувати місцевість та знешкоджувати живу силу.



Рисунок 1 – Укріплення ЗСРФ
у районі н.п. Роботине-
Новопркопівка [4]

У цій праці, яка є початковою частиною кваліфікаційної бакалаврської роботи, математично поставлено та частково виконано поставлену задачу.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка ефективного (в сенсі часу виконання) ройового алгоритму дослідження незнайомої місцевості та комунікації агентів одне з одним. За основу в цій роботі було взято алгоритм

мурашиної колонії [2], який було дещо видозмінено задля задоволення цілей задачі. Частково проводиться теоретичний аналіз напрацювань.

Сама задача розробки алгоритму була умовно поділена на 4 етапи:

1. Повна визначеність. Створення дуже спрощеної моделі реального бою, де всі агенти (дрони) заздалегідь обізнані про мапу місцевості (подану у вигляді графу), кількість і положення цілей, при контакті з якими гарантовано їх знищують. На цьому етапі буде протестовано модифікацію методу мурашиної колонії та оцінено шляхи її розвитку.

2. Часткова невизначеність. Місцевість все ще задається у вигляді графу, однак агентам заздалегідь невідомий його вигляд та, відповідно, кількість цілей у кожному вузлі. Таким чином на даному етапі ми маємо налагодити комунікацію між агентами.

3. Стохастичність. У реальних умовах агент не завжди гарантовано вражає ціль, отже необхідно задати ймовірність її знешкодження і, відповідно, наділити агентів додатково алгоритмами штучного інтелекту, здатними обчислювати оптимальну «довіру» до інформації про знищення цілі в певному вузлі [5].

4. Повна невизначеність. На останньому етапі планується задати об'ємний простір і застосувати SLAM-алгоритми [3] для автономного орієнтування дронів у ньому та подання місцевості у вигляді графу. Це має бути повна версія алгоритму, готова до використання її в рої дронів, здатних виконувати справжні бойові задачі.

Об'єктом дослідження є рої автономних дронів-камікадзе, що послугуються ройовим штучним інтелектом.

Предметом дослідження є розробка ройового інтелекту на основі мурашиного алгоритму та шляхи зміцнення його методами ML. На фінальній стадії розробки планується застосувати SLAM-алгоритми для орієнтування агентів у просторі, а також створити методи ефективної апроксимації стереометричної мапи і подання її у вигляді графу.

Список використаних джерел:

1. Писаренко Т. В. Аналіз світових технологічних трендів у військовій сфері: монографія – К.: УкрІНТЕІ, 2021. – 110 с.

2. Blum Ch. Ant colony optimization: Introduction and recent trends – Physics of Life Reviews 2, 2005 – p. 353–373.

3. Grisetti G., Kümmerle R., Scachniss C., Burgard W. A Tutorial on Graph-Based SLAM.

4. Посилання на джерело: <http://surl.li/rhcyf>.

5. Наумейко І.В., Сова Г.В. До розрахунку марківської моделі ергатичної системи. Сб.науч.труд. 5-й Ювіл. Межд. науч. конф. "Функціональна база наноелектроніки Харків-Крим, 2012. С. 236–239.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ У ТРИВИМІРНОМУ ПРОСТОРИ

Гончаренко В.Д.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Єсілевський В.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: vadym.honcharenko@nure.ua

This work is devoted to describing major mathematical models of UAV and UUV. Utilizing differential equations and state-space representations, enables the design and testing of new models and algorithms without the need for real prototypes. Models often incorporate assumptions of rigid body dynamics and are based on Newton's 2nd law, conservation of momentum. With the Euler-Lagrange and Newton-Euler models being particularly prevalent for describing the dynamics of these systems in terms of linear and angular components.

У сучасних умовах все більшу кількість завдань та робіт виконують за допомогою автономних або віддалено керованих систем. В останні десятиріччя безпілотні літальні та підводні апарати розвиваються стрімкими кроками, вони використовуються в різних сферах: моніторингу інфраструктурних об'єктів, таких як ЛЕП, дороги, мости; картографуванні міської забудови, будинків, споруд, морського дна; обстеженні складно доступних місць, таких як ємності з хімічними речовинами, трубопроводи; в природоохоронному, поліцейському та військовому моніторингу території.

Для опису математичних моделей зазвичай використовують дві еквівалентних форми вираження моделі:

- 1) диференціальних рівнянь, яка зазвичай використовується для формальної та теоретичної роботи у фізиці та математиці;
- 2) у простір станів, що широко використовується у теорії керування та інших аплікаціях, що використовують чисельні методи розв'язання задач.

Важливою частиною таких моделей є вибір систем відліку (просторових координат), найбільш широко використовуваними в таких моделях є геодезичні координати Earth-Centred Earth-Fixed (ECEF), які прив'язані до Землі; та система відліку об'єкта (body frame of reference), які прив'язані до самого об'єкта моделювання.

Таким чином об'єкт описується так званими генералізованими координатами γ , які складаються з 3-х координат простору, свого положення відносно Землі – x, y, z , 3-х кутів повороту відносно себе ϕ, θ, ψ (рисання, тангаж, крен) та θ_i – значеннями, що відповідають за показники рушія.

Моделі базуються на декількох базових поняттях:

1. Об'єкт вважається абсолютно твердим тілом, тобто відстань між будь якими двома точками незмінна з часом.
2. Маса об'єкта незмінна в часі.

3. Розподіл маси по об'єкту є незмінним.

Найбільш популярними моделями є моделі збереження моменту, Ейлера – Лагранжа та Ньютона – Ейлера. Вони базуються на законі збереження імпульсу та другому законі Ньютона:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{g} + \vec{F}_e + \vec{F}_T, \quad (1)$$

де m – маса об'єкту, v – вектор швидкості, g – прискорення вільного падіння, F_e – зовнішні сили, такі як аеро- та гідродинамічні та статичні, F_T – сили, що продукуються рушієм об'єкта.

Наведемо найбільш просту та використовувану модель збереження моменту, яка описує систему у координатах об'єкта та розділяється на дві частини:

1) лінійну:

$$m \begin{pmatrix} \dot{v}_x + v_z \dot{\theta} - v_y \dot{\psi} \\ \dot{v}_y + v_x \dot{\psi} - v_z \dot{\phi} \\ \dot{v}_z + v_y \dot{\phi} - v_x \dot{\theta} \end{pmatrix} = m\vec{g} + \vec{F}_e + \vec{F}_T; \quad (2)$$

2) кутову:

$$\begin{aligned} \dot{\phi} I_{xx} - \dot{\psi} I_{xz} - \phi \theta I_{xz} + \theta \psi (I_{zz} - I_{yy}) &= J_{xe} + J_{xT}; \\ \dot{\theta} I_{yy} + \theta \psi (I_{xx} - I_{zz}) + (\phi^2 - \psi^2) I_{xz} &= J_{ye} + J_{yT}; \\ \dot{\psi} I_{zz} - \dot{\phi} I_{xz} + \phi \theta (I_{yy} - I_{xx}) + \theta \psi I_{xz} &= J_{ze} + J_{zT}, \end{aligned} \quad (3)$$

де I – матриця інерції об'єкту, з відповідними значеннями по осях; J – моменти по осях, де другий індекс позначає походження моменту: e – зовнішніх сил (аеро-, гідродинамічних), T – ті що виникають через дію рушія об'єкту.

Список використаних джерел:

1. Muraleedharan, Narendran, et al. Modelling and simulation of UAV systems. Imaging and Sensing for Unmanned Aircraft Systems. Volume 1: Control and Performance, 2020, 101–121.

2. Poole, R. J. Aircraft Dynamics: From Modeling to Simulation, MR Napolitano, John Wiley and Sons, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, UK. 2012. 706pp. Illustrated. £ 49.99. ISBN 978-0-470-62667-2. The Aeronautical Journal, 2012, 116.1180: 680-680.

3. Yesilevskyi, V. et al. "LSTM networks for anaerobic digester control" / Scientific Bulletin of National Mining University, 2019, Issue 5, p. 130. DOI: 10.29202/nvngu/2019-5/21.

УДК 519.246.8

**РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ
ДЛЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНОГО ВІДБОРУ
КІНЕМАТОГРАФІЧНОГО КОНТЕНТУ**

Гончарова К.С.

Науковий керівник – д-р техн. наук, проф. Кіріченко Л.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: kseniia.honcharova@nure.ua

In the realm of digital media, recommendation systems play a critical role aimed at optimizing user interaction with extensive content catalogs, particularly movies and television programs. The fundamental basis of these systems is the application of machine learning methodologies and big data analytics, which allows for the aggregation and interpretation of complex sets of information, including users' viewing history, their preferences, and feedback, as well as the metadata of related content. These systems integrate several algorithmic approaches, such as collaborative filtering, content-oriented strategies, and hybrid models, to develop highly personalized recommendations. The importance of these systems in the modern media landscape lies in their ability to effectively navigate and personalize large volumes of content to meet the unique interests and preferences of the end user, thereby enhancing user satisfaction and their interaction with digital content.

У сфері цифрових медіа рекомендаційні системи відіграють критичну роль, спрямовану на оптимізацію взаємодії користувачів з обширним каталогом контенту, зокрема, фільмів та телевізійних програм. Фундаментальною основою цих систем є застосування методологій машинного навчання та аналітики великих даних, що дозволяє агрегувати та інтерпретувати комплексні набори інформації, включаючи історію переглядів користувачів, їхні вподобання та відгуки, а також метадані пов'язаного контенту. Ці системи інтегрують декілька алгоритмічних підходів, таких як колаборативна фільтрація, контент-орієнтовані стратегії та гібридні моделі, щоб розробити високо персоналізовані рекомендації. Важливість цих систем у сучасному медійному ландшафті полягає у здатності вони ефективно навігувати та персоналізувати великі обсяги контенту для задоволення унікальних інтересів і переваг кінцевого користувача, тим самим підвищуючи задоволення користувачів та їх взаємодію з цифровим контентом.

Рекомендаційна система аналізує історію переглядів та вподобання користувачів, використовуючи алгоритми машинного навчання для ідентифікації потенційно цікавого українського кінематографічного контенту. Вона потім застосовує методи колаборативної фільтрації або контент-орієнтованого аналізу для генерації персоналізованих рекомендацій, заснованих на схожості між користувачами та фільмами.

Рекомендаційні системи для фільмів базуються на складних алгоритмах, здатних обробляти та аналізувати великі набори даних, що включають перегляди, оцінки користувачів та метадані фільмів. Ці системи використовують різноманітні техніки, включаючи колаборативну фільтрацію, вмістовий аналіз та гібридні моделі, для створення персоналізованих рекомендацій.

Метою цієї роботи є розробка ефективної рекомендаційної системи для українських фільмів, яка адаптується до змінюваних переваг користувачів і покращує їхній досвід перегляду. Застосування глибинного навчання і нейронних мереж дозволяє аналізувати складні взаємозв'язки між користувачами та фільмами, виходячи з великих обсягів даних.

У роботі розглянуто використання автоенкодерів та рекурентних нейронних мереж (RNN) для виявлення та рекомендації фільмів, які відповідають унікальним смакам користувачів. Автоенкодери ефективно знижують розмірність даних, виділяючи ключові характеристики. Їх використання дозволяє не лише зменшити обсяг інформації, але й зберегти значущі аспекти, які допомагають у точнішому аналізі та порівнянні фільмів. З іншого боку, рекурентні нейронні мережі (RNN) можуть аналізувати послідовність переглядів користувача для прогнозування майбутніх інтересів. Це дозволяє системі рекомендацій більш точно адаптуватися до змінних вподобань та інтересів користувача з плином часу. Комбінування цих двох підходів у створенні систем рекомендацій дозволяє підвищити точність та ефективність рекомендаційного процесу, забезпечуючи користувачам більш персоналізований та задоволений досвід перегляду фільмів.

Дослідження включає аналіз поведінки користувачів, їхніх відгуків та оцінок, а також властивостей фільмів, таких як жанри, акторський склад і режисери, для створення комплексної моделі рекомендацій.

Список використаних джерел:

1. Francesco Ricci, Lior Rokach, Bracha Shapira, і Paul B. Kantor, "Recommender Systems Handbook", 2011.
2. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, і Aaron Courville, "Deep Learning", 2016.
3. Yehuda Koren та Robert Bell, "Advances in Collaborative Filtering", у Francesco Ricci, Lior Rokach, Bracha Shapira, і Paul B. Kantor (ред.), "Recommender Systems Handbook", 2011.
4. Kirichenko L., Radivilova T., Zinkevich I. (2018) Comparative Analysis of Conversion Series Forecasting in E-commerce Tasks. In: Shakhovska N., Stepashko V. (eds). Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 689. Springer, Cham, pp. 230–242.

МЕТОДИ ЛІНІЙНОЇ АЛГЕБРИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПЕРЕТВОРЕННЯ БІНАРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Громова В.В.

Науковий керівник – канд. фіз.-мат. наук, доц. Ламтюгова С.М.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна

e-mail: viktoriiia.hromova@nure.ua

The paper considers the linear algebra methods for binary image modeling and conversion. The impact of standard matrix operations on image transformations is examined. Real-world applications include facial recognition, social media editing, and image enhancement algorithms, highlight the significance of the linear algebra methods in image modeling and processing.

Існує два типи методів обробки зображень: аналогова та цифрова обробка. Аналогові методи, як правило, застосовуються для паперових копій, таких як газети, роздруківки та фотографії. Цифрова обробка зображень допомагає маніпулювати та аналізувати цифрові зображення за допомогою комп'ютерних програм та алгоритмів.

Цифрові зображення можна представити у вигляді матриць, адже кожне цифрове фото складається з пікселів – найменших графічних елементів матричного зображення [1].

Нижче представлене зображення у вигляді фото (рис. 1) та матриці 17×17 (рис. 2), елементами якої є числа 0 і 1. Таке зображення є бінарним або булевим, бо складається лише з 2 кольорів.

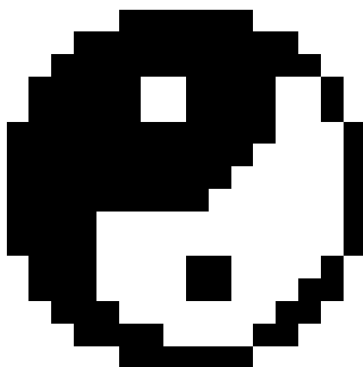


Рисунок 1 – Фото зображення

```
A = {{1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1},
      {1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1},
      {1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1},
      {1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1},
      {1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1},
      {1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1},
      {1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0},
      {1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0},
      {1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0},
      {1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0},
      {1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0},
      {1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0},
      {1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1},
      {1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1},
      {1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1},
      {1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1},
      {1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1}};
```

Рисунок 2 – Матриця зображення

Матрицями можуть бути представлені і відтінки сірого, при цьому кожен елемент матриці визначає інтенсивність відповідного пікселя. Більшість сучасних цифрових файлів використовують цілі числа від 0 до 255, де 0 – чорний колір, мінімальної інтенсивності, а 255 – білий, максимальної інтенсивності. Це дає $256 = 2^8$ різних рівнів сірого [1].

Оскільки зображення можуть бути представлені у вигляді матриць, то стандартні матричні операції дозволяють здійснювати різноманітні перетворення зображень, такі як зміна розмірів, поворот, вирівнювання та інші обробки, що важливі для аналізу зображень [2].

Множення матриці зображення на константу множить кожне значення кольору на цю константу. Якщо в результаті множення отримано значення більше 1, воно просто залишається на рівні 1. На рис. 3, а показано результат множення матриці зображення на 5, а на рис. 3, б – на 100. Чим більше множник, тим темніше стає зображення.

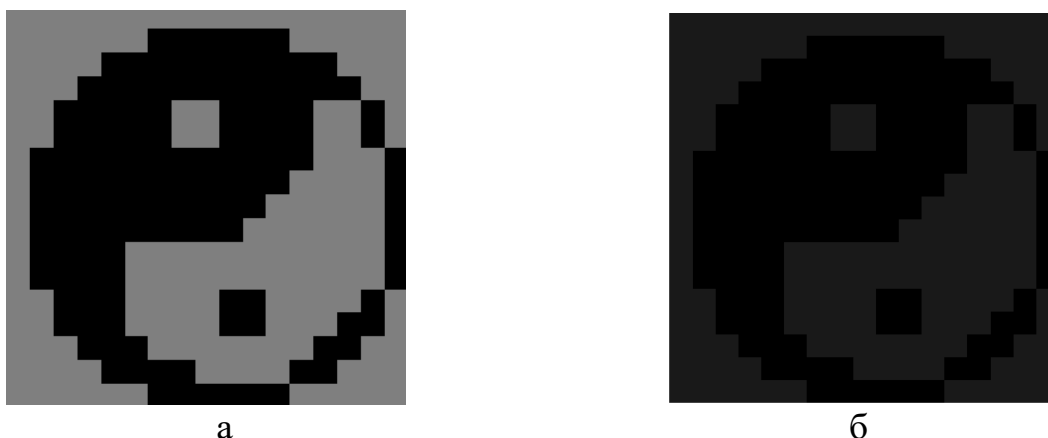


Рисунок 3 – Множення матриці зображення на константу: а) 5, б) 100

Додавання матриць двох зображень додає значення кольорів обох зображень. Подібно до множення, якщо результатом додавання є значення, більше за 1, воно просто залишиться на рівні 1. На рис. 4, а показано вихідне зображення, а на рис. 4, б – результат додавання матриці зображення рис. 4, а до матриці зображення рис. 1.

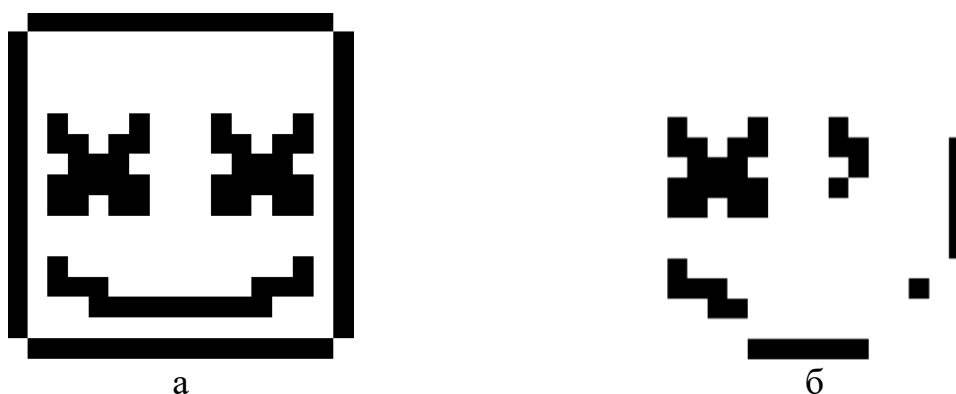


Рисунок 4 – Додавання матриць зображень:
а) вихідне зображення, б) результат додавання

Результат віднімання матриці зображення з рис. 4, а від матриці зображення з рис. 1 представлено на рис. 5. На рис. 6 представлено результат транспонування матриці зображення з рис. 1.

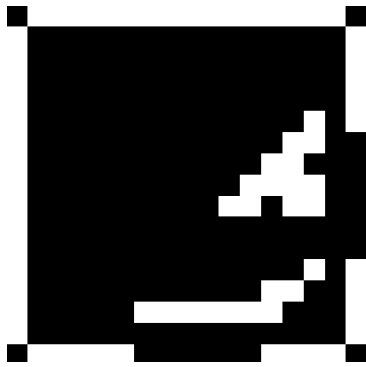


Рисунок 5 – Віднімання матриць зображень

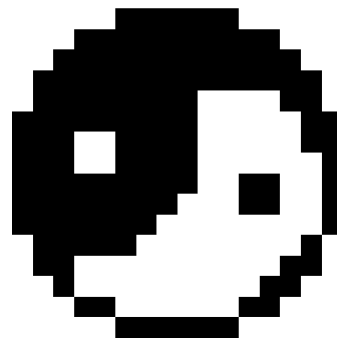


Рисунок 6 – Транспонування матриці зображення

У зв'язку зі зростанням обсягів даних, що обробляються та передаються, важливими завданнями в сучасних системах обробки та зберігання інформації є зниження розміру зображень та оптимізація їхнього зберігання. Матричне стиснення, або зменшення розміру матриць, можна виконати різними способами, які ґрунтуються на знаходженні закономірностей у матриці. Наприклад, можна видалити зайві нулі з матриці для зменшення обсягу пам'яті. Прикладами алгоритмів лінійної алгебри є також діагоналізація, обрізання, наближення низького рангу, квантування, згортка та інші. Ці методи дозволяють ефективно видаляти зайву інформацію, яка не впливає на якість або сутність зображення, та зменшує їх розміри.

Цифрова обробка зображень знаходить багато застосувань у реальному світі, таких як підвищення безпеки за допомогою систем розпізнавання облич, аналізу поведінки в соціальних мережах для збору даних та прогнозування інтересів користувачів, удосконалення якості фотографій для особистих та комерційних потреб, а також у вирішенні складних наукових завдань, зокрема у космічних, медичних та інженерних дослідженнях [2, 3].

Список використаних джерел:

1. Pesco, D. U., & Bortolossi, H. J. (2012). Matrices and Digital Images. URL: <http://dmuw.zum.de/images/6/6d/Matrix-en.pdf> (дата звернення: 02.03.2024).
2. Shah A. Analysis of the usage of linear algebra in image processing. URL: https://www.researchgate.net/publication/369589234_Analysis_of_the_usage_of_linear_algebra_in_image_processing (дата звернення: 02.03.2024).
3. Yesilevskiy, V., Koliadin, A., & Sereda, O. (2022). Development of a video processing module for the task of air object recognition based on their contours. Innovative technologies and scientific solutions for industries, 3 (21), 16–25. <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.21.016>.

УДК: 621.126

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ В СИСТЕМАХ ПАКЕТНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ

Денисов Р.К.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Єсілевський В.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: roman.denysov@nure.ua

This paper proposed an optimization of throughput in the Batch-Processing Systems, specifically in a closed queueing system with n clients and m servers. Generally, clients are producing jobs that are processed in batches by parallel servers. The main characteristics that impact system throughput are batch size and corresponding speedup function. In such systems, the speedup function has the sub-additive property that means that infinitely increased computational resources will not affect the efficiency linearly. In fact, the problem of throughput optimization leads to searching for the optimal batch size parameter. The process of finding the batch size parameter could take up to multiple weeks in existing big tech systems. This paper has strived to find optimal throughput in $O(1)$ time by referring to the mean-field model (MFM).

Коли в комерційну систему починає надходити велика кількість запитів, з'являється ряд проблем: система не витримує кількість запитів, через що падає і втрачаються дорогоцінні дані, даних може приходити набагато більше, ніж здатна обробити звичайна система, або дані можуть оброблятися надзвичайно довго. Ключовою технікою оптимізації у подібних високонавантажених системах обробки даних є пакетна обробка (batch processing), що полягає у формуванні вхідних даних у пакети із послідувочою їх обробкою як одного об'єкту [1].

Batch size (BS) – це параметр системи пакетної обробки, який регулює кількість задач, які можуть оброблюватися одночасно [2]. На практиці, для пошуку оптимального значення BS_0 використовують чисельні методи, методи оптимізації або симуляція моделі системи. Проблема в тому, що під час великого об'єму даних ці методи втрачають свою ефективність й пошук цього параметру може займати великий обсяг часу. Якщо параметр $BS \ll BS_0$, то система буде обробляти набагато менше даних, ніж до нас надходить, і при такому розкладі послідовність вхідних даних $\{X_n\} \rightarrow \infty$, це призведе до падіння нашої системи. У випадку, коли $BS \gg BS_0$, час на обробку одного пакету $t_{\text{пак}} \rightarrow \infty$, й це знову призведе до падіння нашої системи.

Метою даної роботи є пошук асимптотично оптимальної пропускної здатності для закритої системи за $O(1)$ часу. Це дозволить побудувати систему, яка буде взмозі обробляти великий потік даних за скінченну кількість часу без їх втрати, що є актуальною проблемою для сучасних систем.

У ході дослідження було встановлено, що модель середнього поля (mean-field model) має унікальну, глобальну стаціонарну точку, яку можна знайти, і яка характеризує асимптотичну пропускну здатність системи, як функцію від BS [3]. Ідея даної моделі полягає у тому, що поведінка кожного елемента системи може бути описана середнім значенням його характеристик. Вона дозволяє замінити складний мікрорівень взаємодії на більш простий макро-рівень, що спрощує аналіз системи. До цього стандартом галузі було використання Марковського підходу, де час пошуку BS оцінювався як $O(n^4)$. Влаштувавши для тестового полігону чисельні випробування, було встановлено асимптотичну оптимальну пропускну здатність в $O(1)$ часу для нової моделі.

Дана робота має практичне застосування в сучасних високонавантажених системах обробки даних, де важливо забезпечити оптимальну пропускну здатність і ефективність обробки завдань. Шляхом моделювання системи як закритої мережі черг, де партії спостерігають субаддитивне прискорення виконання, отримано оптимальну пропускну здатність як функцію розміру партії для n клієнтів та m серверів. Розглянута система схожа на стандартні системи баз даних, де клієнти чекають на результат вхідного запиту для генерації наступного. Використання моделі середнього поля дозволяє точно прогнозувати ефективність системи в асимптотичних умовах та розробляти оптимальні стратегії управління ресурсами. Загалом, ця робота відкриває нові перспективи для оптимізації обробки даних у великих та складних системах, що має велике значення для подальшого розвитку сучасних технологій та підвищення їхньої продуктивності.

Список використаних джерел:

1. <https://blog.k2datascience.com/batch-processing-apache-spark-a67016008167>.
2. <https://www.sciencedirect.com/topics/mathematics/mean-field-model>.
3. Forest Baskett, K Mani Chandy, Richard R Muntz, Fernando G Palacios, et al. 1975. Open, closed, and mixed networks of queues with different classes of customers. *J. ACM* 22, 2 (1975), 248–260.
4. Yesilevskyi, V. et al. (2022), "Development of a video processing module for the task of air object recognition based on their contours", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 3 (21), P. 16–25. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.21.016>
5. K Mani Chandy and Alain J Martin. 1983. A characterization of product-form queuing networks. *J. ACM* 30, 2 (1983), 286–299.
6. X. Wen, B. Yang, Y. Chen, L. E. Li, K. Bu, P. Zheng, Y. Yang, and C. Hu. 2016. RuleTris: Minimizing Rule Update Latency for TCAM-Based SDN Switches. In *Proc. IEEE Int. Conf. Dist. Comput. Sys.* 179–188.

**ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ЛІНІЙНОГО МІСТА
ІЗ ЗОВНІШНЬОЮ КОНКУРЕНЦІЄЮ**

Дзюба Є.В.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Наумейко І.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: yehor.dziuba@nure.ua

The linear city model, also known as the Hotelling model, is a fundamental concept in spatial economics. It explores the behaviour of firms and consumers in a spatial context, considering factors such as location, competition, and transportation costs. In this model, we envision a linear arrangement of sellers and consumers along a one-dimensional space, such as a street or highway.

Актуальність теми. Дослідження щодо моделі лінійного міста із зовнішньою конкуренцією вкладається в сучасний контекст розвитку міст та економічної конкуренції. Зростаюча глобалізація та відкритість ринків призводять до збільшення конкуренції між містами. Дослідження цієї моделі допоможе розуміти нам, як зовнішні фактори впливають на його економічну життєздатність. Ця модель може допомогти визначити оптимальні рішення щодо інфраструктури, таких як транспортні мережі, логістика та зв'язок з іншими містами. В умовах обмежених ресурсів важливо розуміти, як зовнішня конкуренція впливає на сталість розвитку міста. Це дослідження може виявити можливості для оптимізації ресурсів та збереження екологічної рівноваги [1].

Фірми, що вже знаходяться на ринку, найчастіше виявляють здатність передбачити дії у відповідь інших фірм, які можуть зайти на цей ринок. Перші планують свої дії виходячи із передбаченої реакції останніх. Найбільш відома модель, якою фірма-лідер передбачає реакцію послідовника – модель Дуополії Штакельберга. Спроби застосувати передумову про передбачення фірми-лідера до моделі просторової конкуренції зробили Е. Прескотт і М. Вісчер, а також Дж. Бхадурі, Р. Чандрасекаран та В. Падманабхан [2]. І в моделях, запропонованих Прескоттом та Вісчером, та в моделі Бхадурі, Чандрасекарана та Падманабхана встановлені сильні обмеження: у моделі Бхадурі-Чандрасекарана-Падмана-Бхана фіксована вартість, в моделях Прескотта і Вісчера або фіксована ціна, або є досить жорсткі обмеження на місце становище. Наявність обмежень у цих моделях пояснюється чисельними труднощами.

С. Меза та М. Томбак побудували модель лінійного міста, де ендегенно виникає конкуренція по Штакельбергу між двома фірмами з екзогенно заданими витратами виробництва [4]. У моделі Мези і Томбака конкуренція по Штакельбергу виникає при середній різниці у витратах між фірмами

(при великій різниці модель вироджується в монополію). У одній фірми вони завжди диференційовані.

З літератури невідомі моделі лінійного міста, в яких би були розглянуті тривала елементарна конкуренція по Штакельбергу з мінімальними обмеженнями на місцезнаходження фірм та екзогенним лідерством. Щоб заповнити цю прогалину і була розроблена така модель.

Метою цього дослідження є аналіз взаємодії між містами та їхнім оточенням. Наші дослідження дозволять розкрити, як зовнішні фактори впливають на розвиток лінійного міста. Це допоможе визначити стратегії, які дозволять місту ефективно конкурувати на ринку. За допомогою цієї моделі, ми зможемо визначити оптимальне розташування ресурсів, таких як транспортні мережі, інфраструктура та послуги, з урахуванням конкуренції з інших міст. Після виконання повного дослідження в межах кваліфікаційної роботи бакалавра, у нас буде можливість розробити стратегії розвитку міста, які враховують зовнішні впливи та конкуренцію.

Об'єктом дослідження є модель лінійного міста з урахуванням зовнішньої конкуренції.

Предметом дослідження є вибір, застосування та інтеграція сучасних інформаційних технологій для моделювання міського середовища та створення цифрових двійників об'єктів міста.

Розглянуто модифікований алгоритм пошуку рівноваги моделі Штакельберг. Якщо в моделі Штакельберга фірми вибирають тільки кількості пропонованої продукції, в наведеному синтетичному алгоритмі фірми вибирають як кількість продукції, так і своє місцезнаходження.

На другому етапі алгоритму будуюмо інтегральну функцію прибутку кожної фірми всього ринку. Потім будуюмо функцію реакції по місцезнаходженням, як фірми-лідера, так і фірми-послідовника, з огляду на передбачення лідером реакції послідовника. Використовуючи отримані функції реакції, розраховуємо рівноважні місцескладення [5].

Список використаних джерел:

1. Combes P.-Ph., Mayer T. and Thisse J.-F. *Economic Geography: The Integration of Regions and Nations*. Princeton: Princeton University Press, 2008.
2. Bhadury J., Chandrasekaran R., Padmanabhan V. *Competitive Location and Entry Deterrence in Hotelling's Duopoly Model* // *Location Science*. 1994.
3. Meza S., Tombak M. *Endogenous Location Leadership* // *International Journal of Industrial Organization*. 2009.
4. Prescott E.C., Visscher M. *Sequential Location Among Firms with Foresight* // *Bell Journal of Economics*. 1977.
5. Дзюндзюк Б. В., Наумейко І. В. Складна динаміка простої кейнсіанської моделі міжнародної торгівлі. Міжнаук-практ. Конфер. «Математичне моделювання процесів в економіці та управлінні інноваційними проектами» (ММП-2013) С. 52–53.

ВИКОРИСТАННЯ ЗАДАЧІ ПАКУВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРАПЕВТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

Дубинський В.М.¹, Яськова Є.Г.²

Науковий керівник – д-р техн. наук, проф. Романова Т.Є.

¹Харківський національний університет радіоелектроніки,
м. Харків, Україна

²Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,
м. Харків, Україна

e-mail: tarom27@yahoo.com

The research is focused on utilizing packing problems to study structures of therapeutic nanocomplexes. Packing groups of objects (molecules) within a given volume is considered, taking into account allowable distances between core and orbit components. A mathematical model is provided as a mixed integer nonlinear programming problem. This problem is aimed at achieving maximum therapeutic efficiency. The work holds substantial potential for enhancing treatment methodologies and broadening the application of mathematical modeling in the field of medical sciences.

Макро-, мікро- і наносистеми, створені з сучасних біосумісних матеріалів і з'єднані з лікарською формою, застосовуються для лікування важких захворювань, включаючи діабет, астму, пухлини різної етіології та ін. Метою появи таких систем доставки ліків є поліпшення фармакокінетики і фармакодинаміки ліків, запобігання токсичності, імуногенності систем для ліпшої терапевтичної ефективності [1, 2].

Наноконплекси, які мають одну центральну молекулу (СО – core component) з іншими молекулами (ОС – orbit components), що обертаються навколо неї, належать до категорії координаційних комплексів. Вони складаються з центрального атома або йону, який з'єднаний з групою атомів, йонів, молекул [3].

У цій роботі розроблено математичну модель для оптимізації пакування груп об'єктів (наноконплексів). Нехай є набір об'єктів, які є спрощеною моделлю наноконплексу: $C_i = F_i \cup D_i$, $i = 1, 2, \dots, N$. Тут F_i – куля з радіусом r , яка є спрощеною моделлю молекули (СО), D_i – куля з радіусом $R > r$, яка є спрощеною моделлю молекули (ОС), що обертається на заданій відстані навколо центрального об'єкта за визначеною орбітою.

Нехай $v_i = (x_i, y_i, z_i)$ – координати центру кулі F_i , $i = 1, 2, \dots, N$. Положення кулі D_i відносно кулі F_i визначається двома кутами $0 \leq \theta_i \leq \pi$ та $0 \leq \varphi_i \leq 2\pi$. Нехай $u_i = (x_{di}, y_{di}, z_{di})$ – координати центру кулі D_i , тоді $x_{di} = x_i + \rho \sin \theta_i \cos \varphi_i$, $y_{di} = y_i + \rho \sin \theta_i \sin \varphi_i$, $z_{di} = z_i + \rho \cos \theta_i$, де $\rho = \Delta + r + R$, Δ – відстань між кулями D_i та F_i , $i \in \{1, 2, \dots, N\}$. Також задано мінімально допустимі відстані δ_f між кожною парою куль F_i та δ_d між ко-

жною парою куль D_i . Наноконплекси можуть вільно рухатися в паралелепіпеді $P = \{X \in \mathbb{R}^3 : 0 \leq x \leq l, 0 \leq y \leq w, 0 \leq z \leq h\}$.

Задача. Знайти максимальну кількість об'єктів $n^* \leq N$ із заданого набору $C_i, i = 1, 2, \dots, N$, які можна розмістити в паралелепіпеді P з урахуванням обмежень на відстані δ_f та δ_d .

Математична модель задачі має такий вигляд:

$$n^* = \sum_{i=1}^N H_i(v_i, \theta_i, \varphi_i), v = (v_1, \theta_1, \varphi_1, v_2, \theta_2, \varphi_2, \dots, v_N, \theta_N, \varphi_N) \in D \subset \mathbb{R}^{5N}, \quad (1)$$

$$D = \{v \in \mathbb{R}^{5N} : H_i(v_i, \theta_i, \varphi_i) \cdot H_j(v_j, \theta_j, \varphi_j) \cdot \Phi_{ij}(v_i, \theta_i, \varphi_i, v_j, \theta_j, \varphi_j) \geq 0\}, \quad (2)$$

де $H_i(v_i, \theta_i, \varphi_i) = 1$, якщо $\Phi_i(v_i, \theta_i, \varphi_i) \geq 0$, та $H_i(v_i, \theta_i, \varphi_i) = 0$, якщо $\Phi_i(v_i, \theta_i, \varphi_i) < 0$. Тут $\Phi_i(v_i, \theta_i, \varphi_i)$ – Φ -функція об'єктів C_i та $P^* = \mathbb{R}^3 \setminus \text{int } P$, яка описує умову включення C_i до P , $\Phi_{ij}(v_i, \theta_i, \varphi_i, v_j, \theta_j, \varphi_j)$ – псевдонормалізована Φ -функція об'єктів C_i та C_j , яка описує їхнє розміщення з урахуванням обмежень на відстані між компонентами наноконплексу.

Для розв'язання задачі пакування (1)–(2) може бути застосовано метод декомпозиції [4] та сучасні розв'язувачі для пошуку локальних екстремумів.

Побудовану математичну модель може бути використано для дослідження та вдосконалення терапевтичних наноконплексів C60-Dox [5].

Список використаних джерел:

1. Byun M. J., Lim J., Kim S. N., Park D. H., Kim T. H., Park W., Park C. G. Advances in Nanoparticles for Effective Delivery of RNA Therapeutics. *BioChip*. 2022. Vol. 16. P. 128–145.
2. Sung Y. K., Kim S. W. Recent advances in polymeric drug delivery systems. *Biomater Res*. 2020. Vol. 24. P. 1–12.
3. Pobłocki K., Drzeżdżon J., Kostrzewa T., Jacewicz D. Coordination Complexes as a New Generation Photosensitizer for Photodynamic Anticancer Therapy. *Int. J. Mol. Sci*. 2021. Vol. 22. P. 1–16.
4. Romanova T., Stoyan Y., Pankratov A., Litvinchev I., Marmolejo J. A. Decomposition algorithm for irregular placement problems // Vasant P., Zelinka I., Weber G. W. (eds). ICO 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer, Cham, 2020. Vol. 1072. P. 214–221.
5. Romanova T., Grebinyk A., Pankratov A., Stoyan Y., Nechyporenko A., Prylutsky Y., Grebennik I., Frohme M.. Modeling and Computer Simulation of Nanocomplexation for Cancer Therapy // Marmolejo-Saucedo J. A., Rodríguez-Aguilar R., Vasant P., Litvinchev I., Retana-Blanco B. M. (eds). COMPSE 2022. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham, 2024. P. 257–272.

МЕТОД R-ФУНКЦІЙ У ЧИСЕЛЬНОМУ ДОСЛІДЖЕННІ ЗАДАЧ ОБТІКАННЯ

Дудар М.А.

Науковий керівник – д-р фіз.-мат. наук, проф. Сидоров М.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: mykyta.dudar@nure.ua

The paper addresses the problem of the flow around a cylindrical body by an ideal incompressible fluid. To solve the problem, a structural method (the R-functions method) was used. The structure of the solution, which exactly satisfies the equations and boundary conditions of the problem outside a certain finite region adjacent to the body being flowed around, was written.

Багато явищ у фізиці, хімії, біології, аеро- та гідродинаміці можна доволі точно описати, використовуючи диференціальні рівняння. У цьому випадку ми приходимо до крайових задач: у деякій скінченній або нескінченній області Ω необхідно знайти розв'язок рівняння $Au = f$, що задовольняє на ділянках $\partial\Omega_i$ межі $\partial\Omega$ крайові умови $L_i u|_{\partial\Omega_i} = \varphi_i$, $i = 1, 2, \dots, m$, де f і φ_i задані функції, а A , L_i – деякі задані оператори, визначені на межі області Ω та на ділянках $\partial\Omega_i$ її межі відповідно. Отже, постановка такої задачі поєднує у собі аналітичну та геометричну інформації. Для її повного урахування можна використати метод R-функцій, запропонований акад. НАН України В.Л. Рвачовим [1]. У обчислювальній гідродинаміці до розв'язання задач обтікання цей метод було застосовано, наприклад, у роботах [2 – 4].

Розглянемо задачу про обтікання циліндричного тіла стаціонарним вихровим поступальним безциркулярним потоком нев'язкої (ідеальної) рідини, швидкість якої на нескінченності V_∞ спрямована вздовж більшої вісі профілю тіла. Математична модель має наступний вигляд:

$$\Delta\psi = 0 \text{ зовні } \bar{\Omega},$$

$$\psi|_{\partial\Omega} = 0, \quad \psi_\infty = V_\infty y.$$

Тут $\bar{\Omega}$ – поперечний переріз тіла, що обтікається, ψ – функція течії, Δ – оператор Лапласа, $\partial\Omega$ – контур напрямної циліндричного тіла. Функція течії ψ пов'язана з компонентами вектора швидкостей потоку за формулами:

$$v_x = \frac{\partial\psi}{\partial y}, \quad v_y = -\frac{\partial\psi}{\partial x}.$$

Відповідно до методу R-функцій, структуру розв'язку цієї крайової задачі можна записати так [2]:

$$\psi = \omega_M(\psi_0 + \Phi) + \omega_M(1 - \omega_M)\Phi_1.$$

Тут ψ_0 точний розв'язок задачі для випадку, коли $\partial\Omega$ є коло радіусу R . Він має вигляд

$$\psi_0 = V_\infty \left(\rho - \frac{R^2}{\rho} \right) \sin \varphi,$$

де ρ, φ – змінні полярної системи координат.

Функція $\omega_M = f_M(\omega)$ обираємо у вигляді

$$f_M(\omega) = \begin{cases} 1 - \exp \frac{\omega}{\omega - M}, & 0 \leq \omega < M, \\ 1, & \omega \geq M, \end{cases}$$

де $\omega(x, y) = 0$ – рівняння межі $\partial\Omega$. Невизначені компоненти структури Φ і Φ_1 оберемо у вигляді:

$$\Phi = \sum_{k=1}^{m_1} a_k \varphi_k, \quad \Phi_1 = \sum_{j=1}^{m_2} b_j \tau_j,$$

де $\{\varphi_k(\rho, \varphi)\}$, $k=1, 2, \dots$, – повна система частинних розв'язків рівняння Лапласа відносно зовнішності кола скінченного радіусу; $\{\tau_j(\rho, \varphi)\}$ $j=1, 2, \dots$, – повна система частинних розв'язків рівняння Лапласа відносно області $\{\omega(x, y) < M\}$.

Коефіцієнти a_k і b_j знаходяться за допомогою методу Рітца. Комп'ютерне моделювання було проведено у пакеті Mathematica 10.3 для випадку обтікання еліптичного циліндра. Отриманий наближений розв'язок порівняно з точним розв'язком задачі.

Список використаних джерел:

1. Рвачёв В. Л. Теория R-функций и некоторые её приложения. Киев: Наукова думка, 1982. 552 с.
2. Стрельченко А. Й., Колосова С. В., Рвачов В. Л. Про один метод розв'язування крайових задач. *Доповіді АН УРСР, сер. А.* 1972. № 9. С. 837 – 839.
3. Ламтюгова С. Н., Сидоров М. В. Математическое моделирование задач обтекания в цилиндрической системе координат. *Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. Сер. Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління.* 2014. № 1105, вип. 24. С. 111 – 121.
4. Lamtygova S. N., Sidorov M. V. Numerical analysis of the problem of flow past a cylindrical body applying the R-functions method and the Galerkin method. *ECONTECHMOD. An International Quarterly Journal on Economics in Technology, New Technologies and Modelling Processes.* 2014. Vol. 3, No. 3. Pp. 43 – 50.

ПРОГНОЗУВАННЯ ЦІН НА АКЦІЇ ВИКОРИСТОВУЮЧИ LSTM

Ільницький В.Б.

Науковий керівник – д-р фіз.-мат. наук, проф. Сидоров М.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,

м. Харків, Україна

e-mail: vladyslav.ilnytskyi@nure.ua

Predicting a fast and accurate model for stock price forecasting is been a challenging task and this is an active area of research where it is yet to be found which is the best way to forecast the stock price. Many techniques to forecast the value of the stock market index have been developed in the fields of probability theory, statistics, and machine learning. Recurrent neural networks, or RNNs, have been incredibly successful in the previous several years when applied to a wide range of issues, including picture captioning, language modeling, speech recognition, and translation. The usage of "LSTMs", a highly specific type of recurrent neural network that performs far better than the regular version for many tasks, is crucial to these accomplishments.

LSTM – це глибока нейронна мережа, яка належить до сім'ї рекурентних нейронних мереж. З RNN виникають проблеми, коли мережа або припиняє своє навчання, або навчається з дуже високою швидкістю, так що вона ніколи не наближається до мінімальної помилки. LSTM-мережі побудовані так, що ця проблема ніколи не виникає, і вони стають придатними для даних часових рядів.

Математичне подання LSTM має вигляд:

$$\begin{aligned} f_t &= \sigma(W_{fh}h_{t-1} + W_{fx}x_t + b_f), \\ i_t &= \sigma(W_{ih}h_{t-1} + W_{ix}x_t + b_i), \\ \bar{c}_t &= \tanh(W_{ch}h_{t-1} + W_{cx}x_t + b_{\bar{c}}), \\ c_t &= f_t \cdot c_{t-1} + i_t \cdot \bar{c}_t, \\ o_t &= \sigma(W_{oh}h_{t-1} + W_{ox}x_t + b_o), \\ h_t &= o_t \cdot \tanh(c_t), \end{aligned}$$

де c_t – довготривалий стан комірки, h_t – короткостроковий стан комірки, W_i , W_c , W_o – матриці вагових коефіцієнтів, b – члени зміщення, f_t – шлюз забування, i_t , o_t – вхідний/вихідний шлюз, $\bar{c}_t$ – розрахунок кандидатів на нові значення, $\tanh$ – функція активації, σ – логарифмічна сигмоїдна функція.

Модель LSTM має стан пам'яті, який використовується для зберігання інформації від минулого стану до поточного. У LSTM є шлюз, який може додавати або видаляти інформацію зі стану комірки. Далі йде сигмоїдна функція, яка використовується для того, щоб забути інформацію з попереднього стану. Далі, у вхідному шлюзі ми використовуємо $\tanh$ шар. Вихідний шлюз, визначає, який сигнал подаватиметься на вихід нейронної мережі.

Таким чином, використання шлюзів дозволяє мережі дізнатися, що саме зберігати в довгостроковому стані, що відкидати і з чого читати. Це гарантує, що комірка може зберігати дані необмежено довго. При цьому на кожному часовому кроці одні спогади відкидаються, інші додаються.

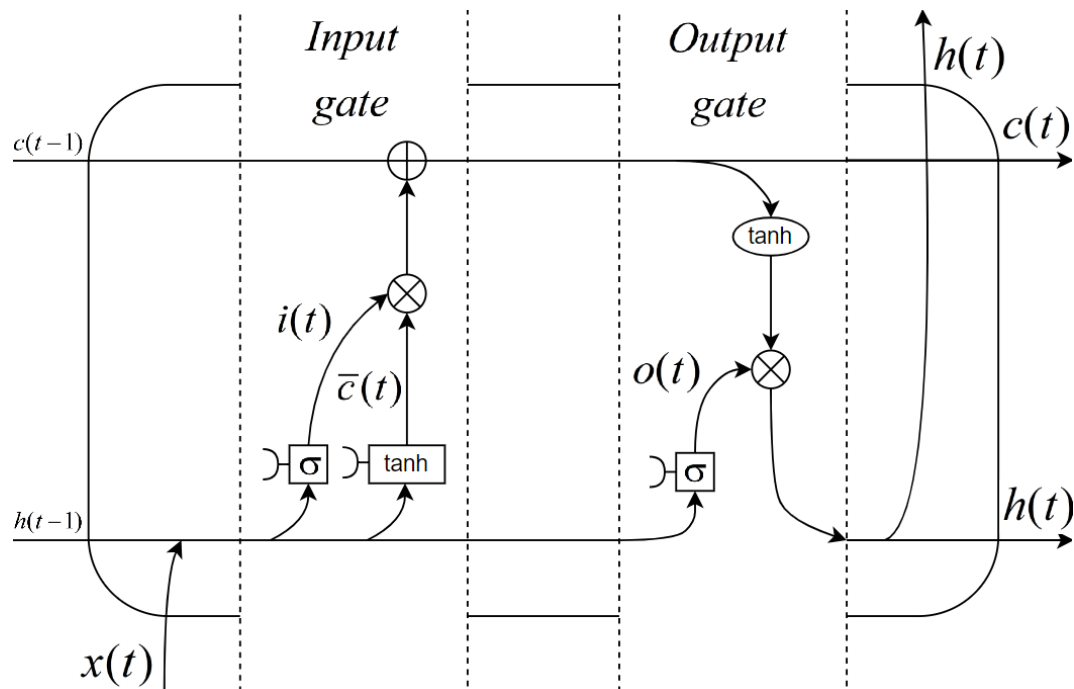


Рисунок 1 – Архітектура LSTM

Для того, щоб виявити закономірності в цінах на акції, необхідно нормалізувати дані про ціни. Ми використовуємо метод нормалізації "min-max" для нормалізації набору даних, який зберігає структуру даних, як показано нижче:

$$X_t^n = \frac{X_t - \min(X_t)}{\max(X_t) - \min(X_t)},$$

де X_t^n – дані після нормалізації.

Модель LSTM може прогнозувати майбутню тенденцію розвитку ціни акцій, використовуючи лише еволюційні характеристики історичного стану цін. Порівняно з традиційним методом математичної статистики, LSTM відрізняється простотою та надійністю.

Результати обчислювального експерименту продемонстровані у [1]. Результати, отримані у цій роботі, з ними дуже добре узгоджуються.

Список використаних джерел:

1. Ruochen X., Yingying F., Lei Y., Yihan M. Predict stock prices with ARIMA and LSTM. 2022. arXiv:2209.02407.
2. Himanshu G., Aditya J. A Study on Stock Forecasting Using Deep Learning and Statistical Models. 2024. arXiv:2402.06689.

**ІННОВАЦІЙНА ІДЕЯ. ПРОГРАМНА СИСТЕМА
ДЛЯ ОБЛІКУ ОБЛАДНАНЬ МАЛОГО БІЗНЕСУ**

Кайдаш С.А.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Мар'їн С.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПІ,
м. Харків, Україна

e-mail: stanislav.kaidash@nure.ua

The purpose of the study is to develop a new concept of a web application and equipment monitoring system based on Internet of Things (IoT) applications in an organization. The goal of the work is to develop, improve and sell a system that will allow users to organize and track equipment data. The equipment can be easily found using Google Maps. The basis for the solutions is the business models of Canvas, KANO and BluePrint services. The results of the development were the inventive concept and software implementation of the equipment accounting system at the enterprise.

При розгляді процесу розробки програмного забезпечення для відстеження обладнання в організаціях виникає багато аспектів, які потрібно врахувати. Основна мета такого програмного забезпечення полягає в тому, щоб забезпечити організаціям зручний та ефективний інструмент контролю за своїм дорогим обладнанням.

Швидкість цих систем стає все більш важливою проблемою в міру розвитку технологій і зростання потреб в обробці та зберіганні даних. Вимога зберігати величезні обсяги даних призвела до збільшення розмірів промислових дисків за останні десять років. Однак оскільки ємність зберігання даних зростає в рази, зріс і попит на кращі системи обробки.

Незалежно від того, скільки даних обробляє система, з точки зору користувача вона повинна поводитися узгоджено. Загалом системи, які мають справу переважно з набором структурованих даних, які зазвичай зберігаються в кількох базах даних, підпадають під категорію систем обробки та зберігання даних. Реляційні бази даних, які зберігають дані в таблицях, наразі є найпопулярнішим видом. Відповідно, в ідеї даної бази даних кожна таблиця пов'язана з окремим об'єктом. Близько 80 % світового ринку складається з цього типу, але використання реляційного типу для вирішення проблеми зберігання величезних обсягів даних починає викликати проблеми. Основними перевагами реляційних баз даних є структуровані дані, які вони містять, і архітектурні елементи, призначені для збереження цілісності даних. Ця функціональність стала можливою завдяки збереженню зв'язків між частинами даних; однак робота з величезними обсягами даних і погано структурованими даними може бути складною через витрати, пов'язані зі зберіганням і перевіркою цих посилань

Враховуючи сучасні технологічні тенденції, особливо розвиток Інтернету речей (IoT), ми можемо розглядати використання передових технологій для створення програмного забезпечення, яке дозволить не лише відстежувати обладнання, а й автоматизувати цей процес. Застосування IoT датчиків та засобів зв'язку може значно спростити процес визначення місцезнаходження обладнання та збору даних про його використання.

Під час розробки програмного забезпечення необхідно також враховувати потреби користувачів. Компанії будуть зацікавлені у програмному забезпеченні, яке не лише відстежує обладнання, а й надає зручний інтерфейс для користувачів, забезпечуючи можливість швидкої навігації та отримання потрібної інформації.

Додатково, успішна реалізація такого проекту передбачає не лише розробку програмного забезпечення, а й впровадження його в різні типи організацій. Це означає, що потрібно буде розробити ефективні стратегії впровадження, а також надати підтримку та навчання користувачам.

Важливо підкреслити, що розробка програмного забезпечення для відстеження обладнання в організаціях є актуальною завданням у сучасному бізнес-середовищі. Завдяки такому програмному забезпеченню, компанії можуть ефективно керувати своїм обладнанням, використовуючи передові технології та забезпечуючи безпеку своїх активів.

Крім того, важливо врахувати фактор безпеки та конфіденційності даних при розробці програмного забезпечення. Оскільки в системі будуть зберігатися дані про обладнання та співробітників, необхідно забезпечити їх захист від несанкціонованого доступу та вживання.

Узагальнюючи, розробка програмного забезпечення для відстеження обладнання в організаціях є важливим етапом у вдосконаленні бізнес-процесів. З правильним підходом до проекту, з використанням передових технологій та з урахуванням потреб користувачів, таке програмне забезпечення може стати необхідним інструментом для підвищення ефективності та конкурентоспроможності організацій.

Список використаних джерел:

1. Jason Gregory. Game Engine Architecture. 3rd edition. CRC Press, 2018. 1240 p.
2. Andrew Rollings, Dave Morris. Game Architecture and Design. 2nd edition. New Riders, 2004. 926 p.
3. Julian Gold. Object-oriented Game Development. Pearson Education, 2004. 426p
4. MySQL / URL: <http://mysql.com> (дата звернення: 10.11.2023)
5. Єрохін А. Л., Самсонов В. В. Методи та засоби інтернет-технологій: навч. посіб. Харків : компанія СМІТ, 2008. 264 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ САМОЗАЙМАННЯ У ПІВКРУЗІ МЕТОДАМИ РОТЕ ТА ДВОБІЧНИХ НАБЛИЖЕНЬ

Калініченко А.С.

Науковий керівник – д-р фіз.-мат. наук, проф. Сидоров М.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
e-mail: anatolii.kalinichenko@nure.ua

This work is devoted to the use of the Rothe's method in combination with the method of two-sided approximations based on the use of the Green's function to solve the 2D initial-boundary value problem for the semilinear equation of thermal conductivity in half-circular domain. The power of the internal heat source is approximated by exponential dependence.

Моделювання процесів самозаймання у насипові матеріалу (вугілля, бавовни), переріз якого має форму півкола (рис. 1), приводить до розгляду початково-крайової задачі для функції зміни температури:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = A\Delta u + Be^u, \mathbf{x} \in \Omega, t \in (0, t_0], \quad (1)$$

$$u(\mathbf{x}, t) > 0, \mathbf{x} \in \Omega, t \in (0, t_0], \quad (2)$$

$$u(\mathbf{x}, 0) = 0, \mathbf{x} \in \bar{\Omega}, \quad (3)$$

$$u(\mathbf{x}, t) = 0 \text{ на } \partial\Omega, t \in [0, t_0], \quad (4)$$

де Δ – оператор Лапласа, $A > 0$, $B > 0$ – параметри, що задають фізико-хімічні властивості процесу, $\mathbf{x} = (x_1, x_2)$, $\Omega = \{(x_1, x_2) : x_1^2 + x_2^2 \leq 2, x_2 \geq 0\}$ – півкруг радіуса $\sqrt{2}$, t_0 – час моделювання. Останній доданок в правій частині рівняння (1) позначає тепло, що виділяється при хімічній екзотермічній реакції окиснення матеріалу, отриманий апроксимацією з закону Арреніуса [3], при сталих A і B .

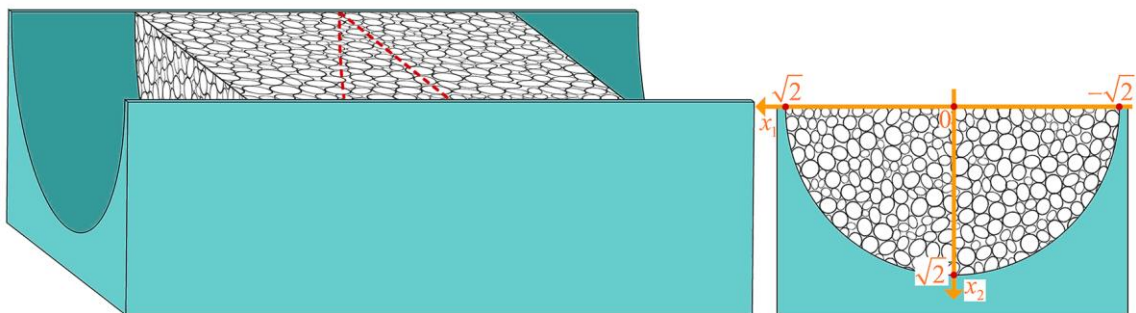


Рисунок 1 – Зображення насипу вугілля циліндричної форми та його перерізу, що описується областю Ω

Введемо на $[0, t_0]$ сітку з кроком τ $t_j = j\tau$, $j = 0, 1, 2, \dots, m$, $m\tau = t_0$ та позначимо $U_j = U_j(\mathbf{x}) = u(\mathbf{x}, t_j)$. Згідно з методом Роте розв'язок задачі (1)–(4) шукатимемо вздовж прямих $t = \text{const}$. Для цього на кожній прямій $t = t_j$ ап-

роксимуємо похідну за часом відношенням скінченних різниць, що дозволяє перейти до послідовності крайових задач: $U_0(\mathbf{x}) = 0$,

$$-\Delta U_j + \frac{1}{A\tau} U_j = \frac{1}{A\tau} U_{j-1} + \frac{B}{A} e^{U_j}, \mathbf{x} \in \Omega, \quad (5)$$

$$U_j(\mathbf{x}) > 0, \mathbf{x} \in \Omega, \quad (6)$$

$$U_j(\mathbf{x}) = 0 \text{ на } \partial\Omega, j = 1, 2, \dots, m, \quad (7)$$

для знаходження наближеного розв'язку кожної з яких застосуємо метод двобічних наближень [2]. Для півкруга радіуса $\sqrt{2}$ функція Гріна крайової задачі (5)–(7) має вигляд:

$$G(r, \varphi, \rho, \psi) = \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{p=1}^{\infty} \frac{J_n\left(\frac{r\mu_{np}}{2}\right) J_n\left(\frac{\rho\mu_{np}}{2}\right) \sin n\varphi \sin n\psi}{[J'_n(\mu_{np})]^2 \left(\mu_{np}^2 + \frac{2}{A\tau}\right)},$$

де $J_n(\mu)$ – функція Бесселя, μ_{np} – p -й додатний корінь $J_n(\mu) = 0$, декартові координати точок $\mathbf{x}$ і $\mathbf{s}$ пов'язані з полярними як $x_1 = r \cos \varphi$, $x_2 = r \sin \varphi$, $s_1 = \rho \cos \psi$, $s_2 = \rho \sin \psi$.

Надалі вважатимемо j фіксованим. Оскільки при знаходженні функції U_j уже відома функція U_{j-1} , то крайова задача (5)–(7) еквівалентна інтегральному рівнянню Гаммерштейна:

$$U_j(\mathbf{x}) = \int_{\Omega} G(\mathbf{x}, \mathbf{s}) \left(\frac{1}{A\tau} U_{j-1}(\mathbf{s}) + \frac{B}{A} e^{U_j(\mathbf{s})} \right) d\mathbf{s},$$

яке далі розглянемо у банаховому просторі $C(\bar{\Omega})$ функцій, неперервних у $\bar{\Omega}$, з конусом невід'ємних функцій $\mathcal{K}_+ = \{u \in C(\bar{\Omega}) : u(\mathbf{x}) \geq 0, \mathbf{x} \in \bar{\Omega}\}$.

На j -му часовому шарі інваріантний конусний відрізок шукатимемо у вигляді $<0, \beta_j>$, де число $\beta_j > 0$ визначається з нерівності:

$$\frac{1}{A\tau} \int_{\Omega} G(\mathbf{x}, \mathbf{s}) U_{j-1}(\mathbf{s}) d\mathbf{s} + \frac{B}{A} e^{\beta} \int_{\Omega} G(\mathbf{x}, \mathbf{s}) d\mathbf{s} \leq \beta \text{ для всіх } \mathbf{x} \in \bar{\Omega}.$$

Отже, ітераційний процес методу двобічних наближень матиме вигляд:

$$v^{(k)}(\mathbf{x}) = \frac{1}{A\tau} \int_{\Omega} G(\mathbf{x}, \mathbf{s}) U_{j-1}(\mathbf{s}) d\mathbf{s} + \frac{B}{A} \int_{\Omega} G(\mathbf{x}, \mathbf{s}) e^{v^{(k-1)}(\mathbf{s})} d\mathbf{s}, \quad k = 1, 2, \dots,$$

$$w^{(k)}(\mathbf{x}) = \frac{1}{A\tau} \int_{\Omega} G(\mathbf{x}, \mathbf{s}) U_{j-1}(\mathbf{s}) d\mathbf{s} + \frac{B}{A} \int_{\Omega} G(\mathbf{x}, \mathbf{s}) e^{w^{(k-1)}(\mathbf{s})} d\mathbf{s}, \quad k = 1, 2, \dots,$$

$$v^{(0)}(\mathbf{x}) = 0, \quad w^{(0)}(\mathbf{x}) = \beta_j.$$

За наближений розв'язок вихідної задачі (1)–(4) на j -му часовому шарі на k -й ітерації з точністю $\varepsilon > 0$ приймаємо функцію

$$U_j^{(k)}(\mathbf{x}) = \frac{w^{(k)}(\mathbf{x}) + v^{(k)}(\mathbf{x})}{2}$$

при виконанні умови

$$\max_{\mathbf{x} \in \bar{\Omega}} (w^{(k)}(\mathbf{x}) - v^{(k)}(\mathbf{x})) < 2\varepsilon.$$

Застосовуючи до крайових задач методу Роте (5)–(7) на кожному часовому шарі запропонований ітераційний процес методу двобічних наближень, отримаємо набір функцій:

$$U_0(\mathbf{x}) = 0, U_1^{(k_1)}(\mathbf{x}), U_2^{(k_2)}(\mathbf{x}), \dots, U_m^{(k_m)}(\mathbf{x}),$$

за яким за допомогою апарату теорії інтерлінації [1] можна побудувати наближений розв'язок $u_m(\mathbf{x}, t)$, неперервний по часовій координаті.

Графіки наближень $U_j(\mathbf{x})$, $j = \overline{0,3}$, задачі (1)–(4) при $A=1$, $B=1,25$, $t_0=1$, $\tau=1/3$, отриманих запропонованими методами, зображено на рис. 2.

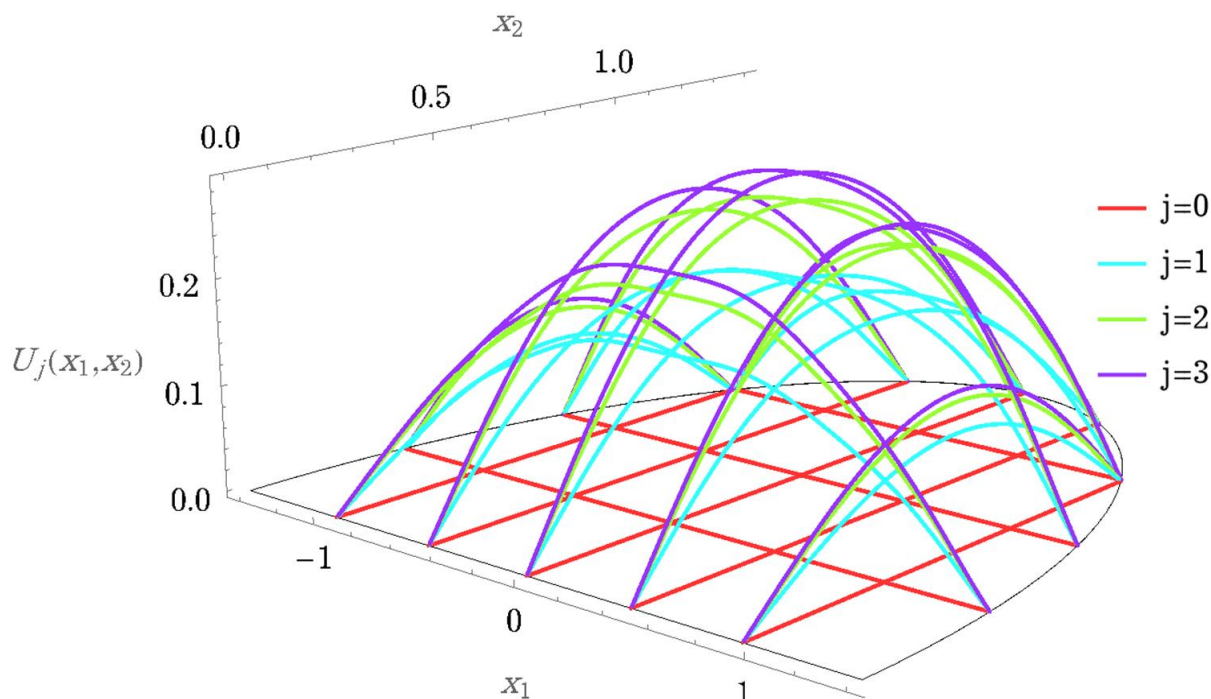


Рисунок 2 – Графіки наближених розв'язків $U_j(\mathbf{x})$ до розв'язку задачі (1)–(4) на часових шарах $t = \tau j$, $j = 0, 1, 2, 3$

Список використаних джерел:

1. Литвин О. М. Інтерлінація та інтерфлетація функцій і структурний метод В.Л. Рвачова. *Математичні методи та фізико-механічні поля*. 2007. Т. 50, № 4. С. 61–82.
2. Сидоров М. В. Метод Роте у комбінації з методом двобічних наближень розв'язання початково-крайових задач для напівлінійного рівняння теплопровідності. *Вісник Запорізького національного університету. Фізико-математичні науки*. 2018. № 1. С. 108–127.
3. Франк-Каменецкий Д. А. Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2008. 408 с.

УДК 004.92

ЗНЕСУМЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ЗАДАЧІ ТРАСУВАННЯ (PATH TRACING)

Капленко Н.В.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Єсілевський В.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: neslenko@gmail.com

This paper considers a method for denoising the image generated every frame after the path tracing step. The noisiness of the image after path tracing is inherent to the path tracing rendering (due to stochastic nature of selection of the vector that ray propagates along after hitting a rough surface). Thus denoising the image is essential for producing a visually appealing picture. Machine learning techniques for denoising are very promising due to their ability for many unapparent nuances. For instance which areas of the image require more processing, and which can make do with less. It could increase performance, which in turn allows for better picture rendered overall.

У дослідженні розглядається метод усунення шуму за допомогою машинного навчання. Він порівнюється з загальнодоступним методом з SDK OptiX, який також працює на основі алгоритмів машинного навчання. Ці методи оцінюються та порівнюються щодо їх ефективності, обчислювальної складності та придатності в програмах трасування променів у реальному часі. В дослідженні також розглядаються математичні основи цих алгоритмів та напрямки подальшого розвитку.



Рисунок 1 – Усунення шуму з використанням
штучного інтелекту (OptiX) [1]

За основу взято рушій рендерингу з трасуванням променів, що надається бібліотекою OptiX. Тести проводитимуться на відеокарті NVIDIA RTX 3060. Обраний алгоритм усунення шумів інтегровано в рушій, а якість алгоритму аналізується за такими показниками, як час на відмалювання кадра і якість отриманого зображення.

Метод реалізовано на основі моделі Рекурентного Автоенкодера [4], яка навчена на візуалізаціях глибокого трасування (не в реальному часі) сцен у Unreal Engine 5.

Порівняння методів усунення шумів сприяє розумінню їхніх сильних і слабких сторін у сценаріях трасування променів у реальному часі. Крім того, інтеграція вибраного методу в рушій на основі OptiX демонструє його практичне застосування, можливість інтеграції в існуючі проекти, та потенціал для майбутніх удосконалень, що йтимуть з бібліотекою в майбутньому.

Результати цього дослідження можуть допомогти розробити більш ефективні та візуально привабливі рушії з трасуванням променів у реальному часі.

Список використаних джерел:

1. Nichols, C. (2017). Experiments with the NVIDIA Optix Denoiser, <https://www.chaos.com/blog/experiments-with-v-ray-next-using-the-nvidia-optix-denoiser>
2. Mara, M., McGuire, M., Bitterli, B., Jarosz, W. 2017. An Efficient Denoising Algorithm for Global Illumination. In Proceedings of HPG'17, Los Angeles, CA, USA, July 28-30, 2017, 7 pages. <https://doi.org/10.1145/3105762.3105774>
3. Chaitanya, C., A., Kaplanyan, A., Schied, C., Salvi, M., Lefohn, A., Nowrouzezahrai, D., Aila, T. 2017. Interactive Reconstruction of Monte Carlo Image Sequences using a Recurrent Denoising Autoencoder. ACM Trans. Graph. 36, 4, Article 98 (July2017), 12 pages. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/3072959.3073601>
4. Jin, Feng & Sengupta, Arindam & Cao, Siyang. (2020). mmFall: Fall Detection using 4D MmWave Radar and Variational Recurrent Autoencoder.

**КОМП'ЮТЕРНИЙ ЗІР В ЕПОХУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ:
ПЕРЕОСМИСЛЕННЯ ОСВІТНІХ ПІДХОДІВ ТА МЕТОДОЛОГІЙ**

Кит М.О.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Єсілевський В.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: mykyta.kyt@nure.ua

This paper delves into the integration of Artificial Intelligence (AI) [1] in Computer Vision (CV) [2] education, highlighting the shift towards incorporating advanced computational techniques like deep learning. It critiques traditional CV courses for their reliance on outdated methodologies and lack of practical engagement, proposing a Python-based curriculum with OpenCV, scikit-learn, TensorFlow, and PyTorch. This curriculum comprises five modules that cover the fundamentals, image processing, object recognition, and image segmentation, culminating in practical assignments. The revamped approach aims to prepare students for contemporary CV challenges, emphasizing the importance of aligning educational practices with technological advancements to equip the next generation of CV experts with the skills required for innovation and practical application in the field.

У сучасному світі, де домінують технології штучного інтелекту (ШІ) та обробки великих даних, комп'ютерний зір (КЗ) просувається на передові позиції інновацій, стаючи невід'ємною частиною багатьох технологічних розвитків. Завдяки проривам у галузі глибокого навчання, ми стали свідками кардинальних змін у методах навчання та підходах до освіти в цій області. Поглиблене розуміння того, як найновіші алгоритми можуть бути застосовані для вирішення завдань КЗ, є критично важливим, а також необхідно звернути увагу на те, як ці зміни впливають на навчальні методики.

Традиційні курси з комп'ютерного зору [3], які не були адаптовані до найсучасніших досягнень і вимог, зіштовхуються з рядом проблем, включаючи використання застарілих методів, недостатнє оновлення навчальних матеріалів, брак практичних завдань для розвитку навичок студентів, а також ігнорування етичних та правових аспектів використання КЗ. Python, завдяки своїм потужним бібліотекам і фреймворкам, таким як OpenCV, scikit-learn, TensorFlow та PyTorch, став основою для програмування у сфері КЗ, дозволяючи студентам ефективно розробляти, тренувати та валідувати моделі КЗ [4].

Сучасний курс з комп'ютерного зору для студентів включає п'ять важливих модулів: Модуль 1 вводить основи та історію комп'ютерного зору, акцентуючи на зв'язку з машинним навчанням; Модуль 2 охоплює навички обробки зображень; Модуль 3 занурює студентів у поглиблене вивчення

розпізнавання об'єктів, досліджуючи різноманітні методи та їх практичне застосування; Модуль 4 зосереджений на сегментації зображень, подальше поглиблення знань у цій галузі; а Модуль 5 завершує курс, пропонуючи студентам практичні завдання та висновки для закріплення та застосування отриманих знань.

Актуалізація програми навчання дозволить підготувати нове покоління фахівців у галузі комп'ютерного зору, з огляду на сучасні виклики та можливості. Розвиток КЗ та ШІ є вирішальним для сучасних технологій, відкриваючи нові можливості для розробки та впровадження інноваційних рішень.

Для відповідності сучасним вимогам, освітні програми з КЗ мають включати огляд останніх досліджень та технологій, підготувавши студентів до реальних умов застосування їх знань і навичок. Включення додаткових розділів, присвячених глибокому навчанню, аналізу сучасних датасетів, викликів у галузі та розробці власних проектів, забезпечить не тільки теоретичне розуміння, але й практичний досвід, необхідний для професійного зростання студентів.

Особлива увага має бути приділена міждисциплінарним проектам, що об'єднують знання з КЗ, ШІ, програмування та етичних питань, сприяючи кращому розумінню інтеграції КЗ у ширший технологічний та соціальний контекст. Співпраця з індустрією та науковими групами надасть студентам доступ до реальних кейсів та проектів, збагативши їх навчальний досвід та відкривши двері до майбутніх кар'єрних можливостей.

Збагачення курсів комп'ютерного зору найновішими досягненнями, практичним досвідом та міждисциплінарними проектами не лише зробить освітній процес більш комплексним, але й забезпечить студентам глибокі знання та навички, необхідні для успіху в цій сфері.

Список використаних джерел:

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. – MIT Press, 2016. – 800 с.
2. Bradski G., Kaehler A. Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library / G. Bradski, A. Kaehler. – O'Reilly Media, 2008. – 580 с.
3. James G., Witten D., Hastie T., Tibshirani R. An Introduction to Statistical Learning with Applications in R / G. James, D. Witten, T. Hastie, R. Tibshirani. – New York: Springer, 2013. – 426 с.
4. Chollet F. Deep Learning with Python / F. Chollet. – Manning Publications, 2017. – 384 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФРАКТАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЧАСОВИХ РЯДІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ІНФЕКЦІЙНИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ

Коваль Ю.І.

Науковий керівник – д-р техн. наук, проф. Кіріченко Л.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна

e-mail: yuliia.koval@nure.ua

This work is aimed at using fractal analysis methods to predict the behavior of epidemics. This includes building time series that will reflect the dynamics of the disease over a certain period of time, calculating Hurst's indices and studying their structure. Thanks to fractal analysis, we will gain a deeper understanding of the processes of epidemic spread and will be able to use this information to improve pandemic control strategies, as well as to prevent future epidemics and their consequences. The input data for the analysis will be the number of new COVID-19 cases.

Нині стало загальновизнаним, що багато стохастичних технічних і природних процесів мають довгострокову залежність і фрактальну структуру. Найбільш адекватним математичним апаратом для дослідження їхньої структури і динаміки є фрактальний аналіз. Фрактальні властивості виникають зокрема в часових рядах, побудованих на епідемічних даних. Ці властивості можна використовувати в аналізі даних, які пов'язані з поширенням різних інфекцій: епідемії грипу, пандемії COVID-19, епідемії лихоманки Ебола та інших епідемій інфекційних захворювань.

Фрактальні властивості можуть дати нам уявлення про те, як швидко поширюється чи спадає епідемія. Це досягається за допомогою аналізу патернів, які повторюються в різних часових масштабах. У роботі проаналізовано часові ряди, які пов'язані з поширенням пандемії COVID-19, і виявлено наявність фрактальних властивостей з ціллю подальшого прогнозу поведінки епідемії.

Актуальність цієї роботи полягає у тому, що за умови стабільності фрактальних або мультифрактальних властивостей часових рядів, їх можна використовувати для прогнозування майбутньої траєкторії епідемії. Це дозволяє точніше оцінити скільки часу знадобиться для того, щоб епідемія пішла на спад або досягла піку.

Властивість самоподібності випадкових стохастичних процесів полягає у тому, що структура складається з частин, які в деякому сенсі подібні до цілого [1]. Тобто такий процес зберігає свої ймовірнісні характеристики при зміні масштабу часу.

Стохастичний процес $X(t)$ є самоподібним з параметром H , якщо процес $a^{-H}X(at)$ описується тими самими законами скінченновимірних розподілів, що і $X(t)$:

$$Law\{a^{-H}X(at)\} = Law\{X(at)\}, \forall a > 0, t > 0.$$

Параметр H , $0 < H < 1$, називається показником Херста, що показує ступінь самоподібності процесу. $H > 0,5$ характеризує міру довгострокової залежності стохастичного процесу (зростання в минулому більш імовірно призведе до зростання в майбутньому, і навпаки), тобто функція автокореляції $r(k)$ спадає за степеневим законом:

$$r(k) \sim k^{-\beta}, k \rightarrow \infty, 0 < \beta < 1, H = 1 - \left(\frac{\beta}{2}\right).$$

Оцінювання показника Херста за експериментальними даними відіграє найважливішу роль у вивченні процесів, що мають властивості самоподібності. Існує декілька різних методів оцінювання параметра самоподібності, кожен з яких несе відбиток тієї галузі наукових застосувань, де його спочатку розробляли [2].

На рис. 1 зображений часовий ряд нових випадків захворюваності на COVID-19 в Індії у 2020 році. Фрактальний аналіз, проведений в роботі, виявив властивості самоподібності.

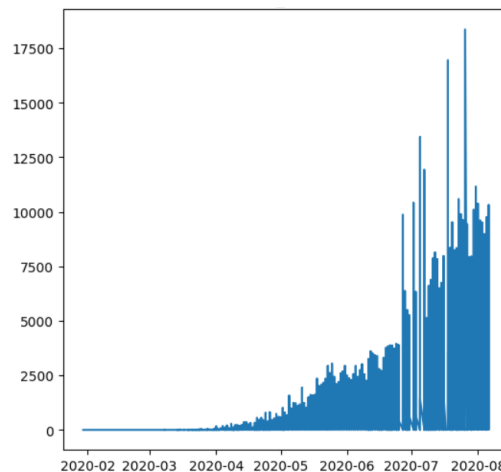


Рисунок 1 – Часовий ряд нових випадків захворюваності на COVID-19

Результати застосування фрактального аналізу до епідемічних часових рядів можуть бути використані в подальшому для оцінки ефективності заходів контролю, а також для допомоги в розробці цільових стратегій для пом'якшення наслідків епідемії.

Список використаних джерел:

1. Benoit Mandelbrot. Fractals: Form, Chance and Dimension. Echo Point Books & Media, 2017. 365 p.
2. Lyudmyla Kirichenko, Abed Saif Ahmed Alghawli, Tamara Radivilova. Generalized Approach to Analysis of Multifractal Properties from Short Time Series. International Journal of Advanced Computer Science and Applications(IJACSA), Volume 11 Issue 5, 2020. P.183-198.

МЕТОДИ НАВЧАННЯ НЕЙРОНОЇ МЕРЕЖІ НА НЕПОВНИХ ДАНИХ

Ковальова В.Ю.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Єсілевський В.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: viktoriiia.kovalova@nure.ua

Attention-based deep learning networks enhance handling incomplete and low-quality data, advancing machine learning. The paper explores challenges and methodologies, emphasizing attention mechanisms for improved model accuracy. Incomplete and low-quality datasets in healthcare, finance, and environmental studies pose challenges to traditional models. Attention-based models address this by focusing on relevant data features, minimizing imperfections. Specialized neural network architectures are discussed for enhanced data processing efficiency. Continued research is crucial for optimizing these models, including advanced regularization and data augmentation.

У сучасному світі обсяги даних стрімко зростають, але значна їх частина є неповною або низькоякісною, що ускладнює процес їх аналізу та використання у прийнятті рішень [1]. Механізм уваги в глибокому навчанні дозволяє моделям зосереджуватись на релевантних частинах вхідних даних, покращуючи якість обробки інформації та ефективність використання даних, оскільки модель може "ігнорувати" нерелевантну або відсутню інформацію, зосереджуючись на тій, що має значення для виконання завдання.

Застосування таких мереж може істотно підвищити якість роботи систем у таких сферах, як медицина, фінанси, екологія, де дані часто є неповними або пошкодженими. Це дозволить використовувати штучний інтелект більш ефективно, забезпечуючи високу точність аналізу та прогнозування.

Проблематикою неповних та низькоякісних даних є відсутність частини інформації у датасетах, втрати даних під час передачі або відсутності записів. Дані можуть бути зашумлені, містити помилки або недостовірну інформацію, що ускладнює їх аналіз та інтерпретацію.

Цілями використання механізму уваги для неповних та низькоякісних даних є підвищення точності: здатність моделі точно ідентифікувати та використовувати корисну інформацію з неповних або низькоякісних датасетів [2]. Адаптація до різноманітності даних: моделі повинні бути гнучкими, щоб адаптуватися до різноманітних форматів і якостей даних, з якими вони працюють. Зменшення впливу шуму: ефективне відкидання або мінімізація впливу нерелевантної інформації на процес навчання та висновку.

Для досягнення цих цілей розробляються спеціалізовані архітектури нейронних мереж, які інтегрують механізми уваги на різних рівнях. Такі моделі тренуються на датасетах, які спеціально підготовлені для імітації неповних або низькоякісних умов, з використанням технік, таких як аугментація даних, для покращення їх робастності.

Одним з основних викликів є розробка універсальних методів, які можуть ефективно працювати з широким спектром неповних та низькоякісних даних [3]. Основні завдання включають вдосконалення механізмів уваги для кращої обробки таких даних, розробку нових архітектур нейронних мереж, які зможуть ефективно використовувати доступну інформацію та знижувати вплив шуму та прогалин у даних [4]. Перспективи полягають у подальшому удосконаленні технік глибокого навчання, зокрема механізмів уваги, для підвищення ефективності обробки даних в різних доменах застосування.

Підходи, засновані на механізмі уваги, мають широкий спектр потенційних застосувань, пропонуючи революційні рішення для роботи з неповними та низькоякісними даними у різних галузях, включаючи автоматичний переклад, обробку природної мови, розпізнавання зображень, медичну діагностику та багато інших.

Мережі глибокого навчання на основі механізму уваги відкривають нові перспективи для ефективної обробки неповних та низькоякісних даних, пропонуючи значні переваги у точності, адаптивності та надійності моделей. Однак, для реалізації їх повного потенціалу необхідні подальші дослідження та розробки в цій області.

Список використаних джерел:

1. Ashish Vaswani, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszkoreit, Llion Jones, Aidan N. Gomez, Lukasz Kaiser, Illia Polosukhin. Attention Is All You. 2017. URL:<https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762>.
2. Tom B. Brown, Benjamin Mann, et al. Language Models are Few-Shot Learners. 2020. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.14165>.
3. Bengio Y., Courville A., Goodfellow I. Deep Learning. MIT Press, 2016. 800 p.
4. Valentyn Yesilevskyi et al. "Transfer learning in aircraft classification". "INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES" IST-2019. the 8-th International Scientific and Technical Conference September 9–14, 2019 Kobleve-Kharkiv, Ukraine. p. 132–135.

**МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ DATA MINING
ДЛЯ АНАЛІЗУ ПОВЕДІНКИ СТУДЕНТІВ У ВЕБ-БАЗОВАНИХ
ОСВІТНІХ СИСТЕМАХ**

Ковальова Т.Ю.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Єсілевський В.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: tetiana.kovalova@nure.ua

This paper explores the development and implementation of mathematical models and data mining methods for analyzing student behavior in web-based educational systems. With the growing reliance on online learning platforms, there is an increasing need to understand and enhance student engagement and learning outcomes. This study aims to devise a comprehensive framework that utilizes advanced data mining techniques to identify patterns and factors influencing student behavior and performance. By integrating clustering, classification, and association rule mining, the proposed model seeks to provide educators and administrators with actionable insights for personalized learning experiences. The findings underscore the potential of data mining in educational settings to foster a more adaptive and responsive educational environment, ultimately contributing to improved academic achievements and learner satisfaction.

У контексті стрімкого розвитку цифрових технологій та росту популярності веб-базованих освітніх систем, стає очевидною потреба в глибокому аналізі поведінки студентів під час їхнього навчання онлайн. Це дозволить не лише покращити якість освіти, але й зробити процес навчання більш індивідуалізованим та ефективним. Актуальність даного дослідження полягає в забезпеченні освітніх інституцій інструментами для адаптації навчальних програм та методів викладання з урахуванням індивідуальних потреб та особливостей студентів.

Головною метою є розробка та впровадження математичних моделей та методів Data Mining [1], що дозволять систематично аналізувати поведінку студентів на основі зібраних даних з освітніх платформ. Це включає в себе вивчення таких аспектів, як частота входів у систему, тривалість навчальних сесій, активність у виконанні завдань, участь в обговореннях на форумах, результати тестувань, тощо. Використання цих даних дозволить виявити закономірності та тенденції у поведінці студентів, що, в свою чергу, сприятиме розробці більш ефективних освітніх стратегій.

Однією з основних задач є ідентифікація факторів [2], які найбільше впливають на успішність студентів, та розробка рекомендацій для вдосконалення навчального процесу. Це може включати модифікацію контенту

курсів, оптимізацію розкладу навчальних занять, персоналізацію завдань та впровадження додаткових мотиваційних механізмів.

Реалізація цієї задачі передбачає використання різноманітних технік та алгоритмів Data Mining, включаючи, але не обмежуючись, кластеризацією для групування студентів за схожими характеристиками поведінки, класифікацією для прогнозування успішності на основі поведінкових патернів, та аналізом асоціативних правил для виявлення взаємозв'язків між різними аспектами активності студентів [3].

Завдання вимагає комплексного підходу, що поєднує в собі теоретичні знання та практичні навички у галузі математики, статистики, машинного навчання, а також глибоке розуміння специфіки освітнього процесу в цифрову еру. Результатом стане не лише підвищення ефективності освітнього процесу, але й забезпечення кращої адаптації навчання до індивідуальних потреб кожного студента.

У ході дослідження було розроблено та апробовано комплексний підхід, що базується на використанні математичних моделей та методів Data Mining для аналізу поведінки студентів у веб-базованих освітніх системах. Результати показали значний потенціал застосування таких методів у виявленні тенденцій та закономірностей, які впливають на успішність та взаємодію студентів з освітнім контентом. Впровадження розробленої моделі дозволило не тільки покращити розуміння поведінкових патернів студентів, але й запропонувати конкретні шляхи для оптимізації навчального процесу. Подальші дослідження у цьому напрямку мають велике значення для розвитку освітніх технологій і можуть відкрити нові можливості для персоналізації та адаптації освітнього процесу до потреб сучасного студента.

Список використаних джерел:

1. Han J., Kamber M., Pei J. Data Mining: Concepts and Techniques / J. Han, M. Kamber, J. Pei. – 3rd ed. – San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 2012. – 744 с.

2. Yuvchenko, K., Yesilevskyi, V., Sereda, O. (2022), "Human emotion recognition system using deep learning algorithms", / Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, No. 3 (21), P. 60–69. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.21.060>

3. Peña-Ayala A. (Ed.). Educational Data Mining: Applications and Trends / A. Peña-Ayala. – Cham: Springer, 2014. – (Studies in Computational Intelligence; vol. 524).

4. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction / T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman. – 2nd ed. – New York: Springer, 2009. – 745 с.

МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗПОДІЛУ ЗАБРУДНЕНЬ У ПОВІТРІ ДЛЯ ВИПАДКУ ДЕКІЛЬКОХ ДЖЕРЕЛ

Ковтун А.Д.

Науковий керівник – д-р фіз.-мат. наук, проф. Першина Ю.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: artem.kovtun1@nure.ua

The boundary problem is formulated, describing the processes of multi-component pollutant transport in the air in the presence of point sources of substances. Using the concept of local potential, a theorem is formulated that allows developing an algorithm for solving the stated problem using the finite element method (FEM). The choice of the method is determined by its advantages: 1) FEM provides the closest solution in the form of an analytical expression; 2) FEM allows formalizing the procedure for satisfying boundary conditions by selecting a functional for which one or both boundary conditions are natural; 3) FEM allows constructing an approximation in the presence of features such as discontinuous coefficients or when the non-homogeneous term of the differential operator is a sum of δ -functions.

Проблема забруднення [1] атмосфери газоподібними і твердими відходами виробництва, викидами в атмосферу різних домішок з виділенням тепла в побутових цілях є актуальною вже багато років і в майбутньому актуальність буде тільки зростати. Це потребує розробки методів оптимізації розподілу забруднень у повітрі.

Математичне описання технологічного процесу в багатокомпонентній суміші включає рівняння матеріального балансу для кожної реагуючої компоненти. Рівняння матеріального балансу записуються у вигляді рівнянь дифузії з врахуванням джерел речовини [2]:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = \operatorname{div}(D \cdot \operatorname{grad} C_i) - \operatorname{grad}(\vec{\omega} C_i) + F_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

де C_i – концентрація i -ї компоненти; $\vec{\omega}$ – вектор швидкості матеріального потоку суміші; D – коефіцієнт сумарної дифузії; F_i – функція, яка визначає інтенсивність джерела i -ї компоненти; m – число реагуючих компонент.

Далі розглядаємо концентрацію кожної компоненти над деякою поверхнею як функцію лише поздовжньої координати x , а рівняння (1) розглядати в одновимірній постановці.

Дифузійний перенос оцінюється коефіцієнтом поздовжнього перемішування. При $D_L \rightarrow \infty$ здійснюється режим ідеального змішування, при $D_L \rightarrow 0$ – режим ідеального витиснення.

Утворення нової речовини в результаті взаємодії між компонентами суміші забруднення здійснюється над кожною окремою поверхнею і становить неперервно розподілені джерела. Ці джерела речовини забруднення

називаються точковими. Математично точкове джерело можна описати за допомогою одиничної імпульсної функції $q = q_{ik} \delta(x - x_{ik})$, де x_{ik} – координата k -го джерела i -ї речовини забруднення, яка виходить з деякого джерела, і від’ємна, якщо вона розчиняється (наприклад під впливом вітру). Математична модель процесу в багатокомпонентній суміші забрудненого повітря для стаціонарних умов має вигляд наступної граничної задачі:

$$\frac{d}{dx} \left(D_L(x) \frac{d\vec{C}_i(x)}{dx} \right) - \frac{d}{dx} (u(x) \vec{C}(x)) + K(\vec{C}(x), x) + \vec{f}(x) = 0, \quad (2)$$

$$D_L(0) \frac{d\vec{C}_i(0)}{dx} = u(0) (\vec{C}(0) - \vec{C}_0), \quad (3)$$

$$D_L(L) \frac{d\vec{C}_i(L)}{dx} = 0, \quad (4)$$

де $\vec{C}(x) = (C_1(x), C_2(x), \dots, C_m(x))^T$; $u(x)$ – поздовжня швидкість матеріального потоку забруднення; $K(\vec{C}(x), x)$ – матриця, яка описує кінетику взаємодії між різними компонентами суміші; $\vec{C}_0 = (C_{10}, C_{20}, \dots, C_{m0})^T$; C_{i0} – величина концентрації i -ї компоненти забруднення в суміші на виході з джерела; $\vec{f}(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x))^T$; $f_i(x) = \sum_{k=1}^{p_i} q_{ik} \delta(x - x_{ik})$, p_i – число точкових джерел i -ї компоненти; L – довжина деякої поверхні.

Задача (2)–(4) в загальному випадку є нелінійною, несамоспряженою, що утруднює її інваріантне формулювання. З використанням концепції локального потенціалу [3] нами сформульована теорема, яка дозволяє представити її у варіаційній формі.

Теорема. Якщо функціонал, визначений виразом:

$$\begin{aligned} I(\vec{C}(x)) = & \int_0^L \left\{ \frac{1}{2} D_L(x) \frac{d\vec{C}^T(x)}{dx} \frac{d\vec{C}(x)}{dx} + u(x) \vec{C}^T(x) \frac{d\vec{C}^0(x)}{dx} + \right. \\ & + \frac{1}{2} \vec{C}^T(x) \vec{C}(x) \frac{du(x)}{dx} - 2 \sum_{i=1}^m \int_0^{C_i(x)} \left(\sum_{j=0}^m K_{ij}(\vec{C}^0(x), x) \Big|_{C_i^0(x)=t} \right) dt - \\ & \left. - \vec{f}^T(x) \vec{C}(x) \right\} dx + \frac{1}{2} u(0) \vec{C}^T(0) (\vec{C}(0) - 2\vec{C}_0), \end{aligned}$$

стаціонарний, а $C_i^0(x)$ після варіації $I(\vec{C}(x))$ по $C_i(x)$ підлягають виконанню допоміжної умови $C_i^0(x) \equiv C_i(x)$, то функції $C_i(x)$, $i = \overline{1, m}$ задовольняють систему рівнянь (2) і граничні умови (3) – (4).

Задачу мінімізації функціоналу (5) в роботі пропонується розв’язувати методом скінченних елементів [4, 5]. Інтервал $[0, L]$ розіб’ємо на N частин послідовністю точок $\pi: x_1 < x_2 < x_3 < \dots < x_{N+1} = L$. Наближений розв’язок $\vec{C}_\pi(x)$ шукаємо у вигляді:

$$C_{\pi i}(x) = \sum_{n=0}^{N+1} C_{in} h_n(x), \quad i = \overline{1, m}, \quad n = \overline{1, N+1},$$

де C_{in} – величина концентрації i -ї компоненти забруднення в n -й точці розділення; функції $h_n(x)$ мають вигляд [3]:

$$h_n(x) = \frac{1}{2} \left[\frac{|x - x_{n-1}|}{x_n - x_{n-1}} - \frac{x_{n+1} - x_{n-1}}{(x_n - x_{n-1})(x_{n+1} - x_n)} |x - x_n| + \frac{|x - x_{n+1}|}{x_{n+1} - x_n} \right].$$

Висновок. Дослідження вперше використовує концепцію локального потенціалу для формулювання та розв’язання граничної задачі, що описує процеси переносу багатокомпонентної суміші забруднень у повітрі за наявності точкових джерел деякої речовини. Важливо відзначити, що обране використання методу скінчених елементів (МСЕ) у поєднанні з концепцією локального потенціалу надає цілісний та ефективний підхід для аналітичного моделювання даного процесу.

Список використаних джерел:

1. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: підруч. / Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: підруч. / Г. І. Гринь, В. І. Мохонько, О. В. Суворін та ін. – Сєверодонецьк : вид-во СНУ ім. В. Даля, 2019. – 420 с.
2. Кафаров. В. В. Основи масопередачі: моногр.: Вища. Школа, 1972. – 494 с.
3. Інноваційні технології: нові інформаційні оператори: навч.-метод. посіб. Для магістрів денної та заоч. форми навч. спец. Прикл. матем / О.М. Литвин, Ю.І. Першина, О.О. Литвин, О.П. Нечуйвітер; Укр. інж.-пед. акад. – Харків : [б. в.], 2018. – 330 с.
4. Ndekwa O. B., Agunwamba J. C. Modified model for air pollutants with finite element method // International Journal of Scientific & Engineering Research. July-2018. Volume 9, Issue 7. – P. 985–993.
5. Карпіловський В.С. Метод скінчених елементів і задачі теорії пружності. – Київ: «Софія А», 2022. – 275 с

МОДЕЛІ АВАРІЙ У СИСТЕМІ ОБ'ЄКТ-ЗАХИСТ

Колісник О.В.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Наумейко І.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,

м. Харків, Україна

e-mail: oleksandr.kolisnyk1@nure.ua

The objective of this study is to enhance the safety of ergatic (human-machine) systems featuring dynamic protection, achieved through the deliberate selection of their parameters. They are derived from the development of mathematical models and the refinement of computational methodologies for their assessment. The research focuses on examining the interplay between detrimental factors and protective measures within ergatic systems equipped with dynamic safeguards, including recovery mechanisms in case of accidents and disasters.

На поточний момент актуальність теми дослідження обґрунтовується широким інтересом науковців до визначеної теми та практичною необхідністю вирішення даної проблеми. Відомо, що в Україні, навіть до початку війни, зношеність потенційно небезпечних технічних систем (заводи, електростанції та ін.) в середньому перевищувала 70 %, що робить особливо актуальним математичне моделювання роботи систем безпеки і відновлення працездатності таких систем при техногенних та природних аваріях і катастрофах [1], або наслідках військових дій. Протиріччя між ефективністю (продуктивністю) і безпекою таких систем породжує науково-технічну проблему, яка може бути вирішена тільки в рамках більш загальної надсистеми, що включає економічні та соціальні критерії [2].

Можливість наукового вивчення криз і катастроф раніше була піддана сумніву через їхню унікальність та неповторність. Проте, при детальному аналізі стало очевидним, що будь-яка така подія може бути описана результатом самоорганізації відкритої системи [1], [3]. Отже, побудова математичних моделей, що описують системи з захистом і процеси, які в них відбуваються, завжди була, і залишається актуальною проблемою.

Метою даної і подальших робіт автора є підвищення безпеки ергатичних (людино-машинних) систем з динамічним захистом через раціональний вибір їх параметрів. Результат має бути отриманий завдяки розробці математичних моделей та удосконалення обчислювальних методів їх аналізу. Об'єктом дослідження є процеси взаємодії шкідливих факторів та захисту в ергатичних системах з динамічним захистом та відновленням у разі аварій та катастроф. Предметом дослідження є нелінійні математичні моделі ергатичних систем з динамічним захистом.

Вирішення поставлених задач дослідження має на меті:

- вдосконалення математичної моделі ергатичних систем з динамічним захистом та її локалізованих варіантів у вигляді взаємопов'язаних диференціальних рівнянь з малим параметром, що відрізняються від відомих за наявністю регулярних та сингулярних збурень у широкому діапазоні співвідношень швидкостей взаємодії джерел шкідливих чинників та захисту від них;
- розвиток методів аналізу стійкості ергатичних систем з урахуванням параметричної оцінки стійкості навколо точок катастроф при пошуку раціональних значень її параметрів.

Практичне значення очікуваних наукових результатів полягає в можливості оцінки стану та параметрів технічних систем із захистом, що призводять до стійкого та швидкого приглушення виділення шкідливих факторів за прийнятну ціну. Результати роботи можуть знайти широке застосування при розробці підсистем захисту від шкідливих техногенних чинників, зокрема в екологічно небезпечних виробництвах та інших системах типу "Людина-Машина-Середовище" [1].

Ця розробка буде складовою частиною дисертаційної роботи автора. У процесі вирішення поставлених завдань на першому етапі було обґрунтовано вибір класу математичних моделей технічних об'єктів із захистом різних типів, у рамках якого були розроблені або модифіковані та досліджені моделі замкнутих нелінійних сингулярних систем, що реалізують принцип негативного зворотного зв'язку. Далі були розроблені методи аналізу цих об'єктів з метою підвищення якості та ефективності систем захисту від впливу шкідливих і небезпечних факторів. Також розроблено математичну модель ергатичних систем з динамічним захистом та локалізовані їх варіанти у вигляді взаємозв'язаних диференціальних рівнянь з малим параметром, що відрізняється від відомих моделей за наявністю регулярних та сингулярних збурень. Її використання дозволило описати всі можливі співвідношення швидкостей взаємодії джерел шкідливих чинників та системи захисту від них [4].

Список використаних джерел:

1. Наумейко И. В. и др. (2013) Марковская модель ликвидации нестационарного потока аварий при ограничениях на работоспособность оператора. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков, Т. 3, № 4(63), – С. 20–23.
2. Гилмор, Р. (1984). Прикладная теория катастроф. Т. 1. Мир.
3. Goodwin, R. M. (1951). The non-linear accelerator and the persistence of business cycles. Economists. 19, 1–17.
4. Poston, Tim & Stewart, Ian. (1978). Catastrophe Theory and Its Applications. London, San Francisco, Melbourne. Pitman.

**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ РІДИНИ
В РЕЗЕРВУАРАХ ПІД ДІЄЮ ПЕРІОДИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ**

Колодяжний А.С.

Науковий керівник – д-р техн. наук, проф. Стрельнікова О.О.

Інститут проблем машинобудування ім. А. Н. Підгорного НАНУ,

м. Харків, Україна

Харківський національний університет радіоелектроніки,

м. Харків, Україна

e-mail: olena.strelnikova@nure.ua

The paper proposes a method for studying the stability of fluid motion in reservoirs under periodic forcing. It is assumed that the fluid inside the reservoir is an ideal and incompressible, and its motion due to applied loads is non-vortex. The velocity potential is determined from the boundary value problem for the Laplace equation. To obtain an integral equation for subsequent numerical implementation, the third Green's formula is employed. This led to the need of solving the system of singular integral equations for unknown basis functions, representing the modes of fluid vibrations in the rigid shell. The fulfillment of the dynamic boundary condition allowed obtaining a system of differential equations, constituting a set of Mathieu equations. The stability of the solution is investigated. It reveals the possibility to indicate zones and parameters of unstable motion.

Оболонки та оболонкові конструкції з відсіками, частково заповненими рідиною, знаходять широке застосування в різних галузях сучасної промисловості, таких як транспорт, хімічне машинобудування, ракетно-космічна техніка. Проектування резервуарів, що містять різні наповнювачі, вимагає ретельного дослідження поведінки рідини в них при експлуатаційних умовах. На цей час зросло використання новітніх матеріалів, наприклад, композитних, для виготовлення елементів конструкцій [1]. Наразі розроблено ряд ефективних методів комп'ютерного моделювання динамічних процесів. Серед них – методи скінченних та граничних елементів, методи скінченних об'ємів та методи розкладення в ряди [2–3]. При моделюванні динамічних процесів в оболонках з відсіками, частково заповненими рідиною, першим кроком є визначення частот та форм їх власних коливань. Цім проблемам присвячені роботи [3], [4]. Припустимо, що рух рідини, яка знаходиться в резервуарі, є безвихровим. Нехай $\mathbf{V}(V_x, V_y, V_z)$ -вектор швидкості рідини; тоді умова нестисливості приймає вигляд $\text{div} \mathbf{V} = 0$. Умова потенційності руху веде до існування скалярного потенціалу швидкостей Φ , при цьому $\mathbf{V} = \text{grad} \Phi$, та потенціал Φ задовольняє рівнянню Лапласа. Сформульовано крайову задачу:

$$\nabla^2 \Phi = 0, \mathbf{P} \in \Omega, \frac{\partial \Phi}{\partial n} = 0, \mathbf{P} \in S_1, \frac{\partial \Phi}{\partial n} = \frac{\partial \xi}{\partial t}, p - p_0 = 0, \mathbf{P} \in S_0. \quad (1)$$

відносно невідомих потенціалу Φ , та функції $\zeta(x,y,t)$, що описує рух вільної поверхні. Далі невідомі функції зображено як ряди:

$$\begin{aligned}\zeta(r,\theta,t) &= \sum_{l=0}^m \cos(l\theta) \sum_{k=1}^n d_{kl}(t) \zeta_k(r), \\ \Phi(r,\theta,z,t) &= \sum_{l=0}^m \cos(l\theta) \sum_{k=1}^{n_2} d_{kl}(t) \varphi_k(r,z).\end{aligned}\quad (2)$$

З використанням третьої формули Гріна зводимо крайову задачу (1) до системи одновимірних сингулярних інтегральних рівнянь відносно базисних функцій $\varphi_k(r,z)$, [4]. Після визначення невідомих функцій підставляємо їх в ряди (2) та в лінеаризовану динамічну граничну умову:

$$p - p_0 = -\rho_l \left[\frac{\partial \Phi}{\partial t} + a_x(t)x + (g + a_z(t))\zeta \right] \quad (3)$$

та приходимо до системи незв'язних диференціальних рівнянь Мат'є.

Як числовий приклад, розглянемо конічну оболонку з рідиною під дією гармонічного навантаження $a_x(t) = a_h \cos(\omega_h t)$, $a_z(t) = a_v \cos(\omega_v t)$.

Конічна оболонка має такі геометричні параметри: $R_1=1$ м, $R_2=0.6$ м, $\alpha = \pi/3$. Тут R_1 – радіус вільної поверхні, R_2 – радіус днища, α – кут при вершині конуса. Рівень заповнення цієї оболонки дорівнює 0.692 м. Визначимо частоти плескань. Отримаємо, що найнижча частота відповідає першій гармоніці, $l=1$, $\omega_{11}=1,254$ Гц. Проведемо розрахунки руху вільної поверхні за різні значення параметрів a_h , a_v та ω_h , ω_v . Спочатку розглянемо вертикальні навантаження. Фазові портрети рухів зображені на рис. 1.

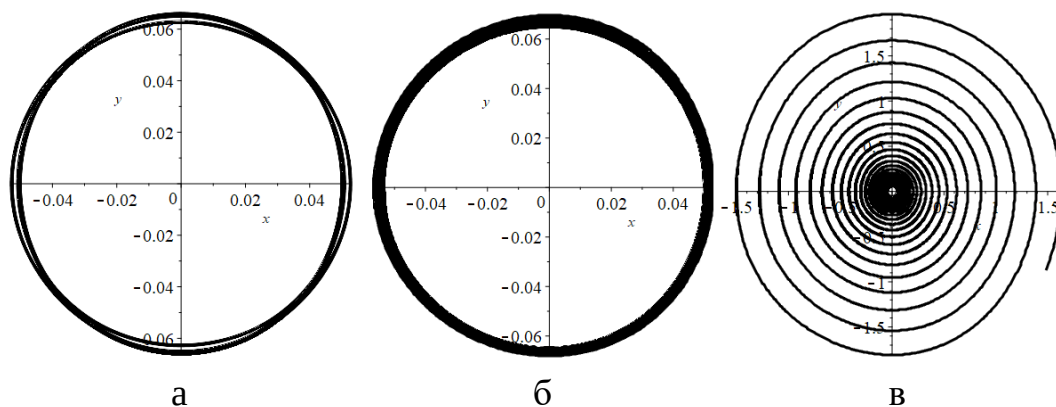


Рисунок 1 – Фазові портрети руху рідини при вертикальних навантаженнях

Тут рис. 1,а відповідає значенням: $a_h = 0$, $a_v = 1$, $\omega_v = 1$, а для рис. 1,б, 1,в маємо $a_h = 0$, $a_v = 1$, $\omega_v = 1.254$ та $a_h = 0$, $a_v = 1$, $\omega_v = 2.508$, відповідно.

З наведених результатів бачимо, що в перших двох випадках рухи є стабільними, але при $\omega_v = 2.508$ Гц відбувається необмежене зростання амплітуди, що відповідає випадку параметричного резонансу (частота сили, що змушує, дорівнює подвійній фундаментальній частоті).

Далі розглянуті комбіновані вертикальне й горизонтальне навантаження, тобто додано горизонтальне навантаження. В результаті розрахунків отримані фазові портрети, наведені на рис. 2.

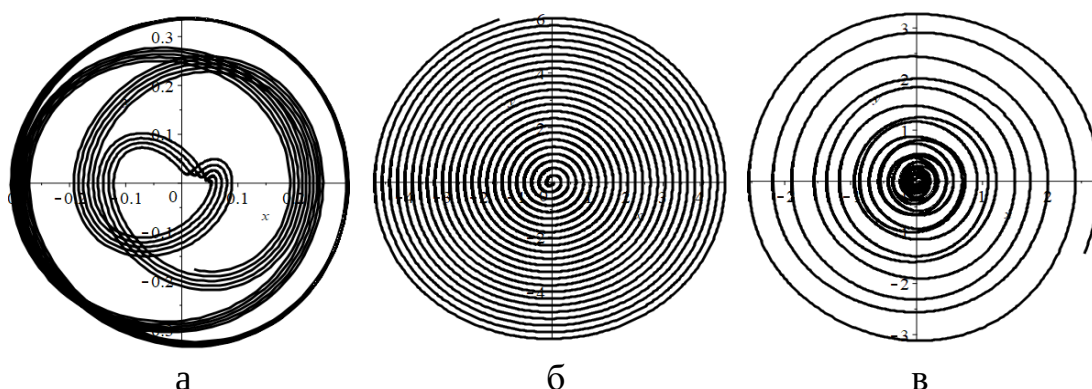


Рисунок 2 – Фазові портрети руху рідини при комбінованих навантаженнях

Були обрані такі параметри навантаження: а) $a_h = 0.1$, $a_v = 1$, $\omega_h = \omega_v = 1$; б) $a_h = 0.1$, $a_v = 1$, $\omega_h = \omega_v = 1.254$; в) $a_h = 0.1$, $a_v = 1$, $\omega_h = \omega_v = 2.508$. Зауважимо, що в цьому випадку спостерігаємо появу ще одного резонансу, пов'язаного з горизонтальним навантаженням.

Таким чином, розроблена методика, що дозволяє досліджувати стійкість руху рідини в оболонках обертання. Досліджені найбільш цікаві рухи з ω_v поблизу першої фундаментальної частоти. Надалі передбачається дослідити вплив пружності стінок резервуарів та внутрішніх перегородок.

Список використаних джерел:

1. O. Sierikova, E. Strelnikova, V. Gnitko, K. Degtyarev, "Boundary Calculation Models for Elastic Properties Clarification of Three-dimensional Nanocomposites Based on the Combination of Finite and Boundary Element Methods", IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), P. 351–356, 2021. DOI: 10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570086
2. V. Gnitko, A. Karaiev, K. Degtyariov, E. Strelnikova, "Singular boundary method in a free vibration analysis of compound liquid-filled shells", WIT Transactions on Engineering Sciences, Vol. 126, P. 189–200, 2019, WIT Press, DOI:10.2495/BE420171.
3. O. Sierikova, E. Strelnikova, D. Kriutchenko, K. Degtyarev, V. Gnitko, V. Doroshenko, "Aeolian Liquid Vibrations in Conical Tanks with Baffles under Wind Loading with Fuzzy Parameters", WSEAS Transactions on Fluid Mechanics, Vol. 18, P. 295–309, 2023, DOI:10.37394/232013.2023.18.28.
4. E. Strelnikova, D. Kriutchenko, V. Gnitko, A. Tonkonozhenko, "Liquid Vibrations in Cylindrical Tanks with and Without Baffles Under Lateral and Longitudinal Excitations", International Journal of Applied Mechanics and Engineering, Vol. 25, Issue 3, P. 117–132, 2020, DOI: 10.2478/ijame-2020-0038.

УДК 517.958 : 517.988.8

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ КРАЙОВИХ ЗАДАЧ ДЛЯ ЗВИЧАЙНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ

Леховіцький Д.О.

Науковий керівник – д-р фіз.-мат. наук, проф. Сидоров М.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ
м. Харків, Україна
e-mail: dmytrii.lekhovitskyi@nure.ua

This paper considers application of feed-forward neural networks to solving boundary value problems for ordinary differential equations. As universal function approximators, neural networks can help dealing with the problems on which classical methods fail, including those with non-linearity, high dimensionality, and complex domain boundary. Particularly, we show how to construct an objective function to fit the feed-forward neural network approximating a solution to an ordinary differential equation with mixed boundary conditions.

Крайові задачі посідають центральне місце при математичному моделюванні фізичних, біологічних, економічних та багатьох інших явищ та процесів. Більшість з практично важливих задач цього типу не розв'язуються аналітично та вимагають застосування наближених чисельних методів. На сьогоднішній день запропоновано та досліджено багато таких підходів, найбільшого поширення серед яких набув метод скінченних елементів через свою універсальність та інші практичні переваги. Тим не менш, стрімкий розвиток технологій глибинного навчання як узагальненого методу побудови апроксиматорів та «нативна диференційованість» нейронних мереж спонукає спробувати застосувати їх для розв'язування крайових задач з метою подальшого покращення ефективності та стабільності існуючих підходів.

У загальному випадку крайова задача полягає в пошуку невідомої функції, що має задовольняти основне диференціальне рівняння всередині заданої області та додаткові умови (зазвичай, диференціальні співвідношення меншого порядку, ніж основне) на її межі. Поширеними типами крайових умов є умови Діріхле, коли фіксується значення шуканої функції на межі області, та умови Неймана, коли фіксується значення її першої похідної. Коли задано одночасно два типи умов, крайову задачу називають мішаною.

Для звичайних диференціальних рівнянь область вироджується у відрізок, а її межа – в його кінці. Приклад крайової задачі для звичайного диференціального рівняння з диференціальним оператором $\mathcal{D}$ та мішаними умовами має вигляд:

$$\begin{aligned} \mathcal{D}u(x) &= f(x) \text{ для всіх } x \in (a, b), \\ u(a) &= A, u'(b) = B. \end{aligned}$$

Одним із класичних підходів до чисельного розв'язування таких задач є метод колокацій, що полягає у виборі параметричної сім'ї достатньо гладких функцій $\hat{u}(x; \mathbf{p})$ (наприклад, поліномів не старше заданого степеня), виборі набору точок всередині відрізка $\{x_i\}_{i=1}^N$ (їх називають точками колокації) та пошуку таких значень параметрів, за яких функція задовольняє основне диференціальне рівняння в обраних точках та крайові умови.

Нейронні мережі прямого поширення є іншим доцільним кандидатом параметричної сім'ї $\hat{u}(x; \mathbf{p})$, оскільки мають теоретичні гарантії щодо здатності апроксимувати будь-яку неперервну функцію [1], а бібліотеки автоматичного диференціювання на кшталт TensorFlow чи Torch дозволяють швидко обчислювати похідні високих порядків.

Для крайової задачі для звичайного диференціального рівняння варто обрати нейронну мережу з одним входом та одним виходом. Навчання, тобто підбір параметрів, мережі відбувається шляхом мінімізації деякого цільового функціоналу, що називається функцією втрат. Для цього, замість пошуку параметрів за яких умови задовольняються точно, переходять до мінімізації зважених нев'язок:

$$\sum_{i=1}^N (f(x_i) - \mathcal{D}\hat{u}(x_i; \mathbf{p}))^2 + \alpha(\hat{u}(a; \mathbf{p}) - A)^2 + \beta(\hat{u}'(b; \mathbf{p}) - B)^2.$$

Для загальнішого випадку диференціального рівняння з частинними похідними обирають мережу з більшою кількістю входів, а точки колокації обираються не лише всередині області, але й на її межі, що приводить до появи додаткових членів у цільовій функції.

Метод показує гарні результати в сенсі точності та швидкості збіжності для різних типів рівнянь та крайових умов, однак емпіричні результати свідчать, що метод скінченних елементів перевершує нейронні мережі по обох показниках для деяких типів задач [2]. Потенційним напрямком для покращення є адаптивна стратегія вибору точок колокації, коли більше точок обирається в тих ділянках області, де нев'язка є більшою [3].

Список використаних джерел:

1. Cybenko G. Approximation by superpositions of a sigmoidal function. *Mathematics of Control, Signals, and Systems*. 1989. № 2. Pp. 303–314. <https://doi.org/10.1007/BF02551274>
2. Sacchetti A., Bachmann B., Löffel K., Künzi U.-M., Paoli B. Neural networks to solve partial differential equations: a comparison with finite elements. *IEEE Access*. 2022. № 10. Pp. 32271–32279. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3160186>
3. Anitescu C., Atroshchenko E., Alajlan N., Rabczuk T. Artificial neural network methods for the solution of second order boundary value problems. *Computers, Materials & Continua*. 2019. № 59 (1). Pp. 345–359. <https://doi.org/10.32604/cmc.2019.06641>

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДТОКУ ГРАВЦІВ В ІГРОВІЙ ІНДУСТРІЇ

Ломія С.Г.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Гибкіна Н.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: serhii.lomiia@nure.ua

The problem of predicting the outflow of players in the gaming industry as a classification problem is considered. To solve the problem using machine learning methods, it is proposed to use the gradient boosting method. To improve the quality of classification, it is proposed to identify the features that are most influential for the churn forecasting.

Ігрова індустрія займається створенням, розробкою та розповсюдженням відеоігор. Останніми роками вона швидко розвивається і відіграє важливу роль не лише у культурі завдяки можливостям для відпочинку, соціалізації та творчості, а й у економіці та технологічному прогресі за рахунок сприяння розвитку графічних та звукових технологій, віртуальної реальності, штучного інтелекту. Комп'ютерні та мобільні ігри – це серйозний бізнес, який привертає увагу інвесторів та великих корпорацій. Величезна конкуренція у ігровій галузі призводить до того, компанії вимушені утримувати свою аудиторію. Відтік гравців – це явище, коли гравці припиняють активну участь у грі. Виходячи з цього необхідно оптимізувати утримання гравців і підвищити їхню участь у грі, запобігаючи відтоку. Отже, задача прогнозування відтоку гравців є актуальною.

Як задача машинного навчання прогнозування відтоку гравців є задачею класифікації, яка полягає у розбитті гравців на два класи: тих, які залишаються у грі, та тих, які йдуть з неї; а також у передбаченні для кожного окремого гравця класу, до якого він належить.

Для розв'язання задачі було використано набір даних гравців мобільної гри в жанрі Fantasy Collection RPG за один з кварталів 2023 року. Набір даних складається з 19882 рядків та 165 стовпців (показників гри гравця за останні 7, 14, 30 та 60 днів). Особливостями набору даних, по-перше, є велика кількість пропусків (коли гравець не має дій в тій чи іншій активності), і, по-друге, його незбалансованість (близько 10 % гравців мають статус відвалу).

Після попередньої обробки даних, яка передбачає обробку пропущених значень та викидів, кодування категоріальних ознак, масштабування числових ознак, розбиття вибірки на тренувальний, валідаційний та тестовий набори, переходимо до розробки базової моделі та її подальшого вдосконалення. Для класифікації у дослідженні використовувався метод Gradient Boosting. Він є потужним методом ансамблевого навчання, що передбачає комбінування слабких учнів (зазвичай дерев рішень) для отримання більш точної і сильної моделі.

Для налаштування гіперпараметрів моделі запропоновано використовувати бібліотеку Optuna, що на досліджуваному наборі даних дозволило визначити оптимальні значення кількості дерев у градієнтному алгоритмі, швидкості навчання, параметру обрізання дерев, коефіцієнту регуляризації, кількості раундів без покращень для зупинки навчання. Використання цих значень дозволить побудувати базову модель класифікації з найвищою очікуваною ефективністю за визначеною цільовою метрикою.

При побудові моделі класифікації ми спирались на мінімізацію False Positive (FP – помилкове віднесення до класу тих, хто покине гру) та не високе значення False Negative (FN – помилкове віднесення до класу тих, хто лишиться) і шукали найкращий баланс між цими показниками [1]. За значеннями матриці невідповідності розраховано оптимальне значення $F1score = 0,66$ для оптимального співвідношення показників Precision (0,667) та Recall (0,634). З 4188 гравців валідаційної вибірки модель розмічає правильно 291 гравця як таких, що відвалюються (True Positive, TP – churn-гравець), але ще 168 гравців, які також є churn-гравцями, пропускає (FN). Помилково до класу churn модель відносить 145 гравців (FP). Це середня якість моделі, отже, в майбутньому намагатимемось її підвищити.

Для цього дослідимо вплив окремих ознак. Shap (SHapley Additive exPlanations) – метод, який використовує числа Шеплі (Shapley values) для встановлення важливості кожної ознаки у моделі прогнозу. На досліджуваному наборі даних на рівні 0,1 він як найважливіші виділив ознаки з груп: Summon (показує, як багато гравець відкриває нових героїв зі спеціального айтему); ознаки активності за деякий період (зокрема, DaysInAROW – кількість днів, які підряд грає гравець); BattleDoomTower (показує кількість битв у розділі на мапі, який є доволі складним для гравців). Так при високому значенні DaysInARow ймовірність відтоку гравця знижується. При низькому значенні SummonsSacredLegendaryD7 ймовірність відтоку підвищується, але як тільки цей показник підвищується, тобто гравці отримують найкращих героїв, то ймовірність відтоку знижується. Аналогічно визначаються нечіткі ознаки, котрі не дають чіткого розуміння впливу на ймовірність відтоку гравця.

Врахування оптимальних значень параметрів та тільки значущих ознак дозволило отримати модель, яка краще прогнозує ймовірність відтоку гравців у незбалансованих вибірках з використанням таких ознак як, наприклад, активність гравців у батлах на всіх існуючих локаціях у грі, у призові героїв за останні 7,14,30 та 60 днів ($F1score = 0,70$, $TP=257$, $FN=113$, $FP=111$).

Список використаних джерел:

1. Raschka S., Mirjalili V. Python Machine Learning: Machine Learning and Deep Learning with Python, scikit-learn, and TensorFlow. Packt Publishing, 2019. 622 p.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОНКУРЕНТНИХ ПРОЦЕСІВ У НЕЛІНІЙНИХ СИСТЕМАХ ІЗ ВЗАЄМОДІЄЮ

Луханін В.С.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Наумейко І.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: volodymyr.lukhanin@nure.ua

Competition is a vital aspect of the economy and is extensively studied through mathematical models, despite the complexity of competitive systems. There aren't many mathematical models describing competitive processes, but since most models are universal, there is a sufficient set of them, each with its own advantages and disadvantages. They include Peter Lancaster's model, the Malthusian model, and also crucial models of mutualism between species. These mathematical models find applications across diverse fields like engineering, biology, demography, and economics.

Конкуренція є наріжним каменем не тільки економіки та піддається ретельному аналізу та різнобічним науковим дослідженням. Складність багатозв'язних конкурентних систем раніше іноді розглядалася як обґрунтування неможливості їхнього моделювання, вивчення засобами математики. Їхня динаміка має всі ознаки дуже складної системи, яка поєднує величезну кількість елементів, відрізняється різноманіттям внутрішніх зв'язків і зв'язків з іншими системами.

Математичних моделей, що описують конкурентні процеси, не так вже й багато, але оскільки більшість моделей універсальні, то є достатній їх набір, зі своїми перевагами та своїми недоліками.

Одна із найпростіших конкурентних моделей – модель Пітера Ланкастера [1]:

$$\begin{cases} x' = -by, \\ y' = -ax. \end{cases}$$

Тут a – потужність зброї армії x , b – потужність зброї армії y .

Найпростіша модель зростання (популяції виду, економічного прибутку) і часто називається на моделлю Мальтуса або мальтузіанської моделлю [2]:

$$x' = ax,$$

де $a > 0$ – коефіцієнт приросту, x – чисельність виду або величина доходу.

Замість жорсткої моделі Мальтуса можна розглядати м'яку [3] модель:

$$x' = k(x)x.$$

Стандартний аналіз конкуренції між двома видами, що проводився спочатку в роботах Гаузе, Лотки та Вольтерра [4] починається із записування двомірної динамічної моделі конкурентних взаємодій у наступному вигляді:

$$\frac{dx}{dt} = x(a - bx - cy),$$

$$\frac{dy}{dt} = y(e - fx - gy).$$

На противагу моделям міжвидової конкуренції у популяційній динаміці велику роль відіграють моделі мутуалізму (симбіозу) між двома видами, що описується тим самим виразом, що й міжвидова конкуренція $a_{ij}x_ix_j$, але при $a_{ij} > 0$, $i = j$ [5].

Розглянемо узагальнену динамічну систему:

$$\frac{dx_i}{dt} = x_i F_i(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

де функція F_i має неперервні похідні за x_j і,

$$F_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0.$$

Застосовуючи розклад Тейлора для кожної з функцій та ввівши позначення:

$$a_{ij} = \frac{\partial F_i(x^*)}{\partial x_j},$$

отримаємо:

$$\frac{dx_i}{dt} = x_i \sum_{j=1}^n a_{ij} (x_j - x_j^*), \quad i = 1, \dots, n.$$

Математичні моделі, що описують конкурентні процеси, є найчастіше універсальними, придатними для застосування у різних галузях техніки, біології, демографії та економіки.

Список використаних джерел:

1. Ляшенко І. М., Коробова М. В., Столяр А. М. Основи математичного моделювання економічних, екологічних та соціальних процесів. Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2006. 304 с.
2. Haken H. Information and Self-Organization. Heidelberg: Springer Berlin, 2006. 258 p.
3. Арнольд В. И. Теория катастроф. М.: Знание, 1983. 128 с.
4. Сугаков В. Й. Основы синергетики. К.: Обереги, 2001. 287 с.
5. Наумейко И. В. Модель конкуренции в системах типа «производитель – перекупщик». ScienceRise. – 2014. – № 3/2(3). – С. 15–19.

ПРОГНОЗУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ МЕТОДАМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Ляшенко Є.С.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Гибкіна Н.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна

e-mail: yevhenii.liashenko@nure.ua

This research will focus on the application of machine learning techniques to develop a strategy for the stability of electric power grids. Autoregression is investigated to predict future voltage levels based solely on past data, and the issue of seasonality in the dataset is explored. The dataset used for the predictive analysis includes data collected from meteorological stations within the operating range of the hydropower plant, including temperature, wind speed, cloud cover, precipitation, and transformer voltage readings.

Упродовж останнього десятиліття методи машинного навчання стали невід’ємним інструментом для вирішення прикладних завдань у різних галузях. Розглянемо застосування лінійної регресії, що є одним з найпоширеніших методів машинного навчання, до вирішення такої практично важливої задачі як передбачення напруги на трансформаторах енергетичного об’єкта.

Стабільна робота електричних мереж є запорукою для нормального функціонування усіх сфер людського життя. Збої у роботі електромереж, пов’язані з їх перенавантаженням, можуть негативно вплинути не лише на побутових споживачів, а й на промислові підприємства, а це, у свою чергу, може викликати серйозні проблеми економічного та соціального характеру. Ці виклики призводять до необхідності планування та прогнозування характеристик мереж, що робить тему дослідження актуальною.

Сучасний підхід до розв’язання задач прогнозування реалізують методи машинного навчання, адже вони забезпечують можливість автоматичного вивчення і адаптації до патернів у великих обсягах даних. Це дозволяє їм самостійно аналізувати складні взаємозв’язки та робити якісні прогнози на основі накопиченої інформації. Отже, використання методів машинного навчання у вирішенні поставленої задачі є виправданим.

Постановка задачі. Використовуючи набір даних з метеостанцій, які розташовані безпосередньо у зоні роботи гідроелектростанції та включають температуру, швидкість вітру, хмарність та кількість опадів, а також показники напруги на трансформаторах, маємо завдання розробити лінійну регресійну модель для прогнозування майбутніх значень напруги на цих трансформаторах. Для розв’язання поставленої задачі зосередимось на встановленні авторегресійної залежності напруги за історичними даними, та лінійної регресійної залежності напруги за метеорологічними даними і

попередніми значеннями напруги, а також дослідимо структуру та параметри моделі, які забезпечать найточніше передбачення. Поставлена задача є задачею навчання зі вчителем.

Багатофакторна множинна лінійна регресія має вигляд [1]:

$$y^{(i)} = \omega_0 + \sum_{j=1}^m \omega_j x_j^{(i)},$$

де n – обсяг тренувальної вибірки, $y^{(i)}$ – значення відгуку для i -го спостереження, $i = 1, n$, $\omega_0, \dots, \omega_m$ – параметри моделі. Навчання моделі полягає у визначенні таких значень параметрів $\omega_0, \dots, \omega_m$, які забезпечать найкращі результати прогнозування.

Ідея методу авторегресії полягає у тому, що поточне значення залежної змінної виражається як лінійна комбінація її попередніх значень та помилки [2]. Залежна змінна регресується на її ж попередні значення як незалежні змінні. Загальна множинна авторегресійна модель має вигляд:

$$y_t^{(i)} = c + \sum_{j=1}^p \phi_j y_{t-j}^{(i)} + \varepsilon_t^{(i)},$$

де c – коефіцієнт зсуву, p – порядок моделі; n – обсяг тренувальної вибірки, $y_t^{(i)}$ – значення відгуку для i -го спостереження у момент часу t , $i = 1, n$, $\phi_1, \dots, \phi_p$ – параметри моделі, що підлягають визначенню у ході навчання, ε_t – похибка моделі у момент часу t . Дана модель, на відміну від звичайної регресії, має два параметри, що підлягають визначенню: c та p .

Оцінка якості навчених моделей дозволяє зробити висновок про доцільність їх подальшого використання для прогнозу невідомого цільового значення напруги за даними нових спостережень. На використаному у дослідженні датасеті найкращі результати прогнозування показала сезонна авторегресійна модель, яка на вхід отримує дані, поділені за порами року, та має параметри $c = 24$ та $p = 3$. Також було встановлено, що показники погоди суттєво не впливають на якість прогнозів, а навпаки, у деяких випадках можуть призвести до їх погіршення.

Список використаних джерел:

1. Rawlings J. O. Applied regression analysis: A research tool. 2nd ed. New York : Springer, 1998. 657 p.
2. Metcalfe A. V., Cowpertwait P. S. P. Introductory Time Series with R. Springer, 2009. 272 p.

ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

Мазничко М.В.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Матвієнко О.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: mykhailo.maznychko@nure.ua

This work introduces a mathematical model aimed at optimizing the transmission of information across different domains, drawing inspiration from fuzzy logic and vector optimization principles. The model addresses the challenge of maximizing data transmission speeds while adhering to resource limitations on both the information sources and the receiving devices. By incorporating fuzzy logic, it accounts for uncertainties and varying qualities of information transmission, while employing vector optimization techniques to efficiently allocate resources and enhance overall performance.

У сучасному цифровому світі інформаційні системи відіграють важливу роль у різних галузях, включаючи платформи для стрімінгу контенту. Ці платформи накопичують величезний обсяг даних та ефективно розподіляють його користувачам. Проте, оптимізація передачі інформації з максимальним використанням ресурсів залишається складним завданням. Робота спрямована на вирішення цієї задачі за допомогою моделі нечіткої векторної оптимізації для інформаційних систем.

Практично будь-яка прикладна задача є багатокритеріальною і, як правило, звести її до одного критерію досить складно, оскільки цілей може бути значно більше. У цьому випадку оптимізація проводиться за декількома частковими критеріями, і проблема зводиться до розгляду задачі багатокритеріальної оптимізації. У зв'язку з цим особливого значення в даний час набуває теорія прийняття рішень при наявності багатьох критеріїв [1].

Розглянемо задачу вибору найкращої альтернативи із заданої нечіткої множини альтернатив $\hat{C}$ з функцією приналежності $\mu_{\hat{C}}(x)$, що визначена на універсальній множині X . Нехай якість альтернативи оцінюється за допомогою 2-х частинних критеріїв ефективності: f_1, f_2 . Ціль в цій задачі визначена нечітко. Для розв'язання задачі скористаємося ідеєю Заде – Беллмана, згідно з якою нечітким розв'язком розглянутої задачі є перетин нечіткої цілі та нечіткої множини альтернатив $\hat{C}$ [2].

Нечітка ціль $\hat{G}$ – це перетин нечітких множин $\hat{G}_1, \hat{G}_2$ – нечітких частинних цілей, визначених частинними критеріями ефективності. Ціль досягається з потрібною надійністю, якщо з цією надійністю досягається кожна з частинних цілей. Функція приналежності нечіткої цілі:

$$\mu_{\hat{G}}(x) = \min\{\mu_1(x), \mu_2(x)\}.$$

Під нечітким розв'язком розглянутої задачі розуміється перетин нечіткої цілі та нечіткої множини альтернатив. Тоді функція приналежності $\mu_{\hat{D}}(x)$ нечіткого розв'язку $\hat{D}$ задачі матиме вид:

$$\mu_{\hat{D}}(x) = \min\{\mu_{\hat{G}}(x), \mu_{\hat{C}}(x)\}.$$

Розв'язком задачі буде альтернатива x , для якої значення функції $\mu_{\hat{D}}(x)$ є максимальним [3].

Постановка задачі.

Розглянемо систему, яка здійснює накопичення інформації по предметних областях і переміщення інформації на персональні комп'ютери (сервери, робочі станції, термінали тощо).

Нехай маємо m предметних областей A_i , ($i=1, \dots, m$) кожна з яких має об'єм, що вимірюється певною кількістю одиниць інформації a_i^k k -го виду ($k=1, \dots, p$), тобто a_i^k є елементом множини

$$A = \{a_1, \dots, a_s\}, s=mp.$$

Інформація розподіляється між n персональними комп'ютерами B_j , ($j=1, \dots, n$), кожен з яких потребує не менше, ніж b_j^s одиниць інформації певної предметної області k -го виду ($k=1, \dots, p$).

Швидкість передачі одиниці k -го виду інформації з певної предметної області A_i на персональні комп'ютери B_j , дорівнює c_{ij}^k , а коефіцієнт якості представлення одиниці k -го виду інформації певної предметної області A_i за умови, що вона відображається якісно на персональних комп'ютерах B_j , дорівнює d_{ij}^k .

Потрібно визначити такий план передачі і завантаження об'єму x_{ij}^k інформації k -го виду з предметних областей A_i на персональні комп'ютери B_j , щоб сумарні швидкості передачі були максимальними та максимізувався сумарний якісний коефіцієнт завантаження.

Під сумарним якісним коефіцієнтом завантаження будемо розуміти суму якісних коефіцієнтів завантаження кожної предметної області порталу. Якість предметної області, як правило, оцінюється експертами (отримання і обробка експертних оцінок – окрема задача, яка в даному випадку не розглядається) однак апріорно можна сказати, що чим вища якість представлення предметної області, тим більший об'єм оперативної пам'яті для цього вимагається, тому будемо вважати, що якісний коефіцієнт завантаження визначається певним об'ємом оперативної пам'яті, заданим заздалегідь.

Математична модель:

$$f_1 = \sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}^k x_{ij}^k \rightarrow \min.$$

$$f_2 = \sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{ij}^k x_{ij}^k \rightarrow \max.$$

При обмеженнях на об'єми завантаження інформації визначеного вигляду на кожний персональний комп'ютер:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij}^k \leq b_j^k, \quad j = 1, \dots, n, \quad k = 1, \dots, p.$$

При обмеженнях на обсяг інформації визначеного вигляду на кожному порталі:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij}^k \leq a_i^k, \quad i = 1, \dots, m, \quad k = 1, \dots, p.$$

Будемо вважати, що потреби кожного комп'ютера в інформації певного виду є нечіткими величинами, які задаються трикутними числами із заданими функціями приналежності.

Представлена вище модель задачі дозволяє мінімізувати швидкість пошуку потрібної інформації для користувача і зекономити його ресурси.

Список використаних джерел:

1. Матвієнко О. І., Мірошніченко О. О. Застосування методів нечіткої векторної оптимізації для складання дієти // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях, № 2 (5), 2023. С. 46–54.
2. Ткаченко Р. О., Ковалишин О. С. Багатокритеріальна оцінка оптимальності розкладів медичних закладів з використанням нечіткої логіки // Енергетика і автоматика, 2, 2018. С. 79–98.
3. Zhang, Shanli, Jialiang Xie, and Honghui Wang. Fuzzy Adaptive NSGA-III for Large-Scale Optimization Problems // International Journal of Fuzzy Systems, 2022. P. 1–15.

**АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ
ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ПРОГНОЗУВАННЯ ЦІН НА РИНКУ
КРИПТОВАЛЮТ**

Максименко А.С.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Гибкіна Н.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: andrii.maksymenko@nure.ua

The examination of forecasting techniques for the cryptocurrency market involves a thorough exploration of diverse approaches, considering their unique strengths and limitations. This article will delve into the primary forecasting methods for the cryptocurrency market, namely technical analysis, fundamental analysis.

Розвиток технологій та впровадження інновацій у фінансовий сектор призвели до настання ери цифрових активів, серед яких особливе місце займають криптовалюти. Ринок криптовалют, що постійно еволюціонує та піддається значним коливанням, представляє собою складну інвестиційну область. У загальному вигляді криптовалютами можна вважати цифрові дані, належність яких може бути підтверджена цифровим підписом, облік яких можливий за допомогою криптографічних методів, а існування доведено за допомогою незалежної системи. Криптоактиви можуть мати ознаки та слугувати цифровим вираженням дуже широкого спектру різноманітних матеріальних та нематеріальних активів та прав на них [1].

Одним із викликів, що стоїть перед учасниками ринку криптовалют, є здатність ефективно прогнозувати цінові зміни для прийняття обґрунтованих рішень. У цьому контексті застосування методів машинного навчання виявляється потужним інструментом, спроможним аналізувати складні моделі та забезпечувати точні та часово ефективні прогнози.

Машинне навчання дозволяє аналізувати великі обсяги даних, враховувати множину факторів та адаптуватися до змін у реальному часі. Методи машинного навчання виявляються можуть знайти застосування для задач аналізу криптовалютного ринку, де швидкість реакції та точність прогнозування можуть визначати успіх інвесторів та трейдерів. Перспективним у цьому напрямку є застосування нейромережових технологій, які, з одного боку, здатні обробляти великі обсяги інформації, а, з іншого, визначати в них складні приховані залежності.

Рекурентні нейронні мережі (RNN) є потужним інструментом для аналізу часових рядів і виявляються особливо ефективними у прогнозуванні цінових змін на ринку криптовалют, вони засновані на використанні попередніх станів мережі для обчислення її поточного стану [2]. За останні роки було запропоновано багато різних архітектурних рішень для рекурент-

тних мереж від найпростіших до складних. Найбільшого поширення набули мережа з довготривалою та короткочасною пам'яттю (LSTM) та керований рекурентний блок (GRU). Мережі довготривалої пам'яті (Long Short Term Memory) або LSTM – вид RNN, здатних до навчання довгостроковим залежностям. Вони показують дуже добрі результати при розв'язанні різноманітних проблем і в даний час широко застосовуються. LSTM спеціально спроектовані таким чином, щоб запам'ятовувати інформацію на тривалий період часу [3]. Модель GRU (Gated Recurrent Unit) заснована на тих же принципах, що і LSTM, але використовує менше фільтрів і операцій для обчислення вектору стану. Вибір між LSTM та GRU залежить від конкретної задачі моделювання та характеру даних. Якщо дані мають складні залежності та потребують довгострокового прогнозування, то LSTM може бути більш ефективним. Якщо ж дані не дуже складні та використовуються для короткострокового прогнозування, то GRU може бути кращим вибором.

У дослідженні було проаналізовано застосування моделей LSTM та GRU на історичних даних цін на криптовалюту LTC за 2018–2024 рр. [4]. Було проведено підбір типу мережі та її параметрів (кількість шарів, дропаут, кількість епох). Графіки в обох моделях відбивають основні тенденції ринку, але для даного датасету модель GRU краще робить прогнози цін на найближчий час порівняно з мережею LSTM, про що свідчать значно менші значення метрик оцінки якості навчання. На якість прогнозування та на перенавчання моделі може впливати велика кількість факторів, зокрема, низька якість даних, наявність інформаційного або політичного впливу або інших латентних факторів. Тому при застосуванні нейронних мереж до прогнозування на даних часових рядів, які підкоряються впливу різноманітних непередбачуваних факторів, питання підбору архітектури рекурентної нейронної мережі є одним з ключових. Альтернативним підходом може бути застосування інших архітектур нейронних мереж, які також здатні працювати з даними, що являють собою часові послідовності.

Список використаних джерел:

1. Narayanan A. Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction / Arvind Narayanan, Joseph Bonneau, Edward Felten, Andrew Miller & Steven Goldfeder. Princeton University Press. 2016. 304 p.
2. Charu C. Aggarwal. (2018) Neural Networks and Deep Learning. Springer.
3. Understanding LSTM Networks [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs>.
4. Litecoin USD (LTC-USD) Price History & Historical Data – Yahoo Finance URL: <https://finance.yahoo.com/quote/LTC-USD/history> (дата звернення: 20.12.2023).

ЗАДАЧА ВІРТУАЛЬНОГО БАЗУВАННЯ: МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТА АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗАННЯ

Максимов С.В.

Науковий керівник – д-р техн. наук, проф. Романова Т.Є.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна

e-mail: maksimovsergey08@gmail.com

The paper studies a virtual localization problem. A mathematical model of the problem using the phi-function technique is proposed in the form of nonlinear programming model. A solution strategy that combines algorithm of generating feasible starting points with nonlinear optimization procedure is developed. Testing of the proposed approach is carried out for two-dimensional case. The computational results are provided and illustrated with graphical illustrations.

Останнім часом все більшого поширення набувають технологічні процеси, в яких готові деталі одержують із заготовок, виготовлених з мінімальними припусками на оброблення [0]. Такі заготовки можуть бути виготовлені за допомогою точного лиття, штампування або використання адитивних процесів [0]. Використання таких заготовок дозволяє суттєво знизити витрату матеріалу та тривалість операцій розмірного оброблення. Однак при цьому виникає проблема базування деталей у випадках, коли вони мають великі габарити та вагу або малу жорсткість. При розмірному обробленні базування проводиться за допомогою спеціальних пристосувань, які не тільки закріплюють заготовку, а й забезпечують певну її орієнтацію в системі координат верстата. Однак у багатьох випадках, особливо при виготовленні великогабаритних деталей складної форми, проєктування та виготовлення таких пристосувань потребує більшого часу та коштів, ніж виготовлення самої деталі. При цьому, процес базування вимагає істотних витрат часу, а для деталей великої ваги пов'язаний із суттєвими труднощами.

Альтернативою є застосування адаптивного розмірного оброблення з віртуальним базуванням. У цьому випадку заготовка встановлюється на столі верстата за допомогою спрощених пристосувань, а її орієнтація в системі координат верстата і форма визначається за допомогою вбудованих вимірювальних систем. Після цього вирішується завдання віртуального розташування CAD моделі деталі всередині заготовки, зазвичай виходячи з умови забезпечення рівномірного припуску на оброблення, визначається розташування системи координат деталі по відношенню до системи координат верстата і перераховується програма ЧПК оброблення, яка, зазвичай, складається в системі координат деталі. Таким чином, ідея адаптивного оброблення з віртуальним базуванням полягає в тому, що замість закріплення заготовки в теоретично заданому положенні використовується коре-

кція ЧПК програми під її поточне положення. Такий підхід успішно використовується в аерокосмічній промисловості при обробленні великогабаритних тонкостінних деталей, виробництві та відновленні лопаток ГТД, сопел ракетних РРД, а також при виробництві великогабаритних деталей складної форми – гребних гвинтів, лопатей гідравлічних та парових турбін тощо.

Визначення положення моделі CAD деталі всередині заготовки є найважливішим етапом адаптивного оброблення [3]. На практиці для сканування заготовки частіше всього застосовуються контактні або безконтактні (лазерні) системи. В результаті вимірювання поверхні заготовки задається область точок з кроком, що визначається частотою сканування. Метою розв’язання задачі є розміщення всередині заготовки моделі CAD деталі таким чином, щоб: модель CAD ніде не пересікла поверхню, яку натягнуто на хмару точок; відстань від поверхні CAD-моделі, до поверхні, натягнутої на хмару точок, була максимально рівномірною.

У роботі показано, що в таких випадках замість закріплення заготовки в теоретично заданому положенні ефективною є корекція ЧПК програми під її поточне положення. Розглянуто існуючі алгоритми розв’язання задачі віртуального базування, яка зводиться до встановлення параметрів розміщення CAD моделі деталі всередині хмари точок, отриманих скануванням поверхні заготовки. Показано, що їх основним недоліком є використання критеріїв, не чутливих до взаємного положення CAD моделі деталі та сканованих точок. Як альтернативу запропоновано використовувати алгоритм, що базується на використанні методу ϕ -функцій, який повністю усуває вказаний недолік. Описано стратегію розв’язання задачі віртуального базування на базі розробленого алгоритму та наведено приклади розв’язання кількох тестових задач, які підтверджують його ефективність.

Список використаних джерел:

1. Marini, D., Cunningham, D., Corney, J. R. Near net shape manufacturing of metal: a review of approaches and their evolutions // Proceedings of the institution of mechanical engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture. 2018. Vol. 232(4). P. 650-669. DOI:10.1177/0954405417708220
2. Riveiro, A. et al. Laser Additive Manufacturing Processes for Near Net Shape Components // In: Gupta, K. (eds) Near Net Shape Manufacturing Processes. Materials Forming, Machining and Tribology. Springer, Cham. 2019. P. 105–141. DOI:10.1007/978-3-030-10579-2_5.
3. Plankovskyy S., Tsegelnyk Y., Pankratov O., Romanova T., Maximov S., Kombarov V. Математична модель та метод розв’язання задачі віртуального базування // Cybernetics and Computer Technologies. 2022. №4. С.33-44. DOI:10.34229/2707-451X.22.4.3.

ПАКУВАННЯ МАСШТАБОВАНИХ КРУГІВ

Мелащенко О.П.¹, Шарай К.В.²

Науковий керівник – д-р техн. наук, проф. Романова Т.Є.

¹Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України,
м. Харків, Україна

²Харківський національний університет радіоелектроніки,
м. Харків, Україна

e-mail: o.p.melashenko@gmail.com, e-mail: kateryna.sharai@nure.ua

Optimized packing a family of non-identical scaling circles in a given circular container is studied. The problem is aimed at finding a maximal scaling parameter of the circles subject to pairwise non-overlapping of scaling circles and containment each scaling circle to a fixed circular container taking into account allowable distances. The corresponding continuous nonlinear programming model is presented. A multistart solution strategy is provided and illustrated with computational results. This problem can be applied for finding feasible starting points to search for local optimal solutions of dense and sparse circular packing problems.

Задачі пакування мають широкий спектр застосувань у різноманітних галузях науки та техніки, в тому числі біології, медицині, логістиці, адитивному виробництві. Моделям та методам розв'язання оптимізаційних задач пакування кругів заданих радіусів присвячено багато публікацій (див., наприклад, [1]–[3]). У даному дослідженні розглядається задача пакування n кругів зі змінними метричними характеристиками у круговому контейнері фіксованого радіуса.

Нехай $\{\lambda C_i(v_i), i = 1, \dots, n\}$ – сім'я масштабованих кругів із заданими радіусами r_i , змінним коефіцієнтом масштабування $\lambda \leq \bar{\lambda}$ та змінними центрами $v_i = (x_i, y_i)$, $\lambda C_i(v_i) = \{v \in R^2 : \|v - v_i\| \leq \lambda r_i\}$, де $\bar{\lambda} \geq 1$ – заданий параметр. Позначимо круговий контейнер з радіусом r та центром $(0,0)$ як C_0 . Припускаємо, що між кожною парою кругів, а також між кожним кругом та межею контейнера задано мінімально допустиму відстань $\rho \geq 0$.

Задача пакування сім'ї масштабованих кругів у круговому контейнері фіксованого радіуса з урахуванням мінімально допустимої відстані полягає у пошуку максимального значення коефіцієнта λ за таких умов:

$$(\lambda C_i(v_i) \oplus C_\rho) \subset C_0, i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

(умова включення масштабованого круга $\lambda C_i(v_i)$ у контейнер C_0 з урахуванням мінімально допустимої відстані ρ),

$$\text{int}(\lambda C_i(v_i) \oplus C_{0.5\rho}) \cap \text{int}(\lambda C_j(v_j) \oplus C_{0.5\rho}) = \emptyset, 1 \leq i < j \leq n, \quad (2)$$

(обмеження розміщення масштабованих кругів $\lambda C_i(v_i)$ та $\lambda C_j(v_j)$ на допустимій відстані ρ). Тут $\oplus$ – оператор суми Мінковського, C_ρ – круг радіуса

ρ , а $C_{0.5\rho}$ — круг радіуса 0.5ρ з центром у точці $(0,0)$.

Математичну модель сформульованої задачі пакування може бути описано так:

$$\max_{v, \lambda} \lambda \quad (3)$$

за умов

$$-(x_i^2 + y_i^2) + (r - \lambda r_i - \rho)^2 \geq 0, i = 1, \dots, n, \quad (4)$$

$$(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 - (\lambda r_i + \lambda r_j + \rho)^2 \geq 0, 1 \leq i < j \leq n, \quad (5)$$

$$\lambda \geq 0, \lambda \leq \bar{\lambda}, \quad (6)$$

де $(v, \lambda) \in R^{2n+1}$ — вектор змінних, $v = (v_1, \dots, v_n)$.

Модель (3)–(6) є неперервною задачею нелінійного програмування з лінійною цільовою функцією, має $2n+1$ змінних, $(n^2 + n)/2$ нелінійних обмежень та два лінійних обмеження. Нерівність (4) відповідає умові (1) включення масштабованого круга λC_i в контейнер C_0 , нерівність (5) — умові (2) розміщення масштабованих кругів λC_i та λC_j на допустимій відстані ρ , а умова (6) — обмеженням на допустимі значення змінної λ .

Для пошуку локально-оптимальних розв'язків задачі (3)–(6) застосовано стратегію, яка включає такі кроки:

Крок 1. Установлюємо $\lambda^0 = 0$.

Крок 2. Генеруємо випадковим чином n точок $\tilde{v}_i = (\tilde{x}_i, \tilde{y}_i) \in C_0$, координати яких задовольняють системі нерівностей $\tilde{x}_i^2 + \tilde{y}_i^2 \leq (r - \rho)^2, i = 1, \dots, n$, $(\tilde{x}_i - \tilde{x}_j)^2 + (\tilde{y}_i - \tilde{y}_j)^2 \geq \rho^2, 1 \leq i < j \leq n$.

Крок 3. Формуємо вектор $\tilde{v} = (\tilde{v}_1, \dots, \tilde{v}_n)$.

Крок 4. Розв'язуємо задачу нелінійного програмування (3)–(6), стартуючи з точки $(\tilde{v}, \lambda^0)$. Отримуємо вектор $(v^*, \lambda^*) = (v_1^*, \dots, v_n^*, \lambda^*)$.

Для розв'язання задач великої розмірності застосовується метод декомпозиції [4], який дозволяє звести задачу (3)–(6) до послідовності задач нелінійного програмування із значно меншим числом нелінійних нерівностей.

Приклад 1. $n = 5, r_1 = 20, r_2 = 30, r_3 = 30, r_4 = 40, r_5 = 50, r = 130, \rho = 5, \bar{\lambda} = 3, \lambda^* = 1.192$.

Приклад 2. $n = 27, r_i = 1.5, i = 1, \dots, 9, r_i = 1.7, i = 10, \dots, 18, r_i = 2.0, i = 19, \dots, 27, r = 9, \bar{\lambda} = 2, \rho = 0, \lambda^* = 0.865$.

Розміщення кругів, що відповідає локально-оптимальному розв'язку задачі (3)–(6) для прикладу 1 проілюстровано на рис. 1, а, для прикладу 2 — на рис. 1, б.

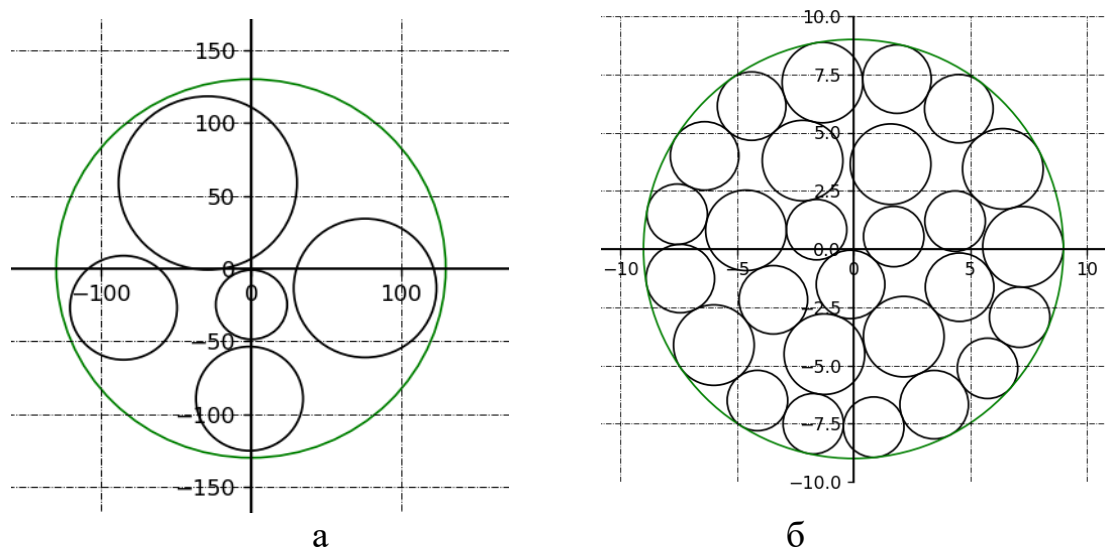


Рисунок 1 – Локально-оптимальне розміщення n кругів:

- а) з радіусами $1.192 \cdot r_i$, $i = 1, \dots, 5$ для прикладу 1;
- б) з радіусами $0.865 \cdot r_i$, $i = 1, \dots, 27$ для прикладу 2

Модель (3)–(6) за умови $\bar{\lambda} = 1$ може бути застосована для генерації допустимих стартових точок при пошуку локальних екстремумів задач щільного або розрідженого [5] пакування n кругів заданих радіусів у круговому контейнері. Тоді, якщо $\hat{\lambda}^* = 1$ – це означає, що можливо розмістити n кругів оригінальних радіусів r_i , $i = 1, \dots, n$, у круговому контейнері заданого розміру з урахуванням допустимих відстаней.

Для проведення чисельних експериментів застосовано комп'ютер DESKTOP-Q9PIRON, процесор 12th Gen Intel(R) Core(TM) i5-12500 3.00 GHz. Оперативна пам'ять 32.0 ГБ. Мова програмування Python 3.11.

Список використаних джерел:

1. Grosso A., Jamali A.R.M.J.U., Locatelli M., Schoen F. Solving the problem of packing equal and unequal circles in a circular container. *Journal of Global Optimization*. 2010. Vol. 47. P. 63–81.
2. He Y., Wu Y. Packing non-identical circles within a rectangle with open length. *Journal of Global Optimization*. 2013. Vol. 56. P. 1187–1215.
3. Kallrath J., Frey M. M. Packing circles into perimeter-minimizing convex hulls. *Journal of Global Optimization*. 2019. Vol. 73. P. 723–759.
4. Romanova T., Stoyan Y., Pankratov A., Litvinchev I., Marmolejo J. A. Decomposition algorithm for irregular placement problems. In *Intelligent Computing and Optimization, AISC*. 2019. Vol. 1072. P. 214–221.
5. Romanova T., Stoyan Y., Pankratov A., Litvinchev, I., Plankovskyy S., Tsegelnyk Y., Shypul O. Sparsest balanced packing of irregular 3D objects in a cylindrical container. 2021. *European Journal of Operational Research* Vol. 291(1). P. 84–100.

ВИБОРИ НА ПОСАДУ ПРЕЗИДЕНТА ЯК МАТРИЧНА ГРА З НЕЧІТКИМИ ВИГРАШАМИ

Мироненко О.Ю.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Матвієнко О.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail oleksandr.myronenko@nure.ua

The object of research is the game presidential elections as a matrix game with unexpected gains. The purpose is to reproduce elections as a game and to define the best strategy for a specific candidate with the help of a matrix game with unexpected prizes. The key to simulating presidential elections as a matrix game is to find all sets of saddle points with different reliability levels for the special candidate and define the best by the highest reliability level. Those saddle points represent such a pair of chosen strategies in payoff matrixes when the payoff of a specific candidate will be maximum gain, even when another candidate chooses the optimal strategy. For different levels of winnings (low, medium, high) it is important to understand which strategy of a specific candidate maximizes gains in each of those cases.

Матричні ігри з нечіткими виграшами – це форма аналізу стратегічних ситуацій, де гравці вибирають свої стратегії, а їх виграші подані у вигляді нечітких чисел, які зазвичай виражаються як вірогідності рівня виграшу [1]. Рівень виграшу може бути визначений як низький, середній та високий. Такий підхід дозволяє краще врахувати різноманітність ситуацій та ступені успіху в умовах нечіткості або невизначеності. Метою є знаходження таких стратегій, які максимізують виграш одного гравця, навіть у найгіршому випадку, коли інші гравці обирають найкращі для себе стратегії [2].

Нехай G – множина всіх матричних ігор з m стратегіями у першого гравця та n стратегіями у другого. Цю множину будемо розглядати як універсальну множину, на якій задані нечіткі множини – нечіткі матричні ігри, тобто ігри, в яких виграші є нечіткими та задаються нечіткими числами. Функцію приналежності нечіткої матричної гри $\hat{g}$ позначимо $\mu_{\hat{g}}(g), g \in G$. Оскільки матрична гра однозначно визначається матрицею виграшів, то вважатимемо, що $g = A(g)$, і тоді

$$\mu_{\hat{g}}(g) = \mu_{\hat{g}}(A(g)).$$

Розглянемо нечітку матричну гру $\hat{g}$ з m стратегіями у першого гравця та n стратегіями у другого [3].

Нехай виграші першого гравця в ній є нечіткими числами

$$\hat{D}_{ij}(\hat{g}) = \langle c_{ij}(\hat{g}), d_{ij}(\hat{g}), f_{ij}(\hat{g}) \rangle, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n,$$

з функціями приналежності $\mu_{ij}^{\hat{g}}$:

$$\mu_{ij}^{\hat{g}}(u) = \begin{cases} \frac{u - c_{ij}(\hat{g})}{d_{ij}(\hat{g}) - c_{ij}(\hat{g})}, & \text{якщо } c_{ij}(\hat{g}) \leq u \leq d_{ij}(\hat{g}), \\ \frac{f_{ij}(\hat{g}) - u}{f_{ij}(\hat{g}) - d_{ij}(\hat{g})}, & \text{якщо } d_{ij}(\hat{g}) \leq u \leq f_{ij}(\hat{g}), \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases}$$

Розглянемо гру $g \in G$ з матрицею виграшів $A(g)$:

$$A(g) = \begin{pmatrix} H_{11}(g) & H_{12}(g) & \dots & H_{1n}(g) \\ H_{21}(g) & H_{22}(g) & \dots & H_{2n}(g) \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ H_{m1}(g) & H_{m2}(g) & \dots & H_{nm}(g) \end{pmatrix},$$

де $H_g(i, j)$ – функція виграшу першого гравця.

Значення функцій приналежності у нечіткій грі $\hat{g}$ для виграшів з $A(\hat{g})$ будемо позначати $h_{ij}^{\hat{g}}(g): h_{ij}^{\hat{g}} = \mu_{ij}^{\hat{g}}(H_{ij}(g))$. Розв'язуючи це рівняння щодо $H_{ij}(g)$, крім ситуації, коли $h_{ij}^{\hat{g}}(g) = 1$, маємо два розв'язки – один більше $d_{ij}(\hat{g})$, інший менше.

Відповідно до визначення кон'юнкції в нечіткій логіці маємо:

$$\mu_{\hat{g}}(A(g)) = \min_{i,j} \mu_{ij}^{\hat{g}}(H_{ij}(g)).$$

Нехай $\mathfrak{Z}^{ij}(\hat{g})$ – множина ігор, $F^{ij}(\hat{g})$ – множина відповідних цим іграм матриць виграшів таких, що у грі з матрицею $A^{ij}(\hat{g}) \in F^{ij}(\hat{g})$ ситуація (i, j) є сідловою точкою. Позначимо через $A_0^{ij}(\hat{g})$ матрицю виграшів, для якої виконується рівність:

$$\mu_{\hat{g}}(A_0^{ij}(\hat{g})) = \max_{A \in F^{ij}(\hat{g})} \mu_{\hat{g}}(A).$$

Величину $\mu_{\hat{g}}(A_0^{ij}(\hat{g}))$ будемо розглядати як ступінь надійності того, що ситуація (i, j) у розглянутій нечіткій грі $\hat{g}$ є сідловою точкою.

Рішенням розглянутої нечіткої гри $\hat{g}$ вважатимемо ситуацію (i, j) , для якої надійність того, що вона є сідловою точкою, максимальна.

Перевагою запропонованого підходу є те, що будь-яка гра має рішення у чистих стратегіях, чого не можна сказати про класичний підхід.

У грі «Вибори на посаду президента» розглядається вибір між двома кандидатами на посаду президента. Кожен кандидат має стратегії, які відображають його політичну платформу та обіцянки перед виборцями.

Джон вирішив йти на другий термін президентства, він пропонує продовжувати реформи, розповідаючи про досягнення минулих чотирьох років. Джон концентрується на підвищенні економічного добробуту країни та її геополітичного впливу. Майкл, у свою чергу, критикує теперішню владу та розкриває «правду» про досягнення Джона. Він також підкреслює важливість безпеки та стабільності, критикуючи геополітичні

наміри першого кандидата та вважаючи, що проблеми всередині країни – найголовніші.

Розглянемо математичну модель даної гри.

Нехай Майкл буде гравцем a , тоді Джон буде – b . Майкл обирає на ці вибори наступні стратегії:

- 1) a_1 – критика політики теперішньої влади;
- 2) a_2 – важливість безпеки та стабільності всередині країни;
- 3) a_3 – мінуси досягнень минулої влади.

Стратегії Джона:

- 1) b_1 – продовження реформ, розповсюдження інформації про досягнення за минулий термін президентства;
- 2) b_2 – підвищення економічного добробуту країни, зростання зарплат та пенсій;
- 3) b_3 – розширення геополітичного впливу на міжнародній арені.

Отримаємо таку матрицю нечіткої гри $\hat{g}$:

$$A(\hat{g}) = \begin{pmatrix} \hat{D}_{11} & \hat{D}_{12} & \hat{D}_{13} \\ \hat{D}_{21} & \hat{D}_{22} & \hat{D}_{23} \\ \hat{D}_{31} & \hat{D}_{32} & \hat{D}_{33} \end{pmatrix},$$

де $\hat{D}_{ij}$ – нечітке число виграшу першого гравця у ситуації (i, j) . Необхідно знайти ситуацію (i, j) , для якої надійність того, що вона є сідловою точкою, максимальна.

Список використаних джерел:

1. Захаров А.В. Теория игр в общественных науках: учеб. пос. Москва, 2015. 304 с.
2. Матвієнко О. І., Мірошніченко О. О. Застосування методів нечіткої векторної оптимізації для складання дієти // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях, №2 (5), 2023. С. 46–54.
3. Флегонтов А.Д., Вилков В.Б., Черных А.К. Моделирование задач принятия решений при нечетких исходных данных: монография. Санкт-Петербург, 2020. 332 с.

ДЕЯКІ МОДЕЛІ ДИНАМІКИ МІСТ

Навроцький Д.О.

Наукові керівники – канд. техн. наук, доц. Наумейко І.В.¹,

канд. фіз.-мат. наук, проф. Сова Г.В.²,

¹ Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,

² Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ВМ,

м. Харків, Україна

e-mail: danylo.navrotskyi@nure.ua

The evolution of an urban system can be mathematically described by a vector field in the phase space. An interpretation of the Wolterra equations in the context of problems of urban production and population migration, showing the possibility of their application to explain the phenomenon of urban development is given.

Міста, як об'єкти високого ступеня складності, постійно еволюціонують під впливом різноманітних факторів, таких як зростання населення, економічний розвиток, транспортна інфраструктура та інші. Однак для ефективного управління та передбачення їх розвитку важливо використовувати математичні моделі.

Одним із ключових аспектів є створення математичних моделей, які відображають просторовий розподіл важливих параметрів міста. Це може включати аналіз змін населення в часі, прогнозування інфраструктурних потреб, визначення оптимального розташування різних видів об'єктів та багато іншого.

Наприклад, можна використовувати моделі росту населення, які враховують етнічний склад та міграційні тенденції. Також важливо розглядати вплив економічних факторів на розташування бізнесу та житлової забудови. Моделювання транспортної мережі є ще однією важливою частиною, де можна застосовувати графові та оптимізаційні підходи.

Еволюцію міської системи математично можна описати векторним полем у фазовому просторі – абстрактному просторі динамічних змінних систем. Хаотичні, дивні атрактори відповідають непередбачуваній поведінці систем, які мають строго періодичної динаміки, це математичний образ детермінованих неперіодичних процесів. Дивні атрактори структуровані і можуть мати дуже складні та незвичайні конфігурації у тривимірному просторі. На початку ХХ століття Вольтерра описав коло рівнянь нелінійної динаміки, а Лоренц у 1963 р. виявив, що навіть проста система з трьох нелінійних диференціальних рівнянь може призвести до хаотичних траєкторій [1]. Система, вперше описана голландським фізиком Едвардом Лоренцом, є математичною моделлю, що використовується для опису нелінійних динамічних систем. Розглянемо, як дана система може бути застосована для опису динаміки міст [2, 3].

Система Лоренца складається з трьох зв'язаних диференціальних рівнянь, що описують зміни в часі трьох параметрів. Ця система має хаотичну поведінку, що робить її корисною для моделювання складних і непередбачуваних процесів [3].

Одним із цікавих застосувань системи Лоренца є її використання для аналізу динаміки міст. Міста, подібно до інших складних систем, можуть виявляти хаотичні зміни у своїй структурі та розвитку. Застосування системи Лоренца дозволяє моделювати такі нелінійні динамічні процеси.

Розглянемо у просторі метрополії таку міську систему, яка щодо економічної діяльності дуже «мала» порівняно з метрополією. Це означає, що будь-які зміни економічних умов у міській системі не впливають на весь простір метрополії, який залишається структурно стійким протягом спостереження [3].

Передбачається, що фірми та постійне населення вільні у виборі місцезнаходження і в міському просторі, і у зовнішньому світі.

Оскільки міський простір замало, вибір становища і розподіл фірм і домогосподарів у місті неспроможна проводити розташування інших складових частин метрополії.

Передбачається, що локаційні характеристики міського простору описуються такими трьома змінними:

X – продукція, вироблена міською системою;

Y – чисельність корінного населення;

Z – земельна рента.

Продукція міської промисловості може йти на споживання населення чи експортуватися зовні.

Після лінійного перетворення змінних, отримуємо класичну систему Лоренця:

$$\begin{aligned}\frac{dX}{dt} &= a_1(a_2Y - a_3X), \\ \frac{dY}{dt} &= c_1(c_2X - c_3Y) - c_4XZ, \\ \frac{dZ}{dt} &= d_1XY - d_2Z.\end{aligned}$$

Список використаних джерел:

1. Lorenz, E. N. (1963). Deterministic Nonperiodic Flow. *Journal of the Atmospheric Sciences*.
2. Strogatz, S. H. (2014). *Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering*. Westview Press.
3. Наумейко И. В. Разработка математической модели конкурентных процессов. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2014. – № 5/3 (71). – С. 55–60.

ВЕКТОРНІ МОДЕЛІ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПОШУКУ

Никоненко В.І.

Науковий керівник – канд. пед. наук, доц. Ситникова Ю.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна

e-mail: valerii.nykonenko@nure.ua

The post-industrial development of society has made mathematics as the foundation for creating the most advanced technologies that would make our lives easier. In this regard, special information retrieval models have been invented. Most of them are based on mathematical knowledge, so they are considered the most convenient to use. However, there are errors in everything that only complicate the process of any activity. Some factors that cause the inefficiency of the information retrieval vector model have been studied. Problems affect the result have been analyzed. The possibilities of eliminating certain shortcomings are clarified. Prospects for further research of the model under consideration and positive aspects of the use of mathematical tools in information retrieval systems are determined.

Проблема знаходження зв'язку між математикою та повсякденним життям залишається в центрі уваги, оскільки світ розвивається завдяки новітнім технологіям. Поєднання точних наук та людської фантазії дозволяє пізнавати та створювати нове. Таким чином, зараз ми можемо знаходити відповіді на власні питання, використовуючи мережу Інтернет. Для знаходження інформації ми здійснюємо її пошук та обираємо найбільш відповідну до нашого запиту. Як відомо існує декілька моделей для виконання ефективного пошуку.

Метою даної роботи є дослідження алгебраїчного підходу до інформаційного пошуку. Об'єктом вивчення в роботі стала векторна модель (Vector Space Model) та методи, що використовуються в цьому просторі.

Документ або запит подаються у вигляді векторів, і головне завдання – знайти найбільшу релевантність [1]. Більшість авторів (зокрема, Gerard Salton, Christopher D. Manning, Peter Norving, Stuart J. Russell) вказують на косинусну подібність та частотно-інверсну частоту, тож їх можна вважати найпоширенішими методами у векторній моделі. Як показало дослідження, є ще декілька технік, які можуть покращити аналіз на відповідність.

Зазначимо, що векторна модель може використати значну кількість часу на обробку та представлення документа, де багато термінів [2], мовою математики, – це велика розмірність. Дану проблему можна вирішити завдяки латентно (прихованого) семантичного індексування (LSI) – метод, про який найменше згадують дослідники та науковці. Проте він залишається важливим методом, особливо для задач тематичного моделювання та у випадках, коли важлива ефективність та інтерпретованість результатів.

LSI шукає приховані закономірності між словами в самому документі, що призводить до зменшення набору термінів [3]. Завдяки фільтруванню результат стає точним, а обробка ефективнішою, оскільки розмірність стає меншою. Зміна розміру обумовлена не тільки латентно семантичним індексуванням, а також використання розкладання сингулярного значення (SVD), яке, на нашу думку, є суто математичною технікою [3]. VSM важко працювати з синонімами та багатозначними словами, оскільки вона вважає кожне слово незалежною частинкою, не враховуючи можливих зв'язків [2]. Вищезазначений нами метод шукає об'єкти зі схожими характеристиками, намагається зрозуміти концепцію та залишає суттєве [3].

Як було нами досліджено, результати попередньої дії можуть бути використані для нового бачення контексту, що допоможе з подальшим аналізом та швидшим знаходженням відповіді на поставлений запит. Така техніка як аналіз формальної концепції (Formal concept analysis) базується на побудові концептуальних решіток, в яких найважливіші атрибути обираються з ранжованого списку, який в свою чергу був створений за допомогою LSI [1–3]. Латентно семантичне індексування часто використовують разом з іншими методами для інформаційного пошуку через його ефективність. Розмір вектору зменшується через обробку слів, які мають приблизно однакове значення. Тож, виділення головного сенсу є основою для побудови математичної моделі документа або запита.

Підсумовуючи результати дослідження можна зазначити, що LSI – необхідна техніка для семантичного розуміння між словами в документі. Даний метод містить математичну основу, а саме SVD та косинус подібності, можна стверджувати, що у VSM справді алгебраїчна структура, яка допомагає знайти релевантні результати [3].

Перспективою нашого дослідження є детальне вивчення векторної моделі інформаційного пошуку, знаходження проблемних зон застосування й обмежень, які спричиняють неефективність роботи та відбір правильного підходу до вирішення завдань.

Список використаних джерел:

1. Kant Singh V., Kumar Singh V. Vector space model: An Information retrieval system. *Int. J. Adv. Engg. Res. Studies*. 2015. Vol. 4, No 2. P. 141–143. URL: <https://www.researchgate.net/publication/362060638>.
2. Van Otten N. Vector space model made simple with examples & tutorial in python. Spot Intelligence. URL: <https://spotintelligence.com/2023/09/07/vector-space-model/> (date of access: 07.02.2024).
3. D. Lan, A. Tian, Y. Wang, Y. Li. An overview of the principle, algorithm improvement and application based on the theory of latent semantic indexing. *Academic Journal of Computing & Information Science*. 2021. Vol. 4, No. 5. P. 71–75. DOI: 10.25236/AJCIS.2021.040510

ЕВОЛЮЦІЯ МЕТОДОЛОГІЇ ДИЗАЙН-МИСЛЕННЯ ПІД ВПЛИВОМ РОЗВИТКУ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Новаковський А.В.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Яловега І.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна

e-mail: anton.novakovskiy@nure.ua

The paper sets the stage to explore the evolution of the Design Thinking methodology under the influence of the rapid development of Generative AI technologies. It provides a concise overview of the key benefits and challenges that have already been identified in early research publications on augmenting design processes with GenAI tools. The authors (1) emphasize the need to develop a comprehensive research framework for understanding the multifaceted nature of Generative AI's influence on design and creativity and (2) propose the concept of such a framework based on decomposing Design Thinking into four interrelated layers.

Дизайн-мислення – це ітеративна евристична методологія розробки рішень складних проблем з орієнтацією на потреби людини. Методологія отримала широке розповсюдження та визнання як у комерційній сфері, так і в науковому середовищі, у тому числі як ефективний інструмент для створення інновацій. Евристичний підхід до розробки рішення, притаманий дизайну-мисленню, робить його потужним інструментом для вирішення проблем, що виникають в складних організаційних, економічних та соціальних системах. Незважаючи на значну кількість досліджень [1, 2], методологія все ще знаходиться в процесі розвитку, осмислення та формалізації.

Гнучка, ітеративна та інклюзивна природа дизайну-мислення виражається зокрема в постійній еволюції методології під впливом низки трендів, таких як технологічний прогрес, зростання значення ідей сталого розвитку та соціальної відповідальності, поширення нових форматів дистанційної та гібридної праці. Аналітичний звіт від міжнародної консалтингової компанії McKinsey & Company, яка спеціалізується на розв'язанні задач, пов'язаних із стратегічним управлінням, підкреслює значний трансформаційний вплив, що справить на креативні індустрії та дизайн бурхливий розвиток технологій генеративного штучного інтелекту, який ми спостерігаємо сьогодні [3].

Метою роботи є:

– аналіз сучасних досліджень щодо впливу технологій генеративного штучного інтелекту (ШІ) – галузі штучного інтелекту, яка здатна створювати новий контент на основі вхідних даних, на креативні індустрії, дизайн та, зокрема, на дизайн-мислення;

– розробка концепт-підходу для подальшого дослідження еволюції методології.

Ключова особливість технологій генеративного штучного інтелекту полягає в здатності створювати новий контент, такий як текст, зображення чи аудіо. Великі мовні моделі (Large Language Model, LLM), такі як GPT, LLAMA, Gemini, демонструють вражаючі можливості в обробці та генерації тексту. Крім того вони демонструють такі емерджентні властивості, як здатність вести тривалий осмислений діалог з урахуванням контексту; робити декомпозицію складних тверджень та задач; планувати дії та узгоджувати їх між собою; генерувати пропозиції; оцінювати опції, робити вибір та обґрунтовувати його. Хоча ці здібності знаходяться в процесі розвитку та на даний момент мають певні обмеження, вони дозволяють LLM виконувати складні комунікативні, креативні та інтелектуальні функції, які до появи технологій генеративного ШІ була здатна виконувати виключно людина.

Протягом останнього року з'явилась низка публікацій, в яких досліджуються переваги та недоліки використання генеративного ШІ у процесі дизайну, зокрема, засобів на кшталт ChatGPT чи DALL·E [4, 5]. Серед переваг виділяють швидкість генерації та різноманітність ідей і артефактів. Однак дослідники та дизайнери зазначають, що глибина та новизна матеріалів, створених штучним інтелектом, може бути нестабільною та за якістю часто поступається людській праці. Крім того, взаємодія з такими інструментами на поточному етапі їх розвитку вимагає спеціалізованих навичок і зусиль, що може ускладнювати та порушувати перебіг творчого процесу. Так, науковці Сааді та Янг додатково акцентують увагу на обмеженнях, які стосуються передачі моделям ШІ контексту [4]. Ці обмеження мають подвійну природу: з одного боку, вони впливають з технічних обмежень обсягу «вікна контексту» сучасних моделей ШІ; з іншого – виникають труднощі з точним визначенням та описом ключових аспектів контексту, які треба передати моделі.

Розвиток технологій генеративного штучного інтелекту не тільки впливає на процес дизайну, але й вимагає переосмислення багатьох концептів в сфері креативності, зокрема ролі ШІ в творчому процесі. Виникають та розвиваються такі концепти, як пост-антропоцентричний дизайн; співтворчість (людини та машини), агентність машини, тощо. Ставляться питання пошуку синергії між сильними сторонами людського та машинного інтелекту для створення майбутнього дизайну та інновацій [4].

Підсумовуючи викладене, можна зазначити, що розглянуті публікації підкреслюють трансформаційний потенціал генеративного штучного інтелекту, а також значні супутні виклики [4, 5]. Для того, щоб більш повно охопити багатогранний вплив ШІ на дизайн, необхідний комплексний дослідницький підхід.

Хоча процес дизайну є складним та нелінійним, дизайн-мислення пропонує структуровану методологію для його розбиття на серію ітерати-

вних кроків, що спрямовують роботу дизайнера від формування дизайнерської задачі до створення та перевірки розв'язку. Виходячи з загальної траєкторії, що задається методологією, дизайнер на кожному кроці підбирає техніки відповідно до потреб. В процесі виконання технік, створюються та збагачуються артефакти, в яких накопичуються здобуті знання та згенеровані ідеї.

Як видно з аналізу публікацій, дизайн-мислення розглядається різними авторами як «дисципліна», «підхід», «відношення / принципи», «спосіб мислення», «процес», «застосування методів», та «методологія» [1]. За нашою думкою розгляд дизайн-мислення саме як методології, тобто системи методів, що базується на певних принципах, цінностях та теоретичних концептах, дозволяє досягнути його багатогранну сутність та дає основу для комплексного розуміння його трансформації під впливом генеративного штучного інтелекту.

Для подальшого аналізу вважаємо, що є доцільним декомпонувати дизайн-мислення на чотири взаємопов'язаних шари:

- 1) принципи, цінності та етичні норми;
- 2) процес і етапи;
- 3) техніки, інструменти, шаблони та артефакти;
- 4) теоретичні та концептуальні основи.

Детальне дослідження кожного з рівнів дозволить визначити конкретні аспекти впливу генеративного ШІ на дизайн-мислення та потенційні виклики.

Список використаних джерел:

1. Rösch N., Tiberius V., Kraus S. (2023). Design thinking for innovation: context factors, process, and outcomes. *European Journal of Innovation Management*. Т. 26. №. 7, Р. 160–176.
2. Зуб С.С., Яловега І.Г. (2020). Розвиток евристичних методів на початку третього етапу розвитку філософії та науки. *Фізико-математична освіта*. В. 2(24). Р. 58–65.
3. Chui M. et al. (2023). The economic potential of generative AI: The next productivity frontier. McKinsey Dsgital. 68 p.
4. Saadi J. I., Yang M. C. (2023). Generative Design: Reframing the Role of the Designer in Early-Stage Design Process. *Journal of Mechanical Design*. 145(4): 041411. 11 p.
5. Wang X. et al. (2023). ChatGPT for design, manufacturing, and education. *Procedia CIRP*. V. 119. P. 7–14.

АСИМПТОТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ІЗ ШВИДКИМИ ЗМІННИМИ

Омельяненко А.В.

Наукові керівники – канд. техн. наук, доц. Наумейко І.В.¹,

канд. фіз.-мат. наук, проф. Сова Г.В.²,

¹ Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,

² Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ВМ,

м. Харків, Україна

e-mail: anna.omelianenko@nure.ua

The purpose of the work is to study the problem and solve the problems of modeling the restoration of the system and the behavior of the human operator in the presence of harmful and dangerous external influences and man-made disasters. Human-machine systems (HMS) also have an "external environment" subsystem, which includes catastrophic and harmful effects of the environment, commonly called the "Human-Machine-Environment system".

Метою роботи є дослідження проблеми і рішення задач моделювання процесу відновлення системи і поведінки людини – оператора при наявності шкідливих і небезпечних зовнішніх впливів і техногенних катастроф.

Людино-машинні системи (ЛМС), мають також і підсистему «зовнішнє середовище», яка включає катастрофічні і шкідливі впливи середовища, прийнято називати «системою Людина-Машина-Середовище» (система Л-М-С).

За останні 10 років системи Л-М-С виділилися в особливий клас, що включає деякі важливі системи економіки, екології, військової справи і безпечної життєдіяльності. Ці елементи завжди входили в більшість кібернетичних систем, але розглядалися тільки з точки зору автоматизованого управління, із застосуванням обмеженого кола методів дослідження, наприклад, системи масового обслуговування (СМО) і теорія надійності. В даний час найбільш актуальними з ЛМС є системи з захистом. З них виділяється клас систем з марковською властивістю. Термін «захист» в рамках даної роботи розуміється в широкому сенсі, і позначає всі види технічних засобів (статичні і динамічні), а також, в першу чергу, заходи і процеси відновлення працездатності підсистеми «машина». Таким чином, побудова математичних моделей, які описують системи із захистом і процеси, які в них відбуваються, було завжди, і є на даний час актуальним завданням [1].

У якості моделі ЛМС досліджується система з двох диференціальних рівнянь, яка описує поведінку системи захисту від шкідливих впливів. Тут $u(t)$ – це функція шкідливості, а $z(t)$ – функція захисту, при обмеженнях $u \geq 0$, $z \geq z_c$, де z_c – величина стаціонарного захисту. У досить загальному випадку, система має вигляд:

$$\begin{cases} u'(t) = \alpha u(t) - \beta z(t)u(t), \\ z'(t) = F(u(t), z(t)). \end{cases}$$

Проводити аналіз динаміки будемо на системи звичайних диференціальних рівнянь (ЗДР) вигляду:

$$\begin{cases} u'(t) = \varepsilon \alpha u(t) - \beta z(t)u(t), \\ \varepsilon z'(t) = \gamma u(t). \end{cases}$$

Тут ε – малий параметр, що вказує різну швидкодійність підсистем [1].

Чисельні розв'язки системи та їх Паде-апроксимацію будемо будувати при $\varepsilon=0,00001$, $\varepsilon=0,0001$, $\varepsilon=0,001$, $\varepsilon=0,01$, і $\varepsilon=0,1$.

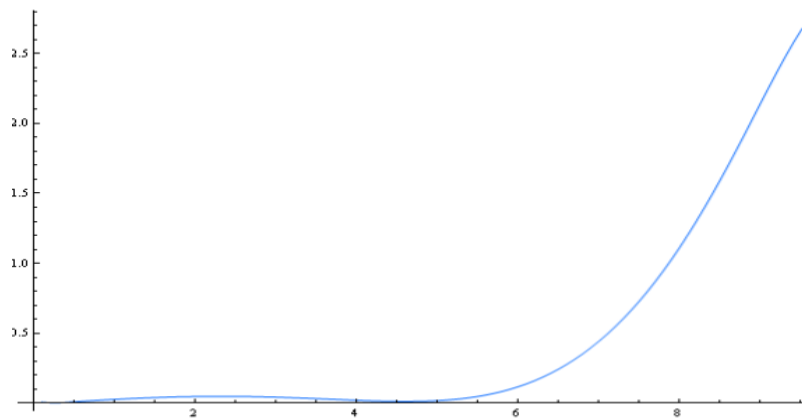


Рисунок 1 – Графік похибки Паде-апроксимації z-компоненти при $\varepsilon=0,001$

На основі розробленої програми було проведено ряд експериментів, в результаті яких вдалося показати що застосування методу Паде-апроксимації для асимптотичного ряду системи ЗДР з малим параметром дозволяє зробити збільшення малого параметра без істотної втрати точності рішення. У слідстві того що вихідна система ЗДР має практичне застосування можна відзначити що реалізація методу Паде-апроксимації дозволила розширити спектр допустимих частот при яких асимптотичний ряд буде збігатися до точного розв'язання системи. Отримані результати порівнювалися з розв'язками вихідної системи методом Рунге-Кутти четвертого порядку, що дозволило показати що метод Паде-апроксимації має великі переваги у швидкості і зручності перед побудовою чисельного наближення до розв'язків вихідної системи при заданій точності.

Список використаних джерел:

1. Наумейко И. В., Альджаафрах М. Р., Альрефай В. А. Моделирование сингулярных динамических систем защиты с переменными параметрами International scientific and practical conference «World Science». 2016. Т. 1. № 11 (15). С. 15–17.

ТРАНСПОРТНА ЗАДАЧА З НЕЧІТКО ЗАДАНИМИ ПОТРЕБАМИ В МАТЕРІАЛЬНИХ РЕСУРСАХ

Ощепков Є.С.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Матвієнко О.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: yevhen.oshchepkov@nure.ua

The paper explores the application of fuzzy logic to the transportation problem where demands for material resources are imprecisely defined. Fuzzy logic, with its concept of fuzzy sets and rules, is employed to handle uncertainty in input data, crucial for logistics systems. This study modifies the standard transportation task by incorporating fuzzy demands, reflecting the uncertainty or fluctuations in demand. The objective is to develop a supply plan that minimizes total costs while satisfying consumers' fuzzy demands to the maximum extent possible, thereby maximizing overall confidence in the plan's cost-effectiveness and consumer satisfaction.

Зростаюча комплексність сучасних логістичних процесів вимагає вдосконалення методів оптимізації та прийняття рішень в умовах невизначеності та нечіткості. Однією з ефективних стратегій для вирішення цих завдань є застосування нечіткої логіки. Основою нечіткої логіки є концепція нечітких множин та правил, які дозволяють представляти та обробляти нечітку інформацію [1]. Застосування цієї логіки в оптимізаційних задачах дозволяє враховувати та обробляти невизначеність у вхідних даних, що є надзвичайно важливим у логістичних системах. Важливою логістичною задачею є транспортна задача, в якій потреби в матеріальних ресурсах задані нечітко.

Транспортні задачі представляють собою ключовий елемент оптимізації логістичних процесів, забезпечуючи ефективний план перевезення та розподіл ресурсів. Постановка транспортної задачі лінійного програмування [2] виглядає наступним чином:

- в пунктах $A_1, A_2, \dots, A_m$ розташовані склади з однорідними матеріальними засобами у кількостях $a_1, a_2, \dots, a_m$ відповідно;
- в пунктах $B_1, B_2, \dots, B_n$ знаходяться споживачі цих матеріальних засобів, їх потреби дорівнюють відповідно $b_1, b_2, \dots, b_n$;
- відомі транспортні витрати з доставки одиниці вантажу з будь-якого складу будь-якому споживачеві (відстань між пунктами, вартість доставки одиниці матеріальних засобів тощо). Витрати з доставки одиниці вантажу зі складу A_i споживачеві B_j ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$) зазвичай позначають c_{ij} .

Необхідно знайти план підвезення матеріальних засобів зі складів споживачам, що вимагає мінімальних сумарних витрат та забезпечує потреби кожного споживача.

Тепер розглянемо модифікацію стандартної транспортної задачі, у якій потреби є нечіткими. Підходи до вирішення таких задач наведені в [3]. У такій постановці передбачається, що постачання матеріальних засобів споживачам здійснюється з кількох складів, при цьому потреби кожного споживача не є фіксованим числом, а визначаються нечіткими множинами, які відображують невизначеність чи можливі коливання у попиті.

Ключовим моментом є те, що кожен j -ий споживач готовий прийняти певне зменшення обсягу поставок у порівнянні з його ідеальною потребою b_j . Величина недопоставки визначається параметром β_j . Для кожного споживача визначається функція приналежності, яка відображає ступінь задоволення потреб при різних рівнях поставок, починаючи від неприйняттого рівня до повного задоволення потреб. Чим більша величина зменшення потреби β_j , тим менше значення функції приналежності, яку будемо трактувати як ступінь впевненості в тому, що споживач задоволений.

Розв'язок задачі полягає в тому, щоб знайти такий план постачання, який максимізує загальну впевненість у ефективності з погляду витрат та задоволеності споживачів, враховуючи нечіткі потреби. Це включає визначення обсягів поставок від кожного складу до кожного споживача таким чином, щоб загальні витрати були мінімальними та при цьому задовольняли нечітким потребам споживачів в максимально можливій мірі. Тобто треба знайти варіант постачання, при якому ступінь впевненості (значення функції приналежності) у тому, що він ефективний за витратами і рівнем забезпечення споживачів, максимальний.

Функція приналежності $\mu_{\tilde{b}_j}(x)$, $j = 1, 2, \dots, n$; $x \in [0, \tilde{b}]$ задається наступним чином:

$$\mu_{\tilde{b}_j}(x) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } 0 \leq x \leq b_j - \beta_j, \\ \frac{x - (b_j - \beta_j)}{\beta_j}, & \text{якщо } b_j - \beta_j \leq x \leq b_j, \\ 1, & \text{якщо } b_j \leq x \leq \tilde{b}, \end{cases}$$

де β_j – максимальна величина недопоставки, на яку може погодитися споживач j , b_j – ідеальна потреба j -го споживача, x – фактичний рівень задоволення потреби j -го споживача, $\tilde{b}$ – досить велике число, що забезпечує, що всі можливі потреби будуть покриті.

Нечіткі величини представляються нечіткими трикутними числами та позначаються

$$\langle b_j - \beta_j, b_j, \tilde{b} \rangle, j = 1, 2, \dots, n.$$

Графік однієї з цих функцій наведено на рис. 1.

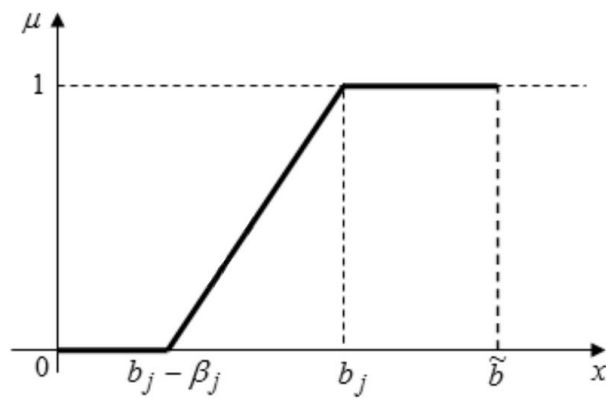


Рисунок 1 – Графік функції $\mu_{b_j}(x)$

Прикладом такої задачі може бути розробка оптимального плану постачання медичних засобів (МЗ) до лікарень у межах великого міста з урахуванням нечітко визначених потреб у цих ресурсах. У якості постачальника маємо три основні склади МЗ, розташовані в різних частинах міста, кожен з яких має певний запас матеріальних ресурсів V_i , де $i = 1, 2, 3$. А у якості споживача – чотири лікарні, кожна з яких має нечітко визначену потребу b_j , де $j = 1, 2, 3, 4$. Також нам відомі витрати C_{ij} на перевезення одиниці МЗ від кожного i -го складу до кожної j -ї лікарні, що включає вартість палива, технічне обслуговування транспорту та зарплату персоналу. Розв'язком задачі є план перевезень МЗ – x , тобто об'єми МЗ, що підвозяться з i -го складу j -й лікарні:

$$x = (x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}).$$

Необхідно визначити оптимальний план перевезень, який забезпечує мінімізацію загальних витрат на перевезення матеріальних ресурсів та максимально задовольняє нечіткі потреби всіх споживачів.

Така задача є актуальною через потребу в забезпеченні швидкого і ефективного доступу до медичних засобів, особливо в умовах кризових ситуацій, наприклад пандемій.

Список використаних джерел:

1. Флегонтов, А. В., Вилков, В. Б., Черных, А. К. Моделирование задач принятия решений при нечетких исходных данных. Лань, 2020. 329 с.
2. Матвієнко О. І., Мірошніченко О. О. Застосування методів нечіткої векторної оптимізації для складання дієти // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях, №2 (5), 2023. С. 46–54.
3. Черных А. К., Козлова И. В., Вилков В. Б. Вопросы прогнозирования материально-технического обеспечения с использованием нечетких математических моделей // Проблемы управления рисками в техносфере, № 4 (36), 2015. С. 107–117.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ НЕСТАЦІОНАРНИХ РЕЖИМІВ ТЕЧІЇ ГАЗУ ПО ДІЛЯНЦІ ТРУБОПРОВОДУ З ВИТОКОМ

Павлюк О.В.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Гусарова І.Г.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: oleksii.pavliuk@nure.ua

This work is devoted to the construction of a mathematical model of unsteady nonisothermal modes of gas flow with consideration of kinetic energy in a linear section of a pipeline with a leak. The obtained results can be used at the stage of design, construction and reconstruction of main pipeline networks in order to develop scientifically sound recommendations for improving the safety and efficiency of the pipeline system.

Для покращення загальної безпеки газотранспортної системи та зменшення ризиків появи надзвичайних ситуацій при експлуатації газопроводу необхідно проводити оцінку безпеки його роботи, своєчасно виявляти аварійні витoki, появу несанкціонованих відборів та інших нештатних ситуацій.

Метою роботи є побудова математичної моделі нестационарного неізотермічного режиму течії газу (НН РТГ) з урахуванням кінетичної енергії по лінійній ділянці трубопроводу (ДТ) з витоком.

Розглядається лінійна ДТ циліндричної форми заданого діаметру D з жорсткими стінками та довжиною L . При виникненні ситуацій, пов'язаних з витоком газу, можна вважати, що ДТ в точці витоку $X_{вит}$ розбивається на дві ділянки трубопроводу з довжинами L_1 та L_2 , які з'єднанні проміжним вузлом. Для такого режиму течії газу в області $\Omega = \{(x, t), x \in [0, L], t \in [0, T_{кин}]\}$, де $T_{кин}$ – кінцевий час процесу, що розглядається, визначними параметрами є неперервно диференційовані функції $W(x, t)$ – питома масова витрата газу, $P(x, t)$ – тиск газу, $T(x, t)$ – температура газу.

Математична модель НН РТГ з урахуванням кінетичної енергії по лінійній ДТ з витоком матиме вигляд квазілінійних систем диференціальних рівнянь в частинних похідних гіперболічного типу [1]:

$$\frac{\partial f^k(x, t)}{\partial t} + B^k(x, t, f^k(x, t)) \frac{\partial f^k(x, t)}{\partial x} = F^k(x, t, f^k(x, t)), \quad k = 1, 2, \quad (1)$$

де $f^k(x, t) = (W^k(x, t), P^k(x, t), T^k(x, t))$; $W^k(x, t)$, $P^k(x, t)$, $T^k(x, t)$ – питома масова витрата, тиск і температура відповідно на k -ї ДТ, $k = 1, 2$,

$$B^k(x, t, f^k(x, t)) =$$

$$= \begin{bmatrix} 2\alpha S \frac{T^k(x,t)W^k(x,t)}{P^k(x,t)} & 1 - \alpha S \frac{T^k(x,t)(W^k(x,t))^2}{(P^k(x,t))^2} & 0 \\ \alpha S T^k(x,t) & 0 & 0 \\ \frac{2P^k(x,t)T^k(x,t)}{(W^k(x,t))^2} + \frac{\alpha S (T^k(x,t))^2}{P^k(x,t)} & \frac{-2T^k(x,t)}{W^k(x,t)} & \frac{2\alpha S W^k(x,t)T^k(x,t)}{P^k(x,t)} + \frac{2C_p P^k(x,t)}{\alpha S W^k(x,t)} \end{bmatrix}$$

$$F^k(x,t, f^k(x,t)) = \begin{bmatrix} -\frac{g}{\alpha S} \cdot \frac{P^k(x,t)}{T^k(x,t)} \frac{dh}{dx} - \beta S \frac{T^k(x,t)W^k(x,t)|W^k(x,t)|}{P^k(x,t)} & 0 \\ \frac{2\beta S (T^k(x,t))^2 |W^k(x,t)|}{P^k(x,t)} - \frac{8KP^k(x,t)}{D\alpha S (W^k(x,t))^2} (T^k(x,t) - T_{gr}) \end{bmatrix}$$

які доповнюються умовами узгодженості параметрів газового потоку в точці витоку газу:

$$P^1(L_1, t) = P^2(0, t), T^1(L_1, t) = T^2(0, t), T_{vt}(L_1, t) = T^1(L_1, t), \quad (2)$$

$$G^2(0, t) = G^1(L_1, t) - G_{vt}(t) \quad (3)$$

де $t \in [0, T_{кин}]$, $G^1(L_1, t)$, $G^2(0, t)$, $P^1(L_1, t)$, $P^2(0, t)$, $T^1(L_1, t)$, $T^2(0, t)$ – масова витрата, тиск та температура газу в кінці першої та на початку другої ДТ відповідно, $T_{vt}(L_1, t)$ – температура витоку газу, $G_{vt}(t)$ – масова витрата газу у точці витоку газу.

Крім того задаються граничні умови та початкові умови. В якості початкового розподілу параметрів газового потоку розглядаються параметри стаціонарного режиму течії газу.

Отримані результати можуть бути використані для надання науково обґрунтованих рекомендацій щодо підвищення безпеки та ефективності роботи газотранспортної системи.

Список використаних джерел:

1. Husarova I. H., Tevyashev A. D., Tevyasheva O. A. Mathematical modeling of non-stationary gas flow modes along a linear section of a gas transmission system. *Mathematical Modeling and Computing*. 2022. № 9(2). P. 416–430.

**МЕТОД ДВОБІЧНИХ НАБЛИЖЕНЬ ПОШУКУ
АКСІАЛЬНО-СИМЕТРИЧНИХ РОЗВ'ЯЗКІВ КРАЙОВИХ ЗАДАЧ
З МОНОТОННИМИ НЕЛІНІЙНОСТЯМИ**

Пархоменко В.Г.

Науковий керівник – д-р фіз.-мат. наук, проф. Сидоров М.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: vladyslav.parkhomenko1@nure.ua

The problem of constructing two-sided approximations to a unique axial-symmetric positive solution of the first boundary-value problem for an equation $-\Delta u = f(u)$ in the radius R circle is considered. The efficiency of the method is confirmed by computational experiments for $f(u) = \frac{1}{2}\sqrt{u+1}$.

При математичному моделюванні процесів, що протікають у нелінійних середовищах, виникає необхідність аналізу нелінійної крайової задачі вигляду:

$$-\Delta u = f(u) \text{ у } \Omega, \quad (1)$$

$$u > 0 \text{ у } \Omega, \quad (2)$$

$$u|_{\partial\Omega} = 0, \quad (3)$$

де Ω – вимірна за Жорданом область в $\mathbb{R}^2$, $f(u)$ неперервна і додатна для всіх $u > 0$ функція.

Якщо Ω є кругом радіуса R у $\mathbb{R}^2$, то можна поставити задачу знаходження розв'язку задачі (1) – (3), який є радіально-симетричним, тобто розв'язку, який залежить лише від $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Це приводить до наступної задачі для визначення $u = u(\rho)$:

$$-\frac{1}{\rho} \frac{d}{d\rho} \left(\rho \frac{du}{d\rho} \right) = f(u), \quad 0 < \rho < R, \quad (4)$$

$$u(\rho) > 0, \quad 0 < \rho < R, \quad (5)$$

$$|u(0)| < +\infty, \quad u(R) = 0. \quad (6)$$

Задача (4) – (6) еквівалентна інтегральному рівнянню Гаммерштейна:

$$\int_0^R K(\rho, s) f(u(s)) ds, \quad (7)$$

де

$$K(\rho, s) = \begin{cases} s \ln \frac{R}{s}, & 0 \leq \rho \leq s, \\ s \ln \frac{R}{\rho}, & s < \rho \leq R. \end{cases}$$

Рівняння (7) розглядається як нелінійне операторне рівняння у банаховому просторі $C[0, R]$, напівупорядкованому конусом K_+ невід'ємних на

$[0, R]$ неперервних функцій [1, 2]. Неперервний і додатний на $[0, R]$ розв'язок рівняння (7) приймемо за узагальнений розв'язок крайової задачі (4) – (6).

Доведено, що оператор

$$(Tu) = \int_0^R K(\rho, s) f(u(s)) ds$$

має наступні властивості:

а) є додатним оператором;

б) є u_0 -додатним оператором, де

$$u_0 = \frac{1}{4}(R^2 - \rho^2);$$

в) є монотонним оператором, якщо функція $f(u)$ монотонна за u ;

г) є угнутим і навіть u_0 -угнутим оператором, де $u_0 = \frac{1}{4}(R^2 - \rho^2)$, якщо $f(\tau u) > \tau f(u)$ для будь-якого додатного числа u для всіх $\tau \in (0, 1)$.

Для монотонного оператора T умовами $Tv_0 \geq v_0$, $Tw_0 \leq w_0$ виділимо інваріантний конусний відрізок $\langle v_0, w_0 \rangle$ і сформуємо два ітераційні процеси:

$$v^{(n+1)}(\rho) = \int_0^R K(\rho, s) f(v^{(n)}(s)) ds, \quad n = 0, 1, 2, \dots,$$

$$w^{(n+1)}(\rho) = \int_0^R K(\rho, s) f(w^{(n)}(s)) ds, \quad n = 0, 1, 2, \dots,$$

$$v^{(0)}(\rho) = v_0(\rho), \quad w^{(0)}(\rho) = w_0(\rho).$$

Кінці інваріантного конусного відрізка $\langle v_0, w_0 \rangle$ можна шукати у вигляді $v_0(\rho) = \alpha u_0(\rho)$, $w_0(\rho) = \beta u_0(\rho)$, $0 < \alpha < \beta$, або (якщо $f(0) > 0$) – у вигляді $v_0(\rho) = 0$, $w_0(\rho) = \beta u_0(\rho)$, $\beta > 0$.

Послідовність $\{v^{(n)}(\rho)\}$ не спадає за конусом K_+ , а послідовність $\{w^{(n)}(\rho)\}$ не зростає за конусом K_+ . Оскільки конус K_+ є нормальним, а оператор T є цілком неперервним, то обидві побудовані ітераційні послідовності збігаються у нормі простору $C[0, R]$ до єдиного додатного розв'язку u^* крайової задачі (4) – (6) і має місце ланцюг нерівностей:

$$v_0 = v^{(0)} \leq v^{(1)} \leq \dots \leq v^{(n)} \leq \dots \leq u^* \leq \dots \leq w^{(n)} \leq \dots \leq w^{(1)} \leq w^{(0)} \leq w_0.$$

За наближений розв'язок крайової задачі (4) – (6) на n -й ітерації обираємо функцію

$$u^{(n)}(\rho) = \frac{1}{2}(v^{(n)}(\rho) + w^{(n)}(\rho)).$$

При цьому похибка наближення оцінюється нерівністю

$$\|u^{(n)} - u^*\|_{C[0, R]} \leq \frac{1}{2} \max_{\rho \in [0, R]} (w^{(n)}(\rho) - v^{(n)}(\rho)).$$

Обчислювальний експеримент було проведено для $f(u) = \frac{1}{2}\sqrt{u+1}$. З точністю $\varepsilon = 10^{-4}$ ітераційний процес зійшовся за 3 кроки. На рис. 1 зображено графік поверхні наближеного розв'язку задачі (1) – (3).

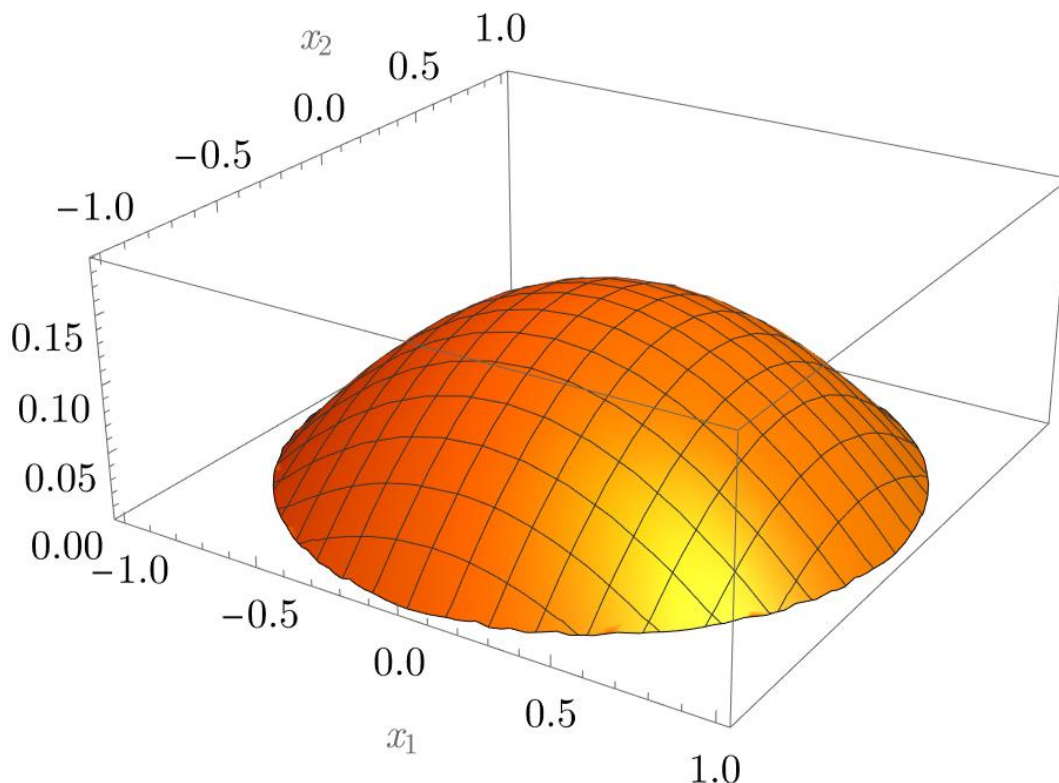


Рисунок 1 – Поверхня наближеного розв'язку крайової задачі

Список використаних джерел:

1. Matinfar M., Nemati K. A numerical extension on a convex nonlinear elliptic problem. *International Mathematical Forum*. 2008. V. 3, № 17. P. 811–816.
2. Пархоменко В.Г., Сидоров М.В. Застосування методу двобічних наближень до знаходження додатних радіально-симетричних розв'язків крайових задач з монотонними нелінійностями. *Радиоэлектроника и информатика*. 2019. № 3 (86). С. 16–23.

ДОСЛІДЖЕННЯ КАПСУЛЬНИХ НЕЙРОМЕРЕЖ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ПРИРОДНОГО МОВЛЕННЯ

Петришин А.Ю.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Єсілевський В.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: andrii.petryshyn@nure.ua

This thesis focuses on evaluating neural network-based models for speech recognition under noisy conditions. It examines the effectiveness of the capsule neural network across various types and intensities of noise. By gathering and preprocessing a dataset of noisy speech recordings, the research compares these models based on their recognition accuracy, resilience to different noise types and intensities, and computational efficiency.

Сьогодні у суспільстві, штучний інтелект (ШІ) прогресує стрімкими темпами. Серед напрямків застосування ШІ є розпізнавання природного мовлення. Застосування такого ШІ може полегшити роботу інших ШІ: генеративні статистичні моделі із застосуванням технологій ШІ для створення нового тексту, зображень тощо. Серед інших прикладів є військове застосування в зонах, де рівень шуму великий і де простіше було б застосовувати текстову форму замість вербальної: гелікоптер, промислові виробництва тощо.

Шум є ключовою проблемою у розпізнаванні мовлення, оскільки він може походити з різних джерел, таких як білий шум під час трансмісії сигналу чи фонові звуки, які складно відфільтрувати. Тому розробка методів, які можуть ефективно справлятися з цими видами шумів, є важливим напрямком дослідження.

У дослідженні розглядається розпізнавання природного мовлення із шумом методом капсульних нейронних мереж [1]. Така мережа має структуру наближену до людського ока на відміну від згорткових нейромереж, що зараз широко застосовуються.

Для безпосереднього аналізу моделі, у дослідженні збирають аудіозаписи з шумом [2], перетворюють ці аудіозаписи у зрозумілі для моделі дані і навчають модель для подальшого їх аналізу. Порівняння моделей відбувається за такими параметрами: точність розпізнавання, стійкість до шуму, ефективність обчислень, порівняння результатів на аудіозаписах із іншим шумом і рівнем шуму [3–4].

Обробка аудіозаписів відбувається шляхом перетворення їх у аудіосигнали, вилучення ознак: коефіцієнтів мел-частотного кепстру [5] (рис. 1). Готові дані використовують вже як вхідні значення на моделі нейронної мережі, які навчається на цих даних і далі використовується щоб розпізнавати природне мовлення.

В ході дослідження було зроблено висновок, що модель показала найкращі результати при рівні білого шуму 0.2 (де 1 – повне зашумлення). При збільшенні рівні шуму, якість моделі зменшується. На рівні шуму 0.3 модель показала себе найгіршою. При тому точність розпізнавання моделі не перевищила 80 % в цілому.

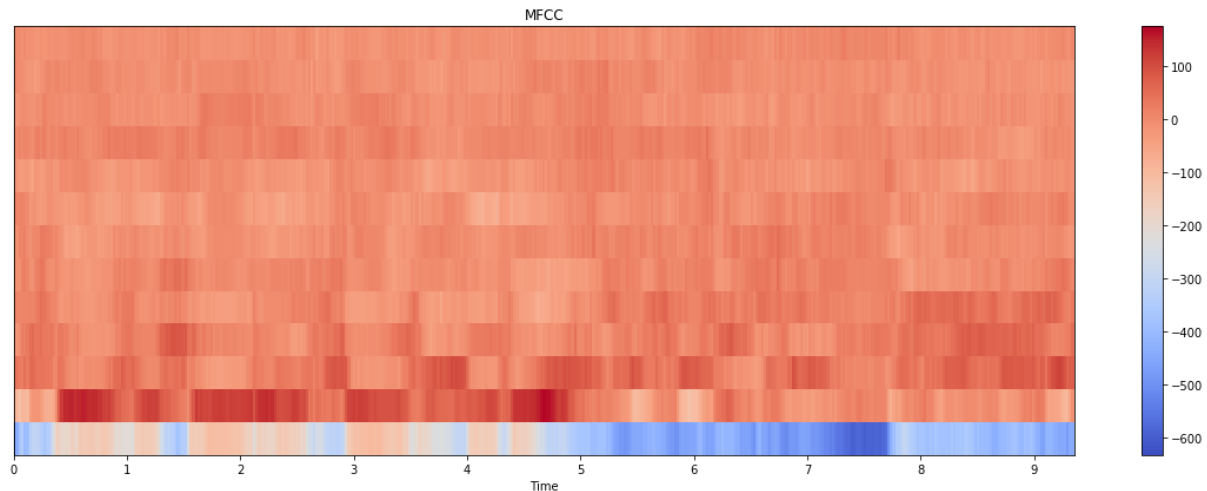


Рисунок 1 – Приклад коефіцієнтів мел-частотного кепстру

В даній роботі пропонується порівняльні результати роботи капсульної нейронної мережі на білому та рожевому шумах із різними рівнями шуму при розпізнаванні природного мовлення, що може далі бути застосовано для більш поглибленого вивчення даної нейромережі та дослідження проблеми шуму у природному мовленні.

Список використаних джерел:

1. Kurama V. Introduction to Capsule Networks | Paperspace Blog. Paperspace Blog. URL: <https://blog.paperspace.com/capsule-networks/> (дата звернення: 04.03.2024).
2. To make a better sensor, just add noise. ScienceDaily. URL: <https://www.sciencedaily.com/releases/2020/09/200903162041.htm> (дата звернення: 04.03.2024).
3. A simple model for pink noise from amplitude modulations. arXiv.org. URL: <https://arxiv.org/abs/2301.11176> (дата звернення: 04.03.2024).
4. Yuvchenko, K., Yesilevskyi, V., Sereda, O. (2022), "Human emotion recognition system using deep learning algorithms", Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, No. 3 (21), P. 60–69. DOI:<https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.21.060>
5. Mel Frequency Cepstral Coefficient and its Applications: A Review. IEEE Xplore. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9955539> (дата звернення: 04.03.2024).

ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ ТЕЧІЙ СТРУКТУРНИМ МЕТОДОМ R-ФУНКЦІЙ

Подгорний О.Р.

Науковий керівник – д-р фіз.-мат. наук, проф. Сидоров М.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: oleksii.podhornyi1@nure.ua

The problem of the stationary porous media flow theory in an isotropic inhomogeneous media is considered in the assumption that the Darcy law is fulfilled. The mathematical model of this problem is the elliptic equation for the stream function, supplemented by second kind boundary conditions at the reservoir boundaries, and the first kind boundary conditions in regions that are impenetrable to the liquid.

The structural-variational method (the R-functions method) is proposed to be used for numerical analysis and that will allow taking into account all the geometric and analytical information from the problem statement most fully.

Фільтраційною течією називається просочування у пористому середовищі рідин, нафти та газу, газованої [2]. До розгляду таких течій приводять процеси осушення і зрошення, втікання морської води в прісну, обтікання гідротехнічних споруд, просочування води крізь земляні дамби тощо. Отже, розробка нових та вдосконалення існуючих методів чисельного аналізу фільтраційних течій є актуальною науковою задачею.

Розглянемо стаціонарну задачу напірної фільтрації [1]. Нехай маємо фільтраційний потік води, схема якого наведена на рис. 1.

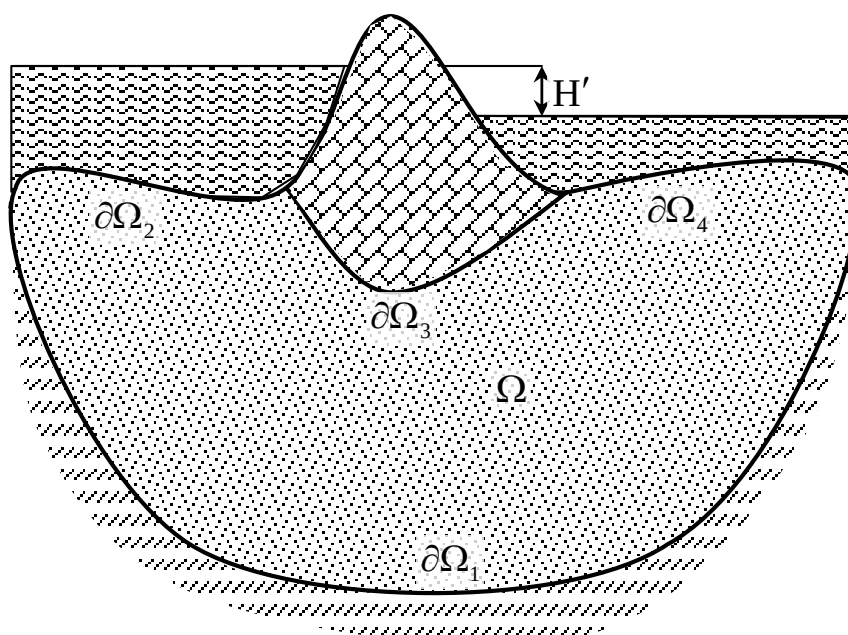


Рисунок 1 – Схема фільтраційного потоку води

На рис. 1 область фільтрації Ω обмежена непроникними межами $\partial\Omega_1$ і $\partial\Omega_3$ (вони є лініями течії) та двома межами водойми $\partial\Omega_2$ і $\partial\Omega_4$ (вони є потенціальними лініями). Позначимо $\mathbf{v} = (v_x, v_y)$ вектор швидкості фільтраційного потоку. Вважатимемо, що виконується закон Дарсі. Це означає, що втрати напору при фільтрації пропорційні швидкості фільтрації.

Уводячи у розгляд за допомогою співвідношень

$$v_x = \frac{\partial\psi}{\partial y}, \quad v_y = -\frac{\partial\psi}{\partial x} \quad (1)$$

функцію течії ψ , отримаємо таку задачу:

$$-\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{\kappa} \frac{\partial\psi}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{\kappa} \frac{\partial\psi}{\partial y} \right) = 0 \text{ у } \Omega, \quad (2)$$

$$\psi|_{\partial\Omega_1} = 0, \quad \psi|_{\partial\Omega_3} = Q, \quad (3)$$

$$\frac{\partial\psi}{\partial \mathbf{n}} \Big|_{\partial\Omega_2} = 0, \quad \frac{\partial\psi}{\partial \mathbf{n}} \Big|_{\partial\Omega_4} = 0, \quad (4)$$

де $\kappa = \kappa(x, y)$ – коефіцієнт фільтрації, $\mathbf{n}$ – зовнішня нормаль до відповідних ділянок межі, H' – діючий напір, Q – повни витрати рідини, які є заздалегідь невідомими і визначаються інтегральним співвідношенням

$$\int_{\partial\Omega_3} \frac{1}{\kappa} \frac{\partial\psi}{\partial \mathbf{n}} ds = -H'. \quad (5)$$

Розглянемо допоміжну задачу

$$-\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{\kappa} \frac{\partial u}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{\kappa} \frac{\partial u}{\partial y} \right) = 0 \text{ у } \Omega, \quad (6)$$

$$u|_{\partial\Omega_1} = 0, \quad u|_{\partial\Omega_3} = 1, \quad (7)$$

$$\frac{\partial u}{\partial \mathbf{n}} \Big|_{\partial\Omega_2} = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial \mathbf{n}} \Big|_{\partial\Omega_4} = 0. \quad (8)$$

Зрозуміло, якщо u^* – розв'язок задачі (6) – (8), то функція $\psi^* = Q^* u^*$, де відповідно до (5)

$$Q^* = -H' \cdot \left(\int_{\partial\Omega_3} \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{\partial u^*}{\partial \mathbf{n}} ds \right)^{-1},$$

є розв'язком вихідної задачі (2) – (4).

Нехай функції $\omega(x, y)$, $\omega_i(x, y)$, $i = 1, 2, 3, 4$, побудовані користуючись конструктивним апаратом теорії R-функцій [3] є такими, що:

$$\begin{aligned} \omega(x, y) &= 0 \text{ на } \partial\Omega; \quad \omega(x, y) > 0 \text{ у } \Omega; \quad \frac{\partial\omega}{\partial \mathbf{n}} \Big|_{\partial\Omega} = -1, \\ \omega_i(x, y) &= 0 \text{ на } \partial\Omega_i; \quad \omega(x, y) > 0 \text{ у } \Omega \cup (\partial\Omega \setminus \partial\Omega_i); \end{aligned}$$

$$\left. \frac{\partial \omega_i}{\partial \mathbf{n}} \right|_{\partial \Omega_i} = -1, \quad i=1, 2, 3, 4.$$

У [1, 4] було доведено, що жмуток функцій

$$u = f - \frac{\omega_{1-3}\omega_{2-4}}{\omega_{1-3} + \omega_{2-4}} D_1^{(2-4)} f + \omega_{1-3} \Phi - \frac{\omega_{1-3}\omega_{2-4}}{\omega_{1-3} + \omega_{2-4}} D_1^{(2-4)} (\omega_{1-3} \Phi), \quad (9)$$

де $\Phi = \Phi(x, y)$ – невизначена компонента, а

$$\begin{aligned} f(x, y) &= \frac{\omega_1(x, y)}{\omega_1(x, y) + \omega_3(x, y)}, \\ D_1^{(2-4)} g &= \frac{\partial \omega_{2-4}}{\partial x} \frac{\partial g}{\partial x} + \frac{\partial \omega_{2-4}}{\partial y} \frac{\partial g}{\partial y}, \\ \omega_{2-4}(x, y) &= \omega_2(x, y) \wedge_{\alpha} \omega_4(x, y), \\ \omega_{1-3}(x, y) &= \omega_1(x, y) \wedge_{\alpha} \omega_3(x, y), \end{aligned}$$

є структурою розв’язку крайової задачі (6) – (8), тобто при будь-якому виборі невизначеної компоненти Φ функція вигляду (9) точно задовольняє крайові умови (7), (8).

Для апроксимації невизначеної компоненти Φ структури скористаємося методом Рітца. Обчислювальний експеримент було проведено для тестових значень параметрів і для задачі, точний розв’язок якої був відомим. Зокрема, для обчислювального експерименту було обрано такі коефіцієнти фільтрації:

$$\kappa_0 = 0,391, \quad \kappa_1 = 1,593e^{2y}, \quad \kappa_2 = 0,811ch^{-2}y.$$

При цьому у ґрунтах з коефіцієнтами фільтрації, які зменшуються з глибиною, напір більше на понур і менше на підшву флутбету, ніж в однорідному ґрунті. При цьому, чим швидше зменшується коефіцієнт фільтрації з глибиною, тим більший перерозподіл тиску відбувається між понурою та підшовою флутбету.

Список використаних джерел:

1. Подгорний О.Р. Математичні моделі фільтраційних течій та застосування методу R -функцій для їх чисельного аналізу. *Радіоелектроніка та інформатика*. 2018. № 1. С. 40 – 47.
2. Полубаринова-Кочина П. Я. Теория движения грунтовых вод. Москва : Наука, 1977. 664 с.
3. Рвачев В.Л. Теория R -функций и некоторые её приложения. Киев : Наукова думка, 1982. 552 с.
4. Сидоров М. В., Стороженко А. В. Математическое компьютерное моделирование некоторых фильтрационных течений. *Радиоэлектроника и информатика*. 2004. № 4. С. 58 – 61.

ШИФРУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ФРАКТАЛЬНИХ СТРУКТУР

Полуляхова Д.І.

Науковий керівник – д-р техн. наук, проф. Кіріченко Л.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,

м. Харків, Україна

e-mail: daria.poluliakhova@nure.ua

This study presents a data encryption system using fractal structures. It is based on diffusion and entanglement processes in which the image information is hidden in the complex details of fractal images. In this paper, a cryptosystem is proposed in which encryption keys are generated based on Mandelbrot factorial and Julian set. The secret keys are based on images of the proposed factorials constructed in Python language using various mathematical libraries. The results obtained show the proposed encryption method as efficient, simple and secure.

Криптографія – це наука про захист інформації від несанкціонованого доступу та від використанням шляхом шифрування даних. У сучасному світі, де технології швидко розвиваються, а кількість інформації для передачі та зберігання постійно зростає. Важливість криптографії набуває особливого значення в забезпеченні конфіденційності, цілісності та доступності цих даних.

Актуальність криптографії в сучасному світі підкреслюється високим ризиком кіберзлочинності, крадіжкою особистої інформації та шпигунством. Організації та індивіди повинні вдосконалювати свої методи шифрування, щоб протистояти постійно зростаючим технічним викликам. Криптографія стає фундаментальним елементом безпеки в цифровій епохі, забезпечує надійний захист для зберігання та обміну інформацією у віртуальному просторі.

У контексті криптографії, розширення методів шифрування включає в себе застосування фракталів, що представляє собою розділ математики, де вивчаються форми, які виявляють схожість на різних масштабах. Фрактали в криптографії можуть використовуватися для створення комплексних та непередбачуваних структур шифрування, збільшуючи тим самим стійкість інформації до аналізу атакуючих [1, 2].

Фрактали, в математичному розумінні, – це геометричні структури, які виявляють самоподібність на різних рівнях масштабу [3]. Їх властивості дозволяють створювати велику кількість унікальних форм, які залишаються нерозкритими від звичайного спостереження. Графічні фрактали представляють собою візуально привабливі, непередбачувані та складні структури, що забезпечують не тільки безпеку, але й велику ефективність в процесі шифрування та дешифрування.

У роботі було розглянуто фрактальні множини Мандельброта та Жуліа.

Бенуа Мандельброт у 1979 році натрапив на складну структуру, яка зараз називається множиною (фракталом) Мандельброта [4]. Множина Мандельброта обчислюється за допомогою набору точок на комплексній площині і відображається за допомогою функції, наведеної нижче:

$$z_{k+1} = z_k^2 + c, k = 0, 1, 2, \dots, z_0 = c. \quad (1)$$

Зображення множини Мандельброта при 100 ітераціях наведено на рис. 1.

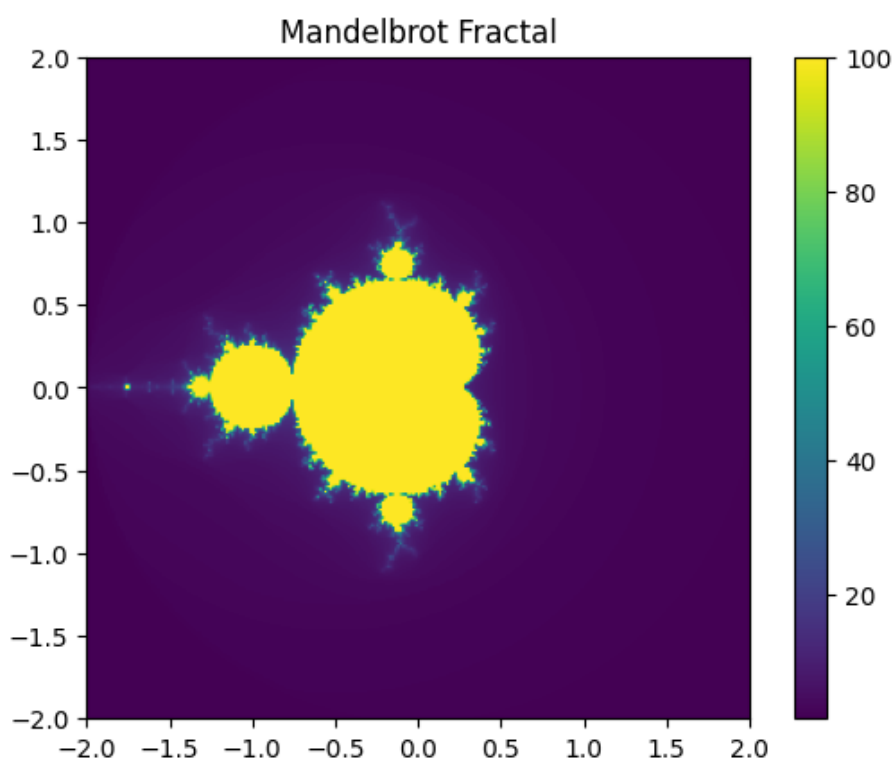


Рисунок 1 – Фрактал Мандельброта при 100 ітераціях

Множина Жуліа визначається через ітераційну функцію у комплексній площині [4]. Зазвичай ця функція має вигляд:

$$f(z) = z^2 + c, \quad (2)$$

де c є комплексним числом, значення якого залишається статичним. Зображення множини Жуліа наведено на рис. 2.

У роботі описується схема шифрування даних за допомогою згенерованих зображень фракталів, які генеруються за формулами (1) та (2). Отримані зображення переводяться у двовимірні масиви. Проводиться попередня обробка зображень для шифрування, а саме: поділ на 3 кольорових канали RGB та запис отриманих даних в окремі масиви. Шифрування виконується операцією XOR між шифрувальним набором та зображенням.

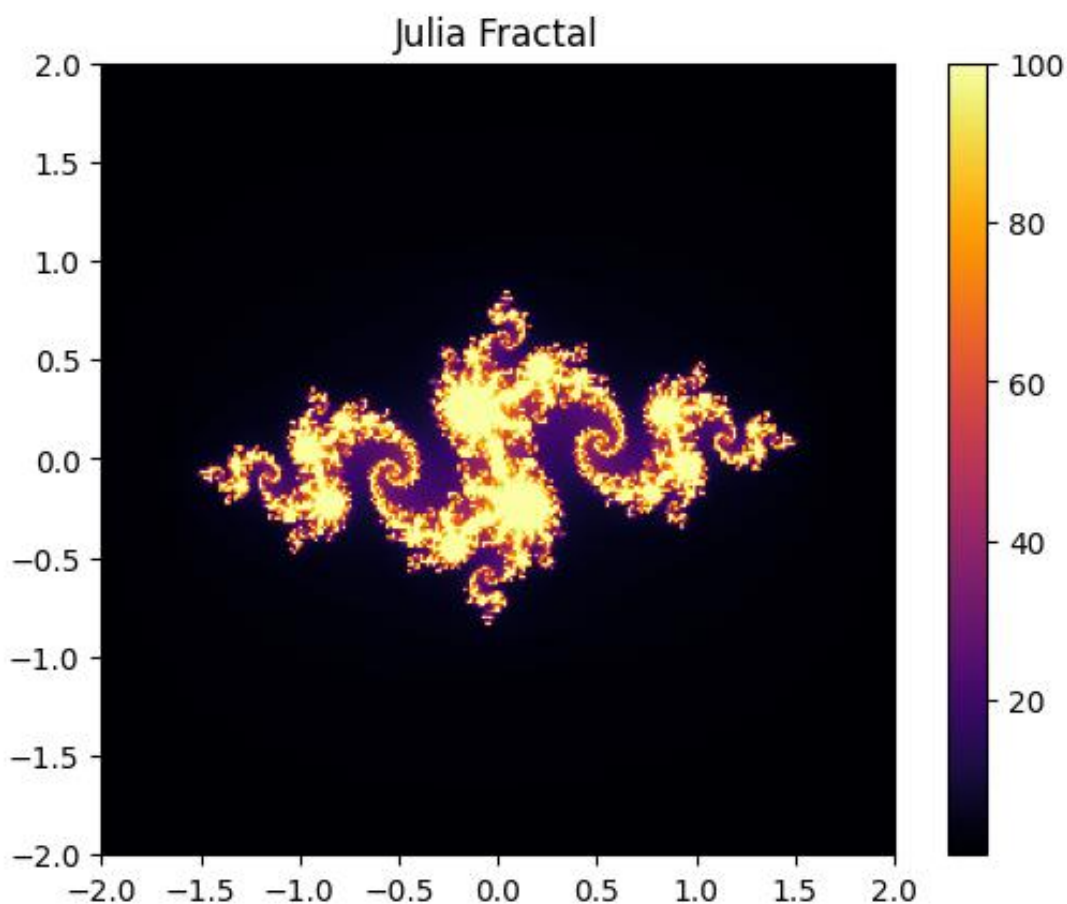


Рисунок 2 – Множина Жуліа

Список використаних джерел:

1. Agarwal S. Image encryption techniques using fractal function : a review. International journal of computer science and information technology. 2017. Т. 9, № 2. С. 53–68. URL: <https://doi.org/10.5121/ijcsit.2017.9205> (дата звернення: 03.03.2024).
2. Radivilova, T., Kirichenko, L., Alghawli, A. S., Kulbachnyi, V., Bondarenko, O. Statistical and 2 Signature Analysis Methods of Intrusion Detection Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologie, 2022, 115, Springer, Cham., pp. 115–131.
3. Malina R. F., Pickover C. A. Computers, pattern, chaos and beauty: graphics from an unseen world. Leonardo. 1991. Т. 24, No. 1. С. 93. URL: <https://doi.org/10.2307/1575492> (дата звернення: 03.03.2024).
4. Doyle J. F. An introduction to fractals and chaos. Teaching mathematics and its applications. 1992. Т. 11, № 4. С. 166–174. URL: <https://doi.org/10.1093/teamat/11.4.166> (дата звернення: 03.03.2024).

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТОМОГРАФІЧНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГЕБРАЇЧНИХ МЕТОДІВ

Проценко А.В., Сердюков А.А.

Науковий керівник – канд. фіз.-мат. наук, доц. Литвин О.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна

e-mail: artem.protsenko2@nure.ua, andrii.serdiukov@nure.ua

The work is dedicated to the development of algorithms for reconstructing functions from known projection data received from a computer tomograph. Algebraic methods were used for function reconstruction. The methods are based on the Radon transform and are reduced to solving a system of algebraic equations, which is overdetermined. Regularization methods and iterative methods were used to solve it. Piecewise-linear functions were chosen as coordinate functions, as well as functions built on the basis of interpolation operators. Numerical implementation of the methods was carried out. Test problems were considered. Satisfactory results were obtained.

Теоретичні відомості про перетворення Радона наведено в роботах [1, 2]. У роботі [2] наведено алгебраїчні методи відновлення функцій.

Грунтуємось на тому, що відомі проєкційні дані γ_k вздовж прямих L_k :

$$\int_{L_k} f(x, y) dl = \gamma_k, k = \overline{1, N}. \quad (1)$$

Треба відновити функцію $f(x, y)$ за відомими значеннями γ_k та прямими лініями L_k . $L_k: x \cos \varphi_k + y \sin \varphi_k - s_l = 0$.

Доведено [2], що співвідношення (1) зводиться до вигляду:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(s_l \cos \varphi_k - t \sin \varphi, s_l \sin \varphi_k + t \cos \varphi_k) dt = \gamma_{k,l}.$$

Тут враховано, що пряма сканування залежить від двох параметрів. Межі інтегрування уточнюються в залежності від області, якій належить відтворюваний об'єкт.

Відтворення функцій алгебраїчними методами відбувається за такою схемою:

1. Дискретизація області.
2. Формування наближеного розв'язку, який подається у вигляді лінійної комбінації координатних функцій, коефіцієнти при яких невідомі і є значеннями відновлюваної функції у відповідних точках.
3. Формування системи лінійних алгебраїчних рівнянь для визначення вказаних у пункті 2 невідомих коефіцієнтів.
4. Розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівнянь.
5. Запис наближеного розв'язку в аналітичному вигляді та оцінка похибки наближення.

Наведена схема реалізована в двох варіантах, різниця між якими полягала у використанні різних типів координатних функцій, що веде до зміни вигляду системи лінійних алгебраїчних рівнянь, а також у методах розв'язання цих систем.

Наводимо ці варіанти.

Варіант перший.

Наближений розв'язок з використанням кусково-лінійних функцій:

$$f(x, y) = \sum_{i=1}^{n+1} \sum_{j=1}^{n+1} c_{ij} h_i(x) H_j(y).$$

Тут $h_i(x)$, $H_j(y)$ кусково-лінійні функції.

Система лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\sum_{i=1}^{n+1} \sum_{j=1}^{n+1} c_{ij} \int_{-\infty}^{\infty} h_i(s_l \cos \varphi_k - t \sin \varphi_k) H_j(s_l \sin \varphi_k + t \cos \varphi_k) dt = \gamma_{k,l}, k = \overline{1, N}, l = \overline{1, M}.$$

Невідомі в системі c_{ij} ($i, j = \overline{1, n+1}$).

Для розв'язання системи використовувався метод регуляризації [2].

Для системи $AX = B$, маємо:

$$(A^T A + \alpha E) X = A^T B.$$

Система має параметр регуляризації α і є квадратною (сумісною). Її розв'язок:

$$X = (A^T A + \alpha E)^{-1} A^T B.$$

Параметр регуляризації α вибирався автоматично при мінімізації однієї з похибок $\delta(x, y, \alpha)$ методом «Золотого перерізу».

Варіант другий.

Наближений розв'язок, отриманий на основі операторів інтерлінації [3,4]:

$$f(x, y) = \sum_{i=1}^n \sum_{\mu=1}^{n^2} a_{i\mu} h_i(x) H_{\mu}^*(y) + \sum_{v=1}^{n^2} \sum_{j=1}^n b_{vj} h_v^*(x) H_j(y) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} h_i(x) H_j(y).$$

Тут $h_i(x)$, $H_{\mu}^*(y)$, $h_v^*(x)$, $H_j(y)$ кусково-сталі функції.

Система лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n \sum_{\mu=1}^{n^2} a_{i\mu} \int_{a_k}^{b_k} h_i(S_L \cos \varphi_k - t \sin \varphi_k) H_{\mu}^*(S_L \sin \varphi_k - t \cos \varphi_k) dt + \\ & + \sum_{v=1}^{n^2} \sum_{j=1}^n b_{vj} \int_{a_k}^{b_k} h_v^*(S_L \cos \varphi_k - t \sin \varphi_k) H_j(S_L \sin \varphi_k - t \cos \varphi_k) dt - \\ & - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \int_{a_k}^{b_k} h_i(S_L \cos \varphi_k - t \sin \varphi_k) H_j(S_L \sin \varphi_k - t \cos \varphi_k) dt = \gamma_{k,l}. \end{aligned}$$

Тут невідомі в системі $a_{i\mu}$, b_{vj} , c_{ij} ; число напрямків $k = \overline{1, N}$, число перетинів на напрямках $l = \overline{1, M}$, кількість рівнянь в системі $M \cdot N$.

Для розв'язання системи використовувався ітераційний метод ART – Algebraic Reconstruction Techniques [2]:

$$\vec{x}^{(k+1)} = \vec{x}^{(k)} + \tau_k \frac{y_i - \vec{a}_i^T \vec{x}^{(k)}}{\vec{a}_i^T \vec{a}_i} \vec{a}_i,$$

де $\vec{a}_i^T = [(a_i)_1, (a_i)_2, \dots, (a_i)_n]$ – i -ий рядок матриці $\hat{A}$, записаної у вигляді вектора (стовпця) $(a_i)_j \equiv a_{ij}$, а τ_k – релаксаційний множник, $0 < \tau_k < 2$.

Досліджувалась збіжність методу при різних значеннях параметрів регуляризації та релаксації. Змінювались також кількість перерізів, координатні функції та дискретизація області. Підраховувались похибки.

В якості прикладу розглянемо відновлення функції з носієм у K еліпсах, при $K = 3$:

$$f(x, y) = \sum_{i=0}^{K-1} \begin{cases} - \left[\frac{(x - a_i)^2}{\sigma_1^2} + \frac{(y - b_i)^2}{\sigma_2^2} - 1 \right], & \text{якщо } \frac{(x - a_i)^2}{\sigma_1^2} + \frac{(y - b_i)^2}{\sigma_2^2} \leq 1, \\ 0, & \text{у протилежному разі.} \end{cases}$$

Результати обчислень наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняння результатів

n	n^2	NN	MM	$NN \cdot MM$	Похибки				α_{opt}	Час (хв.)
					δ_1	δ_2	δ_3	δ_4		
25	625	26	26	676	0.081	0.007	0.009	0.085	0.007	2.1
30	900	31	31	961	0.077	0.006	0.007	0.077	0.009	3.8

Аналіз результатів показує, що при збільшенні в системі кількості невідомих n^2 та кількості рівнянь $NN \cdot MM$ похибки зменшуються.

Список використаних джерел:

1. Radon J. Über die Bestimmung von Functionen durch ihre Integralwerte Längs gewisser Mannigfaltigkeiten. Ber. Verh. Sächs. Acad. Wiss. Leipzig Math. Nat. Kl. 1917. Vol. 69. P. 262–277
2. Natterer F. The Mathematics of Computerized Tomography. Society for Industrial and Applied Mathematics. – 2001. – 222 p.
3. Литвин О.М. Інтерлінація функцій та деякі її застосування. – Харків: Основа, 2002. – 544 с.
4. Lytvyn O.M., Lytvyn O.G. Analysis of the results of a computational experiment to restore the discontinuous functions of two variables using projections. I, Cybernetics and Systems Analysis, vol. 57, №5, Kyiv, 2021. P. 98-107.

**ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ДВОБІЧНИХ НАБЛИЖЕНЬ
ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ НЕЛІНІЙНОЇ КРАЙОВОЇ ЗАДАЧ РІВНЯННЯ
З БІГАРМОНІЧНИМ ОПЕРАТОРОМ**

Савченко А.В.

Науковий керівник – д-р фіз.-мат. наук, проф. Сидоров М.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: anton.savchenko@nure.ua

The aim is to apply the two-sided approximation method to solve the Dirichlet problem for a nonlinear equation with a biharmonic operator. The considered mathematical model appears during the process studying of deflection of a plate fixed at the boundary. In particular, this problem has found a wide applications in microelectromechanical systems. Thus, the current task is to develop numerical methods to solve it. In this study, we suggest to apply the two-sided approximation method based on the Green's function using.

Розглянемо основну крайову задачу (задачу Діріхле) для нелінійного еліптичного рівняння з бігармонічним оператором:

$$\Delta^2 u = f(\mathbf{x}, u), \quad \mathbf{x} = (x_1, x_2) \in \Omega, \quad (1)$$

$$u|_{\partial\Omega} = \frac{\partial u}{\partial \mathbf{n}}|_{\partial\Omega} = 0, \quad (2)$$

де $\Delta^2 u = \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 u}{\partial y^4}$ – бігармонічний оператор, Ω – круг одиничного радіуса з центром у початку координат, $\mathbf{n}$ – зовнішня до межі $\partial\Omega$ нормаль.

Задача (1), (2) виникає, наприклад, при дослідженні мікроелектромеханічних систем та описує процес прогину круглої пластини закріпленої на межі під дією електростатичної сили та гідростатичного тиску. В такому випадку функція $f(\mathbf{x}, u)$ має вигляд [1]

$$f(\mathbf{x}, u) = \frac{\lambda}{(1-u)^2} + \mu, \quad (3)$$

де $\lambda = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon V^2 R^4}{2 D d^3}$, $\mu = \frac{P R^4}{D d}$, ε_0 – електрична стала, $D = \frac{E h^3}{12(1-\nu^2)}$ – жорсткість на прогин, E – модуль пружності Юнга, ν – коефіцієнт Пуассона, ε_0 – електрична стала, ε – діелектрична проникність середовища, V – прикладена напруга між пластинами, P – рівномірний гідростатичний тиск, d – відстань між пластинами, R – радіус пластини, h – товщина пластини.

До розв'язання задачі (1), (2) застосуємо метод двобічних наближень на основі використання функції Гріна, який полягає у заміні крайової задачі еквівалентним інтегральним рівнянням Гаммерштейна та знаходженні його чисельного розв'язку методами нелінійного аналізу у напівупорядкованих банахових просторах.

Оскільки $\Omega = \{\mathbf{x} = (x_1, x_2) : x_1^2 + x_2^2 < 1\}$, то функція Гріна крайової задачі (1), (2) має вигляд [2]

$$G(\mathbf{x}, \mathbf{s}) = \frac{1}{8\pi} |\mathbf{x} - \mathbf{s}|^2 \int_1^{\frac{|\mathbf{x} - \mathbf{s}|}{|\mathbf{x}|}} \frac{v^2 - 1}{v} dv, \quad (4)$$

де $|\mathbf{a}| = \sqrt{a_1^2 + a_2^2}$. Відомо [2], що $G(\mathbf{x}, \mathbf{s}) \geq 0$, якщо $\mathbf{x}, \mathbf{s} \in \bar{\Omega}$, $\mathbf{x} \neq \mathbf{s}$.

Тоді крайова задача (1), (2) буде еквівалентною інтегральному рівнянню Гаммерштейна

$$u(\mathbf{x}) = \int_{\Omega} G(\mathbf{x}, \mathbf{s}) f(\mathbf{s}, u(\mathbf{s})) d\mathbf{s}. \quad (5)$$

Рівняння (5) розглядатимемо у банаховому просторі $C(\bar{\Omega})$ функцій, неперервних у $\bar{\Omega}$. У просторі $C(\bar{\Omega})$ виділимо конус $\mathcal{K}_+ = \{u \in C(\bar{\Omega}) : u(\mathbf{x}) \geq 0, \mathbf{x} \in \bar{\Omega}\}$ невід'ємних функцій [3].

Функція $f(\mathbf{x}, u)$ вигляду (3) є неперервною і додатною при $\mathbf{x} \in \bar{\Omega}$, $0 < u < 1$ і монотонно зростає за u , а отже, інтегральний оператор (5) буде ізотонним. Оскільки $f(0) = \lambda + \mu > 0$, то шукатимемо інваріантний конусний відрізок у вигляді $\langle v_0, w_0 \rangle = \langle 0, \beta \rangle$, де $0 < \beta < 1$. За β слід обрати найменший корінь рівняння

$$\lambda M = (1 - \beta)^2 (\beta - \mu M), \quad (6)$$

де $M = \max_{\mathbf{x} \in \bar{\Omega}} \int_{\Omega} G(\mathbf{x}, \mathbf{s}) d\mathbf{s}$.

Сформулюємо далі ітераційний процес за схемою:

$$v^{(k+1)}(\mathbf{x}) = \int_{\Omega} G(\mathbf{x}, \mathbf{s}) \left[\frac{\lambda}{(1 - v^{(k)}(\mathbf{s}))^2} + \mu \right] d\mathbf{s}, \quad k = 1, 2, \dots, \quad (7)$$

$$w^{(k+1)}(\mathbf{x}) = \int_{\Omega} G(\mathbf{x}, \mathbf{s}) \left[\frac{\lambda}{(1 - w^{(k)}(\mathbf{s}))^2} + \mu \right] d\mathbf{s}, \quad k = 1, 2, \dots, \quad (8)$$

$$v^0(\mathbf{x}) = v_0(\mathbf{x}) = 0, \quad w^0(\mathbf{x}) = w_0(\mathbf{x}) = \beta. \quad (9)$$

Теорема 1. Якщо рівняння (6) має розв'язок $\beta \in (0; 1)$ і $\frac{2\lambda M}{(1 - \beta)^3} < 1$, то

крайова задача (1) – (2) має єдиний додатний розв'язок $u^*(\mathbf{x})$, до якого двобічно збігається ітераційний процес (7) – (9).

Обчислювальний експеримент проведено для наступних значень параметрів:

$$h = 20 \text{ мкм}, d = 1 \text{ мкм}, R = 250 \text{ мкм}, E = 169 \text{ ГПа}, \nu = 0,3,$$

$$\varepsilon_0 = 8,8541878 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}, \varepsilon = 1,005, P = 200 \text{ кПа}, V = 200 \text{ В}. \quad (10)$$

Знаходимо, що $\lambda = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon V^2 R^4}{2 D d^3} = 5,61501$. Для функції Гріна (4) маємо, що $M = 0,0156249$. Інваріантний конусний відрізок шукаємо у вигляді $\langle 0, \beta \rangle$, де β – визначається з рівності (6). Обчисливши отримуємо, що $\beta = 0,257909$. Тоді $\frac{2\lambda M}{(1-\beta)^3} = 0,4294... < 1$, а отже, виконана умова збіжності ітераційного процесу відповідно до теореми 1.

Задаємо точність $\delta = 10^{-4}$ та проводимо ітераційний процес (7) – (9). Процес зійшовся із заданою точністю за п'ять ітерацій.

Задача (1) – (2) з зазначеними у (10) параметрами була чисельно розв'язана у [4, 5]. У [4] авторами було отримано максимальне відхилення пластини, що дорівнює 0,225 мкм. Авторами у [5] було отримано значення максимального відхилення пластини – 0,22639 мкм. При застосуванні методу двобічних наближень нами отримано, що максимальне відхилення пластини становить 0,21829 мкм. Бачимо, що отримане за допомогою методу двобічних наближень значення максимального відхилення пластини менше ніж отримані в [4, 5], але цілком узгоджується з ними. При застосуванні методу двобічних наближень було отримано значення похибки наближеного розв'язку, яке дорівнює $0,44 \cdot 10^{-4}$, а тому з такою точністю можемо стверджувати, що максимальне відхилення пластини дорівнює 0,21829 мкм.

Список використаних джерел:

1. Koochi A., Abadyan M. Nonlinear differential equations in micro/nano mechanics : Application in micro/nanostructures and electromechanical systems. Amsterdam : Elsevier, 2020. 270 p.
2. Boggio T. Sulle funzioni di Green d'ordine m. *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*. 1905. № 20. P. 97–135.
3. Krasnoselskii M. A. Positive solutions of operator equations. Groningen : P. Noordhoff, 1964. 379 p.
4. Ahmad B., Pratap R. Elasto-electrostatic analysis of circular microplates used in capacitive micromachined ultrasonic transducers. *IEEE Sensors Journal*. 2010. № 10 (11). P. 1767–1773.
5. Mechanical behavior of a circular micro plate subjected to uniform hydrostatic and non-uniform electrostatic pressure / A. Nabian, G. Rezazadeh, M. Haddad-derafshi, A. Tahmasebi. *Microsystem Technologies*. 2008. № 14. P. 235–240.

ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ З АКТИВНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

Сафоненко В.В.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Козиренко С.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: vitalii.safonenko@nure.ua

The problem of hydraulic calculation of water supply networks with active elements consists in solving the system of equations of the steady-state flow-distribution model when flow and pressure measurements are given at the network inlets and outlets. The model of steady-state flow distribution for passive and active sections of the water supply network is given. A mathematical model of steady-state flow distribution for a water supply network of complex structure is formulated. The formulation of the problem of hydraulic calculation is given for the case when pressure values are set at all inputs and outputs of the network.

Задача гідравлічного розрахунку водопровідних мереж (ВМ) полягає в розв'язанні рівнянь моделі сталого поточкорозподілу (СПР) при завданні граничних умов.

Розглядається ВМ, структура якої задається у вигляді графа $G(V, E)$, який містить $e = \text{Card}(E)$ дуг і $v = \text{Card}(V)$ вершин. Множину E дуг графа мережі можна записати як $E = M \cup L \cup N$, де M – множина дуг графа мережі, що відповідають реальним ділянкам, причому $M = M_p \cup M_a$, де M_p , M_a – множини дуг графа мережі, що відповідають пасивним ділянкам та активним елементам; L , N – множини фіктивних дуг, що відповідають входам і виходам мережі.

Модель СПР для пасивних ділянок та активних елементів мережі така:

$$P_{iH} - P_{iK} - c_i q_i |q_i| = 0, i \in M_p, \quad (1)$$

$$h_i(q_i) = P_{iH} - P_{iK} = \psi_{0i} + \psi_{1i} q_i + \psi_{2i} q_i^2, i \in M_a, \quad (2)$$

де P_{iH} , P_{iK} – тиск на початку і кінці i -ої ділянки мережі; q_i – витрата по i -ої ділянці мережі; c_i – гідравлічний опір i -ої ділянки мережі ($c_i > 0$); ψ_{0i} , ψ_{1i} , ψ_{2i} – коефіцієнти апроксимації характеристик насосних агрегатів.

Виберемо дерево графа мережі, тоді $E = E_1 \cup E_2$, де E_1, E_2 – множини дуг, відповідних гілкам дерева і хордам. Слід зазначити, що нульова вершина є початковою для дуг, відповідних входам мережі, і кінцевою для дуг, відповідних виходам мережі. В цьому випадку система рівнянь математичної моделі СПР запишеться в такому вигляді [1]:

$$f_r = h_r + \sum_{i \in E_1} b_{1ri} h_i = 0, r \in E_2, \quad (3)$$

$$q_i = \sum_{r \in E_2} b_{1ri} q_r, i \in E_1, \quad (4)$$

де

$$h_i(q_i) = c_i q_i |q_i|, i \in M_p; \quad (5)$$

$$h_i(q_i) = \psi_{0i} + \psi_{1i} q_i + \psi_{2i} q_i^2, i \in M_a; \quad (6)$$

$$h_j = -P_j, j \in L; \quad (7)$$

$$h_j = P_j, j \in N, \quad (8)$$

P_j – тиск на початку ($j \in N$) або кінці ($j \in L$) j – ой фіктивної дуги; b_{1ri} – елемент цикломатичної матриці В1.

Розв’язання системи рівнянь (3), (4) з урахуванням виразів (5)–(8) дозволяє обчислити значення витрат по всіх дугах графа мережі і тиску на всіх входах і виходах мережі при відповідному завданні граничних умов.

Перетворимо систему рівнянь (3) шляхом підстановки виразів (4)–(8) в (3). В результаті отримаємо таку систему рівнянь:

$$\phi_r(q_r, r \in E_2; P_j, j \in L \cup N) = 0, r \in E_2. \quad (9)$$

Визначення значень тиску в проміжних вузлах здійснюється після розв’язання системи рівнянь (3), (4) методом підстановки відповідно до виразів (1), (2).

Конкретизуємо рівняння моделі СПР (3)–(8), використовуючи залежності (1), (2) для пасивних і активних елементів.

Нехай дерево графа не містить фіктивних дуг, відповідних виходам мережі. Кожна з множини M, N, L розіб’ється на дві, відповідних гілкам дерева $M_1 = M_{p1} \cup M_{a1}$ і L_1, N_1 , а також хордам $M_2 = M_{p2} \cup M_{a2}, L_2, N_2$, причому $N_1 = 0$.

Якщо на всіх входах і виходах мережі задані значення тиску, задача гідравлічного розрахунку ВМ зводиться до розв’язання системи нелінійних рівнянь:

$$f_r(q_r, r \in M_{p2} \cup M_{a2} \cup L_{22} \cup N_{22}) = 0, r \in M_{p2} \cup M_{a2} \cup L_{22} \cup N_{22}. \quad (10)$$

Значення витрат $q_i, i \in M_{p1} \cup M_{a1} \cup L_{12}$ обчислюються з використанням рівняння зв’язку (4).

Список використаних джерел:

1. Козиренко С. І., Ільницький В.Б. Ідентифікація стану моделі сталого потекорозподілу у інженерних мережах // Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід: матеріали V міжнародної конференції, 29 листопада 2022 р. Дніпро, 2022. С. 169–172.

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ 3D СЦЕНИ З 2D ЗОБРАЖЕНЬ

Сизченко М.Д.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Єсілевський В.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна

e-mail: mykyta.syzchenko@nure.ua

This article explores the development and implementation of mathematical models and deep learning methods for reconstructing a 3D scene from 2D images. In this area of research, the use of neural networks for reconstructing 3D scenes based on 2D images is actively developing. This approach is used in various fields, including robotics, virtual reality, and the creation of 3D models of objects. Neural networks are trained on large data sets containing pairs of 2D images and corresponding 3D scenes. During training, the network captures the complex relationships between image pixels and the depth of objects in the scene. The purpose of using this system is to create a 3D model of a real scene using only 2D images taken from different angles.

У сучасному світі, де технології продовжують дивувати нас своїми можливостями, використання нейронних мереж виходить на передній план у найрізноманітніших галузях. Одним із захоплюючих напрямів досліджень стає використання нейронних мереж для реконструкції тривимірних сцен за двовимірними зображеннями [1]. Це завдання є інноваційний крок у галузі комп'ютерного зору та графіки, дозволяючи поглянути на звичайні зображення з новою перспективою.

Мета використання нейронної мережі полягає у створенні 3D моделі реальної сцени, використовуючи лише 2D зображення, зняті з різних ракурсів. Це дозволяє отримати більш точну та детальну 3D модель, автоматизувати процес 3D реконструкції, зробити 3D реконструкцію доступною для всіх, розв'язати завдання у різних галузях (робототехніка, віртуальна реальність, 3D моделювання і тощо).

Реалізація цієї задачі передбачає використання спеціальної структури для представлення та візуалізації 3D-об'єкта за допомогою гауссового нанесення, яка забезпечує високу якість візуалізації лише з 4 вхідними зображеннями. Спочатку ми представляємо методи візуальної оболонки та усунення плаваючого елемента, які явно впроваджують попередні структури в початковий процес оптимізації для сприяння створенню узгодженості з кількома видами, що дає грубе тривимірне представлення Гауса. Потім ми будуємо гауссову модель відновлення на основі дифузійних моделей, щоб доповнити пропущену інформацію про об'єкт, де гауссівці додатково уточнюються [2]. Ми розробляємо самогенерувальну стратегію для отримання пар зображень для навчання моделі ремонту. Наш

GaussianObject оцінюється на кількох складних наборах даних, включаючи MipNeRF360, OmniObject3D і OpenIllumination, досягаючи значних результатів реконструкції лише з 4 переглядів і значно перевершуючи попередні найсучасніші методи.

Завдання вимагає комплексного підходу, що поєднує в собі теоретичні знання та практичні навички у галузі математики, статистики, машинного навчання, а також глибоке розуміння специфіки тривимірного моделювання. Результатом стане не лише реконструкція тривимірних моделей, але й їх точність, універсальність та застосовність у різних галузях [3].

У ході дослідження були зроблені висновки, що наша нейронна мережа демонструє видатні результати у реконструкції 3D-об'єктів з використанням розріджених 360-градусних зображень та є інноваційною структурою, призначеною для високоякісної реконструкції 3D-об'єктів з вкрай розріджених 360-градусних зображень, засновану на методі 3DGS з можливістю рендерингу в реальному часі. Ця нейронна мережа дозволить просунутися у додатках для реконструкції 3D-об'єктів у повсякденному житті, значно скоротивши вимоги до зйомки та розширивши перспективи використання. Можна сказати, що використання нейронних мереж для реконструкції 3D сцен з 2D зображень – це важливий етап у розвитку комп'ютерного зору та графіки [4]. Це відкриває двері до створення більш реалістичних віртуальних світів та дає нові можливості у різних галузях, починаючи від розваг та закінчуючи науковими дослідженнями. Всупереч викликам, що стоять перед цією технологією, її потенціал неймовірно великий, і вона продовжить привертати увагу дослідників та розробників у найближчі роки.

Список використаних джерел:

1. Jonathan T. Barron, Ben Mildenhall, Dor Verbin, Pratul P. Srinivasan, and Peter Hedman. 2021. Mip-NeRF 360: Unbounded Anti-Aliased Neural Radiance Fields. 2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (2021), 5460–5469. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:244488448>.

2. Shariq Farooq Bhat, Reiner Birkel, Diana Wofk, Peter Wonka, and Matthias Müller. 2023. Zoedepth: Zero-shot transfer by combining relative and metric depth. arXiv preprint arXiv:2302.12288 (2023)

3. Yesilevskiy, V., Tevyashev, A., Koliadin, A. (2020), "A method of air object recognition based on the normalized contour descriptors and a complex-valued neural network", Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 2020, 6, p. 48–57. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.22003

4. Jiazhong Cen, Zanwei Zhou, Jiemin Fang, Chen Yang, Wei Shen, Lingxi Xie, Dongsheng Jiang, Xiaopeng Zhang, and Qi Tian. 2023. Segment Anything in 3D with NeRFs. In NeurIPS.

МАКСИМІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ЕНТРОПІЇ ЯК МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ЛЮДИНО-МАШИННИХ СИСТЕМ

Соляник А.О.

Наукові керівники – канд. техн. наук, доц. Наумейко І.В.¹,

канд. фіз.-мат. наук, проф. Сова Г.В.²,

¹ Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,

² Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ВМ,

м. Харків, Україна

e-mail: anastasiia.solianyk1@nure.ua

The object of development is mathematical model of transitions between "health-and-state" of a human operator in operator-machine system. The object of study is the state probabilities of human efficiency with the system. Methods of research are maximization the information entropy. For calculation the package "Mathematica" is used.

В даний час, за високого рівня автоматизації праці, дуже важливими є завдання оптимізації функціонування людино-машинних систем, дослідженню та аналізу яких присвячено дану роботу. Її новизна та практична цінність полягає в тому, що в ній обґрунтовується та ілюструється порівняно новий та дуже ефективний підхід до моделювання складних систем, а саме, моделювання складних систем на основі їх макро-характеристичних показників. Цей підхід реалізується за допомогою методу максимізації інформаційної ентропії. У процесі роботи, як попередній, застосовано наступний підхід [1].

Перехідні ймовірності, від яких залежать ймовірності станів системи, визначимо за макро-характеристиками об'єкта, які мають характер математичних сподівань:

$$\sum p_i \cdot q_{ii} = M_i, \quad (1)$$

Використовуємо метод максимізації інформаційної ентропії:

$$S_I = -\sum p_i \cdot \ln p_i, \quad (2)$$

широко застосовуваний щодо динаміки як замкнутих, так і нерівноважних систем, і названий Хакеном «другим началом синергетики».

Далі, після отримання попередніх результатів, було визначено структуру подальшої роботи.

Об'єктом дослідження є система "людина-машина-середовище" (ЛМС), що складається з технічної системи, яка в стані «аварія» виділяє шкідливі фактори і людини-оператора, яка цей стан приводить до норми.

Предметом дослідження є математичні моделі функціонування ЛМС.

Мета дослідження – розробка динамічних та стаціонарних моделей ЛМС та обчислення їх параметрів.

Запланований результат – визначення ймовірностей стану системи загалом і підсистеми «людина», та уявлення результатів як розрахункових формул і графіків залежностей.

Методи та засоби – застосування прямого рішення рівняння Колмогорова та імітаційні методи СМО. Для обчислення ймовірностей стану здоров'я використовувався метод максимуму інформаційної ентропії.

Ресурсне забезпечення – дані про структуру та функціонування системи, гігієнічні норми, пакети Mathematica та (або) MathCad як математичне та програмне забезпечення.

Допущення та обмеження – передбачається, що перехід між станами системи керується, у першому наближенні, Пуассонівськими потоками подій; вхідний потік аварійних подій або Ерланговський, або його інтенсивність має задану залежність від часу. Система Марківська. Стан здоров'я оператора не відновлюється у процесі ліквідації аварії.

Розглянемо підсистему "людина", яка може перебувати в одному з трьох можливих станів s_1 = "здоровий і працездатний", s_2 = "хворий, але працездатний", s_3 = "непрацездатний". Відповідно, критерій (2) є функція трьох змінних, і завдання може мати не більше двох обмежень, одне з яких є тривіальним і є завжди: $\sum p_i = 1$. Остання зв'язок може бути отримана для q_{ij} і M , наприклад, статистики для температури тіла: $T(s_1)=36$, $T(s_2)=37.5$, $T(s_3)=39$.

Після нормування обмежень завдання оптимізації має вигляд:

$$\begin{aligned} S_I &= -\sum p_i \cdot \ln p_i \rightarrow \max; \\ \sum p_i &= 1, 0 < p_i < 1; \\ 0.973 \cdot p_1 + 1.013 \cdot p_2 + 1.054 \cdot p_3 &= 1. \end{aligned} \quad (3)$$

Функція S_I випукла вгору по кожній змінній, отже, максимум єдиний.

Даний модельний приклад легко вирішити аналітично методом множників Лагранжа, проте, при більшій кількості станів, буде потрібна програма або математичний пакет, наприклад, Mathematica. Отримано наступний результат для ентропії та перехідних ймовірностей процесу:

$$\{1.01542, \{p_1 \rightarrow 0.511347, p_2 \rightarrow 0.306852, p_3 \rightarrow 0.181802\}\},$$

який не тільки має фізичний сенс, а й підтверджує актуальність і працездатність даної методики.

Список використаних джерел:

1. Наумейко И. В. Марковская модель ликвидации нестационарного потока аварий при ограничениях на работоспособность оператора. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2013. № 3/4 (63). С. 20–23.

ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТУ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ПРО МАКСИМАЛЬНИЙ ПОТІК

Спичак П.О.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Матвієнко О.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail polina.spychak@nure.ua

This work is devoted to optimizing the transport system, maximizing the use of infrastructure and preventing overload of the transport network. The task is to find the maximum amount of transport mass that can be transported from the sender to the recipient via the existing transport network, if the communication capacities are specified by fuzzy values. It is necessary to find such flows through the network arcs that will ensure the maximum resulting flow from source to sink. The maximum flow problem on a transport network can be solved using the Ford-Fulkerson algorithm.

Задача про максимальний потік є класичною задачею теорії графів і має практичне застосування при плануванні мережі, у транспортних системах, мережевих технологіях тощо.

В цій роботі розглядається транспортна система.

Під час планування транспортних перевезень виникає задача ефективного розподілу загальних обсягів перевезення з наданням повного використання пропускної здатності існуючої транспортної мережі. Це відбувається, наприклад, при раптовому збільшенні обсягів перевезень, коли необхідно максимально збільшити транспортну масу від відправника до одержувача. У цьому контексті термін «транспортна маса» включає як рухомий склад (автомобілі, поїзди, вагони), так і вантаж, який перевозиться. Отже, задача полягає в пошуку максимального обсягу транспортної маси, яка може бути перевезена від відправника до одержувача за допомогою існуючої транспортної мережі. Іншими словами, для даної мережі потрібно знайти максимальний потік, який може бути пропущений через неї.

Розглянемо задачу про максимальний потік, але припустимо, що пропускні здатності комунікацій є нечіткими і задаються нечіткими числами. Для формулювання поняття оптимальності скористаємося ідеями Заде і Беллмана [1].

Вихідними даними до задачі про максимальний потік є: транспортна мережа з одним початковим пунктом (джерелом) S та кінцевим пунктом (стоком) t з нечітко заданими значеннями пропускних здатностей для кожної ділянки (дуги) між пунктами мережі i та j , як в одному напрямку, так і у зворотному. Потік транспортної маси пропускається від джерела до сто-

ку, до того ж при пропуску потоку через проміжні пункти мережі його величина є незмінною.

Отже, необхідно знайти такі потоки через сегменти (дуги) мережі, які забезпечать максимальний результуючий потік від джерела до стоку [2].

Сформулюємо математичну постановку задачі про максимальний потік. Нехай транспортна мережа задана графом $G=(P, J)$, де P – множина вершин графа, J – множина дуг між цими вершинами. Кожна дуга (i, j) , характеризується пропускною здатністю як у прямому напрямку – d_{ij} , так і у зворотному – d_{ji} . На графі виділимо такі вершини: S – джерело потоку; t – стік потоку; i, j – проміжні (транзитні) пункти пропуску потоку.

Позначимо через x_{ij} обсяг транспортної маси (потік), що пропускається дугою (i, j) , тоді загальний потік, що виходить з джерела S та входить до стоку t , становить:

$$F = \sum_j^k x_{Sj} = \sum_i^r x_{it},$$

де k та r – кількість вершин, інцидентних відповідно джерелу S та стоку t .

Необхідно знайти такі значення потоків x_{ij} , що пропускаються по кожній з дуг графа, які б забезпечували максимальне значення результуючого потоку, тобто $F \rightarrow \max$ за таких обмежень:

– величина потоку, що пропускається дугою, не може перевищувати її пропускної здатності: $x_{ij} \leq d_{ij}$ та $x_{ji} \leq d_{ji}$;

– величина потоку, що входить у проміжний пункт i від l суміжних вершин, повинна дорівнювати величині потоку, яка виходить з цього пункту до n суміжних вершин:

$$\sum_j^l x_{ji} = \sum_j^n x_{ij}.$$

Задача про максимальний потік на транспортній мережі може бути розв’язана за допомогою алгоритму Форда-Фалкерсона [3].

Такий підхід може бути використаний для оптимізації транспортної системи, максимізації використання інфраструктури та уникнення перевантаження транспортної мережі.

Список використаних джерел:

1. Флегонтов А. В., Вилков В. Б., Черных А. К. Моделирование задач принятия решений при нечетких исходных данных. Лань, 2020. 329 с.

2. Матвієнко О., Закутній С. Нечітка логіка в задачах визначення економічних параметрів виконання проектів. *Innovative technologies and scientific solutions for industries*. 2024. №1 (27). С. 72–84.

3. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход, Москва : Мир, 1978. 430 с.

МЕТОД R-ФУНКЦІЙ В ЗАДАЧАХ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕМІШУВАННЯ

Стаднікова Г.В.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Гибкіна Н.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна

e-mail: hanna.stadnikova@nure.ua

The problem of mixing of a viscous liquid in multiply connected two-dimensional domain was considered. The approximate approach based on the Ritz method and the R-functions method was suggested to solve this problem.

Проблема чисельного аналізу математичних моделей перемішування в'язких рідин часто зустрічаються в хімічній, фармацевтичній, харчовій промисловостях, а також в інших прикладних областях. Крім того, змішування рідин є фундаментальною науковою проблемою, тісно пов'язаною з сучасними концепціями хаотичної та регулярної динаміки. У той же час, більшість методів, що застосовуються в чисельному аналізі математичних моделей таких процесів, не мають властивості універсальності, й їх важко застосовувати для «непримітивних» областей.

Розглянемо в області Ω плоску квазістаціонарну течію в'язкої нестисливої рідини. Нехай область Ω є двозв'язною та її межа $\partial\Omega$ складається з зовнішнього контуру $\partial\Omega_0$ та внутрішнього контуру $\partial\Omega_1$; $\partial\Omega = \partial\Omega_0 \cup \partial\Omega_1$, до того ж $\partial\Omega_0 \cap \partial\Omega_1 = \emptyset$. Вважатимемо, що межа $\partial\Omega$ тверда, а течія в області викликана почережним рухом зовнішньої й внутрішньої меж зі сталими швидкостями.

Розв'язання першої частини задачі перемішування полягає в отриманні поля швидкостей (v_x, v_y) в області течії Ω . Вважатимемо, що розглядувана течія є повзучою та нелінійними доданками у рівняннях Нав'є-Стокса можна знехтувати, тобто можна обмежитись розглядом наближення Стокса. Течію описуватимемо за допомогою функції течії $\psi(x, y, t)$, яку вводять у розгляд співвідношеннями

$$v_x = \frac{\partial\psi}{\partial y}, \quad v_y = -\frac{\partial\psi}{\partial x}.$$

Для функції течії $\psi(x, y, t)$ можна поставити таку крайову задачу:

$$\Delta^2\psi = 0 \text{ у } \Omega, \\ \psi|_{\partial\Omega_0} = 0, \quad \psi|_{\partial\Omega_1} = c(t), \quad \frac{\partial\psi}{\partial\mathbf{n}}\Big|_{\partial\Omega} = \begin{cases} g_0(t) & \text{на } \partial\Omega_0, \\ g_1(t) & \text{на } \partial\Omega_1, \end{cases} \quad (1)$$

де $c(t)$ –деяка невідома наперед функція часу t , $\mathbf{n}$ – зовнішня нормаль до $\partial\Omega$, Δ^2 – бігармонічний оператор.

Функції $g_0(t)$ і $g_1(t)$ задаються, виходячи з заданих швидкостей рідини на $\partial\Omega_0$ та $\partial\Omega_1$ відповідно.

Функцію $c(t)$ можна знайти з умови однозначності тиску, що має вигляд

$$\int_{\partial\Omega_1} \frac{\partial\Delta\psi}{\partial\mathbf{n}} ds = 0, \quad (2)$$

де Δ – оператор Лапласа.

Для розв'язання задачі (1), (2) скористаємось принципом суперпозиції, методами R-функцій та Рітца [1 – 3]. Розв'язок задачі (1), (2) подамо у вигляді

$$\psi(x, y, t) = \psi_0(x, y, t) + c(t) \cdot \psi_1(x, y), \quad (3)$$

де $\psi_0(x, y, t)$ – розв'язок задачі

$$\begin{aligned} \Delta^2\psi_0 &= 0 \text{ у } \Omega, \\ \psi_0|_{\partial\Omega} &= 0, \quad \frac{\partial\psi_0}{\partial\mathbf{n}}\Big|_{\partial\Omega} = \begin{cases} g_0(t) & \text{на } \partial\Omega_0, \\ g_1(t) & \text{на } \partial\Omega_1, \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

а $\psi_1(x, y)$ – розв'язок задачі

$$\begin{aligned} \Delta^2\psi_1 &= 0 \text{ у } \Omega, \\ \psi_1|_{\partial\Omega_0} &= 0, \quad \psi_1|_{\partial\Omega_1} = 1, \quad \frac{\partial\psi_1}{\partial\mathbf{n}}\Big|_{\partial\Omega} = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Розв'язання задачі (4) також зведемо до розв'язання двох стаціонарних задач. Подамо функцію $\psi_0(x, y, t)$ у вигляді

$$\psi_0(x, y, t) = g_0(t)u(x, y) + g_1(t)v(x, y), \quad (7)$$

де $u(x, y)$ – розв'язок задачі

$$\begin{aligned} \Delta^2u &= 0 \text{ в } \Omega, \\ u|_{\partial\Omega} &= 0, \quad \frac{\partial u}{\partial\mathbf{n}}\Big|_{\partial\Omega} = \begin{cases} 1 & \text{на } \partial\Omega_0, \\ 0 & \text{на } \partial\Omega_1, \end{cases} \end{aligned} \quad (8)$$

а $v(x, y)$ – розв'язок задачі

$$\begin{aligned} \Delta^2v &= 0 \text{ в } \Omega, \\ v|_{\partial\Omega} &= 0, \quad \frac{\partial v}{\partial\mathbf{n}}\Big|_{\partial\Omega} = \begin{cases} 0 & \text{на } \partial\Omega_0, \\ 1 & \text{на } \partial\Omega_1. \end{cases} \end{aligned} \quad (9)$$

Тоді, підставляючи спочатку (7) у (3), а потім у (2), отримаємо, що

$$c(t) = -g_0(t) \frac{\int_{\partial\Omega_1} \frac{\partial\Delta u}{\partial\mathbf{n}} ds}{\int_{\partial\Omega_1} \frac{\partial\Delta\psi_1}{\partial\mathbf{n}} ds} - g_1(t) \frac{\int_{\partial\Omega_1} \frac{\partial\Delta v}{\partial\mathbf{n}} ds}{\int_{\partial\Omega_1} \frac{\partial\Delta\psi_1}{\partial\mathbf{n}} ds}.$$

Відповідно до методу R-функцій було побудовано структури

розв'язків крайових задач (5), (8) і (9). Нехай $\omega(x, y) = 0$, $\omega_0(x, y) = 0$, $\omega_1(x, y) = 0$ – нормалізовані рівняння $\partial\Omega$, $\partial\Omega_0$, $\partial\Omega_1$ відповідно. Тоді структура розв'язку задачі (8) має вигляд $u = -\omega \frac{\omega_1}{\omega_0 + \omega_1} + \omega^2 \Phi_1$, структура

розв'язку задачі (9) має вигляд $v = -\omega \frac{\omega_0}{\omega_0 + \omega_1} + \omega^2 \Phi_2$ а структура розв'язку

задачі (5) має вигляд $\psi_1 = \frac{\omega_0}{\omega_0 + \omega_1} - \omega D_1 \left(\frac{\omega_0}{\omega_0 + \omega_1} \right) + \omega^2 \Phi_3$. Тут Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 –

невизначені компоненти, а оператор D_1 визначається рівністю

$$D_1 = \frac{\partial \omega}{\partial x} \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial \omega}{\partial y} \frac{\partial}{\partial y}.$$

Для апроксимації невизначених компонент в структурних формулах можна скористатися методом Рітца.

Для розв'язання другої частини задачі перемішування складено й розв'язано (з використанням чисельних методів розв'язання задачі Коші) систему рівнянь руху лагранжевої частинки:

$$\frac{dx}{dt} = v_x \equiv \frac{\partial \psi}{\partial y}, \quad \frac{dy}{dt} = v_y \equiv -\frac{\partial \psi}{\partial x},$$

$$x(0) = x_0, \quad y(0) = y_0. \quad (10)$$

Далі отримані траєкторії руху досліджують з точки зору наявності й характеру хаотичної поведінки за допомогою методів нелінійної динаміки (розшукують й аналізують стаціонарні точки, будують фазові портрети, досліджують еволюції лінійного й плоского елементів).

Таким чином, якісний аналіз системи (10) дозволяє виділити зони ефективного перемішування, що ілюструється результатами обчислювального експерименту.

Список використаних джерел:

1. Рвачёв В. Л. Теория R-функций и некоторые её приложения. Киев : Наукова думка, 1982. 552 с.
2. Стадникова А. В. Метод численного анализа квазистационарных процессов перемешивания в многосвязных областях. *Радиоэлектроника и информатика*. 2014. № 1 (64). С. 31 – 34.
3. Gybkina N. V., Sidorov M. V., Stadnikova H. V. Mathematical modeling of the quasi-stationary processes of viscous mixture mixing in a rectangular area by the R-functions method. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. 2022. № 2 (8). С. 87-93. DOI: 10.20998/2079-0023.2022.02.14

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Стецун К.С.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Гибкіна Н.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: kateryna.stetsun@nure.ua

This work delves into the application of neural networks, particularly the BAT model, for addressing thematic modeling tasks. Thematic modeling revolves around constructing models that facilitate the organization, understanding, and interpretation of vast collections of textual data. The BAT model (Bidirectional Adversarial Topic model) has garnered attention due to its widespread use in neural networks for text partitioning. This work underscores the potential of neural networks, particularly the BAT model, in advancing thematic modeling techniques and their application across diverse domains.

Сучасні методи аналізу даних зіштовхуються із серйозними викликами у зв'язку із суттєвим зростанням обсягів інформації, яка генерується різними джерелами, збирається за допомогою різноманітних технологій і часто супроводжується обмеженнями у часі для аналізу. Ця проблема виникає у різних сферах діяльності. Так, у наукових дослідженнях наявність великої кількості публікацій, які виконують важливу роль для генерації нових знань, може ускладнити пошук необхідної для наукової роботи інформації. Однією з ключових задач в роботі зі збірками наукових робіт є їх систематизація, заснована на встановленні тематик та ключових слів, що дозволяє організувати та оптимізувати подальшу роботу з цими текстовими документами. Для вирішення цієї проблеми застосовуються методи тематичного моделювання.

Введемо позначення: D – колекція текстових документів, d – документи колекції, W – словник, тобто множина унікальних термів (слів) колекції D , w – окреме слово (терм) в словнику, t – теми документів з множини тем T колекції. Змінні w та d – спостережувані, змінна t – прихована. Кожна тема описується дискретним розподілом ймовірностей слів $p(w|t)$, кожен документ – дискретним розподілом ймовірностей тем $p(t|d)$.

Розподіл термів у документі $p(w|d)$ визначається розподілами термів за темами $p(w|t)$ та тем за документами $p(t|d)$:

$$p(w|d) = \sum_{t \in T} p(w|t, d) p(t|d) = \sum_{t \in T} p(w|t) p(t|d). \quad (1)$$

Задача тематичного моделювання полягає в тому, щоб знайти такі тематики документів колекції у вигляді розподілу $p(t|d)$ та структуру кожної теми у вигляді розподілу слів $p(w|t)$, за яких тематична модель (1) як-

найкраще наближає частотні оцінки ймовірностей $\hat{p}(w|d)$, обчислені за заданою колекцією документів D . Результатом розв'язання задачі тематичного моделювання є поставлені у відповідність кожному документу колекції теми (можливо, не одна), яким він відповідає, та набір найхарактерніших слів для кожної теми.

Для застосування тематичного моделювання текстові дані повинні бути записані у цифровому вигляді, для чого використовується модель BagofWords («Мішок слів»). Ця модель дозволяє подати кожен документ з колекції D у вигляді вектора, у якому для кожного слова зі словника міститься інформація про частоту появи цього слова у даному документі, але не враховує порядок слів у документі.

Особливості, які притаманні сучасним текстовим даним, вимагають залучення потужних інформаційних технологій для їх обробки, зокрема, нейронних мереж. Різноманітність архітектур нейронних мереж, їх здатність до навчання на великих обсягах даних та автоматичного виявлення складних залежностей робить нейромережеві технології перспективним інструментом для виділення тематичних структур у тексті. Для розв'язання поставленої задачі досліджено застосування нейронної мережі ВАТМ (Bidirectional Adversarial Topic model). Вона має таку структуру. Енкодер приймає на вхід V -вимірне представлення документа $\vec{d}_r$ з колекції документів та перетворює його у K -вимірний розподіл тем $\vec{\theta}_r$. Генератор приймає на вхід випадковий тематичний розподіл $\vec{\theta}_f$ з апіорним розподілом Діріхле і генерує V -вимірний розподіл fake-слів $\vec{d}_f$. Дискримінатор приймає дійсному парі розподілу $\vec{p}_r = [\vec{\theta}_r; \vec{d}_r]$ і fake-парі розподілу $\vec{p}_f = [\vec{\theta}_f; \vec{d}_f]$ на вхід та відокремлює справжні пари розподілу від fake-пар; вихідні сигнали дискримінатора використовуються як сигнали контролю під час змагального навчання [2].

Застосування ВАТМ для розв'язання задачі тематичного моделювання досліджено на колекції текстів, що містить україномовні анотації до наукових статей (загалом 4608 документів за 7 темами: актуарна математика; кластерний аналіз, електродинаміка, інвестування, математична фізика, нейронні мережі, оптимальне керування. Перед навчанням нейронної мережі документи колекції були попередньо оброблені (стемінг, лематизація, видалення гіперпосилань, стоп-слів тощо) та токенизовані за допомогою токенизатора SpaCy.

Було проведено навчання нейронної мережі ВАТМ за умови розділення документів колекції на 6, 7, 8 та 12 топіків. У кожному експерименті отримано набори ключових слів для кожного з топіків та ймовірнісний розподіл цих слів, а також ймовірнісний розподіл топіків для випадково обраних документів колекції.

Було проаналізовано значення похибки для кожного з модулів (Generator, Discriminator, Encoder) для розподілу датасету на 6, 7, 8 та 12

топиків. Аналіз значень похибок показав, що найкращі результати мережа видає при обранні кількості топиків, яка співпадає з реальною кількістю тем (7 топиків, 7 тем), при навчанні протягом 50 епох. При збільшенні кількості епох навчання результати дещо погіршуються, причиною чого може бути перенавчання мережі та особливості датасету.

Далі наведемо деякі результати роботи ВАТМ та їх аналіз для випадку розбиття досліджуваної колекції на 7 топиків. Так, для топіку 7 першими п'ятнадцятьма найчастіше повторюваними (ключовими) словами мережа визначила такі (у дужках наведено відповідне значення ймовірності): «інвестиційної» (0,0170), «доходності» (0,0052), «страхової» («0,0052»), «інвесторів» (0,0051), «інвестиційних» (0,0039), «дохід» (0,0038), «фінансової» (0,0031), «бізнес» (0,0028), «інструмент» (0,0027), «фінансовий» (0,0027), «фінансових» (0,0027), «цінні» (0,0027), «ризиками» (0,0025), «інвестиції» (0,0025), «страхових» (0,0024). Аналіз цих ключових слів дозволяє зробити висновок про те, що виділений мережею топик 7 повністю відповідає одній з реальних тем колекції, а саме темі «інвестування».

Також було проаналізовано ймовірності належності деяких документів досліджуваної колекції до кожного з 7 топиків. Результати аналізу випадково обраних з датасету документів підтвердили високу якість обраного методу розподілу. Так, наприклад, для документа колекції за номером 2201 отримано такі ймовірності його віднесення до кожного з 7 топиків: (0,005; 0,005; 0,028; 0,009; 0,009; 0,012; 0,932), звідки видно, що найбільш ймовірним для нього є топик 7 (з ймовірністю 0,932). Аналіз змісту цього документа: «у статті розглядаються питання прибутковості цінних паперів, що враховують умови їх випуску та положення дивідендної політики емітентів, формування прибутковості диверсифікованого портфеля» підтверджує, що його реальною темою є тема «інвестування».

Зауважимо, що для навчання нейронної мережі були використані не самі наукові статті, а лише їх анотації, що могло знизити якість навчання через маленький розмір документів. Продовження досліджень передбачає використання повнотекстових документів, у тому числі іншомовних.

Список використаних джерел:

1. Knowledge discovery through directed probabilistic topic models: a survey / A. Daud, J. Li, L. Zhou, F. Muhammad. *Frontiers of Computer Science in China*. 2010. V. 4, № 2. P. 280–301.
2. Wang R., Hu X., Zhou D., He Y., Xiong Y., Ye C., Xu H. Neural Topic Modeling with Bidirectional Adversarial Training. 2020.

МЕТОДИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ЗАПИТІВ У ЦЕНТРАХ ГУМАНІТАРНОЇ ДОПОМОГИ

Таранюк М.М.

Науковий керівник – д-р техн. наук, проф. Малєєва О.В.

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»,
каф. комп'ютерних наук та інформаційних технологій,
м. Харків, Україна

e-mail: maksim.taranyk@gmail.com

The subject of research in the paper is diverse applications of machine learning methods across various domains. Machine learning, a subset of artificial intelligence, enables computers to learn from data and improve their algorithms without explicit programming. Industries leverage machine learning for cost predictions, fault detection, and process optimization. Additionally, machine learning plays a crucial role in security, aiding in surveillance and cybersecurity efforts. It is proposed to use the neural network tool for gathering and classifying requests in humanitarian aid centers.

У сучасному світі методи машинного навчання є ключовим інструментом у багатьох сферах, включаючи технології, медицину, фінанси та багато інших [1]. Їх застосування стає все більш важливим і відкриває нові можливості для вирішення складних завдань. Наприклад, вони використовуються для автоматизації виробництва в промисловості, для розробки алгоритмів штучного інтелекту в галузі інформаційних технологій та для обробки великих масивів даних.

Методи машинного навчання дозволяють комп'ютерам навчитися виконувати завдання без явного програмування. Вони використовують алгоритми, які аналізують дані, виявляють закономірності та роблять прогнози або приймають рішення на основі цих даних. Наприклад, для навчання з учителем можуть використовуватися такі методи, як лінійна регресія, дерева рішень, нейронні мережі та інші, що забезпечують різноманітні можливості для моделювання.

Одним з основних видів методів машинного навчання є навчання з учителем, де модель навчається на основі пар "вхід-вихід", що дозволяє їй робити прогнози на нових даних. Цей підхід застосовується, наприклад, для класифікації тексту, розпізнавання образів та прогнозування завантаженості каналів зв'язку. Додатково, існують методи навчання без учителя, які дозволяють виявляти відмінності та патерни у даних без наявності чітко визначених маркерів.

Застосування методів машинного навчання не обмежується лише технічними чи науковими сферами. Вони також можуть бути використані для полегшення комунікації та покращення роботи людей, які працюють в

центрах надання гуманітарної допомоги в реаліях російської війни проти України. Навчені моделі можуть допомогти в оптимізації процесу обробки запитів та відповіді на них, що в свою чергу покращить якість обслуговування та зменшить час очікування для нужденних.

Пропонується застосування штучного інтелекту, а саме методів розпізнавання та класифікації текстів на основі нейронних мереж для автоматизації обробки великого потоку запитів, які надходять до центру надання гуманітарної допомоги [2]. Вирішуються завдання аналізу текстових повідомлень, електронних листів або голосових дзвінків в режимі реального часу. Робиться ідентифікація типу запиту для визначення його пріоритетності для подальшого планування роботи центру. Першим із завдань є класифікація запитів за темами: медичні послуги, харчова допомога, житлові питання тощо, та розподіл їх між відповідними відділами чи операторами.

Друге завдання – це розпізнавання емоційного тону та настрою в текстових повідомленнях або голосових викликах [3]. Це необхідно для виявлення та пріоритезації запитів, які потребують негайного втручання або підтримки. Наприклад, система розпізнавання може виявити запити з ознаками стресу, відчаю або надмірної тривоги, що дозволить операторам швидше реагувати та надавати необхідну підтримку.

Плануються наступні операційні роботи центрів надання гуманітарної допомоги:

- прийом повідомлень з різних джерел комунікації,
- класифікація їх за тематикою запитів,
- пріоритезація за терміновістю реагування на основі аналізу змісту та емоційної забарвленості,
- інформування відповідних служб щодо термінових запитів,
- планування виконання інших запитів потягом певних проміжків часу.

Таким чином, методи машинного навчання є потужним інструментом, який дозволяє комп'ютерам вчитися та адаптуватися до нових ситуацій, що відкриває безліч можливостей для вдосконалення технологій та покращення життя людей.

Список використаних джерел:

1. Моделі і методи машинного навчання для завдань передбачення: вебсайт. URL:<http://visnyk-math.uzhnu.edu.ua/article/view/206420>

2. Рудзевич А.-М. П. Методи машинного навчання в сентимент аналізі текстової інформації: магістерська дис.: 122 Комп'ютерні науки. Київ, 2020. 88 с.

3. Bogaard G., Meijer E.H., Vrij A., Merckelbach H. Strong, but wrong: Lay people's and police officers' beliefs about verbal and nonverbal cues to deception. PloS One. 2016 No. 11 (6). e0156615. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156615>

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ НЕСТАЦІОНАРНИХ РЕЖИМІВ ПО ЛІНІЙНІЙ ДІЛЯНЦІ ГАЗОГОНУ З УРАХУВАННЯМ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Фесенко К.П.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Гусарова І.Г.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: kateryna.fesenko@nure.ua

In this work, the non-stationary non-isothermal mode of gas transport along the linear section of the gas pipeline, which consists of two consecutive pipeline sections of different diameters, is considered. The need to model a given structure may arise as a result of an unexpected situation in which the analysis of changes in the process of gas transportation through sections of different diameters is required.

В даній роботі розглядається нестационарний неізотермічний режим течії газу (НН РТГ) по лінійній ділянці газогону, яка складається з двох послідовних ділянок трубопроводу різного діаметру. Необхідність моделювання НН РТГ по ділянці заданої структури, може виникнути, наприклад, внаслідок нештатних ситуацій. На рис. 1 схематично зображена ділянка газогону, на якому I, II – ділянки газогону; 1, 2, 3 – вузли, де 1, 3 – вузли входу та виходу, а 2 – проміжний вузол.

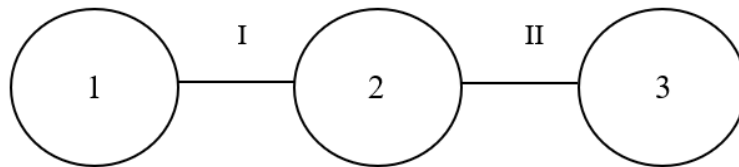


Рисунок 1 – Лінійна ділянка газогону

Математична модель НН РТГ з урахуванням кінетичної енергії для лінійної ділянки газогону заданої структури в матричному вигляді має вигляд [1]:

$$\frac{\partial \phi^k}{\partial t} + B^k(x, t, \phi^k) \frac{\partial \phi^k}{\partial x} = \Phi^k(x, t, \phi^k), k = \overline{1, 2}, \quad (1)$$

де матриці B^k , Φ^k , за обраними визначними параметрами, мають вигляд:

$$B^k = \begin{bmatrix} 2T^k \alpha_0 \frac{G^k}{S^k P^k} & 1 - \alpha_0 T^k \frac{(G^k)^2}{(S^k)^2 (P^k)^2} & 0 \\ \alpha_0 T & 0 & 0 \\ \frac{2P^k T^k (S^k)^2}{(G^k)^2} + \frac{\alpha_0 (T^k)^2}{P^k} & \frac{-2T^k S^k}{G^k} & \frac{2\alpha_0 G^k T^k}{S^k P^k} + \frac{2S^k C_p P^k}{\alpha_0 G^k} \end{bmatrix},$$

$$\Phi^k = \begin{bmatrix} -\beta_0 T^k \frac{G^k |G^k|}{D^k (S^k)^2 P^k} - \frac{g}{\alpha_0} \frac{P^k}{T^k} \frac{dh}{dx} \\ 0 \\ 2\beta_0 \frac{(T^k)^2 |G^k|}{S^k D^k P^k} - \frac{8(S^k)^2 K P^k}{D^k \alpha_0 (G^k)^2} (T^k - T_{cp}) \end{bmatrix},$$

де $\Phi^k(x, t) = (G^k(x, t), P^k(x, t), T^k(x, t))$, $\alpha_0 = zgR$, $\beta_0 = \frac{\lambda \alpha_0}{2}$.

Система (1) доповнюється умовами узгодження у проміжному другому вузлі:

$$G^I(L, t) = G^{II}(0, t), \quad (2)$$

$$T^I(L, t) = T^{II}(0, t), \quad (3)$$

$$P^I(L, t) = P^{II}(0, t), \quad (4)$$

де $G^I(L, t)$, $G^{II}(0, t)$ – масова витрата на кінці 1-ї та на початку 2-ї ділянки; $T^I(L, t)$, $T^{II}(0, t)$ – температура на кінці 1-ї та на початку 2-ї ділянки; $P^I(L, t)$, $P^{II}(0, t)$ – тиск на кінці 1-ї та на початку 2-ї ділянки.

Систему (1)–(4) необхідно доповнити граничними умовами для першого вузла, тобто входу,

$$\begin{cases} P_{\text{вв}}^{(1)}(t) = P^{(1)}(t), \\ T_{\text{вв}}^{(1)}(t) = T^{(1)}(t), \end{cases} \quad (5)$$

та граничними умовами для третього вузла, тобто виходу,

$$G_{\text{вв}}^{(3)}(t) = G^{(3)}(t), \quad (6)$$

де $P^{(1)}(t)$, $T^{(1)}(t)$, $G^{(3)}(t)$ – задані функції; $G_{\text{вв}}^{(3)}(t)$ – масова витрата у третьому вузлі; $P_{\text{вв}}^{(1)}(t)$, $T_{\text{вв}}^{(1)}(t)$ – тиск і температура у першому вузлі.

Крім того задається початковий розподіл, в якості якого береться стаціонарний розподіл.

Отриману математичну модель можна застосовувати для моделювання нестационарних неізотермічних режимів транспорту газу по лінійній ділянці газогону, яка складається з двох послідовних ділянок трубопроводу різного діаметру в аварійних та позаштатних ситуаціях при різкій зміні параметрів $P_{\text{вв}}^{(1)}(t)$ або/та $T_{\text{вв}}^{(1)}(t)$ або/та $G_{\text{вв}}^{(3)}(t)$.

Список використаних джерел:

1. Husarova I. H., Tevyashev A. D., Tevyasheva O. A. Mathematical modeling of non-stationary gas flow modes along a linear section of a gas transmission system. *Mathematical Modeling and Computing*. 2022. № 9(2). P. 416–430.

ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЛАЗЕРНОЇ ТЕРМООБРОБКИ СИСТЕМОЮ ТОЧКОВИХ РУХОМИХ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛА

Фуніков А.С.

Науковий керівник – д-р фіз.-мат. наук, проф. Сидоров М.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: anton.funikov@nure.ua

The study considers the problem of calculating the temperature field in a flat plate during thermal laser treatment using a system of moving point heat source. The *R*-function's method in combination with the Galerkin method for non-stationary problems is proposed to solve the problem. A computational experiment was conducted for a rectangular region using test parameter values.

Розвиток таких сучасних технологій обробки матеріалів, як лазерна різка та зварювання, робить актуальним розробку нових та вдосконалення існуючих методів розрахунку температурного поля при лазерній термообробці. Результати таких досліджень можуть знайти своє застосування, зокрема, у подальшому вдосконаленні технологій лазерної термообробки.

У роботі розглядається задача розрахунку поля температури в плоскій пластинці, яка займає область Ω , при її лазерній обробці системою з m точкових джерел, що рухаються областю Ω за законами $x_i^*(t)$, $y_i^*(t)$, $i=1, \dots, m$. На межі $\partial\Omega$ пластинки Ω відбувається теплообмін з навколишнім середовищем (нульової температури) за законом Ньютона, а у початковий момент часу температура у пластинці Ω дорівнює нулю. Математичною моделлю такого процесу є наступна мішана задача для рівняння теплопровідності:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \Delta T - pT + \sum_{i=1}^m Q_i \delta(x - x_i^*(t)) \delta(y - y_i^*(t)), \quad (x, y) \in \Omega, \quad t > 0, \quad (1)$$

$$T|_{t=0} = 0, \quad (x, y) \in \bar{\Omega}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \vec{n}} + \alpha T \Big|_{\partial\Omega} = 0, \quad t \geq 0, \quad (3)$$

де p – параметр, який моделює інтенсивність поверхневого охолодження пластини; $x_i^*(t)$, $y_i^*(t)$ – функції, які задають траєкторію руху i -го точкового джерела потужності Q_i , $i=1, \dots, m$, $\delta(\cdot)$ – дельта-функція Дірака, α – коефіцієнт, що характеризує зовнішню теплопровідність.

Відповідно до методу *R*-функцій [1] структура розв'язку мішаної задачі (1) – (3) має вигляд:

$$T = \Phi - \omega D_1 \Phi + \alpha \omega \Phi, \quad (4)$$

де $\omega(x, y) = 0$ – нормалізоване рівняння межі $\partial\Omega$, Φ – невизначена компонента структури, $D_1\Phi = \frac{\partial\omega}{\partial x} \frac{\partial\Phi}{\partial x} + \frac{\partial\omega}{\partial y} \frac{\partial\Phi}{\partial y}$.

Структура (5) за будь-якого вибору (з певного функціонального простору) невизначеної компоненти Φ точно задовольняє крайову умову (2). Для апроксимації невизначеної компоненти Φ скористаємося методом Гальоркіна для нестационарних задач. Якщо:

$$\Phi(x, y, t) \approx \Phi_N(x, y, t) = \sum_{k=1}^N c_k(t) \tau_k(x, y),$$

де $\{\tau_k(x, y)\}$ – будь-яка повна у просторі $L_2(\Omega)$ послідовність функцій, то

$$T(x, y, t) \approx T_N(x, y, t) = \sum_{k=1}^N c_k(t) \phi_k(x, y),$$

де $\{\phi_k(x, y)\}$ – координатна послідовність, $\phi_k = \tau_k - \omega D_1 \tau_k + \alpha \omega \tau_k$.

Відповідно до методу Гальоркіна для нестационарних задач для визначення функцій $c_k(t)$, $k=1, 2, \dots, N$, отримуємо задачу Коші для системи звичайних диференціальних рівнянь.

Обчислювальний експеримент було проведено для прямокутної області:

$$\Omega = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : -a < x < a, -b < y < b\}$$

для значень $a=2$, $b=1$ і двох точкових джерел потужностей для $Q_1=1$, $Q_2=0,5$, що рухаються відповідно траєкторіями $x_1^*(t)=0,5\cos 2Vt$, $y_1^*(t)=0,5\sin 2Vt$, $x_2^*(t)=0,75\cos \frac{4}{3}Vt$, $y_2^*(t)=0,75\sin \frac{4}{3}Vt$, $V=20$ – стала лінійна швидкість руху точкового джерела по круговій траєкторії з центром в початку координат. При цьому:

$$\begin{aligned} \omega(x, y) &= \omega_1(x, y) \wedge_0 \omega_2(x, y), \\ \omega_1(x, y) &= \frac{1}{2a}(a^2 - x^2), \quad \omega_2(x, y) = \frac{1}{2b}(b^2 - y^2), \\ x_1 \wedge_0 x_2 &\equiv x_1 + x_2 - \sqrt{x_1^2 + x_2^2}, \end{aligned}$$

де $\wedge_0$ – знак R -кон'юнкції з системи $\mathcal{R}_0$.

Результати обчислювального експерименту добре узгоджуються з результатами, отриманими методом скінченних елементів.

Список використаних джерел:

1. Рвачев В.Л. Теория R -функций и некоторые её приложения. Киев : Наукова думка, 1982. 552 с.

СИНЕРГЕТИЧНІ МОДЕЛІ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ

Хамаза А.О.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Наумейко І.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: andrii.khamaza@nure.ua

Synergetics, as a field of study, has gained significant attention due to its ability to describe self-organization and cooperation in complex systems. Nonlinear dynamics, deterministic chaos, and fractal structures are fundamental concepts in synergetics, offering insights into the behavior of intricate systems. This paper aims to analyze synergetic models used to depict nonlinear dynamics, deterministic chaos, and fractal structures. Using mathematical and computational methods, we seek to explore the properties of these models and their applications across diverse scientific domains.

Актуальність теми. В сучасному світі зростає інтерес до розуміння складних систем і їхньої поведінки в різних галузях науки та техніки. Синергетика, яка вивчає самоорганізацію та взаємодію в складних системах, стає важливим інструментом для розкриття цих явищ. Нелінійна динаміка, детермінований хаос і фрактальні структури є ключовими аспектами складних систем, що вимагають досліджень для кращого розуміння їхньої природи та впливу на навколишнє середовище. Розуміння цих концепцій може мати велике значення для розвитку нових методів прогнозування, контролю та оптимізації складних систем, що має практичне застосування в таких сферах, як фінанси, біологія, екологія та інженерія [1].

Метою бакалаврської роботи є дослідження і глибокий аналіз синергетичних моделей, які використовуються для вивчення нелінійної динаміки, детермінованого хаосу та фрактальних структур [2]. Ми прагнемо розкрити властивості цих моделей та їхнє застосування в різних наукових дисциплінах. Наша мета полягає в розумінні принципів самоорганізації в складних системах, розробці нових методів аналізу та управління цими системами, а також виявленні потенційних прикладних областей для використання отриманих знань [3].

Об'єктом дослідження бакалаврської роботи є синергетичні моделі, які використовуються для аналізу складних систем з нелінійною динамікою та виявлення детермінованого хаосу і фрактальних структур.

Предметом дослідження є методи і моделі, які дозволяють розуміти та передбачати поведінку складних систем через аналіз їхньої нелінійної динаміки, враховуючи явища детермінованого хаосу та властивості фрактальних структур. Ми прагнемо вивчити, які фактори впливають на еволю-

цію цих систем, та розробити нові підходи для моделювання та прогнозування їхньої поведінки.

Робота містить загальні відомості з теорії динамічних систем, теорії стійкості та біфуркацій, а також опис основних механізмів переходу до хаосу та алгоритмів їх чисельного аналізу [4].

Розглянута у цій роботі математична модель співіснування двох біологічних видів (популяцій) типу «хижак – жертва», звана моделлю Вольтера - Лотки. Вперше вона була отримана А. Лоткою (1925 р.) який використовував її для опису динаміки взаємодіючих біологічних популяцій. Трохи пізніше і незалежно від Лотки аналогічні (і більш складні) моделі були розроблені італійським математиком В. Вольтера (1926 р.), глибокі дослідження якого в галузі екологічних проблем заклали фундамент математичної теорії біологічних співтовариств або так званої математичної екології.

У загальному випадку еволюційне завдання стосовно нелінійної динамічної системи аналітично не можна розв'язати. Рішення рівнянь може бути знайдено чисельними методами на ЕОМ, або аналоговим моделюванням. При чисельному дослідженні конкретних нелінійних систем з математичної погляду виникають різноманітні завдання, що вимагають застосування спеціальних алгоритмів та програм обчислень. Але першочерговим завданням є чисельне інтегрування знаходження залежності за заданих початкових умов, тобто. розв'язання задачі Коші. Чисельними методами знаходяться координати нерухомих точок як розв'язання нелінійних рівнянь алгебри та їх залежність від параметрів [5].

Алгоритми розрахунку, що базуються на методах лінійної алгебри з використанням результатів чисельного інтегрування, дозволяють вирішувати питання про стійкість рішень, їх біфуркації і тим самим досліджувати процес перебудови структури розбиття фазового простору на траєкторії зі зміною параметрів.

Список використаних джерел:

1. Haken, Hermann. Synergetics: An Introduction. Springer Science & Business Media, 2013.
2. Strogatz, Steven H. Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering. Westview Press, 2018.
3. Mandelbrot, Benoit B. The Fractal Geometry of Nature. Macmillan, 1983.
4. Ott, Edward. Chaos in Dynamical Systems. Cambridge University Press, 2002.
5. Наумейко И. В., Альджаафрах Мохаммад Р.А.А. Асимптотический подход к исследованию нелинейных динамических систем с защитой. Информационные системы и технологии: материалы 6-й Международ. науч.-техн. конф., посвященной 80-летию В. В. Свиридова, Коблево-Харьков, 11–16 сентября 2017 г.

ВИЯВЛЕННЯ ПАСТОК У ДИНАМІЦІ ФРАКТАЛЬНОГО БРОУНІВСЬКОГО РУХУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ

Хацько Д.С.

Науковий керівник – д-р техн. наук, проф. Кіріченко Л.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: daryna.khatsko@nure.ua

This study aims to develop a Python-based model of fractional Brownian motion incorporating the effect of traps. The research further investigates this motion using machine learning methods, specifically cluster analysis. The concept of traps is introduced, representing localized regions where a Brownian particle experiences confinement for a defined period. By modeling fractional Brownian motion with incorporated traps, the study utilizes cluster analysis for a comprehensive analysis. The findings not only highlight the significance of incorporating trap mechanisms in Brownian motion modeling but also contribute to the identification and characterization of traps within this framework.

Броунівський рух представляє собою хаотичний рух частинок, які перебувають у рідині або газі. Цей феномен був вперше помічений Робертом Брауном у 1827 році та подальше пояснений Альбертом Ейнштейном у 1905 році. Фрактальний броунівський рух (ФБР) – це стохастичний процес, що моделює безперервний випадковий рух частинки або частинок у середовищі. Він є узагальненням класичного броунівського руху з додатковою властивістю – фрактальною структурою [1]. ФБР виступає популярною моделлю для явищ з короткотривалою та довготривалою залежностями в різних галузях, таких як фізика, біологія, гідрологія, дослідження мереж, фінансова математика і т.д.

У контексті фрактального броунівського руху термін "пастка" вказує на концепцію, пов'язану з утриманням частинки чи системи в обмеженому просторі. Пастка у цьому випадку може слугувати метою вивчення властивостей та поведінки системи в умовах обмеженості.

Присутність пасток може суттєво модифікувати поведінку броунівських частинок, викликаючи значущі наслідки для різних областей використання. Тому важливо провести глибокий аналіз та повністю розібратися у динаміці руху броунівських частинок (БЧ) у присутності пасток. Це дозволить отримати не лише загальне розуміння, але й висвітлити важливі наслідки цього явища для різноманітних сфер застосування [2].

При дослідженні для моделювання ФБР було використано мову програмування Python. Рух частинок моделюється відповідно до ФБР, моделі, яка відтворює броунівські та аномальні дифузійні процеси, налаштовуючи

кореляцію приростів за допомогою показника Херста (Hurst exponent $H \in (0,1)$). ФБР є гауссівським процесом $B_H(t)$ із коваріаційною функцією:

$$E[B_H(t)B_H(s)] = K(t^{2H} + s^{2H} - |t - s|^{2H}), \quad (1)$$

де K – це константа з одиницями $length^2 \cdot time^{-2H}$ [3].

Для узагальнення фрактального броунівського руху в двох вимірах, траєкторія $R(t)$ представлена як $R(t) = \{X(t), Y(t)\}$, де $X(t)$ та $Y(t)$ є незалежними фрактальними броунівськими рухами вздовж вісей x та y відповідно.

Програма моделює рух ФБР та зберігає координати руху БЧ у масиві. Крім того, маються окремі масиви з координатами пасток. Таким чином, таке зберігання даних дає можливість порівняти результати, які отримані при кластеризації, з дійсним розташуванням пасток.

У даній роботі було проведено кластеризацію пасток з використанням алгоритмів машинного навчання на мові програмування Python. Під час дослідження було розглянуто та порівняно кілька алгоритмів, але найкращі результати були досягнуті при застосуванні методів кластеризації, що ґрунтуються на аналізі щільності. Особливий акцент було зроблено на аналізі алгоритму DBSCAN та його покращеної версії – HDBSCAN. Детально вивчено принципи роботи обраних методів, їх переваги та недоліки. Розглянуті концепції щільності дозволяють ефективно виявляти та групувати пастки.

Основною метою дослідження є вивчення поведінки броунівських частинок у наявності пасток та розробка нового підходу для моделювання та аналізу цих систем за допомогою методів машинного навчання.

Список використаних джерел:

1. Russo F., Vallois P. Fractional brownian motion and related processes. Stochastic calculus via regularizations. Cham, 2022. С. 95–111. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-09446-0_3 (дата звернення: 04.03.2024).
2. Kirichenko, L., Khatsko, D., Pichugina, O. Trap Detection in Brownian Particle Trajectories Using Machine Learning Clustering Methods International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, 2023
3. Shevchenko G. Fractional Brownian motion in a nutshell. International journal of modern physics: conference series. 2015. Т. 36. С. 1560002. URL: <https://doi.org/10.1142/s2010194515600022> (дата звернення: 04.03.2024).

**ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ВОДОПРОВІДНОЇ
МЕРЕЖІ СКЛАДНОЇ СТРУКТУРИ**

Хвалюк В.В.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Козиренко С.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: volodymyr.khvaliuk@nure.ua

The formulation of the problem of estimating the state of the steady flow distribution model of a water supply network is considered and a method of its solution is proposed. The maximum likelihood method is used to construct the estimation procedure. The formal formulation of the problem leads to a conditional optimization problem. The use of topological properties of the network and the method of selection of independent variables allows us to reduce the minimization problem with nonlinear constraints to the problem of unconditional optimization only with respect to independent variables.

У даній роботі розглядається постановка задачі оцінювання стану моделі сталого потокорозподілу (СПР) водопровідної мережі (ВМ) і пропонується метод її розв'язання.

Задача оцінювання стану моделі СПР полягає в оцінюванні режимних параметрів, що описують повний потокорозподіл ВМ, на підставі вимірювання лише деяких з них. Основою для формулювання задачі оцінювання стану є модель СПР.

Розглядається ВМ, структура якої задається у вигляді графа $G(V, E)$, що містить $e = \text{Card}(E)$ дуг і $v = \text{Card}(V)$ вершин. Множину E дуг графа мережі можна представити як $E = M \cup K$, де M – множина дуг графа мережі, що відповідають реальним ділянкам; $K = L \cup N$ – множина фіктивних ділянок мережі; L – множина дуг, що відповідають входам мережі; N – множина дуг, що відповідають виходам мережі.

Відомі параметри реальних ділянок мережі $c_i, i \in M$, а також вимірні значення тиску $\tilde{P}_i, i \in L^P \cup N^P$ і витрат $\tilde{q}_j, j \in L^q \cup N^q$, де L^P, N^P – множини фіктивних дуг, що відповідають входам і виходам мережі, де проводилося вимірювання тиску; L^q, N^q – множини фіктивних дуг, що відповідають входам і виходам мережі, де проводилися вимірювання витрат. Відомі також дисперсії вимірних величин тиску $\sigma_{P_i}^2, i \in L^P \cup N^P$ і витрат $\sigma_{q_j}^2, j \in L^q \cup N^q$. Кількість вимірювань перевищує сумарну кількість входів і виходів ВМ. Виконання даної умови відповідає виконанню умов топологічної ідентифікованості ВМ.

Потрібно отримати оцінки дійсних значень вимірюваного тиску $P_i, i \in L^P \cup N^P$ і витрат $q_j, j \in L^q \cup N^q$, а також всіх функціонально пов'язаних з

ними змінних $q_i, i \in M \cup L \cup N$; $P_j, j \in L \cup N$, що характеризують потоко-розподіл в ВМ, тобто оцінити всі компоненти вектора стану.

Для побудови процедури оцінювання використовуватимемо метод максимальної правдоподібності [1], згідно з яким формальна постановка задачі матиме вигляд:

$$y = \sum_{i \in L^P \cup N^P} \sigma_{P_i}^{-2} (\tilde{P}_i - P_i)^2 + \sum_{j \in L^q \cup N^q} \sigma_{q_j}^{-2} (\tilde{q}_j - q_j)^2 \rightarrow \min_{q_j, P_i \in \Omega}, \quad (1)$$

де Ω – область, що визначається рівняннями моделі СПР.

Вибір методу розв'язання задачі (1) істотно залежить від конкретного представлення рівнянь моделі СПР [2].

Пропонується область Ω описувати системою рівнянь моделі СПР такого вигляду:

$$c_r q_r |q_r| + \sum_{j \in N} b_{1rj} P_j - \sum_{j \in L} b_{1rj} P_j = 0, r \in M; \quad (2)$$

$$q_i = \sum_{r \in M} b_{1ri} q_r, i \in L \cup N, \quad (3)$$

де P_j – тиск на початку ($j \in N$) або кінці ($j \in L$) j -ої фіктивної дуги; b_{1ri} – елемент цикломатичної матриці B_1 , побудованої для гілок дерева графа мережі; q_i – витрата по i -ій ділянці мережі.

Розділимо змінні задачі на залежні і незалежні. До незалежних змінних віднесемо тиск в дугах, що відповідають входам і виходам мережі $P_j, j \in L \cup N$, до залежних – витрати $q_i, i \in M \cup L \cup N$.

Тоді задача умовної мінімізації з нелінійними обмеженнями зводиться до задачі безумовної мінімізації тільки відносно незалежних змінних:

$$y(P_i, i \in L \cup N) \rightarrow \min_{P_i, i \in L \cup N}. \quad (4)$$

Для розв'язання задачі (4) доцільно використовувати модифікації методів оптимізації другого порядку.

Список використаних джерел:

1. Yonathan Bard. Nonlinear Parameter Estimation. Academic Press, 1974. 341 pp.
2. Козиренко С. І., Ільницький В.Б. Ідентифікація стану моделі сталого потокорозподілу у інженерних мережах // Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід: матеріали V міжнародної конференції, 29 листопада 2022 р. Дніпро, 2022. С. 169–172.

**ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ КВАЗІФУНКЦІЇ ГРІНА-РВАЧОВА
ДЛЯ ПОБУДОВИ ІТЕРАЦІЙНИХ МЕТОДІВ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ
ДЕЯКИХ НЕЛІНІЙНИХ КРАЙОВИХ ЗАДАЧ**

Чернишов Б.С.

Науковий керівник – д-р фіз.-мат. наук, проф. Сидоров М.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: bohdan.chernyshov@nure.ua

The paper considers the application of the Green-Rvachev quasi-functions method to the construction of the various methods of successive approximations for the numerical analysis of the first boundary value problem for the semilinear elliptic equation with the elliptic operator.

При математичному моделюванні стаціонарних процесів, що протікають у нелінійних середовищах, часто приходять до наступної першої крайової задачі для напівлінійного еліптичного рівняння:

$$\mathcal{L}u = f(\mathbf{x}, u), \mathbf{x} \in \Omega, \quad (1)$$

$$u(\mathbf{x}) > 0, \mathbf{x} \in \Omega, \quad (2)$$

$$u|_{\partial\Omega} = 0, \quad (3)$$

де $\mathcal{L}u = -\Delta u$ або $\mathcal{L}u = -\Delta u + \kappa^2 u$, $\kappa > 0$, Δ – оператор Лапласа, Ω – область у $\mathbb{R}^2$ чи у $\mathbb{R}^3$ з кусково-гладкою межею $\partial\Omega$, $\mathbf{x} = (x_1, x_2)$ чи $\mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3)$ відповідно, $f(\mathbf{x}, u)$ є неперервною і додатною для всіх $\mathbf{x} \in \bar{\Omega}$, $u > 0$ функцією.

Одним з методів чисельного аналізу задачі (1) – (3) є перехід від диференціального рівняння до нелінійного інтегрального рівняння з подальшою побудовою для його розв'язання деякого ітераційного процесу. Класичним варіантом побудови еквівалентної задачі (1) – (3) інтегрального рівняння є використання методу функцій Гріна з подальшим застосуванням для розв'язання отриманого рівняння методу двобічних наближень [1]. Обмеженість практичної реалізації такого підходу пов'язана з тим, що, незважаючи на існування функції Гріна для доволі широкого класу областей, її фактичне знаходження може біти здійснено лише у поодиноких випадках. Отже, актуальною є задача розробки нових методів побудови еквівалентних задачі (1) – (3) інтегральних рівнянь та чисельних методів їх аналізу, які б мали ширші конструктивні можливості.

Це можна зробити на основі переходу до еквівалентної задачі (1) – (3) інтегрального рівняння Урисона, використовуючи квазіфункцію Гріна-Рвачова замість функції Гріна [2].

Припустимо, що область Ω обмежена скінченною кількістю кусків ліній $\sigma_i(\mathbf{x}) = 0$, де $\sigma_i(\mathbf{x})$ – елементарна функція, $i = 1, 2, \dots, n$. Тоді за допомогою конструктивного апарату теорії R -функцій [3] можна побудувати у вигляді єдиного аналітичного виразу елементарну функцію $\omega(\mathbf{x})$ таку, що:

а) $\omega(\mathbf{x}) > 0$ у Ω ; б) $\omega(\mathbf{x}) = 0$ на $\partial\Omega$; в) $|\nabla\omega(\mathbf{x})| \neq 0$ на $\partial\Omega$.

Квазіфункція Гріна-Рвачова $Q(\mathbf{x}, \mathbf{s})$ першої крайової задачі має такий вигляд:

– для оператора $\mathcal{L}u = -\Delta u$ у $\mathbb{R}^2$

$$Q_2(\mathbf{x}, \mathbf{s}) = \frac{1}{2\pi} \ln \sqrt{1 + \frac{4\omega(\mathbf{x})\omega(\mathbf{s})}{r^2}},$$

де $\mathbf{x} = (x_1, x_2)$, $\mathbf{s} = (s_1, s_2)$, $r = |\mathbf{x} - \mathbf{s}| = \sqrt{(x_1 - s_1)^2 + (x_2 - s_2)^2}$;

– для оператора $\mathcal{L}u = -\Delta u$ у $\mathbb{R}^3$

$$Q_3(\mathbf{x}, \mathbf{s}) = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{\sqrt{r^2 + 4\omega(\mathbf{x})\omega(\mathbf{s})} - r}{r\sqrt{r^2 + 4\omega(\mathbf{x})\omega(\mathbf{s})}},$$

де $\mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3)$, $\mathbf{s} = (s_1, s_2, s_3)$, $r = |\mathbf{x} - \mathbf{s}| = \sqrt{(x_1 - s_1)^2 + (x_2 - s_2)^2 + (x_3 - s_3)^2}$;

– для оператора $\mathcal{L}u = -\Delta u + \kappa^2 u$ у $\mathbb{R}^2$

$$Q_2^{(\kappa)}(\mathbf{x}, \mathbf{s}) = \frac{1}{2\pi} \left(K_0(\kappa r) - K_0\left(\kappa \sqrt{r^2 + 4\omega(\mathbf{x})\omega(\mathbf{s})}\right) \right),$$

де $\mathbf{x} = (x_1, x_2)$, $\mathbf{s} = (s_1, s_2)$, $r = |\mathbf{x} - \mathbf{s}| = \sqrt{(x_1 - s_1)^2 + (x_2 - s_2)^2}$, $K_0(z)$ – модифікована функція Бесселя другого роду;

– для оператора $\mathcal{L}u = -\Delta u + \kappa^2 u$ у $\mathbb{R}^3$

$$Q_3^{(\kappa)}(\mathbf{x}, \mathbf{s}) = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{\sqrt{r^2 + 4\omega(\mathbf{x})\omega(\mathbf{s})} e^{-\kappa r} - r e^{-\kappa \sqrt{r^2 + 4\omega(\mathbf{x})\omega(\mathbf{s})}}}{r\sqrt{r^2 + 4\omega(\mathbf{x})\omega(\mathbf{s})}},$$

де $\mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3)$, $\mathbf{s} = (s_1, s_2, s_3)$, $r = |\mathbf{x} - \mathbf{s}| = \sqrt{(x_1 - s_1)^2 + (x_2 - s_2)^2 + (x_3 - s_3)^2}$.

Застосовуючи описаний у [2] підхід, отримаємо, що задача (1) – (3) еквівалентна інтегральному рівнянню

$$u(\mathbf{x}) = \int_{\Omega} K(\mathbf{x}, \mathbf{s}) u(\mathbf{s}) d\mathbf{s} + \int_{\Omega} Q(\mathbf{x}, \mathbf{s}) f(\mathbf{s}, u(\mathbf{s})) d\mathbf{s}, \quad (4)$$

де $K(\mathbf{x}, \mathbf{s}) = -\frac{1}{2\pi} \left(\frac{\partial^2 \tilde{g}}{\partial s_1^2}(\mathbf{x}, \mathbf{s}) + \frac{\partial^2 \tilde{g}}{\partial s_2^2}(\mathbf{x}, \mathbf{s}) \right)$, а функція $\tilde{g}(\mathbf{x}, \mathbf{s})$ визначається від-

повідно квазіфункції Гріна-Рвачова за формулами

$$\tilde{g}_2(\mathbf{x}, \mathbf{s}) = \ln \frac{1}{\sqrt{r^2 + 4\omega(\mathbf{x})\omega(\mathbf{s})}}, \quad \tilde{g}_3(\mathbf{x}, \mathbf{s}) = \frac{1}{\sqrt{r^2 + 4\omega(\mathbf{x})\omega(\mathbf{s})}},$$

$$\tilde{g}_2^{(\kappa)}(\mathbf{x}, \mathbf{s}) = K_0\left(\kappa \sqrt{r^2 + 4\omega(\mathbf{x})\omega(\mathbf{s})}\right), \quad \tilde{g}_3^{(\kappa)}(\mathbf{x}, \mathbf{s}) = \frac{1}{\sqrt{r^2 + 4\omega(\mathbf{x})\omega(\mathbf{s})}} e^{-\kappa \sqrt{r^2 + 4\omega(\mathbf{x})\omega(\mathbf{s})}}.$$

Розглянемо деякі ітераційні схеми, які можна запропонувати на основі рівняння (4).

1. *Метод простої ітерації.* Нехай $u^{(0)}(\mathbf{x})$ – початкове наближення (довільна неперервна і додатна у Ω функція, що задовольняє крайову умову (3)). Ітераційна схема має вигляд:

$$u^{(n)}(\mathbf{x}) = \int_{\Omega} K(\mathbf{x}, \mathbf{s}) u^{(n-1)}(\mathbf{s}) d\mathbf{s} + \int_{\Omega} Q(\mathbf{x}, \mathbf{s}) f(\mathbf{s}, u^{(n-1)}(\mathbf{s})) d\mathbf{s}, \quad n=1, 2, \dots \quad (5)$$

Умови збіжності ітерацій (5) отримуються, наприклад, на підставі застосування принципу Банаха про нерухому точку стискующего оператора, а початкове наближення взяти у вигляді $u^{(0)}(\mathbf{x}) = \omega(\mathbf{x})$.

2. *Метод ітерацій за нелінійністю.* Нехай початкове наближення $u^{(0)}(\mathbf{x})$ обрано як і у попередньому випадку. Тоді ітераційна схема має вигляд:

$$u^{(n)}(\mathbf{x}) - \int_{\Omega} K(\mathbf{x}, \mathbf{s}) u^{(n)}(\mathbf{s}) d\mathbf{s} = \int_{\Omega} Q(\mathbf{x}, \mathbf{s}) f(\mathbf{s}, u^{(n-1)}(\mathbf{s})) d\mathbf{s}, \quad n=1, 2, \dots \quad (6)$$

Ітерації (6) є послідовністю лінійних інтегральних рівнянь Фредгольма. Кожне таке рівняння можна наближено розв'язати, наприклад, методом Гальоркіна, обравши за координатну систему $\varphi_k(\mathbf{x}) = \omega(\mathbf{x})\tau_k(\mathbf{x})$, $k=1, 2, \dots$, де $\{\tau_k(\mathbf{x})\}$ – довільна повна в $L_2(\Omega)$ система функцій. Питання збіжності ітераційного процесу (6) вирішуються аналогічно п. 1.

3. *Метод двобічних наближень.* Рівняння (4) розглядатимемо у банаховому просторі $C(\bar{\Omega})$ неперервних у $\bar{\Omega}$ функцій як рівняння $u = T(u)$ з гетеротонним оператором T . При цьому простір $C(\bar{\Omega})$ вважатимемо напівупорядкованим за допомогою конуса невід'ємних функцій. Якщо цей гетеротонний оператор має сильно інваріантний конусний відрізок $\langle v_0, w_0 \rangle$, то, взявши за початкові наближення кінці цього відрізка, можна побудувати двобічний ітераційний процес знаходження наближеного розв'язку задачі (1) – (3), питання збіжності якого розглянуті у [2].

Обчислювальний експеримент було проведено для $f(\mathbf{x}, u) = \frac{1}{5} + \frac{1}{4}u^{\frac{3}{4}}$, яка виникає, зокрема, при вивченні селекційної міграційної моделі у популяційній генетиці. Отримані наближені розв'язки було порівняно між собою.

Список використаних джерел:

1. Gybkina N. V., Lamtyugova S. M., Sidorov M. V. Two-sided approximations method based on the Green's functions use for construction of a positive solution of the Dirichlet problem for a semilinear elliptic equation. *Радіоелектроніка, інформатика, управління*. 2021. № 3 (58). С. 26 – 41. DOI: 10.15588/1607-3274-2021-3-3

2. Sidorov M. V. Green-Rvachev's quasi-function method for constructing two-sided approximations to positive solution of nonlinear boundary value problems. *Carpathian Mathematical Publications*. 2018. Т. 10, № 2. С. 360-375. DOI: 10.15330/cmp.10.2.360-375

3. Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые её приложения. Киев : Наукова думка, 1982. 552 с.

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ РОБІТ ПРИ СИСТЕМНОМУ ПРОЕКТУВАННІ ТА РЕІНЖИНІРІНГУ ВИРОБНИЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

Чоломбитько Д.В.

Науковий керівник – д-р техн. наук, проф. Безкоровайний В.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. СТ,
м. Харків, Україна
e-mail: dmytro.cholombytko@nure.ua

This work examines the question of how to efficiently distribute work packages performed in production technological systems. Current work allocation methods have been analyzed and found to be ineffective in real-world practical applications. The work proposes improvement through the development of a multi-criteria model for decision-making taking into account material, time resources and the level of quality of work results. This new approach is expected to significantly increase the efficiency of designing and re-engineering complex manufacturing systems.

В умовах швидких змін попиту на продукцію, обсягів і номенклатури виробництва в сучасних виробничих компаніях все частіше виникає необхідність системного перепроєктування та реінжинірингу їх технологічних систем (ТС) [1].

Однією з найважливіших задач проектування ТС є задача їх системної структурної оптимізації, що передбачає вибір оптимальної кількості її елементів (виконавців чи обладнання), їх типів і технології функціонування. У процесі її розв'язання враховуються алгоритми розподілу робіт технологічних завдань. Існуючі математичні моделі та методи розподілу робіт мають суттєві обмеження в можливостях та практичному застосуванні. Вони не враховують багатокритеріального характеру задачі, стохастичного характеру вхідних потоків пакетів робіт, наявності специфічних бізнес-правил при проведенні розподілу [2].

Метою дослідження є вдосконалення існуючих методів розподілу пакетів робіт при системному проектуванні ТС шляхом розробки моделі багатокритеріального розподілу пакетів робіт, що виконуються нею.

Розглядається задача розподілу потоків пакетів з n робіт серед r виконавців за критеріями: використання матеріальних чи фінансових ресурсів на виконання пакету робіт $k_1(x) \rightarrow \min$, часу виконання всього пакету робіт $k_2(x) \rightarrow \min$ та якості виконання пакету робіт $k_3(x) \rightarrow \max$ [2].

Подано цільову функцію локального критерію використання матеріальних чи фінансових ресурсів: $k_1(x) = c_{\Delta} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min_x$ (де c_{Δ} – витрати на фазах розподілу та агрегації робіт пакету; $c_{ij} = (c_{ij}^0 + c_{ij}')$ – сума номіналь-

них витрат та витрат на перехід до виконання i -ї роботи j -м виконавцем; x – матриця призначення: $x_{ij} = 1$ – i -та робота призначена j -му виконавцю; $x_{ij} = 0$ – не призначена).

Як показник продуктивності використано оцінку часу на виконання всього пакету робіт. Він визначається максимальним часом виконання робіт пакету на другій фазі: $k_2(x) = \tau_{\Delta} + \max_i \{ \tau_{ij} x_{ij} \} \rightarrow \min_x$ (де τ_{Δ} – часові витрати на розподіл та агрегацію пакету робіт, $\tau_{ij} = (\tau_{ij}^0 + \tau'_{ij})$ – сума номінальних часових витрат на виконання та часу на перехід до виконання i -ї роботи j -м виконавцем).

Якість виконання всього пакету робіт буде визначатися мінімальною якістю виконання робіт на другій фазі: $k_3(x) = \min_x \{ q_{ij} x_{ij} \} \rightarrow \max_x$, (де q_{ij} – якість виконання i -ї роботи j -м виконавцем

Для врахування всієї множини локальних критеріїв використаємо зважену згортку їх функцій корисності. Тоді математичну модель задачі багатокритеріального розподілу робіт можна подати у такому вигляді:

$$\begin{cases} P(x) = \sum_{l=1}^3 \lambda_l \xi_l(x) \rightarrow \max_x, \\ \sum_{i=1}^n x_{ij}, j = \overline{1, n}, \sum_{j=1}^n x_{ij}, i = \overline{1, n}, x_{ij} \in \{0, 1\}, i, j = \overline{1, n}, \end{cases}$$

де λ_l , $\xi_l(x)$, $l = \overline{1, 3}$ – вагові коефіцієнти та функції корисності локальних критеріїв.

Запропоновано рішення для підвищення ефективності виробничих технологічних систем за рахунок розробки математичної моделі задачі багатокритеріального розподілу пакетів виконуваних робіт, що дозволить більш ефективно проводити їх системне проектування та реінжиніринг.

Список використаних джерел:

1. Кононова І. В. Методичний підхід до оцінки стійкості розвитку соціально-економічних систем в умовах мінливості зовнішнього середовища. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету*. 2018. С. 9–14.
2. Bezkorovainyi V., Bezuhla H., Cholombytko D. Mathematical models of the cyclic work package distribution task. *Innovative integrated computer systems in strategic project management*: Collective monograph edited by I. Linde. Riga: ISMA, 2022. P. 7–15.

**МЕТОДИ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ
ЗОВНІШНЬОГО НЕЗАЛЕЖНОГО ОЦІНЮВАННЯ**

Шарай К.В.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Гибкіна Н.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна

e-mail: kateryna.sharai@nure.ua

This work considers the application of cluster analysis methods, in particular, the k-means method and its modifications to consolidate the Kharkiv secondary education institutes into groups and compare them by the results of External Independent Evaluation. The results of clustering will be presented in graphic form so the principal components method will be used for this purpose. The obtained findings will be meaningful for solving application tasks related to the field of education, for example, for the estimation how quality the educational preparation in different disciplines is and revealing what changes are needed to improve the level of training in every distinct school.

Одним з найефективніших підходів до роботи з великими даними є використання методів багатовимірною статистичного аналізу та автоматизація цих методів за допомогою технологій машинного навчання.

Розглянемо застосування таких методів статистичного аналізу як метод головних компонент та ітеративні методи кластеризації для дослідження результатів складання зовнішнього тестування (зовнішнє незалежне оцінювання – ЗНО) учнями закладів середньої освіти (ЗСО) [1]. Актуальність дослідження впливає з потреби у контролі рівня освітньої підготовки учнів та його покращення. Моніторинг результатів ЗНО із застосуванням методів аналізу даних та машинного навчання допоможе розділити аналізовані ЗСО на групи, у кожній з яких ЗСО характеризуються подібним рівнем якості навчання за окремими предметами та профільними предметами, популярністю того чи іншого предмета серед учнів для складання ЗНО. Проаналізувавши структуру кластерів та виявивши загальні тенденції, за якими їх було сформовано, можна пропонувати заходи щодо підвищення якості навчання, а також підтримки наявних високих результатів. Наприклад, доцільним буде створити план для більш ефективної підготовки учнів з предметів, за якими переважають низькі бали, або створити профільні класи з посиленням вивчення окремих дисциплін чи перепрофілювати навчальний заклад повністю. Для закладів вищої освіти використання результатів аналізу дозволить визначати ЗСО, більша частина випускників яких отримує високі результати ЗНО за профільним для вступу предметами.

У дослідженні розглядається набір даних, що містить відомості про результати ЗНО випускників ЗСО Харкова за 2020–2021 навчальний рік. Їх подано у вигляді таблиці, що складається з 234 записів, кожен з яких пред-

ставляє окремий ЗСО. Для кожного об'єкта (ЗСО) наводяться значення наступних ознак: назва та тип ЗСО; число осіб, що складали іспит з дисципліни; відсоткові показники числа випускників, які отримали: менше 100 балів, 100-120, 120-140, 140-160, 160-180, 180-200 балів; а також тих, хто не складав ЗНО з даного предмета. Задача полягає в обробці наявних даних та їх статистичному аналізі з метою виявлення закономірностей в оцінках випускників різних ЗСО за окремими предметами.

Попередньо здійснюється підготовча обробка вихідних даних. Вона складається з наступних етапів: масштабування ознак (нормалізація чи стандартизація для їх зведення до єдиної шкали вимірювання), поділ масиву на тренувальну та тестову вибірки, відбір ознак з метою зменшення розмірності датасету. Для візуального подання результатів кластеризації в подальшому використовуються 2 агреговані ознаки об'єктів, отримані за допомогою методу головних компонент. Після завершення попередньої обробки отримуємо дані, готові до кластерного аналізу.

Сутність кластеризації полягає в тому, щоб розділити набір даних на групи, в яких міститимуться подібні об'єкти, а несхожі об'єкти належатимуть різним кластерам [2]. Схожість об'єктів визначається відстанню між ними в сенсі обраної метрики. В якості міри відстані d між окремими об'єктами використовуватимемо евклідову метрику

$$d(\vec{x}, \vec{x}') = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x^{(i)} - x'^{(i)})^2}, \text{ де } x^{(i)}, x'^{(i)} - \text{значення } i\text{-ї ознаки (атрибута) об'єктів } \vec{x} \text{ та } \vec{x}', i = \overline{1, n}.$$

Метою кластеризації є побудова відображення $f: X \rightarrow Y$, яке кожному об'єкту з X ставить у відповідність мітку одного з кластерів $y^{(j)}$, $y^{(j)} \in Y$, де Y – множина всіх кластерів. Кінцевим результатом буде розділений на m груп вихідний масив даних, тобто матимемо розбиття аналізованих ЗСО на m кластерів, що сформувався на основі об'єднання закладів з певною спільною закономірністю. У дослідженні пропонується використовувати ітеративні методи кластеризації, зокрема, k -середніх, k -середніх+, k медіан. Кількість кластерів m можна визначити за допомогою методу ліктя.

Проаналізувавши склад кластерів, а також тенденції, що простежуються в кожному з них, можна отримати важливі для практичної діяльності висновки щодо якості напрямів освітньої підготовки у ЗСО.

Список використаних джерел:

1. Гибкіна Н.В., Сидоров М.В. Статистичний аналіз результатів зовнішнього незалежного оцінювання у м. Харкові за 2019 рік. *Радіоелектроніка та інформатика*. 2020. № 2 (89). С. 11–22.

2. Raschka S., Mirjalili V. Python Machine Learning: Machine Learning and Deep Learning with Python, scikit-learn, and TensorFlow. Packt Publishing, 2017. 622 p.

ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПЛАЗМОСТАТИКИ

Шерстнюк Д.В.

Науковий керівник – д-р фіз.-мат. наук, проф. Сидоров М.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна

e-mail: dmytro.sherstniuk@nure.ua

We considers the two-dimensional problem of plasma statics with a cylindrical geometry and a helical magnetic field. Problems of this class arise when calculating the characteristics of plasma configurations in magnetic traps. The mathematical model of the plasma statics problem under consideration is a non-linear boundary value problem for the Grad-Shafranov equation. For the numerical study of the problem, it is proposed to use successive approximations method and least squares method.

Розвиток програм керованого термоядерного синтезу приводить до підвищеного інтересу до розрахунку рівноважних плазмових конфігурацій. Найбільший інтерес з практичної точки зору викликають рівноважні конфігурації, що мають деякий тип симетрії.

Розглянемо задачу плазмостатики. В круглому циліндрі радіуса R на відстані ρ_0 ($\rho_0 < R$) від центра через рівні кути $\frac{2\pi}{N}$ розташовано N гвинтових провідників зі струмами, які рівні за величиною і напрямком. Вважатимемо, що задача має гвинтову симетрію, тобто в циліндричній системі координат (ρ, φ, z) усі величини залежать тільки від двох змінних ρ і $\omega = \varphi - \frac{\alpha z}{\rho_0}$, де $\alpha = \frac{2\pi\rho_0}{h}$, h – крок гвинта провідників. В цьому випадку компоненти H_ρ і $H_\omega \equiv H_\varphi - \alpha\rho H_z$ вектора напруги магнітного поля можна подати через похідні функції магнітного потоку ψ : $H_\rho = \frac{1}{\rho} \frac{\partial \psi}{\partial \omega}$, $H_\omega = -\frac{\partial \psi}{\partial \rho}$, та від вихідних рівнянь Максвелла для електромагнітного поля перейти до скалярного рівняння для ψ (рівняння Грета-Шафранова):

$$\Delta^{**} \psi = -j_z^{ex} + \frac{2\alpha I}{v^2} - \frac{dI}{d\psi} - \frac{I}{v} \frac{dI}{d\psi} \text{ у } \Omega = \{\rho < R\}, \quad (1)$$

де $\Delta^{**} \psi \equiv \nabla \left(\frac{\nabla \psi}{\rho} \right) \equiv \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} \left(\frac{\rho}{v} \frac{\partial \psi}{\partial \rho} \right) + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \omega^2}$, $v \equiv 1 + \alpha^2 \rho^2$, j_z^{ex} – щільність токів заданих провідників.

Тиск плазми $p(\psi)$ і функцію електричного струму $I(\psi) \equiv H_z + \alpha\rho H_\varphi$ відповідно можна задати у вигляді $I = \frac{\alpha}{2\pi}$, $p(\psi) = p_0 e^{-\frac{\psi^2}{q^2}}$.

Крайова задача з рівнянням (1) розглядається в області $\Omega = \{\rho < R\}$, межа якої $\partial\Omega = \{\rho = R\}$ вважається непроникною для магнітного поля: $H_\rho = 0$. Тоді рівняння (1) слід доповнити крайовою умовою:

$$\psi|_{\partial\Omega} = C = \text{const}. \quad (2)$$

Для забезпечення максимуму тиску $p(\psi)$ на вісі циліндра сталу C обирають так, щоб:

$$\psi|_{\rho=0} = 0. \quad (3)$$

Таким чином, для знаходження функції магнітного потоку ψ треба розв'язати в області Ω рівняння (1) з крайовою умовою (2) і додатковою умовою (3). Позначимо $F(\rho, \omega, \psi) = -j_z^{\text{ex}} + \frac{2\alpha I}{v^2} - \frac{d\rho}{d\psi} - \frac{I}{v} \frac{dI}{d\psi}$ і в задачі (1), (2) зробимо заміну:

$$\psi = C + u, \quad (4)$$

де u – нова шукана функція.

Тоді для функції u отримаємо таку крайову задачу:

$$\Delta^{**} u = F(\rho, \omega, C + u) \text{ у } \Omega, \quad (5)$$

$$u|_{\partial\Omega} = 0. \quad (6)$$

Для розв'язання задачі (5) – (6) скористаємося методом послідовних наближень. Нехай початкове наближення $u^{(0)}$ задано (наприклад, $u^{(0)} \equiv 0$) і знайдено наближення $u^{(k)}$. Тоді наступне $(k+1)$ -е наближення $u^{(k+1)}$ знайдемо як розв'язок лінійної задачі:

$$\Delta^{**} u^{(k+1)} = F(\rho, \omega, C + u^{(k)}) \text{ у } \Omega, \quad (7)$$

$$u^{(k+1)}|_{\partial\Omega} = 0, \quad (8)$$

яка містить параметр C , $k = 0, 1, 2, \dots$

Наближений розв'язок задачі (7), (8) шукатимемо у вигляді:

$$u^{(k+1)} \approx u_{2n+1}^{(k+1)} = c_0^{(k+1)}(R - \rho) + \sum_{j=1}^n c_{2j-1}^{(k+1)} \rho^j (R - \rho) \cos j\omega + \sum_{j=1}^n c_{2j}^{(k+1)} \rho^j (R - \rho) \sin j\omega. \quad (9)$$

Коефіцієнти $c_0^{(k+1)}$, $c_1^{(k+1)}$, ..., $c_{2n}^{(k+1)}$ з (9) відповідно до метода найменших квадратів знайдемо з умови:

$$\int_0^R \rho \sqrt{1 + \alpha^2 \rho^2} d\rho \int_0^{2\pi} (R_{2n+1}(\rho, \omega, C))^2 d\omega \rightarrow \min,$$

де відхил $R_{2n+1}(\rho, \omega, C) = \Delta^{**} u_{2n+1}^{(k+1)} - F(\rho, \omega, C + u^{(k)})$.

Далі з умови (3) слід знайти параметр C .

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Шкурко В.В.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Поляков А.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: viacheslav.shkurko@nure.ua

This scientific article explores the burgeoning field of applying artificial intelligence (AI) to software testing, aiming to enhance the efficiency and effectiveness of the software development lifecycle. The study delves into the integration of AI techniques, including machine learning, natural language processing, and automation, to streamline testing processes and address the evolving challenges in software quality assurance.

Тестування програмного забезпечення (ПЗ) – процес перевірки відповідності заявлених до продукту вимог і реалізованої функціональності, який здійснюють шляхом спостереження за його роботою в штучно створених ситуаціях і на обмеженому наборі тестів. Це комплексний процес, який включає безліч видів активностей: аналіз вимог, створення тест-кейсів, безпосереднє проведення тестування продукту, пошук і фіксування багів. Залежно від потреб продукту, процес тестування ПЗ може включати різні види тестування, які охоплюють перевірку різного функціоналу і критично необхідних вимог: тестування зручності використання, тестування інтерфейсу, функціональне тестування і т.п.. Окремо виділяють автоматизоване тестування (що дозволяє оптимізувати процес тестування для випадків, коли необхідно обробляти великий обсяг даних і функціонал, що повторюється), так і мануальне тестування (у разі, якщо процес автоматизації стає надто складним та витратним). Залежно від різних етапів життєвого циклу існують види тестування, спрямовані на перевірку змін або впровадження нового функціоналу, так і перевірку стабільності роботи продукту у цілому (регресійне та системне тестування).

В останні роки складність програмних систем зросла, що зумовлено складною архітектурою, розгалуженою функціональністю та зростаючим попитом на швидкі випуски програмного забезпечення. У відповідь на ці виклики інтеграція штучного інтелекту (ШІ) в тестування ПЗ набула популярності: за рахунок ШІ зменшується вплив людського фактору із-за чого підвищується швидкість проходження процесу тестування та точність знаходження дефектів у автоматизованому та API тестуванні, згорткові нейронні мережі (CNN) використовуються для тестування на основі зображень або для візуальної ідентифікації дефектів, рекурентні нейронні мережі (RNN) здатні аналізувати вимоги та на їх основі генерувати тест-кейси.

Інтеграція ІІІ у тестування ПЗ сприяє створенню більш спільного та гнучкого середовища розробки. Методи ІІІ можуть легко інтегруватися в існуючий процес розробки ПЗ, забезпечуючи зворотний зв'язок з розробниками в режимі реального часу на етапі кодування. Така інтеграція дозволяє виявляти потенційні проблеми на ранній стадії, скорочуючи час і зусилля, необхідні для налагодження, і забезпечуючи більш ефективний процес розробки [5].

ІІІ з його здатністю аналізувати величезні масиви даних, виявляти закономірності та вчитися на ітеративних процесах пропонує перспективний шлях до оптимізації та прискорення життєвого циклу тестування ПЗ. Традиційні методи тестування, хоч і ефективні, але часто забирають багато часу та ресурсів: детальний аналіз вимог, ручне створення тест-кейсів, тестування великих баз даних та об'ємні види тестування (API, регресійне та системне). В цій роботі аналізується застосування штучного інтелекту в галузі тестування ПЗ, досліджується його значення, цілі та методології [1].

Один з ключових внесків полягає в здатності ІІІ самостійно виявляти закономірності, аномалії та потенційні проблеми в коді, протиріччя у вимогах до ПЗ. Ця адаптивність спрощує взаємодію з частинами програмних додатків, що змінюються (вимоги та функціонал) і різноманітними середовищами, в яких вони працюють. З розвитком ПЗ інструменти тестування на основі ІІІ розвиваються в методи та моделі, забезпечуючи безперервне підвищення точності та охоплення тестування [2].

Важливим аспектом застосування ІІІ в тестуванні ПЗ є його вміння створювати реалістичні та різноманітні тестові сценарії. Завдяки створенню синтетичних даних і симуляції різних взаємодій користувачів, ІІІ сприяє комплексному тестуванню, яке точно відображає реальне використання. Це підвищує надійність результатів тестування, але й допомагає виявити потенційні вразливості, які можуть виникнути в різних сценаріях тестування. Також спостерігається розвиток фреймворків для автономного тестування (ФАТ), що спостерігається у роботах [3, 4]. ФАТ використовують методи, що керуються ІІІ, для автономного проектування, виконання та оптимізації тестових кейсів. Автономність ФАТ полягає в тому, що зменшує залежність від людського втручання та фокусується на процесі тестування, також робить можливим обробку вимог до тестування, як у великих так і у складних програмних проєктів (ПП) [3].

Інтелектуальна автоматизація тестування сьогодні є одним з помітних застосувань ІІІ в тестуванні ПЗ [1]. Традиційні інструменти автоматизації тестування часто вимагають явного написання сценаріїв і заздалегідь визначених тестових кейсів. На відміну від них, інструменти автоматизації, що були інтегровані з ІІІ, мають здатність до самонавчання та адаптації, що дає їм змогу орієнтуватися в динамічних інтерфейсах і реагувати на зміни в програмному забезпеченні без необхідності постійних ручних на-

лаштувань. Така адаптивність призводить до більш надійного та стійкого автоматизованого тестування, навіть в умовах частих оновлень і змін ПЗ.

Аналізуючи пріоритетність тестових кейсів на основі історичних патернів дефектів, змін у коді та критично важливих функцій, інтеграція ІІІ у процес тестування зосереджується на ділянках з найбільшим потенціалом для виявлення критичних проблем. Такий цілеспрямований підхід підвищує ефективність процесів тестування і дозволяє більш раціонально розподіляти ресурси [4]. Здатність до самооптимізації ІІІ не тільки прискорює процес тестування, але й мінімізує ризик пропуску критичних дефектів, що в кінцевому підсумку призводить до створення більш якісних програмних продуктів.

Оскільки програмний ландшафт продовжує розвиватися, роль ІІІ в тестуванні стає все більш незамінною. Здатність алгоритмів ІІІ обробляти складні тестові сценарії, передбачати потенційні проблеми і надавати глибоку аналітику дає командам розробників можливість приймати обґрунтовані рішення, забезпечуючи створення надійних і зручних для користувача програмних рішень.

Список використаних джерел:

1. Groz R., Simao A., Bremond N., Oriat, C. Revisiting AI and Testing Methods to Infer FSM Models of Black-Box Systems // ICSE'18: 40th International Conference on Software Engineering: AST '18: Proceedings of the 13th International Workshop on Automation of Software Test (May 28 - 29, 2018). Gothenburg, Sweden, 2018. P. 16–19. <http://dx.doi.org/10.1145/3194733.3194736>
2. Dangeti P. Statistics for Machine Learning: Techniques for Exploring Supervised, Unsupervised, and Reinforcement Learning Models with Python and R. Birmingham, UK : Packt Publishing, 2017. 426 p.
3. Alloghani M., Al-Jumeily D., Mustafina J., Hussain A., Aljaaf A.J. A Systematic Review on Supervised and Unsupervised Machine Learning Algorithms for Data Science. Supervised and Unsupervised Learning for Data Science, Cham : Springer International Publishing, 2020. P. 3–21. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-22475-2_1.
4. Gulli A., Pal S. Deep Learning with Keras: implement neural networks with Keras on Theano and TensorFlow. Birmingham Mumbai : Packt Publishing, 2017. 303 p.
5. Yasnitsky L. N. Whether Be New "Winter" of Artificial Intelligence?. In: Antipova, T. (eds) Integrated Science in Digital Age. ICIS 2019. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 78. Springer, Cham. P. 13–17. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22493-6_2

ДВОБІЧНІ ІТЕРАЦІЙНІ МЕТОДИ У МАТЕМАТИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ТЕРМОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Янбеков Р.Я.

Науковий керівник – д-р фіз.-мат. наук, проф. Сидоров М.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: rasil.yanbekov@nure.ua

The paper considers the application of bilateral iterative methods to the solution of the first boundary value problem for an elliptic semi-linear differential equation with the Helmholtz operator, which occurs in mathematical modeling of thermochemical processes.

Математичне моделювання стаціонарних термохімічних процесів, що відбуваються у області $\Omega \subset \mathbb{R}^2$, приводить до наступної крайової задачі для напівлінійного еліптичного рівняння [1]

$$-\Delta u = f(\mathbf{x}, u), \quad \mathbf{x} = (x_1, x_2) \in \Omega, \quad (1)$$

$$u(\mathbf{x}) > 0, \quad \mathbf{x} \in \Omega, \quad (2)$$

$$u|_{\partial\Omega} = 0. \quad (3)$$

У задачі (1) – (3) функція $f(\mathbf{x}, u)$ має сенс нелінійних джерел тепло-виділення, джерел речовини при дифузії тощо. У багатьох випадках її можна познати у вигляді $f(\mathbf{x}, u) = -qu + g(\mathbf{x}, u)$, де $g(\mathbf{x}, u)$ – неперервна та додатна, коли $\mathbf{x} \in \Omega$, $u > 0$, функція. Доданок qu описує джерела чи стоки тепла або речовини при хімічній реакції, що є пропорційними температурі. При цьому значенню $q > 0$ відповідає стік, а $q < 0$ – джерело. Позначивши $q = \pm \kappa^2$, від задачі (1) – (3) ми приходимо до задачі

$$-\Delta u \pm \kappa^2 u = g(\mathbf{x}, u), \quad \mathbf{x} \in \Omega, \quad (4)$$

$$u(\mathbf{x}) > 0, \quad \mathbf{x} \in \Omega, \quad (5)$$

$$u|_{\partial\Omega} = 0. \quad (6)$$

У роботі [2] для випадку рівняння $-\Delta u + \kappa^2 u = g(\mathbf{x}, u)$ було обґрунтовано застосування методу двобічних наближень на основі використання функції Гріна. Цей метод полягає у переході від диференціальної задачі до еквівалентного інтегрального рівняння Гаммерштейна, ядром якого є функції Гріна першої крайової задачі для оператора Гельмгольца $-\Delta u + \kappa^2 u$. Зазначена функція Гріна є невід’ємною в $\Omega \times \Omega$, що дає можливість застосувати для обґрунтування методу двобічних наближень теорію нелінійних операторів у напівопорядкованих просторах [3].

Проте до рівняння $-\Delta u - \kappa^2 u = g(\mathbf{x}, u)$ цей підхід не може бути застосований, оскільки функція Гріна першої крайової задачі для оператора

Гельмгольца $-\Delta u - \kappa^2 u$ існує не для всіх $\kappa > 0$, а у разі існування може не бути невід'ємною у квадраті $\Omega \times \Omega$. Запишемо рівняння $-\Delta u - \kappa^2 u = g(\mathbf{x}, u)$ у вигляді $-\Delta u = \kappa^2 u + g(\mathbf{x}, u)$. Тоді відповідна крайова задача буде еквівалентною інтегральному рівнянню

$$u(\mathbf{x}) = \int_{\Omega} G(\mathbf{x}, \mathbf{s}) [\kappa^2 u(\mathbf{s}) + g(\mathbf{s}, u(\mathbf{s}))] d\mathbf{s}, \quad (7)$$

де $G(\mathbf{x}, \mathbf{s})$ – функція Гріна першої крайової задачі для оператора $-\Delta u - \kappa^2 u$.

Рівняння (7) розглядатимемо як операторне рівняння $u = T(u)$ у просторі $C(\bar{\Omega})$ функцій, що є неперервними в області $\bar{\Omega} = \Omega \cup \partial\Omega$. Напівупорядкуємо цей простір конусом K_+ невід'ємних неперервних функцій, тобто $v \leq w$ за конусом K_+ , якщо $w - v \in K_+$. Якщо функція $g(\mathbf{x}, u)$ дозволяє діагональне подання $g(\mathbf{x}, u) = \hat{g}(\mathbf{x}, u, u)$, де функція $\hat{g}(\mathbf{x}, v, w)$ зростає за v і спадає за w , то оператор T , який визначається правою частиною рівняння (7) буде гетеротонним. Тоді за умови існування для нього сильно інваріантного конусного відрізка $\langle v_0, w_0 \rangle$ можна сформулювати ітераційний процес

$$v^{(k)}(\mathbf{x}) = \int_{\Omega} G(\mathbf{x}, \mathbf{s}) [\kappa^2 v^{(k-1)}(\mathbf{s}) + \hat{g}(\mathbf{s}, v^{(k-1)}(\mathbf{s}), w^{(k-1)}(\mathbf{s}))] d\mathbf{s}, \quad k = 1, 2, \dots, \quad (8)$$

$$w^{(k)}(\mathbf{x}) = \int_{\Omega} G(\mathbf{x}, \mathbf{s}) [\kappa^2 w^{(k-1)}(\mathbf{s}) + \hat{g}(\mathbf{s}, w^{(k-1)}(\mathbf{s}), v^{(k-1)}(\mathbf{s}))] d\mathbf{s}, \quad k = 1, 2, \dots, \quad (9)$$

$$v^{(0)}(\mathbf{x}) = v_0(\mathbf{x}), \quad w^{(0)}(\mathbf{x}) = w_0(\mathbf{x}), \quad (10)$$

Якщо ітераційний процес (8) – (10) є збіжним, то він приводить до двобічної послідовності наближень до точного розв'язку $u^*(\mathbf{x})$ розглядуваної крайової задачі, а саме виконуватиметься ланцюг нерівностей

$$v_0 = v^{(0)} \leq v^{(1)} \leq \dots \leq v^{(k)} \leq \dots \leq u^* \leq \dots \leq w^{(k)} \leq \dots \leq w^{(1)} \leq w^{(0)} = w_0.$$

Перевага запропонованого двобічного ітераційного метода перш за все полягає в тому, що ми на кожній ітерації можемо апостеріорно оцінити похибку наближення $u^{(k)}(\mathbf{x}) = 0,5(w^{(k)}(\mathbf{x}) + v^{(k)}(\mathbf{x}))$ за формулою

$$\|u^* - u^{(k)}\|_{C(\bar{\Omega})} \leq 0,5 \max_{\mathbf{x} \in \bar{\Omega}} (w^{(k)}(\mathbf{x}) - v^{(k)}(\mathbf{x})).$$

Список використаних джерел:

1. Pao C. V. Nonlinear parabolic and elliptic equations. New York : Plenum Press, 1992. XV+777 p.
2. Gybkina N. V., Lamtyugova S. M., Sidorov M. V. Two-sided approximations method based on the Green's functions use for construction of a positive solution of the Dirichlet problem for a semilinear elliptic equation. *Радіоелектроніка, інформатика, управління*. 2021. № 3 (58). С. 26 – 41. DOI: 10.15588/1607-3274-2021-3-3
3. Опойцев В. И., Хуродзе Т. А. Нелинейные операторы в пространствах с конусом. Тбилиси : Изд-во Тбилис. ун-та, 1984. 272 с.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Ф

Fedosieienko A.O., 155

К

Kravchenko O.O., 6

Л

Lukashov D.S., 157

М

Mieshkov D.M., 9

А

Авлякулов Т.Е., 11

Авсітідійський М.М., 159

Б

Безродний В.В., 161

Бегунова В.Д., 13

Білобородов А.А., 163

Білоцерківська В.А., 16

Богдан Н.І., 19

Бузова К.В., 166

Бутенко П.В., 21

Бутирін І.С., 168

В

Василишин К.В., 170

Васильєв Р.Р., 24

Вечірська А.Д., 27

Верушкін І.О., 173

Г

Гаронін В.В., 176

Гвоздєв М.І., 178

Гета Д.В., 180

Голубощенко Р.В., 182

Гончаренко В.Д., 184

Гончаров Д.М., 29

Гончарова К.С., 186

Гончарова О.В., 31

Гречишкін Д.С., 33

Григор'єва Д.О., 36

Громова В.В., 188

Д

Дебре В.С., 39

Денисов Р.К., 191

Дзюба Є.В., 193

Дубинський В.М., 195

Дудар М.А., 197

Є

Євтушенко Д.А., 41

Ємельянова К.О., 44

І

Іванова С.І., 46

Ільницький В.Б., 199

Ісаєв Є.А., 49

К

Кайдаш С.А., 201

Калініченко А.С., 203

Капленко Н.В., 206

Караконстантин Д.О., 52

Касумов А.І., 54

Кит М.О., 208

Коваль Ю.І., 210

Ковальова В.Ю., 212

Ковальова Т.Ю., 214

Ковтун А.Д., 216
Ковтуненко А.Р., 57
Колісник О.В., 219
Колодяжний А.С., 221
Кондратова А.Ю., 60
Корякіна С.М., 63
Кравченко Д.С., 65

Л

Лавошник І.О., 68
Ларін І.П., 71
Леонов Л.О., 73
Леховіцький Д.О., 224
Ломія С.Г., 226
Луханін В.С., 228
Любименко Р.С., 76
Ляшенко Є.С., 230

М

Магніцький Є.Д., 78
Мазничко М.В., 232
Мазур Є.В., 80
Макаров Д.С., 82
Максименко А.С., 235
Максимов С.В., 237
Маханьов Р.О., 84
Меженна І.Д., 87
Мелашенко О.П., 239
Мироненко О.Ю., 242

Н

Навроцький Д.О., 245
Науменко В.В., 90
Никоненко В.І., 247
Новаковський А.В., 249
Новічонок М.С., 93, 96
Норматова Т.В., 93, 96

О

Одейчук О.М., 99
Омельяненко А.В., 252
Осипов І.М., 173
Оченашко М.О., 102
Ощепков Є.С., 254

П

Павлюк О.В., 257
Пархоменко В.Г., 259
Петришин А.Ю., 262
Подгорний О.Р., 264
Подшивалова О.Є., 104
Полубєхін А.А., 107
Полуляхова Д.І., 267
Прокоп'єв С.А., 110
Проценко А.В., 270

С

Савченко А.В., 273
Сафоненко В.В., 276
Сердюков А.А., 270
Сизченко М.Д., 278
Соляник А.О., 280
Спичак П.О., 282
Стаднікова Г.В., 284
Стецун К.С., 287
Стрельцов О.А., 112
Супрун А.Є., 114
Суровикін Ю.В., 116

Т

Танянський О.С., 119
Таранюк М.М., 290
Терещенко О.О., 121
Тесленко Д.М., 124
Ткаченко Н.О., 127

У

Уткін Є.І., 130

Ф

Фесенко К.П., 292

Фролов Д.Є., 132

Фуніков А.С., 294

Х

Хамаза А.О., 296

Хацько Д.С., 298

Хвалюк В.В., 300

Ходонович А.Б., 134

Ц

Цехмістренко К.В., 136

Ціпковський В.О., 138

Ч

Чернишов Б.С., 302

Чоломбитько Д.В., 305

Ш

Шарай К.В., 239, 307

Шевченко О.Т., 141

Шерстнюк Д.В., 309

Широкорад К.А., 143

Шкарупа А.О., 146

Шкурко В.В., 311

Шовковий Є.І., 148

Я

Яковенко А.П., 150

Янбеков Р.Я., 314

Ясько О.С., 152

Яськова Є.Г., 195

ЗМІСТ

КОМП'ЮТЕРНИЙ ЗІР, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

1. Комп'ютерний зір та мультимедійні системи 5
2. Системний аналіз, математичне та комп'ютерне моделювання. 154

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК 316

«РАДІОЕЛЕКТРОНІКА І МОЛОДЬ У ХХІ СТОЛІТТІ»

Матеріали 28-го Міжнародного молодіжного форуму

Відповідальний випусковий

В.О. Дорошенко

Комп'ютерна верстка

Т.Є. Сергієнко

Матеріали збірника публікуються в авторському варіанті
без редагування

A nighttime aerial view of Kharkiv, Ukraine, showing a dense urban landscape with illuminated buildings and streets. In the foreground, a large, classical-style building with a pediment and columns is visible, likely the Kharkiv National University of Radio Electronics. The image is overlaid with a dark blue geometric pattern of intersecting lines and semi-transparent yellow and blue shapes.

Матеріали XXVIII Міжнародного молодіжного форуму

«Радіоелектроніка та
молодь у XXI столітті»

Харківський національний
університет радіоелектроніки