

АНОТАЦІЯ

Пань Тяньде. Методи та програмні засоби розпізнавання неправдивої або нерелевантної інформації у контенті новинних соціальних мереж. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення» – Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, 2025.

Підготовка здійснювалась на кафедрі комп'ютерних наук Західноукраїнського національного університету Міністерства освіти і науки України.

Дисертаційна робота присвячена розв'язуванню актуального науково-технічного завдання підвищення ефективності виявлення та аналізу фейкового контенту в новинних соціальних мережах в умовах обмеженої вибірки даних.

Сучасне інформаційне суспільство характеризується стрімким розвитком соціальних мереж, які стали одним із основних каналів поширення новин, комунікації та формування суспільної думки. Водночас із розширенням можливостей цифрової комунікації зростає і масштаб проблеми поширення неправдивої або нерелевантної інформації, що безпосередньо впливає на інформаційну безпеку, політичну стабільність і довіру до медіа.

Особливої актуальності проблема набуває у контексті новинних соціальних мереж, де інформаційні потоки мають високу швидкість оновлення, різномірну структуру та значну частку користувацького контенту. Відсутність централізованого контролю, домінування емоційно забарвлених повідомлень і наявність координованих інформаційних кампаній створюють сприятливі умови для появи та швидкого поширення фейкових новин. Це формує загрозу маніпулювання суспільною свідомістю, зниження рівня критичного мислення та довіри до достовірних джерел інформації.

Існуючі підходи до перевірки достовірності контенту базуються переважно на ручному фактчекінгу або використанні окремих програмних сервісів (Google

Fact Check Explorer, ClaimBuster, Logically Facts, Hoaxy тощо). Однак ці системи, як показує аналіз, вирішують лише окремі підзавдання: або пошук раніше перевірених тверджень, або виявлення потенційно сумнівних фраз, або ж візуалізацію поширення інформації. Жоден із них не забезпечує комплексного аналізу достовірності контенту з урахуванням поведінкових характеристик користувачів, динаміки реакцій та невизначеності даних, що є типовими для соціальних мереж.

У зв'язку з цим актуальною науковою задачею є підвищення ефективності виявлення та аналізу фейкового контенту в новинних соціальних мережах в умовах обмеженої вибірки даних. Її вирішення потребує поєднання інтервальних, онтологічних та поведінкових підходів із використанням програмних агентів, які здатні забезпечити автоматизований збір, оцінювання та валідацію інформації з різних веб-джерел у режимі реального часу.

У першому розділі розглядаються загальні теоретичні засади проблеми виявлення фейкової інформації у контенті новинних соціальних мереж, зокрема особливості формування інформаційних потоків, природа фейкових повідомлень, причини їхнього поширення та наслідки для користувацького середовища. Особлива увага приділяється факторам, які ускладнюють автоматичне розпізнавання неправдивого контенту — динамічності оновлення, контекстній варіативності, багатомовності та високій емоційності повідомлень.

Далі подано аналіз методів виявлення фейкового контенту, який охоплює основні підходи, що використовуються у сучасних дослідженнях і практичних реалізаціях. Зокрема, виділено групи методів на основі штучних нейронних мереж, аналізу джерел походження інформації, порівняння з апіорі достовірними даними, спільнотної перевірки, аналізу мереж поширення та поведінки користувачів. Проведено оцінку їхніх переваг, обмежень та умов ефективного застосування, що дозволяє сформулювати вимоги до створення удосконалених алгоритмів оцінювання достовірності.

У наступній частині здійснено аналіз програмних сервісів для виявлення фейкового контенту, таких як Google Fact Check Explorer, ClaimBuster, Logically

Facts (AI) та Ноаху. Порівняльний аналіз їхньої функціональності, технологічних принципів і сфер застосування показав, що кожен із них вирішує лише окремі аспекти проблеми — від пошуку перевірених фактів до візуалізації мереж поширення. Відсутність комплексного підходу, орієнтованого на інтеграцію багатофакторного аналізу та поведінкових моделей користувачів, визначає потребу у створенні нових програмних рішень.

На основі проведеного теоретичного та прикладного аналізу у завершальній частині розділу сформульовано постановку задачі дослідження, у якій обґрунтовано необхідність розроблення гібридного методу оцінювання достовірності інформації на основі інтервальних моделей користувацьких портретів. Визначено основні цілі, підходи та етапи реалізації запропонованої системи, що стане фундаментом для подальших розділів дисертаційної роботи.

У другому розділі запропоновано використовувати математичну модель, для прийняття рішень щодо правдивості контенту, який розміщено в соціальних мережах, на підставі встановлення взаємозв'язку між результатом, на основі якого приймається рішення про достовірність чи недостовірність контенту та чинниками, які на нього впливають. При цьому основними кількісними чинниками запропоновано вважати такі: кількість постів, поширень або лайків, зроблених користувачами протягом короткого часу після появи контенту; кількість коментарів або реакцій через певні інтервали часу; час, за який інформація поширюється через соціальні мережі, наприклад, скільки людей взаємодіють із контентом протягом перших хвилин, годин або днів після публікації; коефіцієнт вірусного поширення контенту наприклад, кількість поширень від кожного користувача. Результуючим показником такої моделі є ступінь достовірності певного контенту в межах від 0 до 1. Запропоновано та обґрунтовано для представлення та аналізу цього показника на підставі дослідження контенту експертами використати методи аналізу інтервальних даних.

Далі у розділі поставлено оптимізаційну задачу для двохетапної ідентифікації моделі на основі аналізу інтервальних даних: формування поточної структури на основі моделей претендентів (синтез структури моделі); оцінювання

її параметрів та перевірка адекватності моделі. Запропоновано на обґрунтовано гібридний метод ідентифікації інтервальних моделей портрету користувачів у соціальній мережі, який ґрунтується на поєднанні метаевристичного алгоритму синтезу структури моделі на підставі поведінкової моделі бджолоїної колонії та градієнтних методів ідентифікації параметрів моделей-претендентів.

В завершальній частині розділу розглянуто задачі безпосереднього застосування гібридного методу ідентифікації інтервальних моделей портрету користувачів соціальної мережі та показано можливість прийняття рішень щодо достовірності контенту на підставі побудованої моделі.

У третьому розділі розглянуто концепцію, структуру та реалізацію програмних агентів, які забезпечують реалізацію запропонованого методу у вигляді багаторівневої системи. Зокрема, метод оцінки достовірності виступає теоретичною основою для побудови обчислювальних модулів, що формують інтегральний показник достовірності контенту. Цей показник дозволяє кількісно оцінювати правдоподібність новинних повідомлень, враховуючи їх джерело, зміст, мережеве поширення та емоційні характеристики.

Особливу увагу приділено процедурі вибору порогового значення інтегрального показника, яке визначає межу між достовірним і сумнівним контентом. Це значення обґрунтовано на основі компромісу між точністю та повнотою виявлення фейкових повідомлень, що дозволяє системі адаптуватися до специфіки різних інформаційних доменів (оперативні новини, соціально-політичні повідомлення, аналітичні матеріали тощо).

У подальших підрозділах детально описано особливості реалізації програмних агентів, їхню взаємодію через API та модульну архітектуру, а також принципи етичного отримання даних із соціальних мереж (Facebook, X/Twitter, Telegram). Розкрито питання структури даних, формування інтервальних профілів користувачів, нормалізації текстового контенту та логування результатів аналізу в базі даних MongoDB.

Завершальна частина розділу присвячена експериментальним дослідженням, у межах яких проведено тестування роботи агентів на реальних і симульованих

даних соціальних мереж. На основі порівняльного аналізу продемонстровано, що впровадження запропонованих агентів дозволяє підвищити точність виявлення недостовірного контенту, скоротити час верифікації новин та забезпечити прозорість і пояснюваність прийнятих рішень.

У четвертому розділі розглядаються концептуальні та архітектурні засади створення програмного середовища, призначеного для виявлення та аналізу фейкового контенту у новинних соціальних мережах. У цій частині детально описано архітектуру програмного забезпечення, що побудована за модульним принципом і включає підсистеми збору даних, попередньої обробки, оцінювання достовірності контенту, інтервального моделювання користувачів, зберігання результатів і візуалізації аналітичної інформації.

Особливу увагу приділено механізмам інтеграції з соціальними мережами, структурі аналітичного ядра системи (модуль CIEngine) та ролі інтервального підходу в підвищенні точності й адаптивності оцінювання достовірності новин. Архітектура системи подається через опис основних UML-діаграм — варіантів використання, класів, пакетів і розгортання, що демонструють логічну й фізичну структуру програмного комплексу.

Далі у розділі зосереджено увагу на підсистемах аналізу та зберігання інформації, які забезпечують функціональну цілісність системи. Детально розкривається принцип побудови бази даних на основі MongoDB, структура основних колекцій (posts, user_profiles, facts, config, logs), їх призначення, логіка взаємодії з аналітичними та поведінковими модулями, а також методи індексації, шардінгу та оптимізації продуктивності. Описано реалізацію класів доступу до даних, механізми контролю цілісності, резервного копіювання та відтворюваності результатів. Окрему увагу приділено підсистемі інтервального моделювання користувачів, яка забезпечує накопичення і динамічне оновлення поведінкових характеристик, що використовуються для уточнення показників довіри (TrustRate) і інтегрального коефіцієнта достовірності (CI).

У наступній частині розділу розглянуто організацію графічного інтерфейсу системи, який реалізовано у сучасному веборієнтованому середовищі (HTML5,

CSS3, JavaScript, TailwindCSS, Chart.js). Інтерфейс побудований у вигляді багатокомпонентного дашборду, що охоплює головну сторінку моніторингу, сторінки аналізу постів, оцінки достовірності, інтервального портрету користувача, профілю та налаштувань. Передбачено інтерактивні елементи для фільтрації контенту за часовими інтервалами («24 год», «7 днів», «30 днів»), побудови графіків зміни CI, відображення емоційних heatmap-карт і мережових графів поширення новин. Користувач має змогу здійснювати інтерактивний пошук, перевірку достовірності тверджень, перегляд графів підтвердження та аналіз поведінкової активності у реальному часі. Така організація інтерфейсу забезпечує поєднання аналітичної глибини з наочністю представлення результатів.

У завершальній частині розділу наведено оцінку ефективності розробленого програмного середовища, проведену за інтегральним показником ефективності (IE), який враховує аналітичні, мережеві, поведінкові та користувацькі характеристики системи. Порівняльний аналіз із відомими інструментами (Google Fact Check Explorer, ClaimBuster, Logically Facts, Ноаху) показав, що запропонована система досягає найвищого рівня комплексності, що відповідає категорії “високоефективних систем”. Це підтверджує, що інтеграція інтервального моделювання користувачів, комплексного індикатора достовірності CI, автоматичного збору даних із соціальних мереж і сучасних засобів аналітики забезпечує суттєву перевагу розробленого рішення над існуючими аналогами.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні програмного середовища для розпізнавання неправдивої або нерелевантної інформації у контенті новинних соціальних мереж.

Ключові слова: новинні соціальні мережі, достовірність контенту, фейки, портрет користувача соціальної мережі, обмежена вибірка даних, інтервальний аналіз, структурна ідентифікація, параметрична ідентифікація, поведінкова модель бджолої колонії, градієнтні методи, програмні агенти, програмні середовища, інтелектуальні асистенти.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. Dyvak, M., Yushko, A., Melnyk, A., Pan, T. An Intelligent Information System for Generating a Scientist's Scientometrics Using Content Analysis Methods. CEUR-WS. 2024. Vol. 3942. P. 66-82. (0,8 д.а. / 0,2 д.а.; особистий внесок: здобувачем запропоновано підхід до вибору показників, які формують портрет сооби в спеціалізованому середовищі).

https://ceur-ws.org/Vol-3942/S_06_Dyvak.pdf

2. Dyvak, Mykola, Tyande Pan, and Oleksandr Kindzerskyi. 2025. "Mathematical Model of a Social Network User Profile Based on Interval Data Analysis". International Journal of Computing 24 (3):452-59. (0,9 д.а. / 0,6 д.а.; особистий внесок: здобувачем запропоновано та обґрунтовано гібридний метод ідентифікації інтервальних моделей портрету користувачів у соціальній мережі та інтервальна математична модель, що встановлює взаємозв'язок між достовірністю контенту новинної соціальної мережі та портретом поведінки користувачів).

<https://www.computingonline.net/computing/article/view/4182>.

3. Dyvak, Mykola, Volodymyr Manzhula, Andriy Melnyk, Nataliia Petryshyn, Tiande Pan, Arkadiusz Banasik, Piotr Pikiewicz, and Wojciech M. Kempa. 2025. "Modeling the Electricity Generation Processes of a Combined Solar and Small Hydropower Plant" Energies 18, no. 9: 2351. (1,1 д.а. / 0,2 д.а.; особистий внесок: здобувачем обґрунтовано використання гібридних методів ідентифікації інтервальних моделей).

<https://doi.org/10.3390/en18092351>

4. Melnyk, A., Tymchyshyn, V., Pukas, A., Matiichuk, L., Shcherbiak, I., Yurchyshyn, T., Pan, T. Automatic Generation of Test Tasks Using ChatGPT API. CEUR-WS. 2025. Vol. 3974. P. 263-271. (0,9 д.а. / 0,5 д.а.; особистий внесок: здобувачем обґрунтовано використання інтелектуалізованих підходів до отримання інформації через API).

<https://ceur-ws.org/Vol-3974/short09.pdf>

5. Mistriakov , V.V., and Pan Tiande. 2024. "Processing Content Query Requests for CSAF Documents Using a GrapHQL-BASED API". Optoelectronic Information-Power Technologies 48 (2):152-61. (0,8 д.а. / 0,6 д.а.; особистий внесок: здобувачем запропоновано мультіагентну архітектуру до опрацювання слабкоструктурованого контенту).

<https://doi.org/10.31649/1681-7893-2024-48-2-152-161>.

6. Tiande Pan. 2025. "Research on Identification Methods for False or Unrelated Information in Network Resource Content" International Journal of High Speed Electronics and Systems Vol. 34, No. 04, 2540203.

<https://doi.org/10.1142/S0129156425402037>

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

7. Пань Тяньде, Дудник Ю.Ю., Гордіюк В.Ю., Даньків А.В., Колодій А.О. Метод багатомодального профілювання особистості користувачів соціальних мереж. Комп'ютерні інформаційні технології: матеріали школи-семінару молодих вчених і студентів СІТ'2024. Тернопіль: ЗУНУ, 2024. С. 95-96. (0,1 д.а. / 0,03 д.а.; особистий внесок: здобувачем запропоновано компонентну структуру інтелектуалізованої системи для профілювання особистості користувачів соціальних мереж).

https://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/52868/1/CIT%272024_Last.pdf

8. Пань Тяньде, Забчук В.Д., Судейченко Д.В., Биц С.С., Самсонович В.В. Математичне та програмне забезпечення для аналізу форматів та опрацювання великих об'ємів даних. Комп'ютерні інформаційні технології: матеріали школи-семінару молодих вчених і студентів СІТ'2024. Тернопіль: ЗУНУ, 2024. С. 97-98. (0,1 д.а. / 0,03 д.а.; особистий внесок: здобувачем запропоновано підхід до опрацювання та аналізу різноструктурованих даних).

https://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/52868/1/CIT%272024_Last.pdf

ANNOTATION

Pan Tiande. Methods and Software Tools for Recognizing Fake or Irrelevant Information in the Content of News-Oriented Social Networks. – Scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 121 "Software Engineering" - West Ukrainian National University, Ternopil, 2025.

The research was carried out at the Department of Computer Science of the West Ukrainian National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine.

The dissertation is devoted to addressing a pressing scientific and technical problem—enhancing the effectiveness of detecting and analyzing fake content in news-oriented social networks under conditions of limited data samples.

Modern information society is characterized by the rapid development of social networks, which have become one of the main channels for news dissemination, communication, and public opinion formation. Alongside the expansion of digital communication capabilities, the scale of the problem of spreading false or irrelevant information is also increasing, directly affecting information security, political stability, and public trust in the media.

The issue is particularly critical in the context of news-oriented social networks, where information flows are highly dynamic, heterogeneous, and dominated by user-generated content. The absence of centralized control, the prevalence of emotionally charged messages, and the existence of coordinated information campaigns create favorable conditions for the emergence and rapid spread of fake news. This poses a threat of manipulating public consciousness, reducing critical thinking, and undermining confidence in credible sources.

Existing approaches to content verification are mainly based on manual fact-checking or the use of individual software services such as Google Fact Check Explorer, ClaimBuster, Logically Facts, and Hoaxy. However, as analysis shows, these systems address only isolated subtasks—either searching for previously verified claims, detecting potentially suspicious phrases, or visualizing the dissemination of information.

None of them provides a comprehensive assessment of content credibility that simultaneously considers user behavioral features, reaction dynamics, and data uncertainty, which are inherent to social media environments.

Therefore, the relevant scientific problem consists in improving the efficiency of fake content detection and analysis in news-oriented social networks under limited data availability. Its solution requires combining interval-based, ontological, and behavioral approaches supported by intelligent software agents capable of automated data collection, assessment, and validation from multiple web sources in real time.

The first chapter outlines the theoretical foundations of fake-content detection in news-oriented social networks. It examines the formation of information flows, the nature of fake messages, the causes of their spread, and their consequences for user environments. Particular attention is paid to factors that complicate automatic recognition—frequent updates, contextual variability, multilingualism, and high emotional intensity of messages.

Further, the dissertation presents a review of fake-content detection methods covering key research and practical approaches, including neural-network-based methods, source-reliability analysis, comparison with verified data, community-driven validation, and user-behavior and network-propagation analysis. Their advantages, limitations, and effective application conditions are evaluated, forming the basis for developing improved credibility-assessment algorithms.

The next section provides an overview of software tools such as Google Fact Check Explorer, ClaimBuster, Logically Facts (AI), and Hoaxy. Comparative analysis of their functionality, underlying technologies, and application domains shows that each addresses only a specific aspect of the problem—from fact retrieval to visualization of propagation networks. The lack of a holistic approach integrating multifactor analysis with behavioral user models underscores the need for developing new, more comprehensive software solutions.

Based on the conducted theoretical and applied analysis, the research problem statement defines the necessity of developing a hybrid method for credibility assessment built upon interval models of user profiles. The main objectives, conceptual approaches,

and stages of implementing the proposed system are formulated, providing a methodological foundation for the following chapters.

In the second chapter, a mathematical model is proposed for decision-making regarding the truthfulness of social-network content by establishing relationships between the credibility outcome and influencing factors. The primary quantitative factors include: the number of posts, shares, or likes made shortly after content publication; the number of comments or reactions over specific time intervals; the time required for information to propagate through the network (how many users interact with the content within minutes, hours, or days); the viral-spread coefficient (e.g., average reshares per user).

The resulting model output represents the credibility degree of a given piece of content on a scale from 0 to 1. To represent and analyze this indicator—especially under expert assessment uncertainty—the study employs interval data analysis methods.

An optimization problem for two-stage model identification based on interval-data analysis is formulated: (1) synthesis of candidate model structures and (2) parameter estimation with adequacy verification. A hybrid identification method of interval user-profile models is proposed, combining a metaheuristic algorithm inspired by the bee colony optimization principle for structural synthesis and gradient-based methods for parameter identification of candidate models.

The final part of this chapter demonstrates the application of the hybrid identification method to user-profile modeling in social networks, enabling data-driven decision-making on content credibility.

The third chapter presents the conceptual design, structure, and implementation of software agents that operationalize the proposed method within a multi-layered system. The credibility-assessment method serves as a theoretical core for computational modules that produce an integral credibility index (CI). This index allows quantitative evaluation of news reliability by accounting for the source, content semantics, dissemination network, and emotional features.

Special focus is given to the threshold selection procedure for the CI indicator, defining the boundary between reliable and questionable content. The chosen threshold

is justified through a trade-off between detection precision and recall, allowing adaptive calibration across different information domains (breaking news, socio-political reports, analytical materials, etc.).

Subsequent sections describe in detail the implementation of software agents, their API-based interaction, modular architecture, and adherence to ethical data-collection principles for major social platforms (Facebook, X/Twitter, Telegram). Data structures, interval-profile generation, text normalization, and MongoDB-based logging are presented.

The experimental part evaluates the agents' performance on real and simulated social-network datasets. Comparative analysis demonstrates that integrating the proposed agents improves fake-content detection accuracy, reduces verification time, and ensures transparency and explainability of results.

The fourth chapter defines the conceptual and architectural framework of the software environment developed for fake-content detection and analysis in news social networks. The modular architecture includes subsystems for data collection, preprocessing, credibility assessment, interval user modeling, results storage, and analytical visualization.

Particular attention is devoted to integration mechanisms with social networks, the analytical core (CIEngine module), and the role of interval modeling in enhancing precision and adaptability. The architecture is detailed using UML diagrams (use-case, class, package, and deployment) that illustrate the logical and physical structure of the system.

The section on information analysis and storage subsystems explains the design of the MongoDB-based database, describing the main collections—posts, user_profiles, facts, config, and logs—their purposes, interaction logic with analytical modules, indexing, sharding, and performance optimization. Data-access classes, integrity control, backup, and reproducibility mechanisms are elaborated.

A dedicated subsection addresses the interval modeling subsystem, responsible for accumulating and dynamically updating user behavioral parameters to refine trust indicators (TrustRate) and the composite credibility index (CI).

The chapter also presents the design of a modern web-based user interface built with HTML5, CSS3, JavaScript, TailwindCSS, and Chart.js. The interface is organized as a multi-component dashboard comprising monitoring, post-analysis, credibility-evaluation, interval-profile, and settings pages. Interactive filters enable temporal selection (24 h, 7 days, 30 days), CI-trend visualization, emotional heatmaps, and network-propagation graphs. Users can perform real-time searches, verify statements, and explore behavioral activity. This interface design harmoniously combines analytical depth with visual clarity.

The final part presents an efficiency evaluation of the developed environment using an integral efficiency index (IE) that incorporates analytical, network, behavioral, and usability criteria. Comparative assessment against leading tools (Google Fact Check Explorer, ClaimBuster, Logically Facts, Hoaxy) confirms that the proposed system achieves the highest level of comprehensiveness, corresponding to the class of high-efficiency systems.

The integration of interval-based user modeling, the composite credibility indicator (CI), automated social-media data collection, and advanced analytics ensures a substantial advantage of the developed system over existing analogues.

The practical significance of the obtained results lies in the creation of a software environment for the detection and analysis of false or irrelevant information within news-oriented social-network content.

Keywords: news-oriented social networks; content credibility; fake news; social network user profile; limited data sample; interval analysis; structural identification; parametric identification; bee colony behavioral model; gradient-based methods; software agents; software environments; intelligent assistants.

LIST OF PUBLISHED PAPERS BY THE TOPIC OF THESIS

SCIENTIFIC PAPERS IN WHICH THE MAIN SCIENTIFIC RESULTS OF THE DISSERTATION WERE PUBLISHED:

1. Dyvak, M., Yushko, A., Melnyk, A., Pan, T. An Intelligent Information System for Generating a Scientist's Scientometrics Using Content Analysis Methods.

CEUR-WS. 2024. Vol. 3942. P. 66-82. (0.8 author's sheets / 0.2 author's sheets; personal contribution: the applicant proposed an approach to selecting indicators that form the community profile in a specialized environment.)

https://ceur-ws.org/Vol-3942/S_06_Dyvak.pdf

2. Dyvak, Mykola, Tyande Pan, and Oleksandr Kindzerskyi. 2025. "Mathematical Model of a Social Network User Profile Based on Interval Data Analysis". *International Journal of Computing* 24 (3):452-59. (0.9 author's sheets / 0.6 author's sheets; personal contribution: the applicant proposed and substantiated a hybrid method for identifying interval models of social network user profiles, as well as an interval-based mathematical model that establishes the relationship between the credibility of news content in social networks and user behavioral profiles.)

<https://www.computingonline.net/computing/article/view/4182>.

3. Dyvak, Mykola, Volodymyr Manzhula, Andriy Melnyk, Nataliia Petryshyn, Tiande Pan, Arkadiusz Banasik, Piotr Pikiewicz, and Wojciech M. Kempa. 2025. "Modeling the Electricity Generation Processes of a Combined Solar and Small Hydropower Plant" *Energies* 18, no. 9: 2351. (1.1 author's sheets / 0.2 author's sheets; personal contribution: the applicant substantiated the use of hybrid methods for identifying interval models.)

<https://doi.org/10.3390/en18092351>

4. Melnyk, A., Tymchyshyn, V., Pukas, A., Matiichuk, L., Shcherbiak, I., Yurchyshyn, T., Pan, T. Automatic Generation of Test Tasks Using ChatGPT API. CEUR-WS. 2025. Vol. 3974. P. 263-271. (0.9 author's sheets / 0.5 author's sheets; personal contribution: the applicant substantiated the use of intelligent approaches for information retrieval via API.)

<https://ceur-ws.org/Vol-3974/short09.pdf>

5. Mistriakov , V.V., and Pan Tiande. 2024. "Processing Content Query Requests for CSAF Documents Using a GraphQL-BASED API". *Optoelectronic Information-Power Technologies* 48 (2):152-61. (0.8 author's sheets / 0.6 author's sheets; personal contribution: the applicant proposed a multi-agent architecture for processing weakly structured content.)

<https://doi.org/10.31649/1681-7893-2024-48-2-152-161>.

6. Tiande Pan. 2025. "Research on Identification Methods for False or Unrelated Information in Network Resource Content" International Journal of High Speed Electronics and Systems Vol. 34, No. 04, 2540203.

<https://doi.org/10.1142/S0129156425402037>

SCIENTIFIC WORKS CERTIFYING THE APPROVAL OF THE DISSERTATION MATERIALS:

7. Pan Tiande, Dudnyk Y.Yu., Hordiiuk V.Yu., Dankiv A.V., Kolodii A.O. A Method for Multimodal Profiling of Social Network Users. Computer information technologies: materials of the school-seminar of young scientists and students CIT'2024. Ternopil: WUNU, 2024. P. 95-96. (0.1 author's sheets / 0.03 author's sheets; personal contribution: the applicant proposed a component-based structure of an intelligent system for profiling social network users.)

https://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/52868/1/CIT%272024_Last.pdf

8. Pan Tiande, Zabchuk V.D., Sudeichenko D.V., Byts S.S., Samsonovych V.V. Mathematical and Software Tools for the Analysis and Processing of Large Data Volumes. Computer information technologies: materials of the school-seminar of young scientists and students CIT'2024. Ternopil: WUNU, 2024. P. 97-98. (0.1 author's sheets / 0.03 author's sheets; personal contribution: the applicant proposed an approach to processing and analyzing heterogeneously structured data.)

https://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/52868/1/CIT%272024_Last.pdf