



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ABSTRACTS
OF THE XIX INTERNATIONAL CONFERENCE
«MODERN INFORMATION AND COMMUNICATION
TECHNOLOGIES ON A TRANSPORT, IN INDUSTRY AND
EDUCATION»
18-19, December, 2025

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ, В ПРОМИСЛОВОСТІ І ОСВІТІ

ПРИСВЯЧЕНО ПАМ'ЯТІ ПРОФЕСОРА ІГОРЯ ЖУКОВИЦЬКОГО

ТЕЗИ

ХІХ МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-
ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ
18-19 ГРУДНЯ 2025

ДНІПРО
2025

Міністерство освіти і науки України

Український державний університет науки і технологій



ТЕЗИ

**XIX Міжнародної науково-практичної конференції
«СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА КОМУНІКАЦІЙНІ
ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ, В ПРОМИСЛОВОСТІ І ОСВІТІ»
*Присвячено пам'яті Ігоря ЖУКОВИЦЬКОГО***

**ABSTRACTS
of the XIX International Conference
«MODERN INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES
ON A TRANSPORT, IN INDUSTRY AND EDUCATION»
*Dedicated to the memory of Igor ZHUKOVYTSKY***

18.12.2025 – 19.12.2025

**Дніпро
2025**

Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості і освіті: Тези ХІХ Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 18-19 грудня 2025 р.). – Д.: УДУНТ, 2025. – 172 с.

У збірнику представлені тези доповідей ХІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості і освіті», яка відбулася 18-19 грудня 2025 року в Українському державному університеті науки та технологій в онлайн форматі. Конференцію присвячено пам'яті Ігоря ЖУКОВИЦЬКОГО, доктора технічних наук, професора кафедри електронних обчислювальних машин (УДУНТ, м. Дніпро). Розглянуто результати теоретичних і експериментальних досліджень, а також проблемні питання функціонування та перспективи розвитку інформаційних технологій транспорту, промисловості й освіти.

Збірник призначений для науково-технічних працівників залізниць, підприємств транспорту, викладачів вищих навчальних закладів, докторантів, аспірантів і студентів.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

д.т.н., професор Шинкаренко В.І.
к.т.н., доц. Горячкін В.М.
к.т.н., доц. Гришечкіна Т.С.

Адреса редакційної колегії:
49010, м. Дніпро, вул. Лазаряна, 2, УДУНТ

Тези доповідей друкуються мовою оригіналу в редакції авторів.

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

ГОЛОВА:

Костянтин СУХИЙ член-кор. НАН України, д.т.н., професор, ректор Українського державного університету науки та технологій (УДУНТ)

ЗАСТУПНИКИ ГОЛОВИ:

Юрій ПРОЙДАК д.т.н., проф., проректор з наукової роботи УДУНТ

Віктор ШИНКАРЕНКО д.т.н., проф. кафедри «Комп'ютерні інформаційні технології», ННІ Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту УДУНТ

ЧЛЕНИ КОМІТЕТУ:

Михайло АЛЕКСЄЄВ д.т.н., проф., зав. кафедри Програмного забезпечення комп'ютерних систем, Дніпровська політехніка, м. Дніпро

Газван АЛЬ-ХАДЖІ проф. факультету Науки і технології, Лінчепінзький університет, Швеція

Атул БАСКАР проф. факультету Інженерії і навколишнього середовища, Саутгемптонський університет, Англія.

Гедемінас ВАЙЧЮНАС д.т.н., проф., Вільнюський технічний ун-т ім. Гедимінаса, Литва

Володимир ГАВРИЛЮК д.ф.-м.н., проф., зав. каф. «Автоматика та телекомунікації», УДУНТ, м. Дніпро

Генадій ГРОМОВ д.т.н., проф., зав. каф. «Транспортні технології та логістики», Інститут транспорту та телекомунікацій, Латвія.

Дмитро ЗЕЛЕНЦОВ д.т.н., проф., зав. каф. інформаційних систем УДУНТ, м. Дніпро

Ольга ЗІНЕНКО к.т.н., провідний інженер ГІОЦ АТ «Укрзалізниця», м. Київ

Олена КІСЕЛЬОВА член-кор. НАН України, д. ф.-м. н., заслужений діяч науки і техніки України, проф., декан факультету Прикладної математики, Дніпровський національний університет ім. О. Гончара, м. Дніпро

Валерій КУЗНЕЦОВ д.т.н., проф., Інститут залізничного транспорту, Польща

Валерій ЛАХНО д.т.н., проф., зав. каф. «Комп'ютерні системи та мережі», Національний університет біоресурсів і рибодокористування України, м.Київ

Микола НІКІТЧЕНКО д.ф.-м.н., проф., зав. каф. «Теорія та технології програмування», Київський національний університет ім. Т. Шевченка, м. Київ

Крассимір МАРКОВ д.т.н., проф., Інститут інформаційних теорій та їх впроваджень, Болгарія

Сергій ПРИХОДЬКО д.т.н., проф., зав. каф. «Транспортний зв'язок», Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

Олександр СЛАДКОВСЬКИЙ д.т.н., проф., зав. каф. «Логістика та транспортні технології», Силезький університет технологій, Польща

Андрій ЧУХРАЙ д.т.н., проф., зав. каф. «Математичне моделювання та штучний інтелект», Національний аерокосмічний університет «Харківський Авіаційний Інститут», м. Харків

Шановні колеги!

Дозвольте щиро привітати вас від імені Українського державного університету науки та технологій і організаційного комітету на відкритті XIX Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті».

Надзвичайно приємно, що ця конференція, яка стала вже нашою доброю традицією, збирає нас знову.

Цього року конференція присвячена пам'яті багаторічного завідувача кафедри ЕОМ, професора Ігоря Володимировича Жуковицького. Його спадок та внесок у розвиток обчислювальної техніки в УДУНТ, в ДІТі продовжують надихати нові покоління дослідників.

Програма конференції охоплює роботу за чотирма ключовими секціями. Вони присвячені автоматизованим системам керування технологічними процесами промисловості та транспорту, розвитку інтелектуальних інформаційних і телекомунікаційних технологій, питанням діджиталізації сфери освіти, а також, що є стратегічно важливим, питанням інформаційної та кібернетичної безпеки.

До участі в конференції запрошені науковці, викладачі, представники ІТ-компаній, талановита студентська молодь. Саме такі зустрічі активізують науково-дослідну роботу і сприяють впровадженню результатів наукових досліджень.

Бажаю всім плідної роботи, цікавих дискусій та нових наукових звершень!

Михайло КАПІЦА,
директор ННІ "Дніпровський інститут
інфраструктури і транспорту" Українського
державного університету науки і технологій

Dear colleagues!

On behalf of the Ukrainian State University of Science and Technology and the organizing committee, I would like to sincerely congratulate you on the opening of the XIX International Scientific and Practical Conference "Modern Information and Communication Technologies in Transport, Industry, and Education."

It is extremely gratifying that this conference, which has already become a cherished tradition, brings us together once again.

This year, the conference is dedicated to the memory of the long-time head of the Department of Computer Engineering, Professor Igor Volodymyrovych Zhukovitsky. His legacy and contribution to the development of computer technology at the Ukrainian State University of Science and Technology and the Dnipro Institute of Information Technologies continue to inspire new generations of researchers.

The conference program covers work in four key sections. They are dedicated to automated control systems for industrial and transport processes, the development of intelligent information and telecommunications technologies, issues of digitization in education, and, of strategic importance, issues of information and cyber security.

Scientists, teachers, representatives of IT companies, and talented students are invited to participate in the conference. It is precisely such meetings that stimulate research work and contribute to the implementation of scientific research results.

I wish everyone fruitful work, interesting discussions, and new scientific achievements!

Mykhailo KAPITSA, Director of the Dnipro
Institute of Infrastructure and Transport,
Ukrainian State University of Science and
Technology

ПАМ'ЯТІ ПРОФЕСОРА ІГОРЯ ЖУКОВИЦЬКОГО

11 березня 2025 року пішов з життя професор, доктор технічних наук, академік та заслужений діяч транспортної академії України, завідувач кафедри електронних обчислювальних машин Жуковицький Ігор Володимирович.



«Навчатися і, коли настане час, застосовувати в ділі засвоєне – хіба це не чудово!». Ігор Володимирович народився 18.12.1948 р. в місті Дніпропетровськ. З 1966 по 1971 рр. навчався на електротехнічному факультеті в Дніпропетровському гірничому інституті, здобув кваліфікацію інженера-електрика за спеціальністю автоматика і телемеханіка. З 1971 по 1973 рр. проходив служби у лавах збройних сил на посаді заступника командира роти. У 1973 року був призначений на посаду інженера НДЛ управляючих машин і систем Дніпропетровського інституту інженерів залізничного транспорту, у тому же року вступив навчатися до аспірантури де навчався три роки. Після закінчення аспірантури був призначений на посаду асистента кафедри електронних обчислювальних машин (ЕОМ) ДПТУ.

«По-справжньому гуманна людина досягає всього власними зусиллями». У 1980 році Ігор Володимирович захистив дисертацію кандидата технічних наук за темою: «Дослідження та розробка оптимальних алгоритмів управління швидкістю скочування порожніх вагонів від вагоноперекидачів» (спеціальність 05.13.07 – автоматизація технологічних процесів). З 24.02.1981 р. Ігор Володимирович призначений на посаду доцента кафедри ЕОМ; з 22.09.1982 р. йому присвоєно вчене звання доцента по кафедрі ЕОМ. У 1999 році Ігор Володимирович захистив дисертацію доктора технічних наук на тему «Розвиток теорії та удосконалення систем автоматичного управління швидкістю скочування відчепів на сортувальних гірках» (спеціальність 05.22.08 – експлуатація залізничного транспорту). 10.05.2000 р. Ігор Володимирович отримав науковий ступінь доктора технічних наук.

«Добро дає можливість керувати людьми». 01.08.2000 р. Ігор Володимирович призначений на посаду професора кафедри ЕОМ, а 21.09.2000 р. призначений завідувачем кафедри ЕОМ Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 17.10.2002 р. отримав вчене звання професора кафедри ЕОМ.

«Не важливо, з якою швидкістю ти рухаєшся до своєї мети, головне – не зупинятися». Сфера наукових інтересів професора Жуковицького І.В. охоплювала теоретичні та прикладні питання за наступними напрямками: створення інформаційно-керуючих систем для залізничних систем; розвиток інтелектуальних технологій залізничного транспорту; організація захисту в комп'ютерних системах і мережах. У Жуковицького І.В. видано 4 монографії: «Цифрові системи управління швидкістю скочування відчепів на сортувальних гірках»; «Теоретичні основи побудови систем автоматичного керування швидкістю скочування порожніх вагонів»; «Інтелектуальні засоби управління парками технічних систем залізничного транспорту»; «Концептуальне проектування комп'ютерних систем реального часу (моделі, методи і алгоритми)», 120 наукових статей, близько десяти авторських свідоцтв, а також декілька навчальних посібників, останній із яких «Захист інформації в комп'ютерних мережах», 2024 р. Під його керівництвом захищено значну кількість кваліфікаційних робіт на здобуття ступенів «бакалавр» та «магістр», а також ступеня кандидата технічних наук.



«Не той великий, хто ніколи не падав, а той великий – хто падав і вставав». Ігор Володимирович Жуковицький очолював наукове керівництво науково-дослідних робіт, серед яких: автоматизована система управління ІТП сортувальної гірки; автоматизована система управління керування вантажними перевезеннями українських залізниць та інші. Тривалий час був Вченим секретарем спеціалізованої вченої ради Д08.820.02 з захисту кандидатських і докторських дисертацій, Член спеціалізованої вченої ради

Д64.820.04. Здійснював наукове керівництво аспірантами. Ігор Володимирович був членом редакційних колегій журналів «Наука та прогрес транспорту» та «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті», а також був засновником та керівником регіонального семінару Академії наук України «Проблеми розвитку інтелектуальних інформаційно-комунікаційних систем на залізничному транспорті».

«Учиться так, немов ви постійно відчуваєте, що знань ваших замало і так, немов ви постійно боїтеся розгубити свої знання». Жуковицький І.В. опікувався навчальним процесом як завідувач кафедри і сумлінний викладач. Ігор Володимирович в 2004 р. відкрив нову спеціальність «Захист інформації в комп'ютерних системах і мережах», зробив значний внесок у розвиток освітніх програм, зокрема був гарантом програми «Кібербезпека» першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівня.

Розробив нові курси для бакалаврату, магістратури та аспірантури з наступних дисциплін: «Обчислювальна техніка та програмування»; «Машинна графіка»; «Інтерфейси»; «Периферійні пристрої»; «Основи прикладної криптології»; «Комп'ютерні мережі»; «Захист в комп'ютерних системах»; «Захист в комп'ютерних мережах»; «Безпека інформаційних технологій». Залишилися відеозаписи лекцій деяких дисциплін; у наших студентів є можливість послухати пояснення Ігоря Володимировича.

«П'ять речей становлять досконалу доброчесність: серйозність, щедрість душі, щирість, старанність і доброта». Так, Ігор Володимирович Жуковицький – це вчений; викладач; адміністратор, але він також ІНТЕЛІГЕНТ; поет; людина з тонким почуттям гумору, що любила класичну музику та живопис, багато цікавився історією; ЕРУДИТ, який цитував Конфуція та обожнював Омара Хайяма.

«Хоч би що робили у своєму житті, робить це усім своїм серцем». На великий жаль на рік 60-ти річного ювілею кафедри разом з нами немає Ігоря Володимировича Жуковицького, але живе кафедра електронних обчислювальних машин, яку він очолював 25 років, і яка на сучасному етапі незважаючи на тяжкі обставини продовжує готувати фахівців за спеціальностями: «Комп'ютерна інженерія», «Кібербезпека та захист інформації». Живуть напрямки та традиції нашої кафедри, що були закладені її засновником Шафітом Євгеном Мироновичем та в свій час підтримані Жуковицьким Ігорем Володимировичем.

Вічна пам'ять професору Ігорю Володимировичу Жуковицькому.

Колектив кафедри електронних обчислювальних машин УДУНТ: «ДІТ».

ЗМІСТ

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ТРАНСПОРТУ 19

Алгоритмічне управління системами накопичення електричної енергії на основі прогнозування цін ринку «на добу наперед» в умовах високої волатильності українського ринку електроенергії у 2025 році20

Косяченко Д.П., Український державний університет науки і технологій, Україна

Концепція використання цифрових двійників в соціо-кібер-фізичній системі керування залізничної сортувальної станції21

Козирев С.В, Єгоров О.Й, Косолапов А.А, Український державний університет науки і технологій, Україна

Marketing of the modern industrial control systems22

Bekh K. A., Dr., World Association in Economics, Austria

До питання просторової стабілізації руху магнітоплану23

Плаксін С. В., Інститут транспортних систем і технологій НАН України, Україна

Муха А. М., Устименко Д. В., Український державний університет науки і технологій, Україна

Використання цифрових сигнальних процесорів в системах залізничної автоматики.....25

Профатилів В.І., Український державний університет науки і технологій, Україна

Розробка системи оперативного виявлення надмірних відхилень параметрів сигналів у рейкових колах метрополітену26

Гаврилюк В. І., Смирнов А. О., Український державний університет науки і технологій, Україна

Дешифрування сигналів АЛС за допомогою методів цифрової фільтрації27

Масалов Є.О., Профатилів В.І., Український державний університет науки і технологій, Україна

Перспективи розвитку резервного електроживлення на залізничному транспорті.....28

Татарінов В.Ф., Український державний університет науки і технологій, Україна

Розробка та дослідження зарядного пристрою для літій-іонних акумуляторів29

Лазовський С. О., Гаврилюк В. І., Український державний університет науки і технологій, Україна

Актуальні проблеми та напрями розвитку автоматизованих систем аналізу еег30

Інкін О. А., Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Україна

Інформативність методів ідентифікації рухомого складу залізничного транспорту.....31

Єгоров О.Й., Український державний університет науки і технологій, Україна

Дослідження впливу параметрів модуляції синусоїдального однофазного інвертора на коефіцієнт нелінійних спотворень вихідного сигналу32

Буряк М. Г., Гаврилюк В. І. Український державний університет науки і технологій, Україна

Актуальні проблеми та напрями розвитку автоматизованих систем аналізу еег33

Інкін О. А., Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Україна

До питання інтеграції технології Інтернету речей у напівнатурне моделювання транспортних засобів гусеничного типу	34
Єресько В., Кононенко О., Лузан А., Сліпець А., Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Україна	
Онтологія предметної області побудови цифрового двійника для системи напівнатурного моделювання.....	35
Лузан А., Перегонцев О., Самолюк Т., Сосненко К., Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Україна	
Комплексування механізмів керування для підвищення ефективності систем автоматичного керування камерними конвективними сушарками	36
Мельник В.С., Смітюх Я.В., Національний університет харчових технологій, Україна	
Дослідження параметрів сигналів з амплітудною маніпуляцією в рейкових колах.....	37
Буряк М. Г., Гаврилюк В. І., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Використання алгоритму Дейкстри для пошуку відмов в постовій частині електричної централізації залізничних станцій.....	38
Маловічко В. В., Маловічко Н. В., Маловічко К. В., Рибалка Р. В., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Метод оцінки рівня заряду літєвих акумуляторних батарей	39
Буряк С. Ю., Гололобова О. О., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Використання показників структурної складності конструктивно-продукційної моделі зони рекуперації тяги потягів постійного струму.....	40
Шаповал Є. В., Шинкаренко В. І., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Використання евристик, інтелектуальних та регулярних методів для розв'язку задач управління.....	41
Самойлов С.П., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Environmental sustainability and innovation in rail transport.....	43
Ananieva Olha, doctor of technical sciences, professor, Ukrainian state university of railway transport, Ukraine	
Regenerative braking as a tool for improving energy efficiency and sustainable development of rail transport.....	44
Mykhailo Babaiev, doctor of technical sciences, professor, Ukrainian state university of railway transport, Ukraine	
Порівняльний аналіз методів автоматичного контролю цілісності рухомого складу	45
Гончаров К. В., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Застосування згорткових нейронних мереж для розпізнавання сигналів автоматичної локомотивної сигналізації.....	46
Гончаров К. В., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Напрями зменшення енергоспоживання штучним інтелектом.....	47
Шаповалов В. О., Дзюба В. В., Український державний університет науки і технологій, Україна	

Сучасний стан системи електроживлення залізничної автоматики та шляхи модернізації.....	48
Сердюк Т.М. ¹ , Погрібний О.К., Смірнов А.О. ¹ , Терещенко О.В. ²	
¹ Український державний університет науки і технологій, Україна	
² Нідерланди	
Дослідження можливості використання фільтрів з нанокристалічними осердям у пристроях залізничної автоматики	49
Сердюк Т.М. ¹ , Серченко М.С. ¹ , Каїра А.В. ¹ , Ботнаревская Р.В. ²	
¹ Український державний університет науки і технологій, Україна	
² Університет Твенте, Нідерланди	
Research on Electromagnetic Compatibility Issues Caused by LED Lighting in Metro Systems.....	50
Serdiuk T. M. ¹ , Smirnov A. O. ¹ , Canale L. ²	
¹ Ukrainian State University of Science and Technologies, Ukraine ² University of Toulouse III Paul Sabatier, France	
Comparison of 5G and 6G Technologies for Power Accounting Systems	51
Serdiuk T. M. ¹ , Profatylov V. I. ¹ , Serchenko M.S. ¹ , Smirnov A. O. ¹ , Popudniak M. Yu. ¹ , Zavodovsky O. ²	
¹ Ukrainian State University of Science and Technologies, Ukraine	
² University of Oulu, The Finland	
Random Forest Algorithm for EMI Analysis in Track Circuits.....	52
Serdiuk T. M. ¹ , Profatylov V. I. ¹ , Serchenko M.S. ¹ , Smirnov A. O. ¹ , Zavodovsky O. ²	
¹ Ukrainian State University of Science and Technologies, Ukraine ² University of Oulu, The Finland	
Мікроконтролерні системи та вимоги до апаратної бази ройових БПЛА	53
Глушков О.В., Косолапов А.А., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Побудова раціональної системи утримання локомотивів з урахуванням прийнятого рівня ризику відмов їх вузлів.....	55
Очкасов О.Б., Гришечкіна Т.С., Жовніренко О.С., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Using Drones to Monitor the Condition of Rails.....	56
Ananieva Olha, Ukrainian state university of railway transport, Ukraine	
Алгоритми прогнозованого планування ресурсів у кластерах Kubernetes на основі машинного навчання	57
Танасієнко Д.О., Андрющенко В.О., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Статистичне моделювання бімодальних паттернів виконання задач у системах оркестрації робочих процесів Apache Airflow	58
Танасієнко Д.О., Андрющенко В.О., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Концептуальні засади розробки платформи для управління процесами взаємодії на ринку мікро-послуг.....	59
Дуфинець В.В., Морохович В.С., ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Україна	

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОМИСЛОВИХ І ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ 61

- Програмне забезпечення для розв'язування складних мультимодальних задач62
Косолап А. І., Дніпровський національний університет ім. О. Гончара, Україна
- A Mathematical Model of the Meaning/Gist of the Signal/Variable63
Prokorpchuk Y., Institute of Technical Mechanics of the NASU, Ukraine
- Веб-додаток для комплексної оцінки YouTube-каналів64
Лисиця С.В., Іванов О. П., Український державний університет науки і технологій,
Україна
- Експериментальні дослідження самоподібності часових рядів.....65
Ульянченко Д. С., Шинкаренко В. І., Український державний університет науки і
технологій, Україна
- Програмне забезпечення САПР асинхронних двигунів66
Мирошниченко В.І., Івченко Ю.М., Український державний університет науки і
технологій, Україна
- Зв'язність, зчеплення та об'єм як універсальні властивості конструкцій та
програмних систем67
Карповський Д.О, Шинкаренко В.І., Український державний університет науки і
технологій, Україна
- Множинна інтерпретація алгоритмів у конструктивно-продукційному
моделюванні.....68
Куроп'ятник О. С., Український державний університет науки і технологій, Україна
- Аналіз ефективності алгоритмів стиснення для різних типів даних у C#69
Лук'яненко Д.І., Український державний університет науки і технологій, Україна
- Трансформація підходів до побудови тестів цифрових пристроїв на шлюзи IoT70
Панченко В.І., Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», Україна
- Деревовидні нейронні мережі асоціативної пам'яті71
Бречко В.О., Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», Україна
- Дослідження продуктивності GraphQL при використанні у веб-додатках.....72
Григоренко А. Л., Горячкін В. М., Український державний університет науки та
технологій, Україна
- CFD моделювання забруднення атмосферного повітря73
Біляев М. М., Берлов О. В., Тонкоголоса А. О., Український державний університет
науки і технологій, Україна
Біляєва О. М., Дніпровський національний університет імені Олеса Гончара, Україна
- Чисельні моделі та комплекси програм для моделювання пилового забруднення
повітря на промислових майданчиках.....74
Козачина В. А., Український державний університет науки і технологій, Україна
Кіріченко П. С., Криворізький національний університет, Україна
Машихіна П. Б., Попов М. В. Український державний університет науки і технологій,
Україна

Чисельне моделювання нестационарних процесів геоміграції та теплопереноса	75
Біляєв М. М., Козачина В. В., Матусевич М. О., Савченко Д. В., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Дослідження методів автоматичного покращення якості зображень на основі нейронних мереж	76
Рябовол В. К., Горячкін В. М., Український державний університет науки та технологій, Україна	
Дослідження нейромережевого розпізнавання образів за їх частинами із застосуванням онтологій	77
Жуковець О. О., Шинкаренко В. І., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Використання штучних нейронних мереж для діагностування систем залізничної автоматики	78
Корда Б. О., Гаврилюк В. І., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Супутниковий моніторинг поверхневих вод в умовах трансформованих ландшафтів	79
Кавац О.О., Кавац Ю.В., Фененко Т.М., Бровко О.Ю., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Дослідження продуктивності роботи веб-додатків з різними форматами зображень	80
Посмітюха М.О., Гришечкіна Т.С, Український державний університет науки і технологій, Україна	
Огляд поширених архітектур для розпізнавання мовлення у реальному часі	81
Кравченко Т.О., Єгоров О.Й., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Використання великих мовних моделей для обробки та структуризації великих масивів тексту	82
Борщенко В.О., Єгоров О.Й., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Оптимізація швидкодії корпоративних веб-систем через впровадження гібридних сховищ та Read-Models	83
Гармаш О. О., Горячкін В. М., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Analytical design of transport systems	84
Kravets V. V., Kapitsa M.I., Hryshechkina T. S., Ukrainian State University of Science and Technologies, Ukraine Kravets T. V., Waghausel, Germany	
Визначення оптимального маршруту в комп'ютерній мережі залізничного транспорту за алгоритмом бактеріальної оптимізації	85
Пахомова В.М., Ланевич В.В., Український державний університет науки і технологій, Україна	

Прогнозування інтенсивності мережевого трафіку комп'ютерної мережі на залізничному транспорті з використанням нейромережної технології	86
Пахомова В. М., Липка С. Ю., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Визначення TE-тунеля в MPLS мережі залізничного транспорту засобами нейронечіткої мережі	87
Пахомова В.М., Іванченко Д.В., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Створення програмної моделі глибокої згорткової нейронної мережі для розпізнавання бізнес-документів	88
Пахомова В. М., Тодоров В. А., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Створення програмної моделі глибокої згорткової нейронної мережі для ідентифікації об'єктів залізничного транспорту	89
Пахомова В. М., Зінкевич К. І., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Кодування та відтворення тексту програми для генетичного алгоритму.....	90
Макаров О. В., Шинкаренко В. І., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Дослідження засобів штучного інтелекту для розпізнавання усного мовлення	91
Пазика К. С., Куроп'ятник О. С., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Wireless sensor networks and IoT for embedded systems	92
Tymashov O. ¹ , Samoylov S. ²	
¹ V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the NAS of Ukraine, Ukraine ² Ukrainian State University of Science and Technologies, Ukraine	
Методи та інформаційна технологія розробки мобільних лікувально-реабілітаційних комплексів	93
Заславський В., Тимашов Є., Київський національний університет імені Т.Г. Шевченка, Україна	
Метод розпізнавання обличчя для інтелектуальних інформаційних систем промислових і транспортних об'єктів в умовах недостатнього освітлення.....	94
Максименко Д. Ю., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Дослідження часової ефективності відображення елементів графічного інтерфейсу під .NET	95
Трегуб І.О., Іванов О.П., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Роль блокчейну в резильєнтності транспортно-логістичних інформаційних систем під час криз.....	96
Велегура Є. А., Горячкін В. М., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Дослідження часових характеристик XSLT-перетворень	97
Кононенко Д.С., Андрющенко В.О., Український державний університет науки та технологій, Україна	

Конструктивно-продукційне моделювання часових рядів на основі поетапного розкладання.....	98
Жадан А. А., Шинкаренко В. І., Український державний університет науки та технологій, Україна	
Мікросервісна архітектура в сучасних програмних застосунках	99
Овчаренко Д. К., Стаднік А. В., Український державний університет науки і технологій	
Інформаційно-аналітична модель оцінювання смартрозвитку територій як інструмент регіональної політики.....	100
Підгорна К. Д., Удачина К. О., Підгорний В. О., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Дослідження якості нейромережевого розпізнавання зашумлених зображень	101
Капшук В. В., Шинкаренко В. І., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Управління репутацією транспортної компанії через відгуки в google maps та мобільних додатках	102
Ніжегородцев В.О., Куш А.А., Державний податковий університет, Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, Україна	
Можливості застосування інтелектуальних методів для прицільного регулювання швидкості скочування відчепів	103
Остапець Я.Д., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Дослідження методів та програмних засобів прогнозування виробництва металургійної продукції.....	104
Косіцин О. В., Іванов О. П., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Про комбінаторну природу проблеми самоорганізації.....	105
Тимофієва Н. К., Інститут інформаційних технологій та систем Національної академії наук України, Україна	
Інтелектуально-динамічний цифровий двійник для систем напівнатурного моделювання	106
Єлисеєва О.В. ¹ , Курзанцева Л.І. ¹ , Тимашов О.О. ¹ , Самойлов С.П. ²	
¹ Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України, Україна, ² Український державний університет науки і технологій, Україна	
Дослідження методів оптимізації рендерінгу великої кількості об'єктів в Unity.....	107
Сидоров О.В., Іванов О.П., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Застосування рушія Unreal engine 5 для розробки ігор	108
Маслюков І. С. Чорна В.В., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Моделювання складних систем за допомогою мультиагентних симуляторів	109
Зінов'єва О.Г., Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, Україна	
Розпізнавання об'єктів на зображеннях з використанням зовнішніх онтологічних знань.....	110
Галушка О.В., Шинкаренко В. І., Український державний університет науки і технологій, Україна	

Проблеми навігації у приміщеннях із використанням систем доповненої реальності	111
Шаравара В.В., Український державний університет науки і технологій	
Визначення фрактальних складових графу.....	112
Летучий О. І., Шинкаренко В. І. Український державний університет науки і технологій, Україна	
Моделювання біонічних алгоритмів для оптимізації обробки зображень	113
Дорогокупля К.О., Андрущенко В.О., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Застосування методу TF-IDF для зважування продукційних ознак при кластеризації математичних текстів	114
Лебеденко А.В., Андрущенко В.О., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Information and communication principles of the ERTMS/ETCS system	115
Mykhailo Babaiev, Ukrainian state university of railway transport, Ukraine	

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ СФЕРИ ОСВІТИ 117

Дорожні карти сучасного ІТ фахівця.....	118
Міхєєв І.А., Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, ЕРАМ, Україна	
Перспективи розвитку онлайн освіти в соціальній роботі	120
Байдарова О. О., Печончик М. Р., Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна	
Про оцінювання рівня ризику при прийнятті рішень у проектах	121
Литвиненко К.В., Український державний університет науки і технологій, Україна. Панік Л.О., Дніпровський технологічний університет «ШАГ», Україна.	
Інформаційні технології та ціннісно орієнтована освіта в умовах цифровізації.	122
Братченко А.С., Бердянський державний педагогічний університет, Україна	
Застосування STEM-підходу у викладанні математики	123
Михайлова Т. Ф, Нечай І. В, Ляшко К. В., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Адаптація метрик читабельності для оцінки якості технічної документації арі.....	124
Богуцький Д.В. Український державний університет науки і технологій, Україна Горбова О.В. Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"	
Генеративне створення навчальних завдань налагодження програм з використанням конструкційно-продукційного моделювання	125
Завгородній А.Д., Іванов О.П., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Системи Virtual Reality та Augmented Reality в сучасній освіті.....	126
Петречук Л.М., Український державний університет науки і технологій, Україна	

Дослідження впливу стандарту ES6 у програмуванні мовою JavaScript на можливості супроводу коду.....	127
Свиридов М.О., Шаравара В.В, Український державний університет науки і технологій, Україна	
Design of Sustainable Green Space Lighting with Contemporary Software	128
Liashenko O., Putiatin V., O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine	
Design of Sustainable Social Building Lighting with Contemporary Software.....	129
Liashenko O., Holovnia A., O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine	
Рекомендаційні системи в динамічному середовищі: підходи до оцінювання	130
Попов М.С., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Фундаментальна трансформація підготовки майбутніх фахівців зі STEM-освіти.....	131
Гулівець О.М., Бондаренко А.В., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Цифрова трансформація електронних освітніх ресурсів.....	132
Петречук Л.М., Іващенко Ю.С., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Дослідження та впровадження принципів UX/UI для підвищення ефективності взаємодії користувачів з туристичним вебсайтом.....	133
Гавриш Я.А., Горячкін В.М., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Аналіз динаміки зміни числа учасників в наукових дослідженнях в Україні за допомогою математичних моделей	134
Михайлова Т.Ф., Максименкова Ю.А., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Практичне застосування мереж.....	135
Чеповик І. В., Чорна В. В., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Емпіричний аналіз масштабованості та збіжності модифікованих GA, BPSO і QPPO на тестових наборах Knapsack Problem	136
Дорогокупля К.О., Андрющенко В.О., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Конструктивно-продукційне моделювання для семантичного аналізу наукових текстів за математичними виразами	137
Лебеденко А.В., Андрющенко В.О., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Дослідження часової ефективності генетичних алгоритмів	138
Михайлова Т. О., Андрющенко В. О., Український державний університет науки та технологій, Україна	
Інклюзивна освітня платформа як складова цифрової трансформації освіти	139
Удачина К.О., Бандоріна Л.М., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Особливості викладання компонентного та розподільного програмування	140
Демидович І. М., Український державний університет науки і технологій, Україна	

Розробка компактних мовних моделей для застосування в освітніх системах в умовах обмежених ресурсів.....	141
Дзюба В. В., Остапець Д. О., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Дослідження та реалізація алгоритму шифрування даних з використанням еліптичних кривих.....	142
Макарова Х.С., Гришечкіна Т.С., Український державний університет науки та технологій, Україна	
Розроблення багатofункціонального студентського органайзера з використанням фреймворку Flutter.....	143
Солод І. М., Стаднік А. В., Український державний університет науки і технологій	
Дослідження методів тестування продуктивності та масштабованості в хмарних системах.....	144
Соченко М.О., Гришечкіна Т.С., Український державний університет науки та технологій, Україна	
Таксономія процесу налагодження програмного забезпечення	145
Жеваго О. О., Шинкаренко В. І., Український державний університет науки і технологій	
The effectiveness of kotlin multiplatform for developing cross-platform mobile applications.....	147
Borodin O. S., Volkova S. A., Ukrainian State University of Science and technology	
Successful Implementation of the Marie Skłodowska-Curie Project “Horizon 2020: European Training Network for Ukraine and Transport (ETUT)”	148
Serdiuk T. M., Ukrainian State University of Science and Technologies, Ukraine	
Апробація нової лабораторної роботи «SQL-ін’єкції» з дисципліни «Бази даних» на основі створеного програмного застосунку «SQL Testing»	149
Пахомова В.М., Вічев Д.Е., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Reinforcement learning in the educational field.....	150
Yalova K., Zubrycka A., Dniprovsky State Technical University, Ukraine	
Дослідження ефективності використання голосового помічника у веб-додатках.....	151
Ципа І.В., Волкова С. А, Український державний університет науки і технологій: Україна	
Впровадження платформи Moodle для підвищення ефективності дистанційного навчання.....	152
Боднар Є.Б., Безовська М.С., Татарінов О.Ф., Український державний університет науки і технологій: Україна	

ІНФОРМАЦІЙНА ТА КІБЕРНЕТИЧНА БЕЗПЕКА 154

Архітектурні інновації в глибинних нейронних мережах	155
Бречко В.О., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна	
Експериментальне порівняння методів навчання безпеці програм та даних під час code review.....	156
Жеваго О. О., Український державний університет науки і технологій, Україна	

Проблеми супроводу мікросервісних систем	157
Кушнір Б. Т., Український державний університет науки і технологій. Україна	
Кіберзагрози операторам мобільного зв'язку під час надзвичайних подій.....	158
Тимошенко Л.С., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Дослідження впливу способу управління станом Flutter додатку на його швидкодію та ресурсоемність	159
Кривонос Ю. А., Шаравара В.В. Український державний університет науки і технологій. Україна.	
Дослідження комбінованого варіанту виявлення DoS атак засобами нейронних мереж	160
Пахомова В.М., Метьолкін І.С., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Дослідження ефективності алгоритмів шифрування та дешифрування даних.....	161
Нор О.С., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Застосування локальних мовних моделей для автоматизації формування функціональних профілів захищеності інформаційних систем.....	162
Остапець Д. О., Дзюба В. В., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Розробка та дослідження менеджера паролів	163
Мілін Н. В., Остапець Д. О., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Огляд шкідливих програм та методів їх виявлення	164
Панін Д. В., Остапець Д. О., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Стегоаналіз при приховуванні інформації методом LSB з використанням графічних файлів–контейнерів.....	165
Пірогов Д. А., Остапець Д. О. Український державний університет науки і технологій, Україна	
Огляд алгоритмів постквантової криптографії.....	166
Русакевич С.Р., Остапець Д.О., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Розробка та дослідження ефективності засобів стеганографічного аналізу інформації, прихованої в зображеннях.....	167
Сасаров О.О., Остапець Д.О. Український державний університет науки і технологій, Україна	
Огляд принципів використання одноразових паролів	168
Сливець О. Д., Остапець Д. О., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Огляд інтелектуальних методів для вирішення задачі вибору функціональних профілів захищеності інформації.....	169
Сухомлин О.О., Остапець Д. О., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Захищена система формування дипломів університету	170
Панін Д. В., Остапець Д. О., Український державний університет науки і технологій, Україна	

Розробка засобів автентифікації з використанням мобільних пристроїв	171
Ткаченко К. А, Остапець Д. О., Український державний університет науки і технологій, Україна	
Розробка захищеного серверу системи контролю та управління доступом.....	172
Адаменко Д.А., Дзюба В. В., Український державний університет науки і технологій, Україна	

**АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ
ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ТРАНСПОРТУ**

Алгоритмічне управління системами накопичення електричної енергії на основі прогнозування цін ринку «на добу наперед» в умовах високої волатильності українського ринку електроенергії у 2025 році

Косяченко Д.П., Український державний університет науки і технологій, Україна

Електроенергетична система України на кінець 2025 року функціонує в умовах, які не мають аналогів у Європі. Через пошкодження інфраструктури ми втратили понад 9 ГВт теплових потужностей, а встановлена потужність сонячних електростанцій уже перевищує 16 ГВт. У ясний день СЕС видають 7,5-8,2 ГВт, що повністю перекриває денне споживання і змушує ціни на ринку «на добу наперед» падати до 500–1500 грн/МВт·год, а іноді й до від'ємних значень. Після 17:00 генерація сонця падає майже до нуля менш ніж за годину, і для покриття вечірнього піку доводиться включати найдорожчі газові турбіни та вугільні блоки, які ставлять ціни 8500-9500 грн/МВт·год. Таким чином, при зміні загального обсягу споживання менш ніж на 10–12 % добовий розмах цін регулярно становить 7000–9000 грн/МВт·год. Ринок «на добу наперед» працює за класичною моделлю одноцінового аукціону з маржинальним принципом формування ціни. Це означає, що ціна кожної години визначається пропозицією останньої генеруючої одиниці, яка була прийнята для повного задоволення попиту. Вдень маржинальними стають сонячні станції, ввечері – вугільні блоки з високою змінною собівартістю та ВЕС.

Саме ця особливість робить український РДН одним із найпривабливіших у світі для систем накопичення енергії. Системи накопичення, переважно на базі літій-залізо-фосфатних батарей, уже перестали бути просто засобом вирівнювання власної генерації. Вони стали повноцінними комерційними активами, основний дохід яких формується за рахунок енергетичного арбітражу: зарядка в години низьких або від'ємних цін і продаж у пікові години 17-22. Для гібридних станцій (ФЕС + АКБ) додається ще одна функція – мінімізація небалансів власної сонячної генерації та можливість продавати «чисту» енергію за вищою ціною. Ефективність роботи батареї напряму залежить від якості алгоритму управління. Сучасний алгоритм складається з кількох взаємопов'язаних частин: формується прогноз цін РДН і генерації ФЕС на 24-48 годин, а на його основі до 10:15 розв'язується задача лінійного програмування, що визначає оптимальний графік заряду та розряду батареї. У моделі враховуються технічні обмеження інверторів, ККД заряду/розряду, допустимий діапазон рівня заряду 20–95 %, деградація елементів та резерв 10–15 % ємності на випадок аварійних ситуацій. Протягом доби план коригується кожні 15–30 хвилин відповідно до актуальних цін внутрішньодобового ринку та команд Укренерго.

Практичні результати показують, що для типового гібридного об'єкта потужністю 5 МВт ФЕС + 5 МВт/10 МВт·год АКБ середньодобовий дохід від арбітражу та продажу надлишкової генерації становить 420–680 тисяч гривень залежно від пори року. При таких показниках термін окупності системи скорочується до 5,5–7 років навіть після завершення дії «зеленого» тарифу. Отже, алгоритмічне управління системами накопичення енергії вже зараз є не просто інструментом підвищення рентабельності окремих об'єктів, а важливим елементом балансування всієї енергосистеми. В умовах зростання частки відновлюваних джерел розумне керування стає тим інструментом, який дозволяє одночасно заробляти власникам і стабілізувати мережу.

Концепція використання цифрових двійників в соціо-кібер-фізичній системі керування залізничної сортувальної станції

Козирев С.В, Єгоров О.Й, Косолапов А.А, Український державний університет науки і технологій, Україна

Сучасний етап розвитку комп'ютерних систем характеризується зміною парадигми комп'ютеризації у напрямку створення соціо-кібер-фізичних технологічних (індустріальних) систем — СКФТС (СКФІС). Ці системи є наступним етапом удосконалення цифровізації всіх процесів у промисловості, транспорті, економіці й усіх сферах суспільного життя.

Процес удосконалення систем керування різних рівнів пов'язаний із впровадженням механізмів штучного інтелекту. Зазвичай це пов'язують зі створенням і використанням цифрових двійників, основними функціями яких є адаптивне імітаційне відтворення роботи та керування фізичними об'єктами. У практиці проектування автоматизованих систем керування ці апаратно-програмні пристрої називали тренажерами об'єктів керування або цілих технологічних процесів.

Основні архітектурні особливості СКФТС як «системи систем»:

1. Зміна структури систем автоматизації та перехід до розподілених ґрид-структур (фізичні об'єкти, їх цифрові двійники, рівень комунікацій, серверний рівень баз даних і знань, соціальний рівень вибіркового моніторингу окремих підсистем.
2. Режими роботи нових систем: реальний час або режим розподілу часу використання ресурсів віртуальних двійників.
3. Важливо враховувати всі види забезпечення підсистем СКФТС у процесі їх проектування: технічне, програмне, математичне, інформаційне, лінгвістичне, організаційне, метрологічне.
4. Ступінь деталізації фізичних об'єктів може змінюватися залежно від мети проектування: від «розумних» підсистем до рівня окремих речей (як в IoT).
5. Проектування СКФТС має виконуватися за методологією «зверху вниз» із використанням різних фреймворків.

З урахуванням сучасних тенденцій розвитку була створена архітектура СКФТС для керування розформуванням поїздів на сортувальній гірці.

Особливість структури полягає в поділі рівня цифрових двійників на два підрівні:

- слот стаціонарних цифрових двійників, орієнтованих на структуру технологічного процесу та встановлені на ньому датчики і обладнання керування;
- слот мобільних цифрових двійників, що супроводжують процес скочування відцепів від моменту від'єднання вагона від состава до його прибуття на сортувальну колію.

Життєвий цикл мобільного цифрового двійника триває від точки відчеплення до досягнення цільової колії. Розмір рою мобільних двійників залежить від розвитку колійного господарства і може сягати кількох сотень.

Кількість стаціонарних цифрових двійників визначається у процесі проектування та залежить від ступеня декомпозиції системи керування, вартості апаратної реалізації двійника та можливостей серверу комунікацій.

Нові системи дозволяють розширити сферу автоматизації від великих розумних підприємств до «розумних речей». Технологія цифрових двійників забезпечує можливість адаптивного керування у процесі безперервного вдосконалення технологічних систем і процесів. Полегшується покрокове впровадження та налагодження програмного забезпечення окремих підсистем, що особливо важливо в умовах появи нових моделей та методів штучного інтелекту.

Marketing of the modern industrial control systems

Bekh K. A., Dr., World Association in Economics, Austria

Some aspects of the marketing of the modern industrial control systems were researched by Abrams M., Hahn A. [3], Katsikeas C. S. [1], Lightman S., Pillitteri V. [3], Stone M. [2], Stouffer K. [3], Woodcock N. [2] etc.

The marketing of the industrial control systems includes:

- websites in different languages;
- advertisement of the industrial control systems and companies involved in the industrial control systems;
- information papers and reports;
- articles on industrial control systems.

The advantages of the industrial control systems, emphasized in the marketing of the industrial control systems, are:

- automation;
- safety;
- productivity;
- data collection.

The key strategies for safeguarding the industrial control systems are:

- network segmentation;
- regular software updates;
- access controls;
- employee training;
- incident response planning;
- encryption;
- anomaly detection;
- physical security;
- information sharing;
- regulatory compliance [4].

Some aspects of the marketing of the modern industrial control systems were researched by the scientists. But this research clearly indicates what the marketing of the industrial control systems includes. The advantages of the industrial control systems, emphasized in the marketing of the industrial control systems, are automation, safety, productivity and data collection.

References

1. Katsikeas C. S. Global marketing of industrial products: Contemporary developments and future directions. *Industrial Marketing Management*. 2006. Vol. 35, Issue 5. P. 540-544. URL: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2005.10.007>
2. Stone M., Woodcock N. Developments in B to B and B to C Marketing and Sales Automation Systems. *Journal of Business-to-Business Marketing*. 2021. Vol. 28, Issue 2. P. 203-222. URL: <https://doi.org/10.1080/1051712X.2021.1920702>
3. Stouffer K., Lightman S., Pillitteri V., Abrams M., Hahn A. Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security. 2014. URL: http://www.gocs.com.de/pages/fachberichte/archiv/164-sp800_82_r2_draft.pdf

До питання просторової стабілізації руху магнітоплану

Плаксін С. В., Інститут транспортних систем і технологій НАН України, Україна

Муха А. М., Устименко Д. В., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Магнітолевітаційний транспорт представляє собою потяг, що низько летить над землею і з формальної точки зору не може класифікуватись як залізничний чи авіаційний транспорт. При русі магнітоплану, на відміну від літака, використовується позитивна аеродинамічна інтерференція (ефект екраноплану) та електродинамічна інтерференція (ефект магнітної левітації на основі застосування надпровідних пристроїв) транспортного засобу та опорної поверхні направляючого шляху [1]. Тобто специфічною особливістю магнітолевітаційного транспорту є відсутність безпосереднього контакту транспортного засобу з шляховою структурою, що робить надважливим вирішення задачі просторової стабілізації магнітоплану при створенні надійної і безпечної високошвидкісної транспортної системи.

Проблема просторової стабілізації транспорту на магнітній левітації полягає в тому, що такий спосіб підвішування не є природньо стійким і вимагає постійного активного контролю для утримання магнітоплану в безпечному положенні над напрямною шляху. Згідно з теоремою Ерншоу, неможливо досягти стабільної рівноваги об'єкту, що левітує, використовуючи виключно статичні магнітні поля. Оскільки, будь-яке найменше відхилення призводить до збільшення сили, що відштовхує об'єкт далі від положення рівноваги, а не повертає його назад.

Для того аби подолати цю вроджену нестабільність в магнітолевітаційних транспортних системах з електромагнітною підвіскою (EMS) покладаються на системи активного електронного зворотного зв'язку. Датчики безперервно вимірюють величину повітряного зазору між магнітопланом і поверхнею напрямної шляху та регулюють силу електромагнітів для утримання його по центу напрямної та на потрібній висоті. В системах з EMS-підвіскою величина повітряного зазору складає близько 10 мм [2], а тому на високих швидкостях реалізація такого контролю стає надзвичайно складною технічною задачею.

На відміну від EMS, електродинамічна підвіска (EDS) використовує силу відштовхування (силу Ленца) і зазвичай взаємодіє з пасивною наземною частиною аби забезпечити силу левітації. Системи з EDS характеризуються високою магнітною стабільністю і не потребують контролю за повітряним зазором, величина якого складає в середньому 100 мм. Система EDS не вимагає складної активної системи керування підвіскою, а більший зазор підвіски знижує вимоги до точності колії, складності будівництва та вартості. Однак власне демпфування надпровідної системи EDS дуже мале, і навіть стає негативним в деяких діапазонах швидкостей. Коли магнітоплан рухається з певною швидкістю, під впливом аеродинамічного навантаження та нерівностей напрямної шляху, слабкі характеристики демпфування призводять до сильної вібрації, що знижує стійкість руху транспортного засобу.

Авторами в роботі [2] запропонована система підвішування на основі взаємоузгодженої комбінації двох способів магнітної левітації – електромагнітної та електродинамічної завдяки використанню принципово іншої архітектури побудови МАГЛЕВ-траси. Основним елементом такої траси є 2-х режимний тягово-левітаційний модуль [2], який в залежності від необхідності виконує дві функції – створення сили тяги або левітації. При створенні левітації модуль може працювати в одному з двох режимів:

- активний, коли швидкості магнітоплану не достатньо аби наведені струми створили достатню для польоту силу левітації. В цьому випадку на котушки модулів, в межах довжини магнітоплану, подається від зовнішнього джерела постійний струм аби підняти транспортний засіб на висоту 5...10 мм над напрямною шляху.

- пасивний, коли швидкість магнітоплану перевищує 100...150 км/год. Котушки замикаються на себе і їх живлення припиняється, а струм в них утворюється лише індукцією, коли транспортний засіб проїжджає повз.

Суттєвою відмінністю пропонованого 2-режимного тягово-левітаційного модуля від існуючих концепцій є те, що в активному стані знаходяться тільки ті модулі, в зоні дії яких знаходиться магнітоплан. Кожен модуль отримує живлення від власного автономного джерела енергії та з відповідною системою управління, що дозволяє вибірково впливати на струми в котушках модуля з метою стабілізації магнітоплану.

Література

1. Геєць В.М. Розвиток економічних та науково-технічних основ транспорту п'ятого покоління / Геєць В.М., Волошин О.І., Дзензерський В.О., Никифорок О.І.; НАН України, ДУ «Ін-т екон. та прогноз. НАН України»; Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України; Інститут транспортних систем і технологій НАН України. – Електрон. ресурс. – Київ, 2020. 254 с.
2. Плаксін С. В. 2-х режимний тягово-левітаційний модуль перспективної магнітно-левітаційної транспортної системи / С. В. Плаксін, А. М. Муха, Д. В. Устименко, Ю. В. Шкіль, О. О. Голота, Є. М. Чуприна / Електромеханічні і енергозберігаючі системи. 2022. Вип. 2 (58). С. 56–65. <https://doi.org/10.30929/2072-2052.2022.2.58.49-53>.

Використання цифрових сигнальних процесорів в системах залізничної автоматики

Профатилів В.І., Український державний університет науки і технологій, Україна

В системах залізничної автоматики для визначення присутності рухомого складу на блок-ділянках перегону або станції широко використовуються тональні рейкові кола (ТРК). Для цього в ТРК використовують амплітудно-модульований сигнал з частотою модуляції 8 або 12 Гц. Приймач ТРК повинен реагувати на сигнал заданої несучої частоти і виділяти з нього модульований сигнал, що дозволяє значно знизити вплив імпульсних і гармонічних завад тягового струму на роботу приймача. Приймач ТРК, що використовується зараз в Україні, здійснює аналогову обробку сигналів, що потребує використання пасивних фільтрів які реалізуються на дроселях та конденсаторах. Параметри даних елементів досить сильно залежать від температури та змінюються з часом, що призводить до значних коливань параметрів фільтрів приймача ТРК в процесі експлуатації. Також аналоговий приймач ТРК має високу вартість, великі ваго-габаритні показники та значне енергоспоживання. Крім цього, кожний аналоговий приймач ТРК потребує індивідуального регулювання перед введенням в експлуатацію та періодичного регулювання в процесі експлуатації, що збільшує експлуатаційні витрати. Для усунення цих недоліків, пропонується використовувати в ТРК цифровий приймач, що виконує цифрову обробку сигналів (ЦОС). а для апаратної реалізації використовувати цифровий сигнальний процесор.

Для апаратної реалізації цифрового приймача ТРК пропонується використовувати 16-ти розрядний мікроконтролер dsPIC30F компанії Microchip з підтримкою команд цифрової обробки сигналів. Висока швидкість роботи (до 30 MIPS) і ефективна система команд з підтримкою потужних математичних можливостей та мови високого рівня Сі, дозволяє використовувати ці мікроконтролери (МК) для реалізації складних систем реального часу. МК dsPIC30F мають блок для апаратного множення 17x17, два 40-розрядних акумулятора та 40-розрядні регістри зсуву і накопичення, а також спеціальні команди, що дозволяють реалізувати більшість базових алгоритмів цифрової обробки сигналів. Для вводу аналогового сигналу в цифровий пристрій МК dsPIC30F має вбудований 12-розрядний швидкодіючий аналого-цифровий перетворювач (до 100 тисяч перетворювань за секунду), що дозволяє зменшити вартість цифрового приймача ТРК та його габарити. Для проектування цифрових фільтрів на базі МК dsPIC30F можна використовувати програму FilterLab компанії Microchip яка дозволяє по заданим параметрам і типу фільтра автоматично сформувати готовий програмний код для мікроконтролера dsPIC на мові високого рівня Сі. Безпечна та надійна робота цифрового приймача ТРК забезпечується використанням трьохканальної структури та мажоритарним принципом роботи, а також можливістю автоматичного переходу приймача у захисний стан у випадку відмови будь-якого елемента. Для програмної диверсифікації роботи цифрового приймача ТРК, у кожному каналі використовується окреме програмне забезпечення, яке функціонує по різним алгоритмам.

Цифровий приймач ТРК має ряд переваг у порівнянні з аналоговими приймачами:

- універсальність цифрового приймача ТРК (використання всього лише одного типу приймача для сигналів різних частот), а також підвищення безпеки руху поїздів та надійності роботи пристроїв залізничної автоматики;
- зниження експлуатаційних витрат на обслуговування систем залізничної автоматики;
- суттєве зниження потужності споживання приймачів ТРК та стабільність вихідних параметрів у широкому діапазоні напруги живлення (від 110 до 260 В) за рахунок використання імпульсного блоку живлення;
- зменшення ваго-габаритних показників та вартості приймача ТРК, а також легкість включення цифрового приймача ТРК у систему диспетчерського контролю.

Розробка системи оперативного виявлення надмірних відхилень параметрів сигналів у рейкових колах метрополітену

Гаврилюк В. І., Смирнов А. О., Український державний університет науки і технологій,
Україна

У роботі розглядається завдання розробки системи оперативного виявлення надмірних відхилень параметрів сигналів у рейкових колах (РК) метрополітену від їх номінальних значень з метою своєчасного проведення позапланового технічного обслуговування та попередження відмов.

Рейкові кола метрополітену меншою мірою схильні до впливу зовнішніх факторів порівняно з РК магістрального залізничного транспорту, де істотно впливають температурні коливання, опади, вологість і широкий спектр електромагнітних завад (ЕМЗ). На магістральному транспорті інтенсивні зовнішні джерела ЕМЗ - грозові розряди, високовольтні лінії електропостачання, а також дугові розряди на контактному проводі особливо при ожеледиці можуть призводити до збоїв у роботі РК. У метрополітені такі впливи виражені значно слабкіше.

Тягове електропостачання постійного струму не формує тривалих гармонійних складових достатньої амплітуди, здатних порушити функціонування РК. Комутаційні високочастотні гармоніки тягового струму в тяговому двигуні ефективно згладжуються завдяки великій індуктивності обмоток збудження двигунів та послаблюються високим поздовжнім опором рейок на цих частотах; крім того, їх частоти не збігаються із частотами сигналізації. Регламентні перевірки підтверджують відсутність тривалих ЕМЗ в рейкових колах, здатних викликати відмову справних та правильно відрегульованих РК.

Тим не менш, механічні вібрації, корозійні процеси, старіння рейкової інфраструктури та деградація окремих елементів РК можуть призводити до зміни параметрів сигнального струму та поступового розвитку прихованих дефектів.

Мета роботи – розробка системи оперативного виявлення надмірних відхилень параметрів сигналів РК метрополітену від номінальних значень.

Для досягнення мети розроблено комп'ютерну модель, що дозволяє на основі даних планових профілактичних вимірювань параметрів сигнального струму визначати причини відхилення сигналів в РК від допустимих значень.

Модель рейкових кіл та тягової мережі розроблена у вигляді послідовно з'єднаних багатополісників із зосередженими параметрами та реалізована у програмному середовищі Matlab/Simulink. Такий підхід забезпечує гнучку зміну конструктивних та локальних особливостей мережі за рахунок налаштування параметрів елементів моделі.

Модель враховує ключові характеристики РК: поздовжню та поперечну провідність рейкової лінії, довжину рейкових кіл, положення поїзда, коефіцієнти несиметрії поздовжніх опорів рейок, провідність рейка-земля, а також наявність локальних дефектів різної природи, що з'явилися в процесі експлуатації. Моделювання сигналів на вході приймача РК у широкому діапазоні експлуатаційних умов дозволяє виявляти початкові ознаки деградації та формувати основу для оперативної діагностики стану рейкових ланцюгів.

Висновок. Для оперативного виявлення надмірних відхилень параметрів сигналів у рейкових колах метрополітену від їх номінальних значень розроблено комп'ютерну модель, що дозволяє на основі даних планових профілактичних вимірювань параметрів сигнального струму визначати причини відхилення сигналів в РК від допустимих значень.

Дешифрування сигналів АЛС за допомогою методів цифрової фільтрації

Масалов Є.О., Профатилів В.І., Український державний університет науки і технологій,
Україна

На залізничному транспорті в Україні системи автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС) мають важливе значення для забезпечення безпеки руху, оскільки забезпечують машиніста інформацією про дозволена швидкість руху. Для надійної роботи систем АЛС важливо мінімізувати вплив електромагнітних завад на корисний сигнал у рейковому колі. Такі завади можуть виникати через тяговий струм електровозів, а також атмосферні й промислові джерела. Тому одним із перспективних шляхів підвищення завадостійкості роботи приймача АЛС є застосування цифрових методів обробки сигналів, що дає змогу покращити процес дешифрування кодів АЛС.

Метою роботи є застосування методів цифрової обробки сигналів для дешифрування кодів АЛС, що дає змогу забезпечити стабільне та своєчасне їх розпізнавання навіть за умов сильних електромагнітних завад і низького рівня сигнал/шум у рейковому колі. Сигнали АЛС представляють собою періодичні кодові послідовності що передаються в частотному діапазоні 25–75 Гц. Для їх надійного виділення на тлі шумів доцільно використовувати цифрові фільтри з вузькою смугою пропускання. Такі фільтри дозволяють ефективно пригнічувати низькочастотні шуми та гармоніки, що виникають під впливом тягових електродвигунів електровозів, а також інші промислові завади в рейкових колах. Крім того, вибраний тип фільтра має відповідати вимогам до амплітудно-частотної характеристики для всіх робочих частот сигналів АЛС.

Для синтезу цифрового фільтру дешифрування сигналів АЛС пропонується обрати метод запропонований Стівеном Смітом, який включає в себе наступні кроки:

- формування масиву значень необхідної АЧХ фільтру;
- отримання імпульсної характеристики фільтру за допомогою використання зворотного перетворення Фур'є;
- зсув імпульсної характеристики фільтру в необхідну частотну область;
- обмеження імпульсної характеристики фільтру з метою отримання кінцевої кількості коефіцієнтів фільтру;
- усунення ефекту Гіббса (перемноження масиву значень імпульсної характеристики на масив значень віконної функції, щоб отримати масив коефіцієнтів синтезованого фільтру);
- отримання АЧХ синтезованого фільтру за допомогою прямого перетворення Фур'є імпульсної характеристики;
- перевірка АЧХ фільтру на відповідність вимогам і вибір найліпшої віконної функції.

Проаналізувавши результати синтезу цифрового фільтру дешифрування сигналів АЛС було прийнято рішення, що для подальшого проектування цифрового фільтру слід обрати віконну функцію Блекмана-Харріса. Тому що ця віконна функція задовольняє поставлені вимоги до загасання синтезованого фільтру. Після синтезу фільтру було проведено перевірку роботи кореляційного приймача сигналів АЛС, а також протестовано кореляційний прийом за допомогою імітаційного моделювання в середовищі MATLAB із використанням пакетів Signal Processing Toolbox (стандартні засоби для чисельної обробки та фільтрації сигналів) та Filter Design Toolbox (інструменти для проектування цифрових і аналогових фільтрів).

Результати проведеного моделювання показали, що використання даного кореляційного методу в приймачі сигналів АЛС дозволяє досягти більш високої завадостійкості та визначати корисний сигнал на фоні великих імпульсних і періодичних завад, що дозволить підвищити ефективність роботи приймача системи АЛС та надійність його роботи, і як слідство підвищити безпеку руху поїздів на залізничному транспорті.

Перспективи розвитку резервного електроживлення на залізничному транспорті

Татарінов В.Ф., Український державний університет науки і технологій, Україна

Надійне резервне електроживлення є ключовою умовою безперервної роботи систем сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) на залізничному транспорті. Навіть короткі відключення можуть призвести до порушення логіки керування рухом поїздів та створення небезпечних ситуацій. З огляду на зростання інтенсивності руху, цифровізацію та високі RAMS-вимоги, резервні системи повинні відповідати міжнародним стандартам (EN 50126, EN 50129, EN 50163, IEC 62040).

Традиційні українські системи живлення СЦБ будувалися на трансформаторно-випрямних схемах з VRLA/AGM акумуляторами, що забезпечували лише базову безперервність. Сучасним прикладом модернізації є система ПКСЕЖ від ПрАТ «СНВО Імпульс», яка підтримує роботу з кількома фідерами, автоматичне введення резерву, інтеграцію дизель-генераторів та мікропроцесорну діагностику. Рішення відповідає галузевим стандартам та рекомендаціям ОСЗ і дозволяє адаптувати інфраструктуру до нових вимог безпеки.

Міжнародний досвід, зокрема ARTC (Австралія), демонструє перехід до гібридних архітектур на основі UPS, великих акумуляторних батарей, систем BMS та можливості підзарядки від сонячних і вітрових джерел. Такі комплекси забезпечують тривалу автономність у разі аварій та відповідають вимогам ESD-03-01.

Глобальна тенденція – заміна VRLA-батарей на літій-іонні (LiFePO₄), що мають більшу енергоємність, стабільність та ресурс роботи. Для компенсації пікових навантажень застосовуються суперконденсатори, які знижують струмові удари та підвищують надійність. Ці технології інтегровані в сучасні UPS відповідно до IEC 62040.

Значну роль відіграє перехід на предиктивне технічне обслуговування (CBM), що базується на постійному моніторингу параметрів живлення та стану батарей, інтеграції зі SCADA та використанні аналітичних алгоритмів прогнозування відмов. Це дозволяє підвищити готовність систем до рівня 99,99% та скоротити час відновлення роботи.

Критичним аспектом залишається електромагнітна сумісність між тяговими та сигнальними мережами. Вимоги EN 50121 та IEC 62040 регламентують рівні завадостійкості, фільтрацію та захист від перенапруг для мінімізації негативного впливу тягових струмів на автоматику.

Висновки. Перспективи розвитку резервного електроживлення на залізничному транспорті полягають у комплексній інтеграції інноваційних технологій енергозбереження, акумулявання та управління навантаженнями. Комплексне дотримання вимог міжнародних стандартів EN 50126/50129/50121/50163, IEC 62040 і IEC 62933 створює підґрунтя для уніфікації технічних рішень, підвищення надійності систем і інтеграції українських залізниць у європейський транспортний простір.

Таким чином, розвиток резервного електроживлення залізничного транспорту має бути спрямований на модернізацію існуючих інфраструктурних систем із урахуванням енергетичної ефективності, надійності, цифрової інтеграції та стійкості до зовнішніх впливів. Поєднання класичних і новітніх технологій – від UPS-комплексів і літєвих акумуляторів до фотоелектричних систем і предиктивної аналітики – формує основу для створення адаптивних, «розумних» енергетичних платформ залізничної автоматики нового покоління.

Розробка та дослідження зарядного пристрою для літій-іонних акумуляторів

Лазовський С. О., Гаврилюк В. І., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Існуючі системи резервного живлення систем залізничної автоматики побудовані з використанням застарілих типів акумуляторів і дизель-генераторів. Такі системи потребують значні експлуатаційні витрати на їх утримання і обслуговування. Акумуляторам потрібно підтримувати необхідну концентрацію електроліту, підзарядка, вентиляція у приміщенні. У сучасному світі електронних пристроїв літій-іонні (Li-Ion) акумулятори займають ключове місце як надійний і компактний джерело живлення. Однак, щоб забезпечити безпечну та ефективну роботу таких акумуляторів, необхідно використовувати спеціалізовані зарядні пристрої, які підтримують протокол зарядки з контролем напруги та струму. Неправильна зарядка може призвести до скорочення строку служби або навіть повного знищення акумулятора.

Метою даної роботи є розробка зарядного пристрою для Li-Ion акумуляторів типу 18650 (номінальна напруга 3.7 В, максимальна напруга — 4.2 В), який реалізує алгоритм CC-CV (Constant Current - Constant Voltage) та має систему автоматичного контролю параметрів зарядки.

Для досягнення поставленої мети були визначені раціональні режими зарядження і розрядження акумулятора, обрана елементна база для реалізації пристрою, проведено моделювання роботи пристрою на комп'ютерному симуляторі для підтвердження правильності розробки. Після цього розроблений пристрій був виготовлений і проведено дослідження розрядних і зарядних характеристик акумулятора з використанням розробленого пристрою.

Для реалізації пристрою в роботі був вибраний контролер на основі Ардуіно. Для реалізації CC-CV режимів роботи пристрою було використано стабілізатори струму і напруги на основі мікросхеми LM317. Завдання струму і напруги, а також переключення режимів роботи відбувалося з використанням Arduino Uno/Nano. Напруга з акумулятора подавалася через аналоговий вхід (A0) з використанням дільника напруги. Для вимірювання струму використовували сенсор струму. Управління зарядним струмом здійснюється через цифровий вихід Ардуіно, з якого сигнал подається на MOSFET-транзистор.

LCD-дисплей застосований у пристрої для візуального контролю режимів роботи і параметрів, а саме, поточний стан роботи (режим CC або CV, напруга, струм акумулятора, відсоток заряду). При підключенні комп'ютера залежність струму і напруги акумулятора записується в пам'ять комп'ютера з можливістю побудови і візуального аналізу процесів.

Висновки. Розроблено зарядний–розрядний для Li-Ion акумуляторів, який реалізує алгоритм CC-CV та має систему автоматичного контролю параметрів роботи. Пристрій був виготовлений і проведені дослідження розрядження і зарядження Li-Ion акумуляторів типу 18650. Режими роботи пристрою та параметри акумулятора відображаються на дисплеї. Підключення ноутбука за послідовним інтерфейсом дозволяє записувати в пам'ять комп'ютера результати вимірювання з подальшою їх візуалізацією.

Використання мікроконтролера Arduino дозволяє легко модифікувати програмне забезпечення для підходу до конкретних вимог. Проект може бути покращений шляхом додавання додаткових функцій, таких як термоконтроль або інтеграція Wi-Fi/Bluetooth для дистанційного контролю.

Актуальні проблеми та напрями розвитку автоматизованих систем аналізу еег

Інкін О. А., Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Україна

Автоматизація систем аналізу електроенцефалографічних сигналів (ЕЕГ) є одним із ключових напрямів сучасної біомедичної інженерії. ЕЕГ широко застосовується для дослідження функціонального стану головного мозку завдяки неінвазивності, високій часовій роздільній здатності та можливості тривалого моніторингу. Водночас інтенсивне зростання обсягів ЕЕГ-даних, отримуваних у клінічній і експериментальній практиці, істотно ускладнює їх ручну обробку, що зумовлює нагальну потребу в розробці ефективних автоматизованих систем аналізу.

Актуальність теми посилюється високою залежністю традиційної інтерпретації ЕЕГ від суб'єктивного досвіду фахівця. Ручна розмітка електроенцефалограм супроводжується значною міжекспертною варіативністю, що негативно впливає на відтворюваність результатів і ускладнює стандартизацію діагностичних критеріїв. У клінічному середовищі це може призводити до затримок у прийнятті рішень і неоднозначності діагнозів, тоді як у наукових дослідженнях — до обмеженої порівнюваності результатів між експериментальними групами.

Однією з фундаментальних проблем автоматизованого аналізу ЕЕГ є низька якість первинних сигналів, зумовлена наявністю фізіологічних і технічних артефактів, а також нестаціонарним характером мозкової активності. Значна міжіндивідуальна варіативність ЕЕГ патернів ускладнює побудову універсальних алгоритмів обробки та знижує здатність моделей до узагальнення. Незважаючи на розвиток автоматизованих методів попередньої обробки, їх ефективність часто залежить від конкретних умов реєстрації та потребує додаткової адаптації.

Метою досліджень у галузі автоматизації аналізу електроенцефалографічних сигналів є розробка та обґрунтування таких методів і алгоритмів обробки ЕЕГ, які забезпечують зменшення суб'єктивного впливу експерта, підвищення стійкості до шумів і артефактів, а також здатність до узагальнення за умов варіативності сигналів. Досягнення цієї мети передбачає створення інтегрованих автоматизованих конвеєрів аналізу, здатних поєднувати етапи попередньої обробки, виділення інформативних ознак або навчання подань та інтерпретації результатів у єдиній узгодженій системі.

Перспективним напрямом автоматизації аналізу ЕЕГ є застосування методів машинного та глибинного навчання, які дозволяють моделювати складні нелінійні залежності та зменшувати роль ручного виділення ознак. Однак практичне впровадження таких підходів супроводжується низкою обмежень, серед яких дефіцит репрезентативних анотованих даних, ризик перенавчання моделей і обмежена інтерпретованість отриманих результатів. У клінічному контексті ці фактори істотно знижують рівень довіри до автоматизованих систем і стримують їх інтеграцію в процеси підтримки прийняття рішень.

Подальший розвиток автоматизованих систем аналізу ЕЕГ доцільно спрямовувати на створення стійких до шумів і варіативності алгоритмів попередньої обробки, розробку адаптивних та узагальнювальних моделей аналізу, а також інтеграцію інтерпретованих методів штучного інтелекту. Перспективними є гібридні підходи, що поєднують класичні методи обробки сигналів із сучасними моделями машинного навчання, використання методів самонавчання та перенесення знань, а також формування стандартизованих автоматизованих конвеєрів аналізу, орієнтованих на практичне застосування в клінічних і наукових системах.

Інформативність методів ідентифікації рухомого складу залізничного транспорту

Сторов О.Й., Український державний університет науки і технологій, Україна

Розвиток інфраструктури та логістики залізниць тісно пов'язаний зі створенням нових та модернізацією вже існуючих інформаційних, керуючих та інформаційно-керуючих систем. Ці системи призначені для керування вагонопотоками як на магістральних коліях, так і на залізничних станціях. Особлива увага приділяється роботі сортувальних станцій, які становлять складний технологічний процес з обробки складів. Класифікуються сортувальні станції за своєю потужністю та можливостями обробки різних складів. Сортувальна станція складається з наступних технологічних об'єктів з обробки складів: парк прибуття, сортувальна гірка, сортувальний парк та парк відправлення. Кожен із цих елементів сортувальної станції можна розглядати як окремий технологічний процес тісно пов'язаний з іншими, при цьому особливе знімання приділяється сортувальній гірці як найбільш складній структурі. Для ефективної роботи систем управління одним із головних завдань це отримання інформації про об'єкт управління. Об'єктами управління на сортувальних станціях є поїзди, вагони та локомотиви. В рамках цих завдань гостро постає питання про ідентифікацію рухомих одиниць (тут і далі під поняттям рухома одиниця маємо на увазі локомотив, вагон чи відчіп). Ідентифікація рухомого складу включає різні завдання, з погляду виду одержуваної інформації, і застосування різних методів. Можна виділити такі завдання ідентифікації рухомого складу:

- визначення розташування поїзда;
- ідентифікація поїзда;
- ідентифікація номера вагона;
- ідентифікація статичних характеристик рухомих одиниць;
- визначення характеристик руху рухомих одиниць.

За використанням засобів завдання ідентифікації рухомого складу вирішуються із застосуванням:

- супутникових радіонавігаційних систем (СРНС);
- систем зчитування номерів вагонів;
- методів, що використовують обладнання низової залізничної автоматики (шляхові датчики, рейкові ланцюги, фотоелементи тощо);
- аналітичних методів, заснованих на габаритно-вагових характеристиках об'єкта ідентифікації та параметрів руху.

Найбільше застосування СРНС на залізницях належить до вирішення завдань позиціонування поїздів, саме їх локомотивів. Локомотиви поїздів можуть бути забезпечені спеціальними пристроями стеження (приймачами), завдяки яким відбувається визначення розташування поїзда.

До завдань систем автоматичної ідентифікації рухомого складу належать, перш за все, завдання визначення номерів вагонів. Варто відзначити лише дві системи: системи, що використовують мікрохвильовий метод передачі інформації та метод, заснований на обробці відеозображень.

У цій роботі приділено увагу системам та методам визначення статичних характеристик рухомих одиниць, а саме визначення кількості, міжосьових відстаней та типу рухомих одиниць. Подібні системи використовують спеціальні контрольні долі, оснащені точковими колійними датчиками, рейковими ланцюгами, фотодатчиками тощо. Дані методи ідентифікації мають меншу інформативність, ніж, наприклад, супутникові радіонавігаційні системи, але при цьому є достатніми для вирішення низки технологічних завдань, а в ряді випадків і єдино можливими. Варто також відзначити низьку вартість реалізації таких систем порівняно з описаними вище системами.

Дослідження впливу параметрів модуляції синусоїдального однофазного інвертора на коефіцієнт нелінійних спотворень вихідного сигналу

Буряк М. Г., Гаврилюк В. І. Український державний університет науки і технологій,
Україна

Інвертор широко використовується для перетворення постійного струму в змінний в промислових та побутових пристроях. Залежно від форми вихідного сигналу розрізняють три типи інверторів: з прямокутним, модифікованим та синусоїдальним сигналом. Імпульсний принцип перетворення, що використовується в Інверторах приводить до спотворення вихідного струму і появи багатьох гармонік у його складі. Для зменшення гармонік у вихідному струмі можуть бути застосовані різні методи. Спотворення вихідного струму значною мірою залежать від способу перетворення. Коефіцієнт нелінійних (гармонійних) спотворень (THD) однофазного інвертора з синусоїдальною широтно-імпульсною модуляцією (SPWM) є критичним показником якості форми його вихідного сигналу. Він кількісно визначає спотворення, присутні у вихідній напрузі або струмі. На THD суттєво впливають два основні параметри методу SPWM: індекс модуляції (m_a) та коефіцієнт частоти (m_f). В літературі описано багато досліджень з визначення цього впливу. Використання інверторів для систем залізничної автоматики накладає деякі специфічні вимоги по рівню і спектру завад, що вони генерують.

Метою даної роботи є визначення впливу параметрів модуляції синусоїдального однофазного інвертора на коефіцієнт нелінійних спотворень сигналу на його виході.

Дослідження проведено для однофазного інвертора напруги з конфігурацією повного H-моста на IGBT транзисторах з модуляцією синусоїдальним широтно-імпульсним сигналом. Дослідження проведено моделюванням у програмних пакетах LTspice і Matlab/Simulink.

На основі проведених досліджень визначено наступне. Вплив на основну напругу

Для діапазону лінійної модуляції, де індекс модуляції $m_a \leq 1$ амплітуда основної складової сигналу прямо та лінійно пропорційна m_a , наближаючись до максимально досяжного значення при $m_a=1$. Зв'язок між m_a та THD зазвичай обернено пропорційний у межах лінійного робочого діапазону ($m_a \leq 1$), тобто збільшення m_a до 1 призводить до зменшення THD. Це пояснюється тим, збільшення основної складової при незначних змінах рівня інших гармонік.

При збільшенні $m_a > 1$ вихідні імпульси не пропорційні синусоїдальному сигналу, а форма вихідного сигналу стає модифікованою прямокутною хвилею, що призводить до значного збільшення коефіцієнта гармонічних спотворень (THD) через появу гармонік нижчого порядку (таких як третя та п'ята), які важко фільтрувати.

Коефіцієнт частотної модуляції m_f зазвичай вибирається як непарне ціле число для біполярної комутації або як ціле число для уніполярної комутації. Домінуючі гармоніки напруги у формі сигналу вихідної напруги зосереджені навколо значень, кратних несучій частоті, зокрема, на рівні $k \cdot m_f \pm j$, помножених на основну частоту, де k та j – цілі числа. Збільшення m_f зміщує склад домінуючої гармоніки до вищих частот. Збільшення m_f призводить до зменшення THD. Причому, високочастотні гармоніки набагато легше усунути або значно послабити за допомогою невеликого пасивного фільтра.

Але збільшення m_f також збільшує частоту перемикання силових напівпровідникових ключів. Вища частота перемикання призводить до збільшення втрат на перемикання в ключах інвертора, що може знизити ефективність.

Актуальні проблеми та напрями розвитку автоматизованих систем аналізу еег

Інкін О. А., Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Україна

Автоматизація систем аналізу електроенцефалографічних сигналів (ЕЕГ) є одним із ключових напрямів сучасної біомедичної інженерії. ЕЕГ широко застосовується для дослідження функціонального стану головного мозку завдяки неінвазивності, високій часовій роздільній здатності та можливості тривалого моніторингу. Водночас інтенсивне зростання обсягів ЕЕГ-даних, отримуваних у клінічній і експериментальній практиці, істотно ускладнює їх ручну обробку, що зумовлює нагальну потребу в розробці ефективних автоматизованих систем аналізу.

Актуальність теми посилюється високою залежністю традиційної інтерпретації ЕЕГ від суб'єктивного досвіду фахівця. Ручна розмітка електроенцефалограм супроводжується значною міжекспертною варіативністю, що негативно впливає на відтворюваність результатів і ускладнює стандартизацію діагностичних критеріїв. У клінічному середовищі це може призводити до затримок у прийнятті рішень і неоднозначності діагнозів, тоді як у наукових дослідженнях — до обмеженої порівнюваності результатів між експериментальними групами.

Однією з фундаментальних проблем автоматизованого аналізу ЕЕГ є низька якість первинних сигналів, зумовлена наявністю фізіологічних і технічних артефактів, а також нестаціонарним характером мозкової активності. Значна міжіндивідуальна варіативність ЕЕГ патернів ускладнює побудову універсальних алгоритмів обробки та знижує здатність моделей до узагальнення. Незважаючи на розвиток автоматизованих методів попередньої обробки, їх ефективність часто залежить від конкретних умов реєстрації та потребує додаткової адаптації.

Метою досліджень у галузі автоматизації аналізу електроенцефалографічних сигналів є розробка та обґрунтування таких методів і алгоритмів обробки ЕЕГ, які забезпечують зменшення суб'єктивного впливу експерта, підвищення стійкості до шумів і артефактів, а також здатність до узагальнення за умов варіативності сигналів. Досягнення цієї мети передбачає створення інтегрованих автоматизованих конвеєрів аналізу, здатних поєднувати етапи попередньої обробки, виділення інформативних ознак або навчання подань та інтерпретації результатів у єдиній узгодженій системі.

Перспективним напрямом автоматизації аналізу ЕЕГ є застосування методів машинного та глибинного навчання, які дозволяють моделювати складні нелінійні залежності та зменшувати роль ручного виділення ознак. Однак практичне впровадження таких підходів супроводжується низкою обмежень, серед яких дефіцит репрезентативних анотованих даних, ризик перенавчання моделей і обмежена інтерпретованість отриманих результатів. У клінічному контексті ці фактори істотно знижують рівень довіри до автоматизованих систем і стримують їх інтеграцію в процеси підтримки прийняття рішень.

Подальший розвиток автоматизованих систем аналізу ЕЕГ доцільно спрямовувати на створення стійких до шумів і варіативності алгоритмів попередньої обробки, розробку адаптивних та узагальнювальних моделей аналізу, а також інтеграцію інтерпретованих методів штучного інтелекту. Перспективними є гібридні підходи, що поєднують класичні методи обробки сигналів із сучасними моделями машинного навчання, використання методів самонавчання та перенесення знань, а також формування стандартизованих автоматизованих конвеєрів аналізу, орієнтованих на практичне застосування в клінічних і наукових системах.

До питання інтеграції технології Інтернету речей у напівнатурне моделювання транспортних засобів гусеничного типу

Єресько В., Кононенко О., Лузан А., Сліпець А., Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова
НАН України, Україна

Моделювання транспортних засобів є важливим інструментом дослідження та розробки різних типів механічних систем, таких як автомобілі, літаки, роботи та ін. Напівнатурне моделювання поєднує переваги теоретичного та експериментального моделювання та використовується для вивчення та аналізу складних систем. З його допомогою аналізують поведінку систем, які не завжди можна вивчати в натуральному вигляді через їхню складність, вартість або недоступність. Також проводять експерименти та випробування, які були б неможливими або небажаними в реальних умовах, приймають оптимальні рішення, розробляють нові технології або умови експлуатації.

Для покращення напівнатурного моделювання пропонується використання такої інформаційної технології, як Інтернет речей (IoT). IoT поєднує різні технології для розробки систем автоматизації на основі даних, що взаємодіють із використанням мережеских рішень. До них відносять: периферійні та хмарні обчислення, машинне навчання, цифрові двійники тощо. Використання IoT при напівнатурному моделюванні транспортних засобів гусеничного типу робить процес моделювання більш наближеним до реальної експлуатації машини: сенсори забезпечують актуальні дані про вібрації та ударні навантаження, деформацію траків і температуру бортових редукторів, стан підвіски, дані ґрунтової взаємодії, знос елементів. Ці дані використовуються для уточнення цифрового двійника, а також, впливають на роботу системи в реальному часі: моделі підвіски, рушія та ґрунту переналаштовуються на льоту, зменшуючи похибку відтворення складних динамічних процесів. Традиційні системи напівнатурного моделювання зазвичай спираються на фіксовані провідні канали зв'язку, обмежену кількість датчиків та моделі, які необхідно вручну актуалізувати. З появою бездротових сенсорних мереж, edge-аналітики та інструментів IoT відбувається перехід від статичних сценаріїв до динамічних систем моделювання, орієнтованих на події.

Транспортний засіб гусеничного типу – складний об'єкт із високою інерційністю, нелінійністю взаємодії з ґрунтом, резонансами ходової частини та жорсткими вимогами до систем керування. Тому можливість інтегрувати у моделювання великі масиви актуальних даних із реальної машини чи полігону, суттєво підвищує точність моделей та відтворення критичних режимів. Подальший розвиток напівнатурного моделювання транспортних засобів гусеничного типу із застосуванням IoT пов'язаний із переходом до інтелектуалізації системи: цифровий двійник зможе автоматично будувати нові моделі ґрунтових умов за допомогою машинного навчання, адаптувати параметри віртуальної машини до фактичного зношування або технічного стану, виявляти потенційні несправності. Зростає роль доповненої та віртуальної реальності, що дозволить спостерігати у реальному часі за змінами стану засобу, налаштовувати сценарії полігонних умов та візуалізувати результати роботи системи моделювання.

Таким чином, інтеграція IoT робить напівнатурне моделювання гусеничних транспортних засобів значно гнучкішим, точнішим і близьким до реальних умов експлуатації. Це дозволяє скоротити витрати на полігонні випробування, знизити ризики браку при виготовленні засобів, прискорити цикл розробки та створити передумови появи повноцінних адаптивних цифрових двійників нового покоління. У перспективі такі системи забезпечать автономне оновлення моделей, прогнозу підтримку рішень та можливість моделювання екстремальних умов, що робить їх важливою технологією розвитку транспортних платформ гусеничного типу у найближчі роки.

Онтологія предметної області побудови цифрового двійника для системи напівнатурного моделювання

Лузан А., Перегонцев О., Самолюк Т., Сосненко К., Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Україна

Розвиток інформаційних технологій, сенсорних мереж, високопродуктивних обчислень та методів штучного інтелекту призвели до появи нової концепції – цифрових двійників. Цифровий двійник – це цифрове уявлення реального об'єкта, що забезпечує синхронізацію між його фізичним та віртуальним станами протягом усього життєвого циклу. Особливо актуальна ця технологія стає за її інтеграції до систем напівнатурного моделювання, де цифрова модель взаємодіє з реальними підсистемами, виконавчими механізмами і апаратними стендами.

Напівнатурне моделювання дозволяє перевіряти роботу фізичних компонентів у синхронізації із їх цифровими моделями ще до етапу повномасштабних випробувань. Системи напівнатурного моделювання висувають особливі вимоги до цифрових двійників, оскільки саме у них відбувається поєднання моделювання з реальними фізичними компонентами. До таких вимог відносять необхідність роботи в режимі реального часу з мінімальною затримкою та швидкого оновлення параметрів моделі на основі вимірних даних, здатність до самонавчання та адаптивної реконфігурації. Видно, що без наявності чітко формалізованого знання про структуру об'єкта, його компоненти, процеси та взаємозв'язки, алгоритми ідентифікації, сенсорну інфраструктуру, потоки даних тощо, створити таку систему практично неможливо.

Таким чином, виникає потреба у створенні онтології предметної галузі, що формально описує сутності, відносини та процеси, що беруть участь у побудові цифрового двійника для НМ. У сучасних інженерних дисциплінах онтологія розглядається не лише як інструмент опису статичних структур, а й як основа для моделювання динамічної поведінки системи. Онтологічний підхід забезпечує: уніфіковане уявлення знань та концептів; можливість машинної інтерпретації та автоматизації; структуризацію процесів і компонентів та стандартизацію для багаторазового використання моделей та даних. Онтологія дозволяє формалізувати не лише структуру цифрового двійника, а й правила його поведінки, взаємодії компонентів, оновлення параметрів та вибір оптимальних моделей для певного сценарію. Це створює передумови для побудови нейросимвольних підходів, де алгоритмічні та семантичні компоненти поєднуються в єдине інтелектуальне середовище. Використання онтологічного підходу підвищує відтворюваність та масштабованість напівнатурних експериментів, знижує складність розробки та супроводу систем напівнатурного моделювання, а також створює методологічну основу для побудови інтелектуально-динамічних цифрових двійників складних технічних об'єктів.

Актуальність розробки такої онтології посилюється необхідністю автоматизації процесів валідації та тестування інженерних виробів. У сучасних умовах цифровий двійник має здатність не тільки відтворювати поточний стан об'єкта, а й передбачати його майбутню поведінку, оптимізувати режими роботи, а також виявляти потенційні відмови на ранніх стадіях. Онтологія забезпечує таку інтеграцію, формує узгоджене уявлення між різними рівнями – від сенсорних пристроїв та edge-обробки до хмарних платформ аналізу даних та прогнозування.

Таким чином, створення онтології цифрового двійника для систем напівнатурного моделювання є важливим науковим та практичним завданням, що визначає можливість масштабованої, відтворюваної та інтелектуальної побудови цифрових копій складних технічних об'єктів. Вона дозволяє перейти від фрагментованого моделювання до системного інтелектуального підходу, що забезпечує високий рівень прогнозування, надійності та ефективності під час створення та експлуатації складних виробів.

Комплексування механізмів керування для підвищення ефективності систем автоматичного керування камерними конвективними сушарками

Мельник В.С., Смітюх Я.В., Національний університет харчових технологій, Україна

Камерні конвективні сушарки є одним із найбільш поширених типів сушильного обладнання у харчовій галузі завдяки простоті конструкції та універсальності щодо видів сировини. Автоматизація камерних конвективних сушарок є актуальною науково-практичною задачею, оскільки без автоматичного керування важко забезпечити високу якість продукції та ефективність технологічного процесу.

Процес сушіння в камерних конвективних сушарках, незважаючи на їх конструктивну простоту, є досить складним з точки зору керування. Навіть для одного виду сировини може істотно змінюватися її початкова вологість, маса завантаження сушарки, розміри шматочків, щільність їх укладання і, відповідно, розподіл повітряних потоків у камері. Під час сушіння протікають складні нелінійні процеси тепло- та масообміну, змінюються характеристики завантаженої сировини: вологість, внутрішня структура, стан поверхні, теплофізичні властивості. Процес сушіння є тривалим, можлива незворотна втрата якості від недотримання технологічних режимів. Також існують вимоги щодо організації ведення процесу: значна кількість рецептур, постійні зміни асортименту, інтенсифікація виробництва.

Найчастіше системи керування камерними конвективними сушарками обмежуються підтриманням постійної температури в камері за двопозиційним чи ПІ/ПД алгоритмом або реалізують програмне регулювання температури повітря за заздалегідь заданим профілем, що не забезпечує достатньої якості продукції та ефективності технологічного процесу. Для керування камерними конвективними сушарками доцільно застосовувати комплексування механізмів керування (принципів, стратегій, методів, способів, алгоритмів тощо), що дозволить ефективно використовувати їх можливості і переваги у єдиній структурі системи автоматизації. Для камерних конвективних сушарок можливо застосовувати комплексування, наприклад, таких принципів, методів, підходів і алгоритмів керування:

- керування із зворотним зв'язком (feedback control);
- керування за збуренням/навантаженням (feedforward control);
- каскадне керування (cascade control);
- адаптивне керування (adaptive control);
- нечітка логіка (fuzzy logic);
- нейронні мережі (neural networks);
- формування траєкторії уставки (setpoint shaping);
- перемикання коефіцієнтів налаштувань (gain scheduling);
- випереджувальне керування (anticipatory control);
- супервізорне, надрівневе керування (supervisory control);
- керування періодичними процесами (batch control).

Сучасні технічні засоби автоматизації мають достатньо обчислювальних ресурсів, щоб програмно реалізовувати комплексування багатьох, навіть досить складних алгоритмів керування в одній системі. Водночас для забезпечення належної інформаційної бази для таких систем доцільно застосовувати мультисенсорні вимірювання (маса завантаження, температура поверхні продукту, відносна вологість повітря тощо), оскільки вимірювання тільки температури в камері не відображає повного стану об'єкта.

Комплексування механізмів керування дозволить здійснювати ефективне керування камерними конвективними сушарками. Потрібні подальші дослідження для обґрунтованого вибору принципів, методів та алгоритмів керування.

Дослідження параметрів сигналів з амплітудною маніпуляцією в рейкових колах

Буряк М. Г., Гаврилюк В. І., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Розглянута у роботі проблема стосується автоматизації контролю амплітудно-модульованих (або амплітудно-маніпульованих - АМ) сигналів, які широко застосовуються у системах залізничної автоматики, зокрема в рейкових колах, завдяки простоті їх формування. Під час генерування АМ сигналів, їх передавання кабельними лініями та, особливо, під час розповсюдження по рейкових нитках, відбувається їх неминуче спотворення. Перевищення допустимого рівня таких спотворень може призвести до некоректного декодування сигналу колійним приймачем, що створює ризики виникнення збоїв у функціонуванні систем керування рухом поїздів.

З метою запобігання відмовам рейкових кіл необхідно здійснювати регулярний контроль параметрів сигнального струму згідно з графіками технічного обслуговування пристроїв СЦБ. Однак на практиці контроль здебільшого виконується вручну з виходом персоналу на колію або під час планових рейсів спеціалізованої вагон-лабораторії СЦБ. У таких випадках зазвичай вимірюється лише діюче значення сигнального струму, а в системах АЛСН — додатково довжину першого імпульсу. Такий контроль є трудомістким, фрагментарним і не забезпечує необхідної точності та повноти для своєчасного виявлення надмірних спотворень амплітудно-модульованих сигналів.

Метою роботи є дослідження методів автоматизованого контролю параметрів АМ струмів, що застосовуються у пристроях залізничної сигналізації.

У межах дослідження розглянуто методи аналізу АМ сигналів як у часовій, так і у частотній області. Для отримання експериментальних даних була розгорнута вимірювальна система, що включає датчик струму, пристрій узгодження рівнів і захисту від перенапруги, фільтр, 14-розрядний АЦП та персональний комп'ютер із спеціалізованим програмним забезпеченням. Реєстрація сигналів виконувалася безпосередньо в тональних рейкових колах шляхом під'єднання токових датчиків до колійних трансформаторів та до входів приймачів, а також під час руху вагон-лабораторії шляхом підключення апаратури до приймальних котушок АЛСН.

Для коректного визначення параметрів імпульсів і пауз АМ сигналів необхідне їх демодулювання – виділення огибаючої, аналогічне процесам у колійних приймачах. У роботі досліджено два підходи до демодуляції:– аналітичний метод, що базується на розкладанні сигналу на емпіричні моди із подальшим застосуванням перетворення Гілберта;– метод середньоквадратичного значення (СКЗ), що використовується для оцінки енергетичних характеристик сигналу.

Для комбінованого аналізу часових та частотних характеристик застосовано короткочасне перетворення Фур'є, що дозволяє оцінювати зміну спектральної структури сигналу в часі.

Спектральний аналіз є більш інформативним для виявлення надмірних спотворень, ніж аналіз лише в часовій області.

Запропонований підхід дозволяє підвищити ефективність та оперативність діагностики стану АМ сигналів у рейкових колах і може бути покладений в основу автоматизованих систем контролю пристроїв залізничної автоматики.

Використання алгоритму Дейкстри для пошуку відмов в постовій частині електричної централізації залізничних станцій.

Маловічко В. В., Маловічко Н. В., Маловічко К. В., Рибалка Р. В., Український державний університет науки і технологій, Україна

Залізничні перевезення є одними з найбільш пріоритетних при транспортуванні вантажів територією України. Вони мають ряд переваг у порівнянні з іншими видами транспорту і деякі з них це стабільність та прогнозованість. Враховуючи даний фактор, будь-які затримки поїздів, які призводять до відхилення від графіку руху, мають суттєвий негативний вплив як в економічному, так і в репутаційному плані. Значну частину часу, який витрачається при перевезенні вантажів, складає поїзна робота на станції, яка в повній мірі базується на роботі станційної електричної централізації. У зв'язку з цим, відмови електричної централізації викликають суттєві затримки в русі поїздів. Зважаючи на сучасний стан систем електричної централізації, які експлуатуються в своїй більшості з вісімдесятих років минулого століття і функціонують на релейній елементній базі, уникнути відмов навіть при ретельному плановому технічному обслуговуванні персоналу не вдасться і це необхідно враховувати. На затримку поїздів впливає не лише факт виникнення відмови, а і час її існування. Зазвичай при появі короткочасної відмови, яку обслуговуючий персонал ліквідує за декілька хвилин, затримок в поїзній та маневровій роботі не відбувається або тривалість їх дуже не значна. Однак існує ряд відмов, які викликають часткову втрату працездатності системи на досить довгий час через складність процесу їх локалізації і основна частина їх перепадає на постову частину електричної централізації.

Система електричної централізації поділяється на постову частину, де виконуються всі залежності між пристроями та перевіряються умови безпеки при роботі системи, та напільні пристрої, які знаходяться безпосередньо на залізничних коліях та в горловині станції. Відмови напільних пристроїв можуть ліквідуватися швидко або мати значний час на поновлення роботи, в залежності від об'єкту який вийшов з ладу, при цьому пошук саме місця відмови для напільних пристроїв потребує не значних витрат часу. В свою чергу відмови в постовій частині ліквідуються практично завжди шляхом заміни блоку, запобіжника або поновлення контакту в місцях підключень, на що обслуговуючому персоналу потрібно декілька хвилин. Основна проблема в цьому випадку виявляється в знаходженні місця відмови, що потребує від електромеханіка глибоких знань по принципах роботи системи, алгоритмах функціонування обладнання при різних режимах роботи, схеми розміщення апаратури на штативах і виконання великої кількості вимірів для локалізації точки відмови.

Авторами пропонується створення алгоритмів пошуку відмов в постовій частині електричної централізації у вигляді орієнтованих графів для кожної відмови окремо та поєднання їх у загальну схему пошуку, це дозволить обслуговуючому персоналу з мінімальними втратами часу локалізувати будь-яку відмову, рухаючись по оптимальному алгоритму перевірок. При цьому виникає питання визначення найкоротшого шляху пошуку відмови, для чого використовувався аналіз графів за допомогою різних алгоритмів, зокрема алгоритмами Крускала, Прима та за допомогою коду Прюфера, який доволі зручний для проведення такого аналізу з використанням обчислювальної техніки. Найкращі результати вдалося отримати при використанні алгоритму Дейкстри, який полягає в поетапному розширенні множини вершин, до яких вже знайдено найкоротший шлях, обираючи на кожному кроці вершину з мінімальною відстанню серед усіх ще не оброблених. У якості відстані між вершинами графів використано суму витрат часу на прибуття до місця перевірки, та виконання вимірів або візуальна перевірка стану реле в контрольній точці. Значення цих величин отримуються методом експертних оцінок від обслуговуючого персоналу і можуть бути скореговані при збільшенні кількості експертів.

Метод оцінки рівня заряду літєвих акумуляторних батарей

Буряк С. Ю., Гололобова О. О., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Активний розвиток генерації на основі відновлюваних джерел енергії вимагає використання систем зберігання електричної енергії. Це пов'язано в першу чергу зі стохастичним характером генерації від таких джерел енергії.

Літєві акумулятори є надзвичайно нелінійним та динамічним об'єктом вимірювань, тому, як правило, потрібен точний алгоритм оцінки стану заряду (SOC) у режимі реального часу. Бо неправильна оцінка заряду може призвести не лише до скорочення терміну служби акумуляторних батарей (АКБ), а й створити аварійну ситуацію і як наслідок вивести з ладу всю систему. Під оцінкою стану акумуляторів слід розуміти знаходження точного значення таких величин: стану заряду, ємності та внутрішнього опору. Останні два параметри використовуються для оцінки стану акумуляторів з метою знаходження доступної потужності та кількості енергії відповідно.

На відміну від інших параметрів, таких як напруга та струм, які можна виміряти безпосередньо за допомогою вимірювальних приладів, стан заряду не можна виміряти безпосередньо, це пов'язано з тим, що цей параметр чутливий до термодинамічних і кінетичних процесів, що відбуваються всередині батареї. Стан заряду має визначатися в стані термодинамічної рівноваги, але на практиці доступна корисна енергія описується в умовах поляризації та буде функцією численних чинників, регульованих кінетичними режимами з електрохімічними, механічними та тепловими відхиленнями. Ба більше, ці чинники часто взаємопов'язані, що ще більше ускладнює вимір, роблячи емпіричні методи оцінки на основі кореляції неоднозначними та важкими для розуміння.

Наразі є велика кількість методів і моделей для оцінки стану заряду батареї. Загалом, їх можна розділити на дві великі групи: електрохімічні методи та емпіричні методи. Електрохімічні методи вирізняються високою точністю, але вони можуть застосовуватися тільки в лабораторних умовах, оскільки мають високу обчислювальну складність.

Найбільш широко використовувані методи ґрунтуються на емпіричних вимірах – інженерному підході, який дає змогу проводити вимірювання в режимі он-лайн. До таких методів можна зарахувати найпоширеніші метод ампер-годин і метод розімкнутого кола (OCV), моделі еквівалентних електричних схем, а також адаптивні системи (адаптивні фільтри і машинне навчання).

Оцінка стану заряду емпіричним методом переважно здійснюється за допомогою методу кулонівського рахунку, званого також лічильником ампер-годин. Його реалізація вимагає знання заряду батареї в перший момент часу t_0 , який описується такою формулою:

$$SOC(t) = SOC(t_0) - \frac{n_i}{Q} \int i(t) dt,$$

де $SOC(t)$ – стан заряду акумулятора в момент t ; i – коефіцієнт кулонівської ефективності (для заряду $i < 1$ і для розряду $i = 1$); Q – початкова ємність елемента, $i(t)$ – струм, що протікає через акумулятор у момент t .

Це найпоширеніший і найменш вимогливий до обчислень метод вимірювання рівня заряду. Метод ампер-годин є частиною багатьох методів оцінки стану заряду літій-іонних батарей. Незважаючи на простоту реалізації, цей метод має ряд суттєвих недоліків: необхідність знати стан заряду акумулятора в початковий момент часу t_0 для коректного обчислення значення інтеграла; за допомогою цього алгоритму неможливо придушити помилки, що виникають через неточності вимірювальних датчиків у струмовому сигналі; лічильник ампер-годин не враховує втрату ємності внаслідок саморозряду.

Використання показників структурної складності конструктивно-продукційної моделі зони рекуперації тяги потягів постійного струму

Шаповал Є. В., Шинкаренко В. І., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Проблема підвищення енергоефективності на електрифікованому транспорті вимагає постійного вдосконалення як технічних засобів, так і алгоритмів керування зонами рекуперації. У цьому контексті вибір найбільш раціональної структурної конфігурації ділянки – це не лише питання вартості обладнання, але й питання її подальшої керованості та надійності.

В умовах структурної варіативності тягових мереж, де можуть застосовуватися різні комбінації пасивних та активних елементів, виникає необхідність у формалізованому, об'єктивному критерії оцінки складності. Такий критерій повинен дозволяти інженеру порівнювати альтернативні схеми не за їхньою графічною наочністю, а за їхньою внутрішньою логічною "вагою".

Для кількісного вимірювання структурної складності моделей зон рекуперації застосовується апарат конструктивно-продукційного моделювання (КПМ) у поєднанні з метриками Холстеда. КПМ забезпечує переведення інженерної схеми в математичну модель, яку можна аналізувати через призму операторів та операндів. Саме метрики Холстеда, зокрема, інтегральний показник «Зусилля» (E), надають чисельну оцінку складності розуміння та реалізації керуючих алгоритмів для даної конфігурації.

Складність D визначається як $D = \frac{2n_1}{n_2} \times \frac{N_2}{n_2}$, де n_1 і n_2 — кількість унікальних операторів та операндів відповідно.

Аналіз реальних та потенційних структурних схем виявляє важливу закономірність: структурна складність не зростає лінійно зі збільшенням кількості фізичних елементів. Було встановлено, що конфігурації, які включають активне обладнання (наприклад, системи накопичення енергії або інвертори), демонструють різке, стрибкоподібне збільшення показника E.

Цей ефект пояснюється тим, що такі елементи вводять до моделі нові, складніші логічні оператори керування, які вимагають набагато більшої кількості взаємодіючих операндів для підтримки динамічного енергетичного балансу. Фактично, високе значення E сигналізує не просто про велику схему, а про високу ймовірність виникнення складних, неочевидних взаємозв'язків та проблем з керованістю.

Виходячи з цього, показники структурної складності можуть виступати як вирішальний фактор при виборі раціональної конфігурації. При проектуванні нової або модернізації існуючої зони рекуперації інженер може використовувати наступний критерій: з кількох технічно можливих конфігурацій, які забезпечують однакову або близьку енергетичну ефективність (за критерієм E_{rec}), пріоритет слід надавати тій, яка має мінімальне значення метрики «Зусилля» (E).

Такий підхід дозволяє свідомо обирати менш "ризиковані" з точки зору складності управління схеми. Таким чином, структурна складність стає не просто аналітичним показником, а інженерним інструментом підтримки прийняття рішень, що забезпечує не лише економічну, але й експлуатаційну раціональність обраної конфігурації.

Використання евристик, інтелектуальних та регулярних методів для розв'язку задач управління

Самойлов С.П., Український державний університет науки і технологій, Україна

Множини евристичних способів Ψ_a , інтелектуальних Ψ_s і регулярних Ψ_d методів розв'язку задач управління не є суворо ізольованими один від одного. В процесі накопичення досвіду розв'язку задач управління різними класами об'єктів та процесів, розширення сфери круга цих задач відбувається перехід способів, алгоритмів і методів із одної множини в іншу.

Формалізовані регулярні методи Ψ_d розв'язку узагальненої задачі (проблеми), що пов'язана з досягненням організаційно-технічним процесом деякої цілі G^* є коректними в сенсі Адамара, тобто шукане управління існує, єдине та є стійким. Однак при розширенні властивостей об'єкту управління, порушенні ряду умов, наприклад ступеня опуклості цільового критерію, раніше регулярний метод може вже не забезпечувати необхідних умов коректності розв'язку по Адамару. Для відновлення коректності пропонується використати додаткову апріорну інформацію. А саме здійснити «опуклування» цільового критерію за допомогою введення в нього додаткового функціоналу – стабілізатору з деяким параметром, що регуляризується. Величина цього параметру буде визначатися на підставі знання додаткової інформації, яка не входить до множини X , а саме похибки вимірювання вихідної змінної об'єкту управління або обчислення критерію Z за допомогою математичної моделі.

Таким чином, в «розширеної» задачі регулярний метод доповнюється евристикою, що заснована на додатковій апріорній інформації, яка дозволяє відновити коректність постановки задачі управління. Використання таких евристик дозволяє зробити метод більш стійким.

Багаторазовий та різнобічний досвід використання евристик для розв'язку відповідного класу задач або деякої задачі дозволяє формалізувати ряд евристичних прийомів і зменшити кількість умов, що є некоректними за Адамаром. Тим самим евристичний спосіб перетворюється в інтелектуальний метод.

Метою наукових досліджень повинно бути перетворення виду: евристичні способи (прийоми, алгоритми) \rightarrow інтелектуальні методи (способи) \rightarrow формалізовані регулярні методи, а також комбіновані процедури з вбудованими у формалізовані методи евристичними.

В просторі станів пошуку евристика визначається як набір правил для вибору тих гілок із простору станів, які з найбільшою ймовірністю приведуть до прийнятного розв'язку задачі. Евристики доцільно використовувати в двох випадках:

1. Задача не має точного рішення через невизначеності в постановці задачі та/або вихідних даних.
2. Задача може мати точне рішення, але «вартість» його пошуку є занадто високою.

Практично усі задачі пошуку належать до класу NP-складних задач (Nondeterministically Polynomial). Тобто вони не можуть бути розв'язані за розумний час без використання евристик. Узагальнена задача (проблема), що пов'язана з досягненням організаційно-технічним процесом деякої цілі G^* , дуже часто містить ці два проблемні випадки. Для опису евристик Ψ_e та їх порівняння пропонується використовувати наступні показники:

- допустимість (гарантує можливість знаходження найкоротшого шляху до рішення);
- монотонність (дозволяє послідовно знаходити найкоротший шлях до кожного стану);

- інформованість (знаходження найкоротшого шляху при меншій кількості станів, що перевіряються).

Використання цих характеристик дозволяє оцінити ефективність застосування евристик в певних задачах та обрати «найкращий» евристичний спосіб.

Деяка умовність результатів розрахунків на основі регулярних методів виникає через те, що для їх застосування потрібна якась математична модель. При побудові математичної моделі реальні явища (операції) суттєво спрощуються. Мистецтво складання математичної моделі полягає в тому, що потрібно врахувати всі істотні фактори і водночас забезпечити достатню простоту моделі, щоб не ускладнювати математичний апарат та не отримувати важко осяжні результати. У ряді випадків буває важко (а іноді і просто неможливо) побудувати більш менш точну математичну модель процесу, що досліджується. Ще важче знайти рішення задач дослідження операцій, якщо їм властива невизначеність (стохастичні задачі) і виникає необхідність у виборі компромісного рішення. Повноцінної теорії компромісу досі не існує, тому остаточний вибір компромісного рішення залишається за людиною. Для розв'язку задач зі значною невизначеністю можна використати метод експертних оцінок, що є достатньо близьким до евристичних способів.

До числа неформалізованих задач відносяться також складні задачі, у яких ефективність операцій визначається на підставі ні єдиного, а декількох критеріїв. Традиційно оптимальне рішення досягається тільки при розв'язку за єдиним скалярним критерієм. Розв'язок же за векторним критерієм поки строгими методами не досягається. Тільки людина вміє приймати розумні рішення не за скалярним, а за векторним критерієм.

Є певна спільність тенденцій у розвитку регулярних, інтелектуальних та евристичних способів:

- при розробці строгих методів спостерігається тенденція створення універсального інструментарію, який можна застосувати для розв'язку широкого кола задач математичного програмування (метод штрафних функцій);
- аналогічний процес створення універсальних процедур розрахунків існує і в області евристичних способів, зокрема, коли це стосується розв'язку погано формалізованих задач.

Відмінності полягають в основному в ступеню точності, але евристичні способи є більш гнучкими та пристосованими до реальної постановки задач. Вони доповнюють строгі методи, причому у міру свого розвитку, деякі із евристичних прийомів, способів вирішення формалізуються, набувають необхідної строгості і переходять у розряд регулярних методів.

Загалом слід зазначити, що формалізовані методи і евристичні способи утворюють рівноправні класи взаємодоповнюючих методів.

Певний інтерес становлять евристичні способи в умовах прийняття рішень в обстановці, яка швидко змінюється. На практиці значні труднощі виникають при прийнятті правильного рішення, коли потрібно охопити великий обсяг інформації, що надходить, зіставити її з тією інформацією, яка вже є, врахувати досвід минулого, розібратися в різних ситуаціях, втрутитися у хід реалізації управлінського рішення та зробити оцінки в різних аспектах, обравши найбільш правильний варіант. В ході використання для цих цілей евристичних методик стає можливим автоматизувати процес отримання рішення, залишив за керівником тільки компромісний вибір із можливих варіантів, отриманих, зокрема, і з використанням сучасних комп'ютерів на основі формалізованих методів.

Environmental sustainability and innovation in rail transport

Ananieva Olha, doctor of technical sciences, professor, Ukrainian state university of railway transport, Ukraine

Rail transport is recognized as one of the most energy-efficient and environmentally friendly modes of transport. However, in the context of the global fight against climate change, the industry continues to evolve, introducing innovative technologies to minimize its environmental impact. Sustainable development at Ukrainian Railways is a comprehensive railway transport management strategy aimed at achieving a balance between economic efficiency, environmental responsibility, and social sustainability, taking into account current challenges. As the country's largest carrier, Ukrainian Railways plays a key role in shaping a sustainable transport environment, as rail transport is one of the most energy-efficient and environmentally friendly modes of transport. One of the main trends in the railway industry is the expansion of electrification. Electric locomotives significantly outperform diesel locomotives in terms of energy efficiency and do not produce direct CO₂ emissions.

Modern railway systems are actively implementing energy recovery technologies, which return electrical energy during braking. This technology is already widely used in subways and high-speed trains, reducing energy consumption by 20-30%.

In addition, intelligent traffic management systems are being developed to help reduce fuel and electricity consumption. These systems take into account route profiles, network congestion, and weather conditions to optimize speed and braking. In addition to the trains themselves, the railway industry is focusing on sustainable infrastructure development.

Railway companies in India, the Netherlands, and the UK are installing solar panels along tracks and at stations to provide trains and stations with clean energy.

Wind energy – in some regions (e.g., Denmark), some trains already run on energy generated by wind turbines.

Eco-friendly materials – using recycled materials for sleepers and track beds, as well as reducing pollution from the construction of new railway facilities.

Rail transport plays a key role in the sustainable development strategy for global logistics. Combined with electrification, hydrogen technologies, batteries, and renewable energy sources, railways can become virtually carbon neutral.

Government decarbonization programs, investments in innovative technologies, and the development of a sustainable transport ecosystem make railways not only environmentally friendly but also economically viable for the future.

Regenerative braking as a tool for improving energy efficiency and sustainable development of rail transport

Mykhailo Babaiev, doctor of technical sciences, professor, Ukrainian state university of railway transport, Ukraine

Regenerative braking makes it possible to return part of the kinetic energy of the rolling stock to the traction network and thereby reduce the total electricity consumption of railway transport. The use of recuperation on the railway is one of the key areas for improving energy efficiency and sustainable development of modern railway transport.

Electricity recovery consists in converting the kinetic energy of a train during braking into electrical energy, followed by its return to the catenary network or accumulation in energy storage systems. In the process of regenerative braking, traction electric motors operate in generator mode, which reduces the total power consumption and reduces heat loss characteristic of rheostat braking.

Recuperation is most effectively used in electrified areas with heavy train traffic, in particular in subways, suburban and high-speed transportation. Under such conditions, the restored electricity can be directly consumed by other trains in traction mode. According to operational studies, the introduction of regenerative braking can reduce energy consumption by 20-30%, depending on the track profile, traffic schedule and type of rolling stock [1].

In cases where the return of energy to the contact network is limited (for example, in the absence of a consumer or due to technical limitations of substations), stationary or on-board energy storage systems are used. These include batteries, supercapacitors and hybrid storage devices that provide temporary storage of recovered energy with its subsequent use to accelerate trains or power infrastructure facilities. The use of recuperation also has a significant environmental effect, as it reduces the need for electricity generation from fossil sources and, accordingly, the volume of CO₂ emissions. In addition, the wear of brake equipment is reduced, which has a positive effect on operating costs and reliability of rolling stock. In modern train traffic control systems, in particular in the ERTMS/ETCS environment, regenerative braking can be integrated with intelligent speed and schedule control algorithms. This allows for the most efficient use of renewable energy and the transition from reactive to proactive energy management on the railway.

Thus, power recovery is an important technological tool for improving the energy efficiency, economic feasibility and environmental sustainability of rail transport [2].

Recuperation is an effective tool for reducing the energy consumption of railway traction. A combination of measures: coordination of traffic schedules, reverse inverters and stationary storage, increases the share of recyclable energy and relieves substations. Regenerative braking makes it possible to return part of the kinetic energy of the rolling stock to the traction network and thereby reduce the total electricity consumption of railway transport.

Bibliography

1. Bohriu. The use of recuperation energy for heating railroad switches from a 3 kV DC contact network // Bulletin of Scientific Research Results. – 2024. https://www.bohrium.com/paper-details/the-use-of-recuperation-energy-for-heating-railroad-switches-from-a-dc-contact-network-with-a-voltage-of-3-kv/1083870045215391844-66432?utm_source
2. Energy recuperation systems in electric traction: super-capacitor based recovery // Journal of Electrical Systems. – 2018. – Vol. 14, No. 3. https://journal.esrgroups.org/jes/article/view/222?utm_source

Порівняльний аналіз методів автоматичного контролю цілісності рухомого складу

Гончаров К. В., Український державний університет науки і технологій, Україна

Розвиток інформаційних і телекомунікаційних технологій дозволяє використовувати нові підходи для побудови автоматизованих систем керування різноманітними технологічними процесами. У зв'язку із цим останнім часом з'явився новий клас систем залізничної автоматики, в яких для передачі команд керування та сигнальної інформації на локомотив використовується цифровий радіозв'язок. Зокрема, це Європейська система управління залізничними перевезеннями ERTMS, китайська система керування рухом поїздів CTCS, американська система ITCS та інші.

Процес зближення України з Європейським Союзом передбачає перехід на європейські стандарти в різних галузях, в тому числі в залізничній автоматичці. Це викликає необхідність впровадження в Україні систем керування рухом поїздів відповідно до специфікацій ERTMS. На третьому рівні ERTMS не використовуються традиційні пристрої контролю вільності залізничних ділянок: рейкові кола або лічильники осей. Пристрій локомотивної автоматики визначає координати та швидкість поїзда. Ця інформація через цифровий радіоканал GSM-R передається до центру радіоблокування RBC, де з урахуванням довжини поїзда розраховується точка прицільного гальмування для поїзда, що рухається позаду. Відповідно до специфікацій ERTMS третього рівня обов'язковим є застосування пристроїв контролю цілісності рухомого складу, як одного з базових елементів для забезпечення безпеки руху. Стандарт ERTMS містить ряд вимог до таких пристроїв: відповідність рівню безпеки SIL4, детермінований час виявлення порушення цілісності поїзда, безпечний канал зв'язку, незалежність від режиму руху, самодіагностування та інші.

Існують кілька методів автоматичного контролю цілісності рухомого складу. Один з них передбачає контроль абсолютного тиску та швидкості падіння тиску у гальмівній магістралі. Розрив поїзда призведе до швидкого і некерованого падіння тиску, що зафіксує автоматика. Проте такий метод може давати хибні спрацювання, так як тиск у магістралі змінюється не лише при розриві, але й під час нормальних експлуатаційних процесів. Крім цього, даний метод погано підходить для контролю цілісності довгих вантажних поїздів. У таких поїздах реакція гальмівної системи на розрив є повільною і розтягнутою у часі, сигнал «розрив» нечіткий.

Ще один метод заснований на використанні електричної лінії цілісності: уздовж поїзда прокладається електрична петля. При втраті цілісності поїзда розривається петля, спрацьовує автоматика. Це забезпечує прямий і однозначний контроль та малий час виявлення розриву. Такий метод підходить перш за все для пасажирських поїздів фіксованої довжини. Для вантажних поїздів даний метод є непридатним, так як рухомий склад містить вагони різних типів, поїзд формується/розформується.

Найбільш універсальний метод передбачає використання пристрою контролю хвоста поїзда (ЕoТ), який встановлюється на останній вагон. Даний пристрій через радіоканал з'єднується з локомотивним пристроєм автоматики. У разі зникнення радіозв'язку фіксується порушення цілісності поїзда. Даний метод має просту логіку та підходить для всіх типів поїздів. Для організації радіозв'язку між головою та хвостом поїзда не підходять стандартні протоколи. Наприклад, стандарти Wi-Fi та Zigbee не забезпечують необхідну дальність зв'язку. Через це для реалізації каналу передачі даних між пристроєм ЕoТ та локомотивним модулем використовуються як правило спеціалізовані радіомодеми, які працюють у виділених для залізничного транспорту радіодіапазонах.

Таким чином, для контролю цілісності пасажирських поїздів доцільно використовувати кабельну петлю, а для вантажних – пристрій контролю хвоста поїзда. Метод перевірки тиску у гальмівній магістралі можна застосовувати тільки для додаткового контролю.

Застосування згорткових нейронних мереж для розпізнавання сигналів автоматичної локомотивної сигналізації

Гончаров К. В., Український державний університет науки і технологій, Україна

В Україні використовується система автоматичної локомотивної сигналізації неперервної дії з числовим кодуванням АЛСН. В такій системі на локомотив через рейкову лінію передається один з трьох кодових сигналів (код З, Ж або КЖ), що дає змогу машиністу отримати інформацію про показання колійних світлофорів попереду. Кожен кодовий сигнал має свої часові ознаки: кількість імпульсів у кодовому циклі, тривалість імпульсів та пауз. Локомотивний дешифратор виконує розпізнавання отриманого коду та забезпечує вмикання відповідного сигналу на локомотивному світлофорі. На сьогодні використовується переважно застаріла релейна апаратура АЛСН, зношеність якої є основною причиною відмов системи. Збій автоматичної локомотивної сигналізації може також відбутися через спотворення часових параметрів коду, намагніченість рейок та нестабільне живлення. У зв'язку із цим задача удосконалення апаратури АЛСН та пошуку більш ефективних методів обробки сигналів є актуальною.

Один із напрямків удосконалення локомотивної апаратури АЛСН пов'язаний із застосуванням штучних нейронних мереж для розпізнавання кодових сигналів. У разі такого рішення виконується дискретизація отриманого сигналу АЛСН та формується одновимірний масив, який містить N вибірок сигналу. Нейронна мережа має N входів та три виходи, кожен з яких відповідає одному з кодів АЛСН. Таким чином, штучна нейронна мережа виконує класифікацію отриманих сигналів автоматичної локомотивної сигналізації.

В даній роботі проведено порівняння двох типів штучних нейронних мереж: одновимірної згорткової мережі (1D-CNN) та багатошарового перцептрона (MLP). Визначено, що для класифікації сигналів АЛСН краще застосовувати мережу 1D-CNN, яка має суттєво менше параметрів у порівнянні з MLP, ефективно виявляє характерні часові ознаки (патерни) сигналів, потребує менше даних для навчання, стійка до шумів і невеликих спотворень сигналу, забезпечує стабільну класифікацію навіть при зсуві сигналу в часі.

Мережа 1D-CNN має кілька шарів. Одновимірні згорткові шари виконують згортку вхідних даних з фільтром (ядром згортки). Згортковий шар має кілька фільтрів, які виявляють різні часові ознаки сигналу: імпульс або паузу необхідної тривалості, фронт або зріз імпульсу тощо. Розмір ядра визначає довжину часового вікна, в межах якого витягуються локальні ознаки. Після кожного згорткового шару розташовуються шар Batch Normalization та шар пулінгу. Перший з них виконує нормалізацію даних, що зменшує внутрішній коваріаційний зсув та дозволяє використовувати вищі швидкості навчання, прискорює збіжність. Шар пулінгу зменшує кількість даних, зберігаючи найбільш значущі ознаки та забезпечуючи інваріантність до невеликих зсувів у вхідному сигналі. Після згорткових/пулінгових шарів розміщується кваліфікаційний блок. Він містить шар Flatten, який перетворює багатовимірний тензор даних у одновимірний вектор та повнозв'язані шари, останній з яких має три виходи та виконує фінальну класифікацію.

В рамках даної роботи була розроблена модель мережі 1D-CNN для класифікації сигналів АЛСН. Програмний код для підготовки даних, тренування мережі та класифікації сигналів був написаний мовою Python. Для навчання мережі використовували синтезовані дані: до еталонних сигналів З, Ж та КЖ додавався білий шум з нормальним законом розподілу, вносились випадкові зміни часових параметрів (тривалості імпульсів і пауз) та спотворення фронту і зрізу імпульсів. Вісімдесят відсотків набору даних застосували для тренування, а двадцять відсотків – для валідації. В результаті дослідження різних конфігурацій мереж 1D-CNN було сформульовано рекомендації щодо вибору параметрів мережі: кількість згорткових шарів, кількість фільтрів у кожному шарі та розмір ядра фільтрів.

Напрями зменшення енергоспоживання штучним інтелектом

Шаповалов В. О., Дзюба В. В., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Потужність сучасних дата-центрів, які створюються провідними світовими ІТ-компаніями, складає гігавати. Для забезпечення енергією потрібні електростанції, у тому числі ядерні реактори, що спричиняє певні екологічні проблеми. Такі дата-центри часто використовуються для розміщення і навчання нейронних мереж. По даним однієї ІТ-компанії для формування (обчислення) відповіді на запит їхня система штучного інтелекту (ШІ) споживає близько 0,34 ват-годин енергії і вимагає приблизно 0,00032 літра води (для охолодження серверів у дата-центрах). Таких запитів в день обробляють мільйони. Це свідчить про велику ресурсозатратність такої технології.

В нейронних мережах використовується велика кількість (тисячі, мільйони) штучних нейронів, в кожному з яких виконуються прості операції: множення вхідних сигналів на їх вагові коефіцієнти (розміщуються в пам'яті) і підсумовування результатів операцій множення. Реалізація цих операцій в цифрових процесорах з фіксованою комою в порівнянні з плаваючою комою суттєво зменшує споживану електроенергію і час виконання операцій. Для забезпечення паралелізму при обчисленнях в нейронних мережах широко використовуються графічні процесори. Часто не потрібна велика точність обчислень, тому можна зменшити розрядність даних і, відповідно, споживану електроенергію. Спеціально для навчання нейронних мереж були розроблені тензорні процесори. На платах до кожної мікросхеми підведені трубки для охолоджуваної рідини (води). Сучасні високопродуктивні мікросхеми виконані по КМОН технології, які споживають енергію в основному в динаміці (при переключеннях). Але при зменшенні технологічних норм (зараз 2 нм) суттєво збільшуються струми витоку через зменшення відстаней між транзисторами.

В процесі навчання нейронної мережі можна виявляти несуттєві (з малими ваговими коефіцієнтами) зв'язки між шарами і далі їх ігнорувати. Також в процесі навчання нейронної мережі можна використовувати штучний інтелект для оптимізації зв'язків між шарами за критеріями зменшення енергозатрат.

В основу функціонування нейронних мереж покладена цифрова обробка даних. При обчисленнях використовуються часті звертання до пам'яті, тому велика частина енергії витрачається ні на саме обчислення (в процесорі), а на постійне перенесення даних від пам'яті до процесору та навпаки. Слід відмітити, що в електроніці багато задач можна більш ефективно вирішувати в аналоговій формі, особливо, в мобільних пристроях. Для порівняння - мозок людини (функціонує в основному по аналоговому принципу з реакцією на події) споживає енергії в десятки тисяч разів менш, чим ШІ, реалізований на тензорних процесорах. Оскільки в нейронних мережах в основному використовуються операції множення і додавання – multiplication accumulation (MAC), тому можна, наприклад, застосувати аналоговий суматор на операційному підсилювачі і резисторах (аналогові напруги на входах множаться на певні коефіцієнти і додаються). Поява мемристорів (від англ. Memory і resistor) стала значущою подією для розвитку нейроморфних процесорів та штучних нейромереж. Сам мемристор є «резистором» із ефектом пам'яті. Він здатний змінювати опір залежно від заряду, що протікає. Володіючи гістерезисом, така зміна може відбуватись дискретно (може бути 2 стани.). Чим інтенсивніший вхідний сигнал, тим вища провідність мемристора. Мемристори дозволяють поєднувати обробку та зберігання даних в одному елементі, залишають значення параметрів при відключення напруги. Процес навчання систем ШІ, створених на основі мемристорів, в сотні разів більш енергоефективний в порівнянні зі звичайними процесорами.

Сучасний стан системи електроживлення залізничної автоматики та шляхи модернізації

Сердюк Т.М.¹, Погрібний О.К., Смірнов А.О.¹, Терещенко О.В.²

¹Український державний університет науки і технологій, Україна

² Нідерланди

Система електроживлення пристроїв залізничної автоматики є фундаментальним елементом, що визначає рівень безпеки та стабільності роботи залізничного транспорту. Системи залізничної автоматики та зв'язку, переїзна сигналізація та численні мікропроцесорні комплекси потребують високої надійності та безперебійності в електроживленні. Більшість існуючих систем побудована на технологіях попередніх десятиліть: традиційні трансформаторні схеми із силовими комутаційними пристроями, випрямні пристрої на силових діодах і тиристорах, застарілі акумуляторні батареї. При цьому є відсутнім ефективний моніторинг стану, а технічне обслуговування є планово-попереджальним, а не за «станом» об'єкта.

Однією з ключових характеристик сучасного стану систем електроживлення є їхня недостатня стійкість до зовнішніх впливів особливо в період «блекаутів». Перепади напруги, імпульсні перенапруги від перемикачів в системі електропостачання та атмосферіки, старіння кабельних мереж – усе це створює передумови для відмов в пристроях залізничної автоматики та зв'язку. Особливо гостро проблема проявляється на ділянках з інтенсивним рухом, де навіть короточасний збій може спричинити затримки поїздів, підвищення експлуатаційних витрат та зниження рівня безпеки. Традиційні системи не мають механізмів адаптації до змін навантаження, працюють з низькою ефективністю і часто потребують ручного втручання персоналу для перемикачів режимів роботи або виконання діагностики.

Сучасні тенденції розвитку залізничної інфраструктури передбачають поступовий перехід до цифрових систем управління та контролю, що збільшує вимоги до стабільності енергоживлення. Мікропроцесорні централізації, цифрові мережі зв'язку, нові системи контролю руху поїздів не допускають навіть кратковременного падіння напруги. Тому модернізація систем електроживлення повинна включати впровадження джерел безперебійного живлення з високою швидкодією, використання сучасних імпульсних перетворювачів, установку контролерів із функцією глибокої діагностики та можливістю передачі даних до автоматизованих систем управління (АСК), та систем диспетчерського управління і збору даних SCADA, локальних центрів управління.

Важливим напрямком модернізації є розширення застосування відновлюваних джерел енергії побудованих на використанні сонячних панелей, вітрових установок, гібридних систем, здатних забезпечити резервне або навіть і основне живлення на віддалених та малодіяльних ділянках. Такі рішення не лише підвищують надійність, а й дозволяють зменшити залежність від централізованих мереж та знизити експлуатаційні витрати. Поєднання інтелектуальних контролерів, акумуляторних систем нового покоління та енергоефективних конверторів формує основу для створення автономних комплексів живлення.

Стратегія модернізації повинна передбачати комплексний підхід: заміну застарілих елементів, модульність обладнання, уніфікацію технічних характеристик, стандартизацію схем і використання інтелектуальних систем контролю. Використання імпульсних високошвидкісних джерел безперебійного електроживлення, інтелектуального моніторингу та відновлюваних джерел енергії дозволить підвищити надійність, зменшити експлуатаційні витрати та створити основу для подальшого розвитку інфраструктури.

Дослідження можливості використання фільтрів з нанокристалічними осердям у пристроях залізничної автоматики

Сердюк Т.М.¹, Серченко М.С.¹., Каїра А.В.¹, Ботнарєвська Р.В.²

¹Український державний університет науки і технологій, Україна

²Університет Твенте, Нідерланди

Інтенсивний розвиток сучасних систем залізничного транспорту супроводжується зростанням рівня електромагнітних завад, що негативно впливають на роботу пристроїв залізничної автоматики та телекомунікацій. Особливо критичними є умови експлуатації в системах електричної тяги постійного струму, де наявні значні гармонічні складові тягового струму, імпульсні завади та асиметрія струмів у рейкових колах. У зв'язку з цим забезпечення електромагнітної сумісності та завадостійкості апаратури є одним із ключових завдань сучасної залізничної автоматики.

Традиційно для фільтрації завад у рейкових колах і системах автоматичної локомотивної сигналізації застосовуються фільтри з феритовими або електротехнічними сталевими осердями. Однак такі рішення мають низку суттєвих недоліків: значні масо-габаритні показники, зниження індуктивності під впливом постійної складової тягового струму, підвищені втрати та нестабільність параметрів за температурних і режимних змін. Це обмежує можливості їх застосування.

У даній роботі досліджується можливість використання фільтрів на основі нанокристалічних магнітних осердь у пристроях залізничної автоматики. Нанокристалічні матеріали характеризуються надвисокою магнітною проникністю, малими магнітними втратами, широким робочим частотним діапазоном та високою стійкістю до насичення навіть за наявності значних постійних струмів. Сукупність цих властивостей робить їх перспективними для створення фільтрів нового покоління.

У роботі наведено методику розрахунку індуктивності тороїдальної котушки з нанокристалічним осердям з урахуванням реальних геометричних параметрів магнітного кола, ефективної довжини та площі поперечного перерізу, а також дійсної магнітної проникності матеріалу. Показано, що реальний розподіл магнітного потоку в осерді відрізняється від ідеалізованої моделі, що необхідно враховувати під час проектування фільтрів для забезпечення стабільності їх параметрів.

Створено фізичну модель котушки з нанокристалічним осердям та проведено експериментальні дослідження її параметрів в діапазоні частот від 500 Гц до 200 кГц із використанням лабораторного генератора ГЗ-109 і цифрового осцилографа Hantek.

Результати експериментів показали, що котушка з нанокристалічним осердям зберігає стабільну індуктивну поведінку в широкому діапазоні частот. На відміну від традиційних феритових фільтрів, не спостерігалось різких спадів імпедансу або резонансних ефектів, зумовлених паразитними ємностями та індуктивностями. Це свідчить про високу стабільність параметрів та ефективність пригнічення високочастотних завад.

Показано, що такі фільтри забезпечують значно вищий опір гармонікам тягового струму (300, 600, 900 Гц і вище) порівняно з традиційними рішеннями, зберігаючи при цьому працездатність за асиметрії тягового струму. Це дозволяє підвищити завадостійкість рейкових кіл і надійність роботи сигнальних реле. Отримані результати підтверджують доцільність використання нанокристалічних осердь у фільтрах для пристроїв залізничної автоматики та телекомунікацій. Застосування таких фільтрів дозволяє зменшити масу й габарити апаратури, підвищити стабільність параметрів, знизити втрати та покращити електромагнітну сумісність обладнання.

Research on Electromagnetic Compatibility Issues Caused by LED Lighting in Metro Systems

Serdiuk T. M.¹, Smirnov A. O.¹, Canale L.²

¹Ukrainian State University of Science and Technologies, Ukraine

²University of Toulouse III Paul Sabatier, France

The modernization of metro and railway infrastructure increasingly relies on LED lighting due to its high energy efficiency, long service life, and compatibility with intelligent control systems. However, the widespread deployment of LED luminaires – especially low-cost products – has introduced significant electromagnetic compatibility (EMC) challenges. This paper investigates electromagnetic interference (EMI) issues caused by LED lighting systems in metro environments, with particular attention to their impact on railway automatics, signaling, and telecommunications equipment.

The study is motivated by documented malfunctions observed after the installation of LED luminaires at railway communication facilities in Ukraine, where severe disturbances affected automation and communication systems. These disturbances were attributed to both conducted and radiated emissions generated by poorly designed LED drivers, including harmonic distortion of the power supply and high-frequency electromagnetic radiation. Modern microprocessor-based signaling, interlocking, and control devices are especially vulnerable to such interference, as impulse disturbances may lead to software errors, unstable operation, or hardware damage.

The paper presents a first-stage analysis of the types of disturbances produced by LED luminaires that do not comply with EMC standards and examines mechanisms of direct and indirect coupling of interference into sensitive railway systems. Particular emphasis is placed on the role of switching power supplies operating in the kilohertz-to-megahertz range, insufficient filtering, inadequate grounding, and lack of shielding. Methods for mitigating these effects—including electromagnetic shielding design, filtering, proper grounding, and separation of power and signal circuits – are discussed.

The results highlight the necessity of a comprehensive modernization strategy that integrates EMC considerations into the selection, installation, and operation of LED lighting in metro systems. Strengthening EMC standards, conducting laboratory and field measurements, and implementing protective measures are essential to ensure reliable operation, safety of train movements, and the long-term digital transformation of metro and railway infrastructure.

The experimental results show that initially the LED lamps operate without noticeable disturbances. However, aging of internal electrolytic capacitors in the LED drivers leads to the generation of high-frequency interference, predominantly in the range of 50...125 kHz. These emissions were found to interfere with metro communication devices and automation systems. The experiments focused on electric centralization posts where approximately 100 LED luminaires (36 W each) were installed, resulting in a total installed power of about 3.6 kW per one metro station. During long-term operation, EMI effects on relay and telecommunication equipment were observed, particularly when commonly available low-cost LED lamps were used.

Spectral measurements of voltage signals revealed interference components in frequency ranges critical for railway systems. Low-frequency harmonics up to several kilohertz were identified, which are particularly relevant for track circuits and analog automation systems, while distinct spectral components associated with LED driver switching were detected in the kilohertz range. These results confirm that LED lighting, especially when based on low-quality drivers, can pose a significant EMC risk to railway infrastructure and highlight the necessity of systematic EMI testing under real operational conditions.

Comparison of 5G and 6G Technologies for Power Accounting Systems

Serdiuk T. M.¹, Profatylov V. I.¹, Serchenko M.S.¹, Smirnov A. O.¹, Popudniak M. Yu.¹,
Zavodovsky O.²

¹Ukrainian State University of Science and Technologies, Ukraine

²University of Oulu, The Finland

The evolution of mobile communication technologies plays a crucial role in the development of modern power accounting and smart grid systems. Fifth-generation (5G) and emerging sixth-generation (6G) mobile networks provide advanced capabilities for data transmission, monitoring, and control of energy infrastructure. However, their applicability to power accounting differs significantly in terms of maturity, performance, cost, and operational feasibility.

From the perspective of connectivity and coverage, 5G networks operating in sub-6 GHz frequency bands offer sufficient coverage for urban and suburban power accounting applications and support massive machine-type communications, enabling large-scale deployment of smart meters. Nevertheless, coverage limitations persist in rural, indoor, and underground environments. In contrast, 6G networks are expected to integrate terrestrial, aerial, and satellite components, providing near-global coverage for geographically distributed power assets. At the same time, the use of sub-terahertz and terahertz frequency bands imposes severe propagation constraints and necessitates dense infrastructure deployment.

Regarding data rate and latency, 5G networks provide throughput and latency characteristics that fully satisfy the requirements of conventional power accounting, including billing, load profiling, and event reporting. However, their performance may be insufficient for future applications requiring high-resolution, time-synchronized measurements. Sixth-generation networks aim to deliver ultra-high data rates and sub-millisecond latency, enabling real-time grid state estimation and advanced power quality analysis. For basic metering tasks, however, such performance may be excessive and economically unjustified.

In terms of reliability and availability, 5G introduces network slicing and quality-of-service mechanisms that allow the allocation of dedicated virtual resources for utility data transmission. Despite these improvements, centralized network control and potential congestion during emergency situations may reduce reliability. Conversely, 6G architectures are expected to incorporate decentralized, self-healing, and AI-driven routing mechanisms, enhancing resilience and service continuity for mission-critical power accounting applications, albeit at the cost of increased system complexity.

Security and data integrity represent key requirements for power accounting systems. Fifth-generation networks implement advanced authentication and encryption mechanisms that meet current regulatory and billing standards. However, they offer limited native support for post-quantum cryptography and remain vulnerable to software-based attacks in virtualized environments. Sixth-generation networks are envisioned to adopt a security-by-design paradigm, integrating AI-based threat detection and post-quantum cryptographic solutions. At the same time, the reliance on intelligent security mechanisms introduces new attack surfaces that must be carefully addressed.

From an energy efficiency perspective, 5G technologies are optimized for low-power IoT devices, enabling multi-year battery life for smart meters under typical reporting intervals. In contrast, 6G aims to minimize energy consumption per transmitted bit and support energy harvesting techniques. Finally, economic considerations strongly influence technology selection. Fifth-generation networks benefit from mature infrastructure and established ecosystems, resulting in lower capital and operational expenditures and faster deployment for power utilities. Sixth-generation networks, while offering significant long-term potential for intelligent and autonomous power grids, are expected to require substantial initial investment and may not be economically viable for conventional power accounting in the near term.

Random Forest Algorithm for EMI Analysis in Track Circuits

Serdiuk T. M.¹, Profatylov V. I.¹, Serchenko M.S.¹, Smirnov A. O.¹, Zavodovsky O.²

¹Ukrainian State University of Science and Technologies, Ukraine

²University of Oulu, The Finland

This research investigates the application of machine learning algorithms for the classification of electromagnetic interference (EMI) in railway track circuits, which are critical components of train detection and traffic safety systems. Track circuits are highly susceptible to conducted and radiated disturbances generated by traction power supplies, power electronic converters, and external electromagnetic sources. Traditional analytical and spectral methods often fail to provide reliable interference identification under complex and time-varying operating conditions.

To address these limitations, a machine learning-based approach using a Random Forest classifier is proposed. The method analyzes track-circuit signals by extracting temporal, spectral, and statistical features that characterize different interference patterns. The classification model is trained on synthetic datasets that emulate typical railway interference sources, including magnetic, vibrational, acoustic, and electromagnetic disturbances. Experimental evaluation demonstrates a classification accuracy ranging from 85% to 92% on the test dataset, confirming the effectiveness of the proposed approach.

The developed hardware-software concept enables automatic, near-real-time monitoring of track circuit (TC) conditions and provides preliminary diagnostics of interference sources affecting railway automation systems. The proposed solution contributes to improving electromagnetic compatibility between track circuits and traction power systems, enhancing the reliability, safety, and operational performance of modern railway infrastructure.

Accurate identification of EMI and its sources requires a multi-layered approach combining signal processing, statistical analysis, and intelligent classification algorithms. While traditional spectral and rule-based methods remain useful for initial detection, machine learning and hybrid approaches provide superior performance in complex railway environments, enabling reliable source identification, real-time monitoring, and improved electromagnetic compatibility of critical infrastructure systems.

It was chosen Random Forest (RF) Algorithm to analyze EMI in TCs. Random Forest is an ensemble learning algorithm that constructs multiple decision trees during training and outputs the mode of their predictions for classification tasks (or the mean for regression tasks). Each tree is trained on a bootstrap sample of the dataset and considers a random subset of features at each split, introducing diversity that reduces overfitting and increases generalization.

Track-circuit signals, including coded currents and return traction currents, are recorded under normal and interference conditions. In track circuits, EMI manifests as disturbances in voltage and current signals caused by traction systems, power converters, or external electromagnetic sources. The RF algorithm can classify EMI types (magnetic, vibrational, acoustic, or electromagnetic) by analyzing features extracted from these signals. Key properties of RF include: robustness to noise and outliers; capability to handle high-dimensional feature spaces; interpretability via feature importance ranking.

The RF algorithm provides a reliable and efficient method for detecting and classifying EMI in railway track circuits. By combining temporal, spectral, and statistical features, RF can identify multiple interference types, support near real-time monitoring, and improve electromagnetic compatibility of railway automation systems.

Мікроконтролерні системи та вимоги до апаратної бази ройових БПЛА

Глушков О.В., Косолапов А.А., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Сучасна безпілотна авіація переживає трансформацію, відбувається стратегічний перехід від використання окремих апаратів до застосування груп малорозмірних БПЛА (рою дронів). Ця зміна потрібна для ефективного вирішення складних комплексних завдань, а саме масштабного моніторингу територій, інспекції інфраструктури чи проведення розвідки в умовах міської забудови чи лісових масивах тощо. Управління складною системою вимагає впровадження високоадаптивних методів ройового інтелекту (Swarm Intelligence, SI), які забезпечують децентралізоване прийняття рішень, координацію та самоорганізацію групи, що складається з окремих агентів (дронів).

Ефективність SI-алгоритмів, що дозволяють керувати задачами, такими як навігація, обхід перешкод чи колективним пошуком безпосередньо залежить від технічних можливостей бортового обладнання дрону. Таким чином, для коректного моделювання, симуляції та практичного застосування ройових систем потрібна чітка інженерно-технічна класифікація апаратів, що охоплює тип їх мікроконтролерів (МК), архітектуру апаратних платформ та характеристики інтерфейсів зв'язку. Інженерно-технічний аналіз підтверджує, що для надійної навігації найпридатнішими є саме мікро-БПЛА, які оперують за децентралізованою топологією та роблять акцент на локальній сенсорикі (наприклад, системах технічного зору та SLAM-алгоритмах). Моделювання ефективності ройового інтелекту має безпосередньо враховувати обмеження комунікації та критичну залежність алгоритмів від локальних вхідних даних (наприклад, у разі відсутності чи придушення глобального GPS).

Ключова відмінність між різними мікроконтролерами (МК) для дронів полягає у конфігурації та швидкості периферійних інтерфейсів вводу/виводу (I/O), які впливають на можливість БПЛА. Цифрові високошвидкісні шини, а саме SPI (до 50 Мбіт/с) та I2C (до 3.4 МГц), використовують для підключення основних сенсорів (інерціальні датчики IMU, магнітометри) та актуаторів (ESC/мотори). Чим швидше інтерфейс, тим швидше МК може обробити дані та оновити керуючий сигнал, що прямо впливає на швидкість реакції дрону та ефективність циклу регулятора в рої. Натомість, аналогові входи (ADC) займаються моніторингом, перетворюючи фізичні показники (рівень заряду акумулятора, струм двигунів) у цифровий код. Тут вирішальне значення має розрядність цих входів (наприклад, 12-бітна), що дозволяє точніше відстежувати енергоспоживання, яке дуже важливе для управління живленням мікро-БПЛА. Окрему категорію складають спеціалізовані інтерфейси, такі як CAN-шина, що забезпечує підвищену надійність та стійкість до перешкод при обміні даними. Щоб максимізувати ефективність, інженери повинні вибирати МК, здатні здійснювати пряму передачу даних (DMA) між периферійними пристроями та пам'яттю без зайвого завантаження центрального процесора, звільняючи обчислювальні потужності для складних алгоритмів ройового інтелекту.

Системи мікроконтролерів, що слугують ядром для ройових безпілотників, повинні відповідати надзвичайно жорстким критеріям, оскільки їхнє функціонування відбувається в умовах децентралізації, автономності та інших обмежень енергоспоживання. Насамперед, особливо важливою є обчислювальна потужність. Мікроконтролер повинен володіти достатньою швидкістю та сучасною архітектурою (наприклад, ARM Cortex-M4/M7 або Risc-V), щоб одночасно обробляти «сирі» дані від сенсорів, виконувати цикл регулювання польоту, а також безперебійно оновлювати правила колективної поведінки. Якість виконання таких обчислень визначається не тільки тактовою частотою процесора, а й наявністю апаратного блока обчислень з плаваючою комою (FPU), що дає змогу швидко та точно виконувати складні математичні операції, необхідні для навігаційних задач, зокрема систем просторової орієнтації. Інша не менш важлива вимога - це енергоефективність. МК

мають бути здатними працювати в ефективних режимах зниженого споживання, що безпосередньо впливає на час польоту рою та його загальну оперативну дальність. Крім цього, апаратна платформа повинна мати широкі комунікаційні можливості для надійного локального зв'язку між сусідніми дронами. І нарешті вся апаратна платформа повинна бути втілена з дотриманням строгих обмежень щодо розміру та ваги. Саме тому перевага завжди надається мініатюрним «системам-на-чипі», де всі необхідні компоненти, такі як мікроконтролер, пам'ять та периферійні контролери інтегровані на одній невеликій платі. Це дозволяє максимально зменшити габарити дрону та збільшити його корисне навантаження.

Мікроконтролер є серцем та мозком кожного дрону в рої, виступаючи основним компонентом, який перетворює оброблену інформацію на фізичну дію, забезпечуючи автономність та децентралізовану взаємодію. МК з високою частотою приймає масу даних від бортових сенсорів, які дають можливість дрону локально орієнтуватися в просторі коли глобальні системи недоступні.

Після збору та фільтрації даних, мікроконтролер негайно вступає у високошвидкісний цикл управління польотом. Це його найприоритетніша задача, що вимагає надзвичайно швидких математичних обчислень. Для цього використовують спеціалізований блок плаваючої комі (FPU), який дозволяє миттєво розрахувати необхідні корективи за принципом системи контролю балансу та траєкторії (ПІД-регулятор) — стандартом для забезпечення стабільності. Результатом цього процесу є оновлення керуючих команд, які негайно надсилаються до виконавчих механізмів - електродвигунів та їх контролерів швидкості, забезпечуючи миттєву стабілізацію та необхідний рух апарату. Одночасно з цим мікроконтролер виконує алгоритми ройового інтелекту; МК приймає рішення щодо уникнення зіткнень, підтримки потрібної формації та виконання колективного завдання. Це вимагає постійного обміну мінімальною необхідною інформацією із найближчими агентами через вбудовані радіоінтерфейси. Таким чином, кожен мікроконтролер функціонує як незалежний, але узгоджений (координований) елемент, чия надійність та швидкість реакції (що залежить від його обчислювальної потужності) є гарантією виконання заданої задачі рою в цілому.

Майбутнє апаратної бази ройових систем зосереджено на подальшому підвищенні ефективності обробки даних та стійкості до зовнішніх впливів. Перспективи розвитку включають інтеграцію спеціалізованих обчислювальних модулів, що імітують роботу мозку для надзвичайно енергоефективної обробки сенсорних та візуальних даних у реальному часі. Ці модулі дозволяють дронам швидше і точніше реагувати на складні, непередбачувані зміни середовища, використовуючи при цьому мінімум енергії.

Важливим є також забезпечення надійності комунікаційних каналів рою. Розробка нових протоколів локального зв'язку з високим рівнем захисту від перешкод необхідна для збереження цілісності та координованої роботи групи в умовах жорсткої радіоелектронної боротьби (РЕБ). Це вимагає більш захищених радіомодулів та алгоритмів, що можуть швидко відновлювати зв'язок або переходити на резервні частоти. Нарешті, ключовим напрямком є впровадження повністю автономних систем прийняття рішень на базі ШІ без необхідності постійного зовнішнього управління. Це дозволить рою виконувати місії з мінімальним втручанням людини та трансформує його у справді самодостатню бойову чи моніторингову одиницю.

Побудова раціональної системи утримання локомотивів з урахуванням прийнятого рівня ризику відмов їх вузлів

Очкасов О.Б., Гришечкіна Т.С., Жовніренко О.С., Український державний університет науки і технологій, Україна

Удосконалення систем утримання локомотивів є актуальним завданням, спрямованим на мінімізацію витрат при забезпеченні необхідного рівня надійності, безпеки та екологічних показників. Традиційна планово-попереджувальна система утримання, поширена в Україні, не враховує сучасні методи діагностування та управління ризиками, що призводить до неефективного використання ресурсів.

У сучасних умовах експлуатації технічних систем залізничного транспорту зростає необхідність переходу від регламентних стратегій технічного обслуговування до моделей, що враховують реальний технічний стан та ризики відмов. Традиційні підходи не дозволяють коректно оцінювати вплив залежних відмов складових елементів, що призводить до збільшення непланових ремонтів та нераціонального використання ресурсів. Тому актуальним є формування раціональної системи утримання з урахуванням прийнятого рівня ризику.

У роботі запропоновано підхід до побудови раціональної системи утримання на основі ризик-орієнтованої методології (RBM), з урахуванням прийнятого рівня ризику та впливу залежних відмов елементів локомотива.

Метою роботи є удосконалення підходу до побудови раціональної системи утримання технічних систем шляхом урахування ймовірності, наслідків та структури залежних відмов, а також визначення оптимальної періодичності технічного обслуговування в умовах обмеження на допустимий рівень ризику.

У дослідженні використано: методи ризик-орієнтованого технічного обслуговування (RCM, RBM), аналіз структур залежних відмов, моделі варіаційної оцінки ризику (Value-at-Risk), а також елементи математичного моделювання для складних систем з мережевою структурою зв'язків.

На основі моделювання встановлено залежності між прийнятим рівнем ризику, інтенсивністю відмов складових елементів, періодичністю планових ремонтів та загальними витратами системи утримання.

Отримані результати демонструють, що врахування впливу залежних відмов та рівня ризику дає можливість суттєво зменшити непланові ремонти, оптимізувати інтервали технічного обслуговування і забезпечити економічно доцільне функціонування системи утримання. Показано, що застосування ризик-орієнтованих підходів дозволяє врахувати не лише імовірність, але й наслідки відмов, що є критично важливим для складних технічних систем.

Запропонований підхід може бути використаний при формуванні регламентів технічного обслуговування, оптимізації систем ТОіР локомотивного парку та інших складних технічних об'єктів, де існують структурно обумовлені залежності між елементами. Підхід дозволяє експлуатуючим організаціям обирати стратегію утримання з урахуванням "апетиту до ризику", толерантності та ємності ризику, забезпечуючи економічну ефективність. Рекомендується впровадження для локомотивного парку з використанням ЕАМ-систем та моніторингу.

Using Drones to Monitor the Condition of Rails

Ananieva Olha, Ukrainian state university of railway transport, Ukraine

Ensuring the safety of train traffic is one of the key tasks of modern railway transport, which directly depends on the technical condition of the rail track. In the context of increasing traffic intensity, increasing traffic speeds and deterioration of infrastructure, traditional methods of track condition monitoring are increasingly insufficient, operational and resource-intensive. This necessitates the search and implementation of innovative technologies for technical diagnostics.

One of the promising areas for the development of railway infrastructure monitoring systems is the use of unmanned aerial vehicles (UAVs), or drones. The use of drones allows for remote, high-precision and comprehensive monitoring of the condition of rails, ballast and butt joints, minimizing the impact of the human factor and reducing maintenance costs. Equipping UAVs with modern sensor systems, including optical, thermal imaging, ultrasonic and LiDAR sensors, opens up new opportunities for timely detection of defects and prevention of emergencies.

UAVs have proven to be effective in detecting rail defects, ballast shifts, damage to isotistics, and other dangerous deviations. Equipping drones with modern sensors, including LiDAR, thermal imaging, ultrasonic and HD cameras with elements of artificial intelligence, significantly expands the possibilities of diagnostics and analysis of the state of the railway infrastructure.

The use of LiDAR sensors (Light Detection and Ranging) allows the formation of high-precision three-dimensional models of rail track and ballast bed with an error of up to 2 cm, which creates prerequisites for the formation of digital twins of railway infrastructure. The obtained 3D models make it possible to analyze track geometry, profile deformations and ballast subsidence, as well as apply this data in BIM and GIS systems when planning repair and construction work.

Thermal imaging (IR) cameras provide detection of thermal anomalies in the area of rails and isotypes, which indicates the presence of microcracks or a local decrease in the strength of the metal. The analysis of thermographic data is based on the assessment of heat flux and temperature gradient, which allows timely detection of critical sections of the track and prevention of emergencies.

HD cameras with computer vision and artificial intelligence algorithms provide automated detection of microcracks, fractures and ballast defects from 1 mm in size. Experimental studies confirm the effectiveness of such systems even under conditions of movement at high speeds that exceed the capabilities of visual control by humans.

Ultrasonic systems integrated with drones or specialized platforms allow for non-destructive testing of internal rail defects by analyzing reflected waves in steel elements. This ensures that the depth and nature of cracks are determined without dismantling the infrastructure.

A promising direction of development is the integration of artificial intelligence and machine learning methods, which allow not only to record existing damage, but also to predict their occurrence. The analysis of the accumulated data makes it possible to move from reactive maintenance to preventive maintenance, which significantly increases the level of safety and economic efficiency of track operation. The use of DJI Matrice 300 RTK drones in combination with LiDAR, thermal imaging, and optical cameras, as well as RTK positioning, confirms the feasibility of using UAVs as an effective tool for monitoring the condition of rails. The comprehensive implementation of such technologies allows you to reduce the inspection time, reduce the need for service personnel and significantly increase the level of traffic safety in railway transport. Thus, the study of the possibilities of using drones to monitor the condition of the rail track is an urgent task that meets the current trends in the digitalization of railway transport and contributes to increasing the level of traffic safety and the efficiency of infrastructure operation.

Алгоритми прогнозованого планування ресурсів у кластерах Kubernetes на основі машинного навчання

Танасієнко Д.О., Андрющенко В.О., Український державний університет науки і технологій, Україна

Традиційний підхід до планування ресурсів у контейнерних середовищах базується на статичному резервуванні максимальних значень CPU та RAM, що створює фундаментальну невідповідність між запитами та реальним споживанням. Це призводить до надлишкового виділення ресурсів, проблеми «шумних сусідів» (Noisy Neighbors), обмеження процесорного часу та неефективності ущільненого пакування через фрагментацію. Таксономічний аналіз 45+ академічних публікацій виявив чотири основні категорії алгоритмів планування Kubernetes, жодна з яких не вирішує проблему комплексно.

Мета дослідження — розробка та математичне обґрунтування алгоритмів прогнозованого планування ресурсів на основі синтезу класичних методів теорії розкладів та сучасних підходів машинного навчання.

Запропоновано три взаємопов'язані алгоритмічні компоненти. *Багатовимірною задачею пакування з часовими обмеженнями* (Temporal Bin Packing Problem) — розширення класичної NP-повної задачі пакування додаванням часового виміру. Алгоритм аналізує профілі використання ресурсів та вирішує задачу оптимального спільного розміщення контейнерів з неперетинними піками споживання. Формально: дано множину завдань T з функціями споживання $r(t_i)$, знайти розбиття T на групи G такі, що для кожної групи g_j сумарне споживання по групі не перевищує c_j , де c_j — ємність вузла, а сумарний залишок ємності вузлів був мінімальним. *Адаптація задачі планування з витісненням* (preemptive scheduling) — класична задача планування з перериваннями трансформується для управління пам'яттю: ресурсом виступає RAM замість процесорного часу, переривання реалізується через механізм збереження/відновлення стану (checkpoint/restore) контейнера. Це дозволяє замість примусового завершення при нестачі пам'яті (OOM Kill) призупиняти процес до звільнення ресурсів. *Задача рюкзака для планування кластера* — використання FPTAS-апроксимації для знаходження $(1-\epsilon)$ -оптимальних рішень за поліноміальний час $O(n/\epsilon^2)$, що дозволяє масштабування до тисяч вузлів.

Наукова новизна полягає у формалізації часово-залежної задачі розміщення контейнерів та розробці узагальненої моделі класифікації на завдання пакетної обробки (batch) (допускають переривання, критичне завершення) та сервіс-орієнтовані (service) (потребують постійної доступності), що розширює існуючі концепції для універсального застосування в гетерогенних кластерних середовищах.

Теоретичний аналіз запропонованих алгоритмів свідчить про потенційну можливість суттєвого зниження вимог до ресурсів при збереженні SLA. Механізм checkpoint/restore теоретично здатен значно зменшити втрати обчислень порівняно з традиційним OOM Kill для довготривалих завдань, оскільки дозволяє зберігати проміжний стан замість повного перезапуску.

Запропоновані алгоритми демонструють перспективу еволюції від реактивного до предиктивного управління ресурсами. Подальші дослідження спрямовані на інтеграцію методів навчання з підкріпленням та квантово-натхненної оптимізації.

Практична апробація проводилась на синтетичних даних, що моделюють реальні патерни споживання ресурсів у промислових середовищах. Результати підтверджують ефективність запропонованих алгоритмів для широкого спектру робочих навантажень — від короткотривалих ETL-завдань до багатогодинних процесів навчання моделей машинного навчання.

Статистичне моделювання бімодальних паттернів виконання задач у системах оркестрації робочих процесів Apache Airflow

Танасієнко Д.О., Андрющенко В.О., Український державний університет науки і технологій, Україна

Постановка проблеми. Системи оркестрації робочих процесів, зокрема Apache Airflow, є критичною інфраструктурою для управління конвейсрами обробки даних у хмарних середовищах. Точне моделювання часу виконання задач необхідне для планування потужностей, автомасштабування та управління угодами про рівень сервісу (SLA). Проте багато задач демонструють бімодальні розподіли часу виконання, де задачі виконуються у «швидкому» або «повільному» режимі залежно від умовної логіки чи шляхів обробки даних. Традиційні методи моделювання не враховують цю особливість, що призводить до неточних прогнозів та неефективного використання ресурсів.

Мета дослідження — розробка та емпірична валідація методології автоматичного виявлення та статистичного моделювання бімодальних паттернів виконання задач на основі production-даних Apache Airflow.

Методологія. Запропоновано трифазний підхід: (1) *класифікація паттернів* — автоматичне виявлення бімодальних задач за допомогою гаусівських моделей сумішей (GMM) з двома компонентами та критеріями коефіцієнта розділення ≥ 2.0 ; (2) *виділення моди* — розділення режимів через поріг геометричного середнього $\tau = \sqrt{(\mu_1 \cdot \mu_2)}$, що забезпечує інваріантність до масштабу; (3) *підгонка розподілів* — підбір параметричних розподілів (Lognormal, Gamma, Normal, Weibull) методом максимальної правдоподібності з вибором за критерієм Акаїке (AIC).

Емпіричні результати. Дослідження проведено на даних 15 організацій за 90-денний період: 2947 унікальних задач, 487352 успішних виконань. Класифікація виявила: 23,3% задач демонструють бімодальні паттерни (найвища поширеність — перевірки якості даних: 33,5%), 42,2% — рівномірні, 24,6% — високоваріабельні. GMM-класифікація досягла точності 95,0% та F1-score 92,0%. Метод геометричного середнього забезпечив точність розділення мод 95,8%, перевершуючи арифметичне середнє на 6,6%. Аналіз розподілів показав домінування Lognormal (60,2% задач), Gamma (30,9%). Загалом 85% задач досягають статистично валідної підгонки (p-значення Колмогорова-Смірнова $> 0,05$).

Наукова новизна полягає у: формалізації задачі автоматичного виявлення бімодальних паттернів виконання в системах оркестрації workflow; обґрунтуванні методу геометричного середнього для розділення мод з емпіричним підтвердженням переваги над альтернативами; розробці багатокритеріальної системи оцінки якості підгонки розподілів.

Практичне значення. Підігнані розподіли дозволяють прогнозувати перцентилі часу виконання для специфікації SLA з похибкою $< 10\%$, проводити симуляції планування потужностей та виявляти аномалії. Обчислювальна ефективність $\sim 0,46$ с/задача дозволяє регулярний аналіз великих кластерів.

Висновки. Результати підтверджують поширеність бімодальних паттернів та ефективність запропонованої методології для їх моделювання. Подальші дослідження спрямовані на інтеграцію з системами автомасштабування Kubernetes та адаптивне оновлення моделей.

Ключові слова: Apache Airflow, бімодальні розподіли, гаусівські моделі сумішей, підгонка розподілів, логнормальний розподіл, планування потужностей.

Концептуальні засади розробки платформи для управління процесами взаємодії на ринку мікро-послуг

Дуфинець В.В., Морохович В.С., ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
Україна

У сучасному глобалізованому економічному середовищі ринок мікро-послуг трансформувалася в один із найбільш динамічних та стратегічно важливих секторів цифрової економіки. Цей сегмент характеризується стрімким, експоненціальним зростанням попиту на спеціалізовані онлайн-платформи, які здатні забезпечити не лише базову комунікацію, але й ефективно, оперативне та безпечне виконання невеликих за обсягом завдань. Активізація цього напрямку значною мірою зумовлена фундаментальними змінами на світовому ринку праці, зокрема, масштабним переходом до віддалених форматів роботи та популяризацією концепції гнучкої зайнятості (gig economy). Такі тенденції сприяють значному поширенню короткострокових контрактів, дозволяючи користувачам – як виконавцям, так і замовникам – швидко адаптуватися до турбулентних економічних умов та миттєво реагувати на зміни ринкової кон'юнктури.

В умовах посилення конкуренції та вимог до ефективності, замовники дедалі частіше віддають перевагу цифровим сервісам як основному інструменту для взаємодії з виконавцями. Цей вибір продиктований необхідністю оптимізації часових та фінансових витрат: цифрові платформи пропонують простоту використання, високу швидкість отримання кінцевого результату та, що є критично важливим, можливість прозорого контролю кожного етапу виконання завдань. Динаміка розвитку сфери мікро-послуг створює об'єктивну необхідність у формуванні нового покоління спеціалізованих платформ.

У рамках дослідження розроблено онлайн-платформу, що забезпечує наскрізне управління процесом участі користувача у проєктах мікро-послуг. Основний фокус розробки було зосереджено на створенні екосистеми, яка охоплює повний життєвий цикл мікро-контракту: від моменту ініціації завдання та подання пропозицій на його виконання до фіналізації угоди та аналізу результатів. Система надає користувачам розширений інструментарій для відстеження статусу завдань у режимі реального часу, а також забезпечує технічну можливість оперативного внесення змін до умов співпраці, що є критично важливим фактором в умовах високої динаміки мікро-завдань.

З технічного погляду, розроблена платформа побудована на основі чіткої, сучасної архітектури з суворим розмежуванням клієнтської та серверної частин. Такий архітектурний патерн гарантує високу стабільність роботи системи, забезпечує незалежність розробки окремих компонентів та створює необхідні передумови для горизонтального та вертикального масштабування системи при потенційному збільшенні навантаження або розширенні функціоналу в майбутньому. Раціональна організація програмних компонентів, використання сучасних фреймворків та методів обробки даних забезпечують надійність, відмовостійкість і високу продуктивність системи. Модульна структура дозволяє легко інтегрувати нові сервіси, платіжні шлюзи або інструменти комунікації без необхідності кардинальної перебудови ядра системи.

Розроблене програмне рішення демонструє високий рівень практичної застосовності. Впровадження такої платформи сприяє безпосередній оптимізації процесів взаємодії між замовниками та виконавцями, усуваючи зайвих посередників та бюрократичні перепони. Це, своєю чергою, підвищує швидкість закриття вакансій та прозорість виконання завдань. Більше того, платформа формує сприятливі умови для розвитку професійних спільнот, нетворкінгу та обміну досвідом між фахівцями різних галузей, що є важливим соціальним ефектом цифровізації.

Таким чином, створена платформа виступає комплексним, завершеним інструментом для організації взаємодії на ринку мікро-послуг. Вона забезпечує суттєве підвищення

ефективності комунікацій, гарантує прозорість усіх етапів виконання завдань – від постановки технічного завдання до прийому роботи – і створює надійну технологічну основу для подальшого розвитку та масштабування цифрових сервісів у даній сфері. Результати дослідження підтверджують, що інтеграція сучасних веб-технологій у процеси мікро-менеджменту є ключовим фактором підвищення продуктивності та стимулювання економічної активності в цифровому сегменті ринку праці.

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
ПРОМИСЛОВИХ І ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ**

Програмне забезпечення для розв'язування складних мультимодальних задач

Косолап А. І., Дніпровський національний університет ім. О. Гончара, Україна

Сучасний технічний прогрес характеризується стрімким зростанням складних систем в кожній сфері людської діяльності. Від ефективного функціонування таких систем залежить добробут націй та кожної людини. Задачі, які виникають при проектуванні та функціонуванні складних систем є досить складними для чисельного розв'язування. Складні системи вимагають значних ресурсів, в тому числі обчислювальних, глибоких досліджень та часу. Прийняття найкращих рішень при проектуванні та функціонуванні складних систем дозволяє значно скоротити ресурси, збільшити надійність таких систем та скоротити час їх впровадження. Це досягається шляхом побудови оптимізаційних моделей складних систем та знаходженням оптимальних параметрів їх проектування та функціонування. Такі оптимізаційні моделі є досить складними та в більшості своїй мультимодальні, тобто містять безліч локальних екстремумів, що значно затрудняє чисельне знаходження оптимальних рішень.

В наш час розроблено безліч методів для розв'язування оптимізаційних задач. Але ефективні методи розроблені тільки для розв'язування унімодальних задач. Значна кількість мультимодальних задач стимулювала, починаючи з 90 років минулого століття, розробку методів для розв'язування мультимодальних задач. Такі методи можна розділити на два класи: детерміновані та стохастичні. Детерміновані методи дозволяють отримати найкращі розв'язки, але потребують значного часу, який зростає експоненційно при зростанні розмірності задач. Тому значна увага була приділена стохастичним методам, зокрема натхненні природою, які можуть знаходити оптимальні розв'язки тільки з деякою ймовірністю. Значні обчислювальні експерименти, проведені автором по розв'язанню складних тестових та прикладних мультимодальних задач показують, що стохастичні методи не більш як в 50% випадків забезпечують розв'язки близькі до оптимальних. Зі зростанням розмірності задачі, цей процент буде тільки знижуватися. Це спонукало автора розробити детермінований метод точної квадратичної регуляризації для ефективного розв'язування складних мультимодальних задач, який не чутливий до збільшення розмірності задачі. Обчислювальні результати автору також показали, що модифікація відомого методу покоординатного спуску дає кращі результати, ніж стохастичні методи.

Сьогодні для розв'язування оптимізаційних задач розроблено безліч пакетів. Вони представлені у вигляді надбудов Excel, математичних пакетів MatLab та інших, модулів в мовах програмування та спеціалізованих пакетів IPOPT, Antigone, BARON, BONMIN, Couenne, KNITRO, LINDO, SCIP, SHOT та багато інших. Як правило, програмне забезпечення оптимізаційних задач включає реалізацію декількох методів. Для розв'язування оптимізаційних задач необхідно ввести початкові дані. Це є не простою задачею для прикладних задач, які мають велику розмірність. Простіше ввести початкові дані в Excel та відповідні формули. Інші пакети потребують або написання відповідного коду, або створення відповідних форматів вхідних даних за допомогою спеціалізованих мов програмування. Це значно ускладнює процес розв'язування оптимізаційних задач. Тому автор пропонує використовувати пакет Excel з надбудовою OpenSolver для розв'язування оптимізаційних задач (існують також інші надбудови). Крім того, в Excel досить легко написати власну програму оптимізації, зокрема методу покоординатного спуску, використовуючи вбудовану мову програмування VBA.

Таким чином, для розв'язування складних мультимодальних задач краще використовувати програмну реалізацію методу точної квадратичної регуляризації та модифікованого методу покоординатного спуску в Excel. Перший метод нечутливий до розмірності задачі, а другий – легко проходить точки локальних екстремумів. Це підтверджено значними обчислювальними експериментами.

A Mathematical Model of the Meaning/Gist of the Signal/Variable

Prokopchuk Y., Institute of Technical Mechanics of the NASU, Ukraine

The Limit Generalization Paradigm (LGP) has been developed as a methodological basis for developing holistic knowledge and experience in intelligent autonomous systems (IAS). The LGP allows for the analysis of connectivity and intelligence growth in complex dynamic intelligent systems in terms of self-organization, self-reflection, self-modeling, self-improvement, self-completion, continuous mutual causality, consensus control, and expanded memory and cognition (Prokopchuk Y. (2022). *Intuition: The Experience of Formal Research*. Dnipro: PSACEA Press). Sketch networks in the "distinction task network" format with a stochastic mechanism for solving distinction tasks demonstrate the potential unlimitedness of goals and mechanisms for executing patterns. Importantly, an intelligent system can independently search for fast and frugal heuristics / patterns that make inferences with limited time and knowledge/resources. Models of adaptive processes and modes of sensory signal awareness in IAS have been developed. Integrated models of cognitive sensors have been created that allow for compensation for failures in sensor readings based on the "Artificial Connectome" (ensuring fault/disaster tolerance).

It is assumed that any situation and any state of a thinking swarm can be described using a multitude of elementary tests $\{\tau\}$ (analogous to variables). Let us introduce the following notations: 'Test' – the name of the test; '#TestX...' – the list of references to more general tests; $\{a/A\}$ – a set of external tests that affect the transformations within the Test (A is the domain); [Context] – the context within which the given test model is valid; 'Dj' – the name of the j-th domain (generalization of domains from bottom to top); '#Dx...' – links to parent domains; $\{ ; ; ; \}$ – the list of alternative domain elements; $\{On\}_j$ – ontological agreements; $\{Sg\}_j$ – surrogate models; $\{S, R\}_j$ – auto-associative knowledge models or inductor space (S – heuristics, R – precursors); $\{Ag\}_j$ – agents (society, swarm of agents, expert environment; Internet of Assistants); $\{NN\}_j$ – neural networks, the output layer of which converges with D_j (Morphological computation); $Pos-Space_{D_j}$ – Space of Possibilities of the domain D_j ; *Creative Max/Opt* – operator of creative (situational) maximization of Spaces of possibilities; z_j – domain elements, $[\wedge x_j \dots]$ – aliases of the j-th element; $\{g/\mu\}_j$ – computational patterns; [Intj] – numerical intervals, dependent on $\{a/A\}$ (usually only for the first discrete domain); if the values of any tests from $\{a/A\}$ are not defined, then the schemes of the corresponding transformations are also undefined;

$\{SE\}_Z$ – all subjective experience of solving Z-task: $\{Narr\}_{D_j}$ - Space of Narratives; $\{LAoT\}_{D_j}$ – Local 'Arrows of Time' - *LAoT*; $\{CoTA\}_{D_j}$ - Chains-of-Thought-and-Action - *CoTA*; $\{NoCM\}_{D_j}$ – Networks of Control Mechanisms – *NoCM*; *NDM(•)* - Naturalistic Decision Making; $Ev(\tau/T)$ - event. The general scheme of the Test/Variable/Signal Configurator:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Test/Variable/Signal} \{ \#TestX... \} [\{a/A\}] [Context] \{ \\
 & D_n [\wedge D_n \dots] [\#Dx \dots] \{ ; ; ; \} \quad [\{On\}_n] [\{Sg\}_n] [\{S, R\}_n] [\{NN\}_n] [\{Ag\}_n] [\{SE\}_n] \\
 & \dots \\
 & D_2 [\wedge D_2 \dots] [\#Dy \dots] \{ ; ; ; \} \quad [\{On\}_2] [\{Sg\}_2] [\{S, R\}_2] [\{NN\}_2] [\{Ag\}_2] [\{SE\}_2] \\
 & D_1 [\wedge D_1 \dots] \{ ; ; ; \} \quad [\{On\}_1] [\{Sg\}_1] [\{S, R\}_1] [\{NN\}_1] [\{Ag\}_1] [\{SE\}_1] , \\
 & \forall \{ ; ; ; \} = \{ z_1 [\wedge x_1 \dots] [Int_1] [\{g/\mu\}_1] ; \dots ; z_k [\wedge x_k \dots] [Int_k] [\{g/\mu\}_k] \} . \\
 & \forall D_j [Context]: \{Narr\}_{D_j} \{LAoT\}_{D_j} \{CoTA\}_{D_j} \{NoCM\}_{D_j} \textit{Pos-Space}_{D_j} , \\
 & \text{if } D_j \rightarrow D_k \textit{Pos-Space}_{D_j} \subseteq \textit{Pos-Space}_{D_k} , \quad \forall t \forall D | \textit{Pos-Space}_D | \rightarrow \textit{Creative Max} . \\
 & \textbf{Properties:} \quad \textit{Experience}(D_j) \subseteq \textit{Experience}(D_k) , \quad \textit{LeadTime}(D_j) \geq \textit{LeadTime}(D_k) , \\
 & \textit{Opt_Resource}(D_j) \geq \textit{Opt_Resource}(D_k) , \\
 & \textit{ComputationalComplexity}(D_j) \geq \textit{ComputationalComplexity}(D_k) \\
 & \textit{CognitiveLoad}(D_j) \geq \textit{CognitiveLoad}(D_k) , \quad \forall D_j \textit{NDM}(D_j) \rightarrow \textit{Creative Opt} , \\
 & \textit{Living Experience:} \quad \forall \tau/T \quad Ev(\tau/T) = \langle \tau/T , \{p/P\} , \underline{\varepsilon} \rangle , \quad G_s^{\uparrow\downarrow}(Ev)
 \end{aligned}$$

Веб-додаток для комплексної оцінки YouTube-каналів

Лисиця С.В., Іванов О. П., Український державний університет науки і технологій, Україна

В умовах інформаційної економіки YouTube трансформувався у глобальний ринок даних та впливу. Автоматизація аналізу медіа-активів є критично важливим завданням для корпоративного сектору, політичних технологів та інвесторів, оскільки дозволяє мінімізувати ризики при розподілі бюджетів та управлінні репутацією.

На сьогодні існує розвинена індустрія аналітики (сервіси vidIQ, Social Blade), яка надає базові метрики. Проте сучасні вимоги ринку потребують переходу від простого моніторингу статистики до комплексного інтелектуального аналізу, що базується на агрегації даних та прогнозних моделях.

Основні технологічні напрями розробки охоплюють алгоритмічне прогнозування доходів, семантичний аналіз контенту та багатокритеріальне порівняння об'єктів (Benchmarking). Потенційними користувачами інструменту є великі корпорації (для розміщення реклами), інвестори (для купівлі каналів як бізнесу) та політичні суб'єкти (для аналізу інформаційного поля).

Інструмент забезпечує багатокритеріальний порівняльний аналіз конкурентів за допомогою візуалізацій (пелюсткові та секторні діаграми), автоматичну кластеризацію контенту для визначення тематичної структури каналу, а також розрахунок інтегрального індексу якості (Channel Score), що зводить масив даних до єдиного показника. Додатково інструмент дозволяє оцінити інвестиційну привабливість каналу, визначаючи реальну окупність при його купівлі як готового бізнесу.

Запропонований підхід спростить роботу з великими даними, перетворюючи сотні метрик на зрозумілі графіки та інтегральну оцінку, доступну навіть нетехнічним фахівцям. Візуалізація складних залежностей робить аналітику інтуїтивною, а алгоритмічні рейтинги мінімізують вплив суб'єктивних факторів, забезпечуючи об'єктивність та прозорість прийняття рішень.

Проте інструмент має й певні обмеження та ризики. Алгоритми залежать від стабільності та політики доступу до API YouTube, що створює технологічну залежність. Прогнози не можуть бути абсолютно точними через складність моделювання поведінки аудиторії, яка змінюється під впливом зовнішніх факторів. Крім того, існує ризик зловживань — інструмент може бути використаний для маніпуляції масовою свідомістю шляхом експлуатації вразливих груп користувачів.

Реальний позитивний приклад демонструє, як аналітичні технології можуть стати рушієм розвитку бізнесу. Компанія NordVPN побудувала глобальну маркетингову стратегію, спираючись на глибокий аналіз даних YouTube-каналів. Завдяки оцінці аудиторії вони змогли точно визначити релевантних авторів, інвестувати в інтеграції з тисячами блогерів та отримати максимальне охоплення при оптимізованій вартості контакту. Водночас існують і негативні приклади застосування подібних інструментів. Скандал із Cambridge Analytica показав, що сегментація аудиторії та аналіз її вподобань можуть бути використані для поширення дезінформації та маніпуляції громадською думкою.

Таким чином, інструменти комплексної оцінки YouTube-каналів виступають важливим елементом сучасної системи Business Intelligence, адже дозволяють перетворювати хаотичні масиви даних на структуровану основу для стратегічних рішень. Відкривають нові можливості для управління капіталом, оптимізації маркетингових інвестицій та контролю інформаційних потоків. Водночас їх застосування потребує усвідомленого підходу: врахування етичних норм, прозорості алгоритмів та технічних обмежень платформи.

Експериментальні дослідження самоподібності часових рядів

Ульянченко Д. С., Шинкаренко В. І., Український державний університет науки і технологій, Україна

Самоподібність часових рядів – ключова властивість багатьох складних систем (фінансові ринки, біомедичні сигнали, кліматичні дані), яка проявляється в повторюваності структур на різних масштабах. Кількісною характеристикою цієї властивості є фракталоподібна розмірність – число, що показує, наскільки щільно схожі фрагменти заповнюють простір масштабів. На сьогодні відсутні доступні інструменти, які б дозволяли проводити автоматизований аналіз самоподібності з урахуванням точного та відносного допуску, а також оцінювати статистичну значущість результатів.

Розроблено програмне забезпечення ECSSTS (Experimental Computational Studies of Self-Similarity of Time Series) на платформі .NET 6 з використанням архітектури MVVM, асинхронного програмування (Task Parallel Library) та бібліотеки OxyPlot для візуалізації.

Розроблено програмне забезпечення мовою C# (.NET 8, WPF, MVVM, OxyPlot, MathNet.Numerics), яке реалізує метод виявлення схожих послідовностей для оцінки фрактальної розмірності D з підтримкою:

- регулювання точності співпадіння TolerancePercentage (0.1–4.6 %, крок 0.5 %);
- точного та відносного співпадіння;
- нормалізації даних;
- побудови 95 % довірчих інтервалів за t -розподілом Стюдента;
- пакетної обробки JSON-файлів з часовими рядами для дослідження.

Обчислення фракталоподібної розмірності виконується за таким алгоритмом: для кожної можливої довжини послідовності підраховується загальна кількість схожих фрагментів (основні + усі схожі, знайдені з заданим допуском); далі будується графік логарифмічної залежності кількості схожих послідовностей від їх довжини; за нахилом лінії регресії на цьому графіку визначається фракталоподібна розмірність (чим більший нахил – тим сильніша самоподібність).

Експериментальне дослідження проведено на шести наборах даних загальним обсягом понад 450 000 значень:

- фрактальні синтетичні ряди (700 реалізацій \times 500 значень = 350 000 значень);
- нефрактальні реальні дані (споживання електроенергії в Марокко, пожежі в лісах, ціни авіаквитків, дані авіарейсів, глобальна температура Berkeley Earth).

Основні результати:

зі зростанням допуску середнє значення D нелінійно зменшується (від ≈ 0.64 при 0.1 % до ≈ 0.06 при 4.6 % для фрактальних рядів);

оптимальний діапазон допуску 1.1–2.1 % (відносний режим) забезпечує мінімальну дисперсію ($\sigma < 0.03$) та максимальну розрізняльну здатність між фрактальними та нефрактальними рядами;

відносний режим переважає при аналізі реальних даних різної амплітуди; точний — стабільніший при малих допусках для однорідних синтетичних рядів;

статистична значущість відмінностей підтверджена t -тестом ($p < 0.001$, Cohen's $d > 3.5$) на всьому діапазоні допусків;

розроблений алгоритм та програмне забезпечення коректно розрізняють ряди з вираженою самоподібністю та без неї, що підтверджено відсутністю перетинів довірчих інтервалів між групами.

Програмне забезпечення може бути використано як універсальний інструмент для експериментальних досліджень самоподібності в різних галузях науки та техніки.

Програмне забезпечення САПР асинхронних двигунів

Мирошниченко В.І., Івченко Ю.М., Український державний університет науки і технологій, Україна

Системи автоматизованого проєктування (САПР) призначені для виконання проєктних операцій в автоматизованому режимі. З метою отримання виробів високої якості у визначені терміни використовуються сучасні системи автоматизованого проєктування. У зв'язку зі стрімким розвитком технологій та зростанням попиту на розробку та виготовлення складних об'єктів виникає необхідність створення ефективних інструментів. При розробці складних об'єктів в умовах багатоетапного ієрархічного проєктування найчастіше проєктування виконують як ітераційний процес з поверненням до попередніх етапів та рівнів. Це також відноситься до процедур оптимізації проєктних рішень. Мета проєктування полягає у пошуку, фіксації та документальному оформленні інформації про об'єкт проєктування, яка необхідна для його створення.

Розроблене програмне забезпечення забезпечує автоматизацію розрахунків при проєктуванні m -фазних ($m \Rightarrow 3$) асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором потужністю до 100 кВт та кількістю полюсів 2, 4, 6, 8 на частоту 50 Гц. Розглядаються двигуни як закритого так і захищеного виконання. Проєктування виконується в режимі діалогу. Передбачено розділ на етапи, які реалізовані як окремі програмні модулі:

- Вибір головних розмірів двигуна;
- Визначення кількості пазів, кількості витків у фазі, переріз дроту та розрахунок зубцевої зони статора;
- Розрахунок ротора;
- Розрахунок магнітного ланцюга та намагнічуючого струму;
- Розрахунок параметрів обмоток статора та ротора;
- Розрахунок втрат холостого ходу;
- Розрахунок параметрів номінального режиму та робочих характеристик;
- Розрахунок пускового режиму;
- Тепловий розрахунок.

Технічне завдання на проєктування асинхронного двигуна містить наступні дані: P_2 – номінальна потужність, кВт; U_1 – номінальна фазна напруга, В; n_1 – синхронна частота обертання, об/хв; f_1 – частота мережі, Гц; m – кількість фаз; ступінь захисту від зовнішніх впливів (IP23 або IP44).

Для зручності користувачів на кожному кроці виконання розрахунків здійснюється інформаційна підтримка у вигляді таблиць, графіків, пояснень вибору. Для забезпечення надійної роботи системи передбачено контроль вхідної та вихідної інформації. На кожному етапі враховувалася нелінійність залежності: коефіцієнт корисної дії та коефіцієнт потужності – номінальна потужність та кількість пар полюсів; коефіцієнт ЕДС, магнітна індукція у повітряному зазорі, лінійне токове навантаження – зовнішній діаметр статора та кількість пар полюсів; відношення повної конструктивної довжини сердечника статора до полюсного поділу – кількість пар полюсів; значення зубцевого кроку – висота осі обертання та полюсний поділ; повітряний зазор – внутрішній діаметр статора, кількість пар полюсів та висота осі обертання і т. д. Передбачена можливість автоматизована покрокова зміна відповідних параметрів за умов виконання певних критеріїв. За результатами розрахунків видається розрахунково-пояснювальна записка.

Розроблена САПР може бути використана для виконання промислових розрахунків, навчально-дослідних робіт та в навчанні студентів електротехнічних спеціальностей.

Проведені дослідження впливу величини повітряного зазору на енергетичні, пускові та малогабаритні показники асинхронного двигуна.

Зв'язність, зчеплення та об'єм як універсальні властивості конструкцій та програмних систем

Карповський Д.О, Шинкаренко В.І., Український державний університет науки і технологій, Україна

Аналіз структурних характеристик складних систем є важливою складовою сучасних інженерних і наукових підходів. Три фундаментальні властивості – зв'язність (cohesion), зчеплення (coupling) та об'єм (complexity / volume) – і визначають якість архітектури, гнучкість, масштабованість та здатність системи до розвитку. Хоча вони походять із програмної інженерії, їхній характер є універсальним, а сфери застосування охоплюють моделювання знань, педагогіку, інженерію, лінгвістику й інші науки.

Конструкція в цьому контексті розуміється як впорядковане поєднання елементів, що утворюють функціональну й стійку структуру. Конструктивно-продукційне моделювання, що використовується в інформатиці та штучному інтелекті, дозволяє створювати складні системи шляхом комбінування базових елементів за визначеними правилами.

У програмній інженерії зв'язність описує внутрішню узгодженість функцій та відповідальності модуля; висока зв'язність робить компонент передбачуваним та зрозумілим. Зчеплення характеризує залежності між модулями: слабе зчеплення забезпечує незалежність компонентів і знижує ризик каскадних змін. Об'єм визначає структурну складність системи та кількість взаємозв'язків, що впливають на швидкість розробки, тестування та підтримки.

Показовий вплив цих властивостей добре простежується на прикладі двох шаблонів проєктування – Facade та Observer.

Facade надає єдиний спрощений інтерфейс до складної підсистеми, приховуючи її внутрішню логіку. Це суттєво зменшує зчеплення між клієнтом і внутрішніми компонентами, знижує видимий об'єм системи та підвищує зв'язність усередині підсистеми. Observer реалізує механізм сповіщення між видавцем і спостерігачами, забезпечуючи гнучку реакцію на зміни стану. Він зменшує зчеплення, оскільки видавець не знає деталей реалізації спостерігачів, а також розподіляє логіку між компонентами, зменшуючи їхній об'єм та підтримуючи чітку відповідальність.

Універсальність цих властивостей підтверджується їх активним використанням у різних галузях.

У математиці та теорії графів зв'язність визначає можливість переходу між вершинами, зчеплення – важливість окремих ребер чи вузлів, а об'єм характеризує складність графа. У лінгвістиці зв'язність описує логічну узгодженість тексту, зчеплення – граматичні зв'язки між реченнями, а об'єм – кількість інформації й складність структури. У педагогіці зв'язність забезпечує послідовність навчального матеріалу, зчеплення відображає залежності між темами, а об'єм визначає кількість знань, доступних для засвоєння за певний час. У онтологіях зв'язність відображає логічну повноту опису предметної області, зчеплення характеризує кількість міждомених зв'язків, а об'єм – розмір і глибину структури.

Таким чином, зв'язність, зчеплення та об'єм є універсальними властивостями, що визначають якість та ефективність систем різної природи. Їхній збалансований розвиток забезпечує зрозумілість, масштабованість і довготривалу стійкість як програмних, так і технічних та інтелектуальних структур.

Множинна інтерпретація алгоритмів у конструктивно-продукційному моделюванні

Куроп'ятник О. С., Український державний університет науки і технологій, Україна

Конструктивно-продукційне моделювання (КПМ) передбачає використання конструкторів для формування складених об'єктів, моделювання процесу їх утворення.

В основі КПМ лежить поняття узагальненого конструктора – трійки, що складається з розширюваного, неоднорідного носія, сигнатури операцій над елементами носія та інформаційного забезпечення конструювання.

Ряд уточнюючих перетворень, що здійснюються над узагальненим конструктором, дозволяють визначити предметну область носія (спеціалізація конструктора), алгоритми виконання операцій (інтерпретація) та їх конкретні реалізації (конкретизація). Це робить КПМ універсальним засобом формалізації формування об'єктів, опису процесів, явищ різної природи.

Зупинимося детальніше над визначенням алгоритмів, що здійснюється на етапі інтерпретації. Кожній операції сигнатури ставиться у відповідність деякий алгоритм A з множинами X , Y – визначення та значень алгоритму відповідно. Алгоритм виконується деяким виконавцем Z , який визначається на цьому етапі.

Проте існують випадки, коли виконавець може по-різному інтерпретувати алгоритми. Наприклад, алгоритм операції додавання двох чисел на множині цілих чисел передбачає результат у вигляді цілого числа, що є сумою вхідних чисел. У той же час алгоритм додавання на множині рядків (рядок як впорядкована послідовність символів) може бути інтерпретовано як конкатенацію. Результатом його виконання є новий рядок, довжина якого дорівнює сумі довжин вхідних рядків. Проте утворений рядок може набувати нового значення, глибшого або більш точного, ніж його складові окремо одне від одного. В результаті роботи одного й того ж алгоритму на різних множинах буде отримано різні вихідні дані не лише за типом, а й змістом (сміслом).

Розглянемо приклад. Нехай алгоритм додавання визначено на множині цілих чисел та на множині рядків. Вхідними даними є 1 та 2. На множині чисел вихідними даними є число 3, на множині рядків – «12».

Цей приклад демонструє можливість множинної інтерпретації на основі типу вхідних даних, визначеного множиною X . Узагальнюючи можна визначити, що деякій операції op можна поставити у відповідність алгоритм A , область визначення якого X є об'єднанням деяких множин X_1, X_2, \dots, X_n , де X_i – множини значень вхідних параметрів алгоритму.

При множинній інтерпретації алгоритмів може змінюватися кількісний та семантичний склад X . Таким чином маємо множину X^* , що складається з різних можливих визначень X . X^* визначається на етапі розроблення алгоритмів.

Приклад додавання чисел та рядків демонструє зміну семантичного складу X . Наведемо ще приклади інтерпретації алгоритму додавання зі змінами семантики та кількості вхідних даних: сума n цілих чисел; додавання числа до елементів множини чисел; додавання елемента до колекції.

В практиці програмної інженерії така інтерпретація характерна при розробленні та виконанні програми, що містить перевантаження операцій, функцій. Окремим випадком є шаблонні функції, що демонструють визначення множин X , Y на етапі виконання програми. Тоді алгоритм є незмінним на рівні дій та їхнього порядку при його визначенні на різних множинах. Проте дії алгоритму виконуються відповідно до типів фактичних параметрів функцій.

Отже, множинна інтерпретація алгоритмів у КПМ дозволяє розширити можливості відповідних конструкторів при сталій кількості операцій та алгоритмів. Дану особливість конструкторів можна реалізувати засобами мов програмування, зокрема $C++$, $Java$, $C\#$.

Аналіз ефективності алгоритмів стиснення для різних типів даних у C#

Лук'яненко Д.І., Український державний університет науки і технологій, Україна

Сучасні інформаційні системи активно працюють з великими обсягами даних, де ефективність збереження та передавання відіграє ключову роль у продуктивності. У зв'язку з цим зростає потреба у методах інтелектуального вибору оптимального алгоритму стиснення залежно від особливостей конкретного типу даних. Така задача актуальна як для розподілених систем та мережевих сервісів, так і для локального збереження в базах даних або системах телеметрії. Метою дослідження є створення моделі, здатної передбачати найефективнішу стратегію стиснення даних у середовищі C#, враховуючи внутрішню структуру та властивості різних типів даних.

Підготовчий етап роботи передбачає аналіз проблем, що виникають під час використання універсальних підходів до стиснення. Зокрема, існує суттєва різниця у поведінці алгоритмів під час роботи з числовими типами, рядками, булевими значеннями, масивами або складними структурами. Крім того, ефективність значною мірою залежить від природи самих даних - випадковість, монотонність, наявність повторюваних патернів чи розрідженість впливають на ступінь стисливості. Подолання цих проблем потребує формування репрезентативних тестових наборів, вибору відповідних технік попередньої обробки та детального порівняння алгоритмів у рівних умовах.

Об'єктом дослідження є алгоритми стиснення без втрат, які широко застосовуються у сучасних технологічних рішеннях: DEFLATE, LZMA, LZ4, Zstandard та інші популярні інструменти. Предметом аналізу виступає взаємодія цих алгоритмів із різними типами даних у .NET-середовищі, включаючи прості типи (int, float, double, bool), рядкові значення, масиви, структури та складні об'єкти. Особливу увагу приділено тому, як внутрішнє представлення даних у пам'яті впливає на досяжний рівень стиску.

Подальший аналіз передбачає огляд різних підходів до підвищення ефективності стиснення. Планується дослідити preprocessing-техніки, такі як delta encoding для чисел, bit packing для булевих масивів, транспонування структур, словникове кодування та інші прийоми, які відомі в системах колонкового зберігання даних. Таке поєднання лінгвістичних, статистичних та структурних методик дозволить комплексно оцінити потенціал підвищення стисливості для кожного типу. Очікується, що результати дадуть змогу виявити закономірності, які пояснюють, чому певні алгоритми працюють краще з конкретними структурами.

Реалізація системи відбувається шляхом розробки програмної бібліотеки, здатної автоматично застосовувати різні алгоритми та preprocessing-стратегії. Планується створити модуль, що генерує тестові набори відповідно до моделі даних: випадкові значення, послідовності, розріджені структури, часові ряди тощо. Окремий компонент системи буде виконувати заміри продуктивності, обсягу стиску та часу обробки. На основі накопичених експериментальних даних передбачається побудувати математичну модель, яка зможе передбачити оптимальний спосіб стиснення за метаданими ще до виконання реального стискання.

Для фінального етапу дослідження буде сформовано набір тестових сценаріїв, що охоплюють різні класи даних: системи телеметрії, текстові логи, табличні дані, ігрові пакети та інші. Планується проводити вимірювання за двома основними критеріями: швидкодія та ефективність стискання. Це дозволить об'єктивно порівняти алгоритми між собою та оцінити, наскільки корисними є preprocessing-техніки у реальних умовах. Хоча результати ще перебувають у процесі формування, очікується, що побудована система забезпечить гнучкий механізм вибору оптимального методу стиснення для будь-яких типів даних і стане основою для подальших практичних рішень у сфері оптимізації збереження та передавання інформації.

Трансформація підходів до побудови тестів цифрових пристроїв на шлюзи IoT

Панченко В.І., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Україна

Сучасний етап розвитку кіберфізичних систем характеризується переходом від ізольованих обчислювальних пристроїв до глобально інтегрованих мереж Інтернету речей (IoT). Ключовим елементом цієї інфраструктури є інтелектуальний шлюз граничного шару (IELG) високощільного IoT (HDIoT), який виконує функції агрегації даних, трансляції протоколів та локальної аналітики. Традиційні методи тестування, орієнтовані на верифікацію цифрової логіки, виявляються недостатніми для забезпечення якості таких систем через їхню ієрархічну складність та стохастичну природу функціонування.

На відміну від «плоскої» структури класичних цифрових пристроїв, IELG HDIoT являє собою багаторівневу систему, що вимагає специфічних підходів до валідації на кожному етапі. Ключовою проблемою є неможливість прямого застосування класичної моделі константних несправностей («stuck-at faults»), яка історично використовується для тестування цифрових схем та базується на припущенні про фізичні дефекти, що фіксують сигнал у стані 0 або 1. Більшість проблем у роботі шлюзу не викликаються фізичними пошкодженнями, вони пов'язані з логічними помилками, нестачею ресурсів, конфліктами в протоколах або некоректною інтерпретацією даних. Модель константних несправностей є абсолютно недостатньою для валідації шлюзів IoT – високий відсоток покриття тестами константних несправностей для IELG гарантує лише те, що процесор шлюзу справний фізично, але нічого не говорить, наприклад, про те, чи зможе шлюз коректно обробити чергу повідомлень при нестабільному зв'язку.

При використанні сучасних методів автоматичної генерації тестів (наприклад, еволюційних алгоритмів) критично важливим є правильне визначення функції пристосованості, яка керує пошуком помилок. Для IoT-орієнтованого підходу виконується перехід від врахування лише покриття коду або кількості переключень станів до аналізу стресу системи або ймовірності виникнення рідкісних подій, пов'язаних з перевищенням довжин черг повідомлень, часу відгуку, споживання енергії, зменшенням вільної оперативної пам'яті.

Таким чином запропоновано розглядати не тільки статичні (фізичні) несправності, але й специфічні для IELG: динамічні (часові) несправності – помилки синхронізації, порушення часових обмежень у системах реального часу; ресурсні – витрати пам'яті, фрагментація купи, нестача дескрипторів; стохастичні – відмови мереж та спотворення пакетів даних; семантичні – вразливості ML-моделей до вхідних даних з невеликими модифікаціями, які змушують нейромережу приймати некоректні рішення.

Оскільки повністю відтворити складність реального середовища в лабораторії неможливо, тестування зміщується на етап експлуатації обладнання. Методологія хаос-інжинірингу передбачає навмисне введення несправностей у працюючу систему (наприклад, примусове розривання з'єднань, примусове завершення процесів, емуляція затримок) для перевірки здатності системи до самовідновлення). Забезпечення якості тестування IELG вимагає відмови від детермінованих перевірок до та впровадження метрик покриття, що враховують не лише складність структури, але й семантику даних та стійкість системи до зовнішніх впливів. Таким чином, тестування шлюзу не може бути розділене на ізольовані тести апаратної і програмної частини – система може бути протестована лише при аналізі всіх рівнів її архітектури.

Проведене дослідження лежить в основі розробки еволюційних методів тестування, що дозволяють створювати самоадаптивні системи верифікації для інтелектуальних шлюзів високощільного IoT. Такий комплексний підхід дозволить забезпечити надійність критичної інфраструктури, яка стає основою цифрового суспільства.

Деревовидні нейронні мережі асоціативної пам'яті

Бречко В.О., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Україна

Асоціативна пам'ять є ключовим елементом штучного інтелекту, що дозволяє системам зберігати та відновлювати інформацію за фрагментами або нечіткими сигналами. Відповідно до принципів людської пам'яті, асоціативна пам'ять забезпечує здатність нейронних мереж до впізнання образів, автодоповнення інформації та корекції помилок. Її застосування охоплює різні сфери: розпізнавання образів, обробку сигналів, робототехніку та когнітивні системи.

Метою роботи є аналіз принципів побудови деревовидної асоціативної пам'яті, її ключових переваг, алгоритмів функціонування та можливостей інтеграції у сучасні системи штучного інтелекту.

Деревовидна асоціативна пам'ять організує асоціації у вигляді ієрархічних структур (дерев), що дозволяє швидко знаходити інформацію за ключовими ознаками та забезпечує ефективне управління великими масивами даних. Особливо корисна для систем, де дані природно мають ієрархічну структуру (такі як класифікація об'єктів або семантичні мережі).

Архітектура деревовидної нейронної мережі асоціативної пам'яті формується у вигляді багаторівневої ієрархічної структури, де кожен рівень дерева відповідає певному ступеню узагальнення збережених образів. На верхніх рівнях розташовані вузли, що представляють найбільш узагальнені чи «глобальні» характеристики даних, тоді як нижчі рівні містять дедалі конкретніші, детальніші та спеціалізовані асоціативні вектори. Завдяки цьому мережа здатна здійснювати швидко маршрутизацію інформації: замість повного перебору всіх збережених зразків вона послідовно звужує область пошуку, переходячи від загальних ознак до більш специфічних.

Кожен вузол дерева виконує роль самостійного елемента обробки інформації, що зберігає певний еталонний вектор або його узагальнену форму. Відповідні вузли пов'язані між собою за принципом «батько–нащадки», що визначає напрямок руху інформації. Отримавши вхідний вектор, мережа порівнює його з еталоном у кореновому вузлі й обирає найкращу з доступних гілок, яка найбільш відповідає вхідним даним. На наступному рівні порівняння повторюється – уже серед вузлів вибраної гілки, що дозволяє уточнювати асоціацію дедалі точніше. Таким чином, кожен етап обробки дещо звужує простір пошуку, а глибина дерева визначає рівень деталізації та максимально можливу кількість асоціацій.

У процесі роботи мережа може відновлювати асоціативні образи, використовуючи спуск по дереву або, у зворотному напрямку, підйом у разі потреби. Оскільки на кожному рівні рішення формується локально, така архітектура забезпечує високу швидкість й знижує обчислювальну складність порівняно з повнозв'язними мережами. Крім того, мережа легко масштабується — додавання нових асоціацій потребує лише включення їх у відповідні гілки, не порушуючи вже сформовану структуру. Це робить деревовидні нейронні мережі асоціативної пам'яті особливо ефективними для роботи з великими, ієрархічно організованими даними та задачами, що вимагають швидкого доступу до релевантної інформації.

Нейронні мережі асоціативної пам'яті, включаючи деревовидну, демонструють високу ефективність у відновленні інформації з неповних або спотворених даних. Деревовидна структура дозволяє оптимізувати пошук та роботу з великими наборами даних. Їхні властивості роблять їх важливим інструментом для сучасних систем штучного інтелекту, здатних імітувати когнітивні функції людини.

Дослідження продуктивності GraphQL при використанні у веб-додатках

Григоренко А. Л., Горячкін В. М., Український державний університет науки та технологій,
Україна

У системах реального часу, таких як промисловість та транспорт, неефективний API (традиційний REST) спричиняє неприпустимі затримки через надлишкову вибірку даних (overfetching). Традиційний підхід REST, що спирається на простоту та стабільність, протистоїть гнучкості GraphQL, який пропонує вирішення фундаментальних проблем надлишкової (overfetching) та недостатньої (underfetching) вибірки даних. Це протистояння перетворює архітектурний вибір на інженерно обґрунтоване рішення з прямими наслідками для продуктивності. Метою даної роботи є емпірична оцінка та порівняльний аналіз продуктивності GraphQL і REST за ключовими метриками – часом відгуку, навантаженням на центральний процесор та оперативну пам'ять, а також обсягом мережевого трафіку – у сценаріях, що моделюють реальні умови експлуатації веб-додатків.

Дослідження проводилося у контрольованому програмно-апаратному середовищі на базі веб-застосунку, розробленого на фреймворку Ruby on Rails з використанням системи управління базами даних PostgreSQL. Навантаження генерувалося за єдиним профілем, для забезпечення точності результатів використовувалися дані другого запуску кожного тесту, що дозволило нівелювати ефекти холодного старту. Експеримент включав три сценарії, що моделюють типові операції: отримання списку користувачів, отримання публікацій з даними авторів, та створення нової публікації. Для кожного сценарію порівнювалися три реалізації: класичний REST, GraphQL із запитом повного набору полів та GraphQL із запитом мінімально необхідного набору полів.

Аналіз отриманих даних демонструє, що ефективність кожного підходу суттєво залежить від характеру операції. У сценарії отримання списку користувачів класичний REST зберігає перевагу в простих, "пласких" запитах (сценарій списку користувачів), демонструючи кращий час відгуку. Водночас GraphQL із запитом мінімально необхідного набору полів виявився значно ефективнішим з погляду використання мережі.

Ключовий експеримент – отримання ієрархічних даних (публікацій з авторами) – став вирішальним доказом переваг GraphQL, оскільки він ефективно усуває проблему overfetching. У цьому сценарії GraphQL значно перевершив REST за всіма показниками: медіанна затримка зменшилася на ~38% (0.643с проти 1.03 с), навантаження на ЦП знизилося з 26.58% до 16.23%, мережевий трафік був радикально скорочений – з 452 КБ/с до 15 КБ/с. Це наочно демонструє, як здатність GraphQL запитувати лише необхідні пов'язані дані ефективно вирішує проблему надлишкових запитів.

Проведене дослідження підтверджує, що вибір між REST та GraphQL не є однозначним і повинен ґрунтуватися на специфіці конкретного завдання. REST залишається оптимальним та високопродуктивним рішенням для простих запитів, де надлишковість даних мінімальна. Водночас GraphQL демонструє значні переваги у продуктивності, ефективності використання ресурсів та мережевого трафіку при виконанні складних ієрархічних запитів.

У контексті сучасних промислових і транспортних систем, де API слугують для обміну складними, ієрархічними даними – від телеметрії обладнання до логістичних ланцюгів – проблема overfetching стає не теоретичною, а практичною перешкодою для продуктивності. Проведене дослідження показує, що обґрунтоване застосування GraphQL може стати ключовим фактором оптимізації продуктивності та зниження мережевих витрат, забезпечуючи зниження затримки на ~38% та скорочуючи трафік більш ніж у 30 разів порівняно з REST, що є критичним для систем реального часу.

CFD моделювання забруднення атмосферного повітря

Біляєв М. М., Берлов О. В., Тонкоголоса А. О., Український державний університет науки і технологій, Україна

Біляєва О. М., Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Україна

В роботі розглядається розробка та використання CFD моделей для оперативного оцінювання рівня забруднення атмосферного повітря при емісії токсичних речовин на промислових об'єктах. Розглядаються два класи прикладних задач:

1. Забруднення атмосферного повітря при неорганізованих викидах (аварійна емісія на підприємствах, транспорті) та організованих викидах з низьких джерел на промисловому майданчику.

2. Забруднення повітря всередині промислових будівель.

Для прогнозування динаміки забруднення атмосферного повітря на промислових майданчиках використовуються наступні рівняння механіки суцільного середовища:

1. Рівняння Ейлера (визначення поля швидкості повітряного потоку на промисловому майданчику).

2. Рівняння Г. Марчука (перенос домішки за рахунок конвекції та атмосферної дифузії).

Для чисельного інтегрування моделюючих рівнянь використовуються змінно – трикутні кінцево-різницеві схеми розщеплення. На базі розроблених чисельних моделей створений комп'ютерний код «Повітря – 2М».

Розроблені чисельні моделі враховують: гравітаційне осадження домішки, геометричну форму джерела забруднення, профіль та напрям вітрового потоку, атмосферну стратифікацію, місце емісії, інтенсивність емісії домішки. Розташування джерела викиду забруднюючих речовин моделюється із застосуванням дельта-функції Дірака. За допомогою цієї функції є можливість задавати як точкові джерела емісії, так і площадні.

Для прогнозування динаміки забруднення повітря всередині промислових будівель використовуються наступні рівняння:

1. Рівняння для потенціалу швидкості (визначення поля швидкості повітряного потоку у приміщеннях при роботі вентиляції).

2. Рівняння конвективно-дифузійного переносу токсичної речовини.

Для чисельного інтегрування моделюючих рівнянь використовуються явні різницеві схеми та неявні схеми розщеплення. На базі побудованих чисельних моделей розроблений комп'ютерний код «Повітря -3М».

На базі розроблених CFD моделей здійснено комплекс розрахунків:

1. Прогнозування радіоактивного забруднення атмосферного повітря на території АЕС.

2. Оцінювання забруднення повітря всередині робочих приміщень при роботі аварійної вентиляції.

Особливістю розроблених CFD моделей є швидкість розрахунку – витрати комп'ютерного часу складають декілька секунд. Здійснена верифікації розроблених моделей шляхом порівняння чисельних результатів з даними експериментів та аналітичними рішеннями задач масопереносу та аеродинаміки.

Розроблені чисельні моделі використовуються в навчальному процесі при виконанні випускних робіт студентів.

Чисельні моделі та комплекси програм для моделювання пилового забруднення повітря на промислових майданчиках

Козачина В. А., Український державний університет науки і технологій, Україна

Кіріченко П. С., Криворізький національний університет, Україна

Машихіна П. Б., Попов М. В. Український державний університет науки і технологій, Україна

Особливо небезпечним явищем є пилове забруднення повітря в робочих зонах. Таке забруднення є причиною професійних захворювань робітників. Тому, зниження пилового забруднення повітря в робочих зонах є важливою задачею в галузі охорони праці та екологічної безпеки. Поширеним засобом зменшення пилового забруднення повітря є подача води в пилову хмару. Такий засіб пригнічення пилу використовується поширено на промислових майданчиках. Але для раціонального пилопригнічення потрібно знати закономірності взаємодії «крапля води + пил». Таке знання дає можливість науково обґрунтовано організувати подачу води на поверхню, де має місце пилоутворення.

В роботі наведені розроблені чисельні моделі для рішення ряду задач, що пов'язані з пиловим забрудненням повітря в робочих зонах:

1. Моделювання розповсюдження пилу на промислових майданчиках при різних метеоумовах (емісія пилу від штабелів вугілля, забруднених поверхонь тощо).
2. Моделювання пилового забруднення повітря на промислових майданчиках при використанні захисних бар'єрів.
3. Прогнозування пилового забруднення повітря у тупиковій виїмці при роботі комбайна.
4. Моделювання процесу взаємодії часток пилу та крапель води при подачі води в повітря для зменшення пилового забруднення.

Побудова чисельних моделей аеродинаміки для рішення задач обох класів базується на використанні рівнянь Ейлера та рівнянь для потенціального руху для визначення поля швидкості повітряного потоку в областях складної геометричної форми. Для чисельного інтегрування моделюючих рівнянь використовуються кінцево-різницеві схеми розщеплення. Створений комплекс прикладних програм для рішення задач аеродинаміки в областях складної геометричної форми.

Для моделювання концентраційних полів пилу в повітрі використовуються 2D та 3D рівняння масопереносу. Дані рівняння враховують нерівномірне поле швидкості повітряного потоку, нестационарну емісію пилу, процес дифузії. Для визначення інтенсивності емісії пилу використовувалися емпіричні моделі, що побудовані на базі проведених лабораторних експериментів.

Чисельне інтегрування моделюючих рівнянь масопереносу реалізується за допомогою неявних схем розщеплення. Здійснена програмна реалізація розроблених чисельних моделей масопереносу. В якості мови програмування використовувався FORTRAN.

Наведені результати обчислювальних експериментів по визначенню ефективності використання води та бар'єрів для зменшення концентрації пилу в робочих зонах.

Здійснена верифікації розроблених чисельних моделей аеродинаміки та масопереносу. Для верифікації використовувалися результати експериментальних досліджень та порівняння чисельних розрахунків за аналітичним рішенням задач аеродинаміки.

Чисельне моделювання нестационарних процесів геоміграції та теплопереноса

Біляєв М. М., Козачина В. В., Матусевич М. О., Савченко Д. В., Український державний університет науки і технологій, Україна

До особо важливих задач в галузі охорони водних ресурсів відносяться задачі прогнозування процесів забруднення підземних вод. Для рішення даного класу задач широко використовуються аналітичні та емпіричні моделі. В роботі розглядається проблема побудови чисельних моделей динаміки ґрунтових вод на підтопленій території при роботі локального дренажу, а також розглядаються задачі використання проникних бар'єрів (reactive barrier) для захисту системи дренажу від потрапляння в систему агресивних підземних вод.

Слід зазначити, що складність рішення даних задач полягає в тому, що при наявності забудови на підтопленій території неможливо використовувати існуючі нормативні методики для розрахунку дренажу та рішення вказаних задач. Тому виникає потреба розробки спеціалізованих математичних моделей для оцінювання зміни, з часом, рівня ґрунтових вод на підтопленій території.

Мета роботи – розробка чисельних багатопараметричних моделей динаміки підземних вод та тепломасопереносу і створення на їх базі комп'ютерних кодів для прогнозування зміни рівня ґрунтових вод при роботі дренажу та оцінювання ефективності проникних бар'єрів для захисту системи дренажу від потрапляння в систему агресивних підземних вод.

Особлива увага приділена розробці моделі теплопереносу в ґрунтових водах для заморожування ділянки підземних вод з метою наступного дренажу води з виділеної ділянки. Для розрахунку динаміки ґрунтових вод при роботі водознижуючих свердловин та для моделювання роботи проникного бар'єру використовуються:

1. Рівняння фільтрації для безнапірного підземного потоку.
2. Рівняння геоміграції.
3. Рівняння для потенціалу швидкості.
4. Рівняння кінетики, що описує процес взаємодії агресивної домішки та нейтралізатора в проникному бар'єрі.
5. Рівняння енергії для опису процесу заморожування ділянки підземних вод для підготовки дренажу.

Для чисельного інтегрування рівняння фільтрації безнапірних підземних вод використовується локально-одновимірна кінцево-різницева схема розщеплення. Для чисельного інтегрування рівнянь тепломасопереносу в ґрунтових водах при роботі дренажу, використовується кінцево-різницева схема розщеплення. Змінно-трикутні кінцево-різницева схеми та метод Лібмана використовуються для чисельного інтегрування рівняння для потенціалу швидкості.

Розроблені комп'ютерні програми, що реалізують розроблені чисельні моделі. Ці комп'ютерні програми відносяться до класу «operational models» для проведення розрахунків на етапі проектних робіт «фор - ескіз».

Представлені результати комплексу обчислювальних експериментів.

Дослідження методів автоматичного покращення якості зображень на основі нейронних мереж

Рябовол В. К., Горячкін В. М., Український державний університет науки та технологій,
Україна

Автоматичне покращення якості зображень є однією з фундаментальних та найбільш затребуваних задач комп'ютерного зору. В умовах експоненційного зростання обсягів візуальної інформації, яка щоденно генерується та зберігається, виникає гостра потреба в розробці ефективних, швидких та високоточних алгоритмів її обробки. Ця технологія має критичне значення у таких галузях, як медична діагностика (підвищення чіткості знімків), системи безпеки та відеоспостереження, мультимедіа, цифрова реставрація історичних архівів, криміналістика.

Традиційні методи покращення якості, такі як фільтри (медіанні, гаусові) та алгоритми інтерполяції (білінійне, бікубічне масштабування), мають суттєві обмеження. Вони працюють лише з уже наявними пікселями та не здатні відновлювати інформацію, втрачену внаслідок знімання або стиснення, що призводить до розмиття, втрати текстур та деталей. На противагу цьому, сучасні підходи, засновані на використанні нейронних мереж, демонструють здатність не тільки до приглушення шумів та підвищення роздільної здатності, але й до генерації нової візуальної інформації та реконструкції складних текстур і дрібних деталей на основі статистичних знань, отриманих під час навчання.

Метою даної роботи є дослідження, систематизація та порівняльний аналіз ключових нейромережових методів, що застосовуються для автоматичного покращення якості зображень, а також оцінка їхнього потенціалу та практичних викликів при інтеграції у реальні системи.

Для реалізації завдань покращення якості зображень застосовуються такі поширені методи, як denoising (приглушення шумів), super-resolution (надвисока роздільна здатність), inpainting (заповнення відсутніх областей) та відновлення контурів.

Для реалізації цих методів використовуються три основні класи нейромережових архітектур: згорткові нейронні мережі (CNN), генеративно-змагальні мережі (GAN) та дифузійні моделі

Процес обробки зображень нейронними мережами є багатоетапним. Він включає: підготовку та нормалізацію навчальних і тестових даних; формування тензорів для ефективно роботи на GPU; безпосередньо нейромережову обробку (інференс); та постобробку отриманого результату з подальшою інтеграцією в кінцеве зображення.

Попри значні переваги, використання нейронних мереж у цій галузі пов'язане з низкою суттєвих обмежень та проблем, таких як недостатність обчислювальних ресурсів, ризики появи штучних артефактів і спотворення реальних даних через перенавчання або неякісний інференс, залежність якості результату від репрезентативності та обсягу навчальних вибірок.

Подальший розвиток нейромережових методів автоматичного покращення якості зображень спрямований на вирішення цих проблем. Ключові напрямки включають підвищення точності та об'єктивних метрик якості (PSNR, SSIM), мінімізацію обчислювальних витрат для використання на мобільних і периферійних пристроях, підвищення стійкості моделей до різних типів шумів та створення універсальних, архітектурно-адаптованих моделей, придатних для обробки зображень різних типів без перенавчання. Впровадження цих рішень має забезпечити нові можливості для застосування у системах відеоспостереження та цифровій реставрації.

Дослідження нейромережевого розпізнавання образів за їх частинами із застосуванням онтологій

Жуковець О. О., Шинкаренко В. І., Український державний університет науки і технологій, Україна

Сучасні задачі комп'ютерного зору дедалі частіше вимагають надійного розпізнавання об'єктів у реальних, неідеальних умовах: часткова оклюзія, незвичні ракурси, низька освітленість, значна віддаленість або прикриття іншими об'єктами. У таких ситуаціях традиційні нейромережеві детектори об'єктів (YOLO, Faster R-CNN, DETR, Grounding DINO) суттєво втрачають впевненість або зовсім не виявляють цілий об'єкт, навіть якщо його характерні частини залишаються добре видимими.

Запропоновано гібридний підхід, у якому базове нейромережеве детектування доповнюється домен-специфічною онтологією, що формально описує ієрархічну структуру об'єкта, обов'язкові та можливі компоненти, а також просторово-логічні відношення між ними. Для прикладу обрано клас «слон»: онтологія чітко фіксує, що слон складається з голови й тулуба; голова містить вуха, очі, хобот і бивні; тулуб включає торс і чотири ноги; хвіст розташований ззаду тулуба. Таке структуроване знання дає системі можливість використовувати виявлені частини як вагомий доказ існування цілого об'єкта навіть за відсутності повного контуру або видимості всіх ділянок.

Як базова модель детектування використано YOLOWorld – open-vocabulary варіант архітектури YOLO, який дозволяє під час інференсу динамічно формувати довільний набір класів. До списку одночасно входять як цілісний об'єкт («elephant»), так і його складові («elephant ear», «elephant eye», «elephant trunk», «elephant tusk», «elephant torso», «elephant leg», «elephant tail» тощо). Після первинного детектування активується пост-обробка на основі онтології (використано бібліотеку owlready2):

- якщо виявлено характерні частини, система може додати або підвищити впевненість класів, навіть якщо пряме виявлення цілого об'єкта не відбулося;
- навпаки, якщо видно тільки тулуб і ноги, але відсутня голова, онтологія все одно дозволяє підтвердити наявність слона завдяки знанням про обов'язкові та можливі компоненти;
- враховуються кількісні обмеження (кількість вух, ніг, хоботів) та ієрархічні зв'язки (частина належить цілому).

Особливістю онтології є наявність вагових коефіцієнтів для кожної частини (наприклад, хобот і бивні мають вищу діагностичну цінність, ніж хвіст), що дозволяє системі формувати зважену оцінку ймовірності наявності цілого об'єкта. Таким чином, система здійснює логічний висновок на основі знань, а не лише статистичної кореляції, що наближає її роботу до людського мислення при ідентифікації об'єктів за характерними ознаками.

Розроблено повноцінний програмний комплекс на Python з використанням бібліотек supervision, inference SDK (Roboflow), owlready2 та Gradio. Інтерфейс Gradio забезпечує зручне завантаження окремих зображень або цілих папок, одночасну обробку з онтологією та без неї, збереження анотованих зображень і детальних CSV-таблиць, а також паралельне візуальне порівняння результатів обох режимів. Можливість інтерактивного порівняння результатів роботи базової моделі та гібридної системи у графічному інтерфейсі сприяє наочній демонстрації ефективності онтологічного підходу.

Запропонований підхід принципово підвищує стійкість розпізнавання у складних реальних сценаріях: моніторинг диких тварин, системи спостереження в зоопарках, аналіз відео з дронів, пошук частково прикритих об'єктів. Подальший розвиток передбачає створення онтологій для інших класів (транспортні засоби, люди, меблі, будівлі), інтеграцію явних просторових відношень (ліворуч/праворуч, зверху/знизу, перед/за, близько/далеко) та використання онтологічних правил для ще точнішого розуміння складних багатоб'єктних сцен.

Використання штучних нейронних мереж для діагностування систем залізничної автоматики

Корда Б. О., Гаврилук В. І., Український державний університет науки і технологій,
Україна

У роботі розглянуто можливі напрямки використання штучних нейронних мереж (ШНМ) для діагностування систем залізничної автоматики. Проаналізовано існуючі різновиди нейронних мереж, їхні особливості побудови та застосування.

За допомогою ШНМ можна реалізувати типові процеси моніторингу та діагностування систем, а саме: збір даних про функціонування системи, виявлення відхилень параметрів системи в режимі реального часу, класифікацію несправностей та визначення типів збоїв, оцінку ризику відмов на основі часових тенденцій, прогнозування можливого виникнення збоїв і відмов у системі із застосуванням нейронних мереж типу RNN (рекурентні нейронні мережі) та LSTM (мережі з довгою короткочасною пам'яттю).

Перевагами використання ШНМ для діагностування систем є відсутність потреби у жорсткому програмуванні (навчання на даних), адаптація до змін зовнішніх умов, ефективна робота з неточними або неповними сигналами, можливість моделювання складних нелінійних процесів, підтримка паралельних обчислень та робота у реальному часі.

Слід також вказати на недоліки використання ШНМ, а саме потреба у великих якісних наборах даних, висока обчислювальна складність, непрозорість логіки прийняття рішень, висока вартість реалізації діагностичних мереж.

Системи сигналізації на залізниці є критично важливими для забезпечення безпеки руху і тому потребують максимально надійної роботи. Через складність сучасних систем традиційні методи діагностики не завжди можуть вчасно виявляти приховані або ранні ознаки несправностей. У таких випадках ШНМ надають значні переваги перед традиційними підходами. Використання ШНМ дозволяє виявляти зародження несправностей на початковій стадії, підвищити безпеку та надійність за рахунок безперервного моніторингу системи, зменшити витрати на обслуговування завдяки поступовому переходу від планово-попереджувального обслуговування до обслуговування за технічним станом, забезпечити підтримку персоналу у складних діагностичних рішеннях. Стійкість систем до аналізу сигналів з неповними даними та сильними завадами (шумами), що є типовим для залізничної інфраструктури, збільшує привабливість їх використання.

Висновки. Проведено огляд типів штучних нейронних мереж і можливих напрямків їх використання для діагностування систем залізничної автоматики. Визначено типові процеси діагностики, що можуть бути реалізовані за допомогою ШНМ. До переваг використання ШНМ можна віднести можливість раннього виявлення несправностей, стійкість до аналізу сигналів з неповними даними та сильними завадами (шумами), можливість моделювання складних нелінійних процесів, підтримка паралельних обчислень та робота у реальному часі.

Суттєвими перепонами на шляху впровадження ШНМ у залізничну галузь є забезпечення їх сумісності з існуючими нормативними вимогами та обладнанням, проблема «чорної скриньки», що ускладнює сертифікацію таких систем. Також на заваді швидкого використання систем на основі ШНМ є складні умови функціонування систем залізничної автоматики: вплив погодних умов, забруднення, механічних вібрацій від рухомого складу, електромагнітні завади та інше. Попри ці виклики, ШНМ демонструють великий потенціал для підвищення ефективності та безпеки сучасних систем залізничної сигналізації.

Супутниковий моніторинг поверхневих вод в умовах трансформованих ландшафтів

Кавац О.О., Кавац Ю.В., Фененко Т.М., Бровко О.Ю., Український державний університет науки і технологій, Україна

Водні ресурси є критично важливим елементом для забезпечення сталого розвитку, підтримання екологічної рівноваги та гарантування продовольчої безпеки країни. Однак, в умовах глобальних і регіональних змін, спричинених насамперед глобальним потеплінням (що веде до посух, зменшення стоку та деградації водно-болотних угідь), спостерігається суттєве погіршення стану водних екосистем. До природних чинників додаються гострі антропогенні фактори, зокрема руйнівні наслідки повномасштабного військового вторгнення, які значно змінюють гідроморфологічні умови водних об'єктів. Прикладом такої техногенної катастрофи є руйнування Каховської ГЕС, яке призвело до екологічних змін, втрати значних площ водного дзеркала та трансформації берегової лінії Дніпровського каскаду. Ця критична ситуація підкреслює необхідність постійного, системного та високоточного моніторингу.

Традиційні методи отримання даних про конфігурацію водних об'єктів, як то геодезичні та гідрологічні обстеження, є трудомісткими, витратними та мають значні обмеження в умовах важкодоступних або небезпечних територій, що унеможлиблює оперативне здійснення моніторингу. У цих умовах зростає потреба у застосуванні високоточних методів картографування на основі дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), які дозволяють здійснювати регулярне, масштабне і безпечне отримання інформації про просторовий розподіл водних об'єктів.

Однак ефективність ДЗЗ-аналізу стикається зі складними методологічними викликами у регіонах з трансформованими ландшафтами. Після катастрофи на Каховській ГЕС на території колишнього водосховища виник високо фрагментований водний ландшафт, представлений численними дрібними водоймами, що чергуються із заболоченими ділянками та молодою рослинністю. Така просторово-структурна неоднорідність суттєво ускладнює точну ідентифікацію водних поверхонь за стандартними спектральними ознаками. З огляду на це, виникає необхідність у науково обґрунтованій оцінці точності результатів картографування, отриманих за допомогою водних спектральних індексів, у порівнянні з масками, сформованими шляхом автоматизованого порогування (наприклад, методом Оцу).

Проведене порівняльне дослідження підтвердило, що спектральні індекси на основі оптичних даних Sentinel-2 у поєднанні з автоматизованим порогуванням за методом Оцу є високоефективним та надійним інструментом для оперативного моніторингу та детекції поверхневих вод. Порівняння водних індексів, застосованих до фрагментованого ландшафту, продемонструвало суттєві відмінності у їхній здатності коректно відтворювати гідрологічну структуру. При цьому найвища узгодженість із еталонними даними була зафіксована для масок, отриманих на основі індексу MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index) та їхнього подальшого автоматизованого порогування. Отримані результати мають важливе практичне значення, оскільки вони дозволяють уніфікувати методику моніторингу, підвищуючи його точність в умовах швидкої зміни гідроморфологічних параметрів. Такий комбінований підхід, що використовує MNDWI та порогові алгоритми, є найбільш придатним для застосування в умовах спектрально неоднорідних територій, змінених внаслідок масштабних техногенних катастроф, і може бути інтегрований у національні системи геоінформаційного моніторингу.

Дослідження продуктивності роботи веб-додатків з різними форматами зображень

Посмітюха М.О., Гришечкіна Т.С, Український державний університет науки і технологій,
Україна

Зображення займають до 41% загального розміру переданих даних на сучасних веб-сайтах, це робить їх ключовим фактором, який впливає на продуктивність веб-додатків. У контексті мого дослідження продуктивність (або ефективність, швидкість) – це оцінка за кількома ключовими показниками, які демонструють, як швидко та якісно контент завантажується і відображається для користувача. Ключові метрики користувацького досвіду представлені компанією Google як Web Vitals. Існування різних графічних форматів (JPEG, PNG, WebP, тощо) з різними алгоритмами стиснення вимагає кількісного дослідження їхнього впливу на швидкість завантаження, декодування та рендерингу для обґрунтування вибору формату.

Метою дослідження є порівняння показників продуктивності веб-додатків при використанні зображень із різними форматами (PNG, JPG, WebP для статичних та gif, swf та webp для покадрової анімації) та встановлення статистичної відмінності.

Умови реалізації дослідження:

- автоматизований збір Web Vitals та інших показників у контрольованому, ізольованому середовищі різних браузерів
- автоматична конвертація зображень у тестовий набір даних (png, jpeg 90/75%, webp Lossy 90/75%, webp Lossless, gif, swf та WebP animated).
- використання ізольованого середовища для тестування (Load Time, Decode Time, LCP, FCP, PLT, File Size) на окремій test-page.html, що унеможлиблює вплив сторонніх ресурсів.
- пакетне тестування: тестування з можливістю налаштування кількості ітерацій для отримання статистично вірних (медіанних та найбільших/найменших) значень.
- фіксація результатів. Аналіз статистики, що включає описову статистику та критерій Вілкоксона для оцінки значущості різниці показників продуктивності.

У ході експерименту порівнянні продуктивності сторінок із зображеннями різних форматів. Пакетний режим роботи веб-додатка автоматично розраховує показники для вибірки та формує загальну статистику.

Аналіз на тестових даних показує систематичні відмінності у показниках між різними форматами.

Наприклад, порівняння формату WebP Lossy та PNG із аналогічними відсотком втрати при стисканні показало такі медіанні значення (на прикладі статичної графіки):

- Load Time: 245 мс для PNG проти 98 мс для WebP при ідеальному показнику < 100 мс.
- LCP (час завантаження основного контенту сторінки, його готовність для взаємодії з користувачем. PNG 356 мс проти WebP 187 мс.
- Розмір файлу: PNG 5.2 MB проти 1.1 MB для WebP, при тому що конвертували однакове зображення (SSIM – показник структурної схожості>90).

Як результат, можна стверджувати, що формат зображення є важливим фактором, який впливає на показники продуктивності веб-додатків, такі, як час завантаження ресурсу, рендеринг (LCP) та обсяг переданого трафіку. Відповідне програмне забезпечення є ефективним інструментом для кількісної оцінки та порівняння цих показників.

Огляд поширених архітектур для розпізнавання мовлення у реальному часі

Кравченко Т.О., Єгоров О.Й., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Сучасні веб-технології створили умови, за яких розпізнавання мовлення можна виконувати безпосередньо у браузері або в клієнтських застосунках, без потреби у спеціалізованому програмному забезпеченні. Завдяки розвитку JavaScript API, покращенню продуктивності браузерних рушіїв та активній інтеграції зі штучним інтелектом у хмарі, обробка голосу в реальному часі стала доступною для широкого кола задач – від освітніх платформ і голосових помічників до інклюзивних інструментів та інтерактивних медіапроектів.

Для побудови систем розпізнавання мовлення сьогодні використовують кілька базових архітектур, кожна з яких має свої особливості, переваги та обмеження:

1. Використання вбудованого Web Speech API.

Це найбільш доступний і простий варіант для інтеграції голосового введення в веб-застосунок. API дає змогу отримувати текст практично миттєво, забезпечуючи як проміжні (partial), так і фінальні результати розпізнавання. Перевагою є мінімальні вимоги до налаштування: достатньо кількох рядків JavaScript. Водночас існують суттєві недоліки – обмежена підтримка мов, різна якість моделей у різних браузерах та відсутність можливості впливати на алгоритми чи розширювати їх словниками. Це робить Web Speech API радше інструментом для прототипування, ніж для побудови високоточних систем.

2. Передача аудіо в реальному часі на сервер для розпізнавання.

У цій архітектурі браузер виступає лише як засіб збору та трансляції звуку. Аудіосигнал надсилається на сервер (часто через WebSocket у форматі PCM), де його обробляє спеціалізована ASR-система. Це може бути локальний сервер із моделями Vosk або Whisper, або хмарні рішення – Google Speech-to-Text, Azure Cognitive Services, Amazon Transcribe та інші. Цей підхід забезпечує високу точність та стабільну якість результатів, підтримку великої кількості мов та діалектів, можливість налаштування моделей під домен (медичний, юридичний, технічний словник тощо), масштабованість на рівні бекенду. Проте він потребує надійного інтернет-з'єднання, серверних ресурсів і добре спроектованої інфраструктури для стрімінгу, балансування навантаження та обробки великих обсягів аудіоданих.

3. Офлайн-розпізнавання мовлення в браузері.

Це найбільш технологічно просунутий підхід, що дозволяє виконувати повний цикл обробки аудіо на клієнтському пристрої. Для цього моделі машинного навчання – зазвичай оптимізовані варіанти Vosk або Whisper – компілюються у WebAssembly та виконуються в браузері. Задіяні технології WebGPU та WebGL забезпечують апаратне прискорення, що дозволяє обробляти аудіо практично без затримок.

Переваги такого рішення полягають в забезпеченні повної конфіденційності, оскільки аудіо не покидає пристрій користувача, роботі без інтернету, більш прогнозований затримці та відсутності залежності від сервера.

У підсумку, вибір технології залежить від конкретних потреб проекту. Для швидкого запуску чи демонстрації ідеї підійде Web Speech API. Для точних, масштабованих, комерційних рішень оптимальним вибором залишається стрімінг аудіо на сервер із використанням сучасних ASR-моделей. А для застосунків із підвищеними вимогами до приватності, автономності або роботи офлайн найперспективнішим є клієнтське офлайн-розпізнавання.

З подальшим розвитком WebAssembly, появою більш компактних та оптимізованих мовних моделей, а також поширенням WebGPU, клієнтське розпізнавання мовлення може стати домінуючим напрямом у найближчі роки.

Використання великих мовних моделей для обробки та структуризації великих масивів тексту

Борщенко В.О., Єгоров О.Й., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Сучасні великі мовні моделі (Large Language Models, LLM) стали ключовим інструментом для автоматичної аналітики великих текстових обсягів. Завдяки високій семантичній чутливості вони можуть здійснювати змістовний аналіз, впорядковувати інформацію та виділяти структурні елементи тексту – від речень і абзаців до повноцінних розділів чи діалогових блоків. Це дає можливість працювати з потоками даних у реальному часі й значно полегшує інтеграцію таких моделей у освітні, аналітичні та інформаційні системи.

Під час роботи з великими текстовими масивами важливо не просто знаходити потрібні факти чи класифікувати документи, а й організовувати матеріал у логічну структуру. До основних задач належать: автоматичне розбиття неструктурованого тексту на речення та абзаци; визначення тематичних блоків і підтем; побудова внутрішньої ієрархії розділів; розпізнавання й маркування діалогів у художніх та розмовних текстах; створення стислих змістів, анотацій та конспектів.

Можливість виконувати подібні операції LLM отримують завдяки тренуванню на величезних корпусах, що містять сотні мільярдів слів різних стилів, жанрів і мов. Переважна більшість сучасних моделей ґрунтується на архітектурі Transformer – вона дозволяє ефективно опрацьовувати довгі текстові залежності. Механізм self-attention забезпечує можливість роботи з контекстами у десятки тисяч токенів, що є критичним для аналізу великих документів.

Вибір конкретної моделі визначається доступними обчислювальними можливостями та потребами щодо довжини контексту (від декількох тисяч до сотень тисяч токенів). Навчальний процес LLM зазвичай включає кілька стадій:

1. Попереднє навчання (pretraining) – модель вчиться передбачати наступне слово на основі величезних загальних корпусів.
2. Донавчання (fine-tuning) – спеціалізоване тренування на вузьких доменах (право, медицина, технічна документація тощо).
3. Навчання з підкріпленням на основі людських оцінок (RLHF) – оптимізація поведінки моделі за критеріями зрозумілості, точності та відповідності очікуванням користувача.

Для задач структуризації особливо ефективним є інструкційне донавчання (instruction tuning): модель навчається виконувати завдання, реагуючи на чітко сформульовані інструкції. Завдяки цьому навіть без спеціального корпусу для структуризації текстів LLM здатні доволі коректно виділяти логічні фрагменти.

Важливу роль відіграє й якість промптів: чіткі та формалізовані інструкції, визначений формат вихідних даних та уникнення неоднозначностей істотно підвищують точність результатів.

Отже, великі мовні моделі відкривають новий рівень можливостей в автоматичній організації та аналізі великих текстових масивів. Вони дозволяють швидко виділяти ключові змістові блоки, формувати ієрархію розділів і розпізнавати діалоги, що значно підвищує продуктивність інформаційних систем. Подальший розвиток у цій галузі пов'язаний із розширенням можливостей моделей для роботи з довгими контекстами та вдосконаленням технік інженерії промптів, що визначають якість структуризації.

Оптимізація швидкодії корпоративних веб-систем через впровадження гібридних сховищ та Read-Models

Гармаш О. О., Горячкін В. М., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Сучасні тенденції цифровізації призвели до істотного зростання обсягів даних, що підлягають зберіганню, обробці та передачі в корпоративних веб-системах. Ефективність доступу до інформації, стабільність роботи та можливість масштабування безпосередньо визначають продуктивність таких систем і конкурентоспроможність організацій, що їх використовують. У цих умовах питання оптимальної організації сховищ даних набуває ключового значення для забезпечення безперервності бізнес-процесів та зменшення операційних витрат.

Метою роботи є формування методології вибору та інтеграції оптимальної архітектури сховищ даних, яка забезпечує мінімальну латентність API при пікових навантаженнях за рахунок ефективної ізоляції операцій читання та запису.

Для досягнення цієї мети було проведено порівняльний аналіз впливу різних моделей сховищ (реляційних, in-memory) на ключові метрики продуктивності. Аналіз сфокусовано на комплексному вивченні впливу фізичних характеристик (SSD, RAM, розподілені системи), логічних моделей та алгоритмічної складності запитів на загальну пропускну здатність системи.

Кожен тип сховища по-своєму балансує між швидкістю, надійністю та консистентністю. Сучасні архітектури застосовують механізми кешування, побудову read-models та багаторівневі структури. На загальну продуктивність впливають не лише логічні моделі, але й фізичні характеристики середовища зберігання та технології паралельної обробки.

Окремого значення набуває питання узгодженості транзакційних моделей у розподілених архітектурах, що вимагає балансу між консистентністю та доступністю. Також важливим аспектом є вплив алгоритмічної складності запитів і структури даних на поведінку системи при масштабуванні. Складні операції агрегації, фільтрації або трансформації можуть створювати суттєве навантаження на CPU, збільшувати латентність API і призводити до деградації продуктивності навіть при використанні швидкісних сховищ.

В роботі встановлено, що традиційні транзакційні моделі стають вузьким місцем при високій інтенсивності операцій читання, обґрунтовано критичну роль та розроблені рекомендації щодо інтеграції read-models та in-memory-сховищ у гібридні архітектури. Доведено, що використання таких структур дозволяє суттєво знизити затримки (латентність API) для користувацьких запитів, ізолюючи складні операції читання від основних транзакційних систем та підвищити пропускну здатність системи в цілому, забезпечивши її стабільність при масштабуванні.

Таким чином, запропоновано комплексний архітектурний підхід до оптимізації сховищ даних, що враховує інтенсивність операцій, механізми синхронізації та вибір оптимальної моделі для кожного типу навантаження. Сформовані рекомендації дозволяють створювати масштабовані та відмовостійкі корпоративні веб-сервіси, ефективно керуючи навантаженням на дані.

Analytical design of transport systems

Kravets V. V., Kapitsa M.I., Hryshechkina T. S., Ukrainian State University of Science and Technologies, Ukraine

Kravets T. V., Waghausel, Germany

Analytical design is an important stage in the development of transport systems, preceding computational and field experiments, which allows laying the foundation for the basic dynamic qualities of a technical system: stability, controllability, and vibration, taking into account physical effects such as resonance, beating, flutter, and shimmy. To solve such problems in the design of various transport systems, including railway, automotive, rocket and space, and others, calculation schemes are constructed in the form of multidimensional dynamic circuits [1].

Based on the calculation scheme, a mathematical model of the transport system dynamics is constructed in the form of Lagrange equations of the second kind, Euler-Lagrange equations, etc. [1]. The order of the resulting system of ordinary differential equations n is determined by the number of degrees of freedom of the dynamic chain k : $n=2k$.

To unify analytical algorithms, the mathematical model is reduced to a canonical matrix form [2]. The analytical solution of a system of homogeneous linear differential equations with constant coefficients boils down to constructing a characteristic determinant and finding the roots of the corresponding algebraic equation of degree n .

Viète's theorem allows us to establish a connection between the variable parameters of the dynamic circuit and the roots of the algebraic equation. The distribution of the roots of the characteristic equation in the complex plane completely determines the dynamic qualities of the technical system as a whole. However, it is only possible to express each root of the equation in terms of the parameters of the technical system in certain cases [3-8], using particular solutions of algebraic equations.

References

1. Pavlovskij, M.A. Teoretichna mexanika (Theoretical Mechanics), Kyiv, Technika Publ., 2002, 512 p. (in Ukrainian).
2. Ovchinnikov P.P. Vishha matematika [Higher mathematics], part 2, Kyiv, Tehnika Publ., 2000, 797 p. (in Ukrainian).
3. Kravets, V.V., Bas K.M., Kravets, VI.V. 2012. Dynamic design of the simplest vehicle component (in Russian). - Sevastopol: Messenger of SebNTU, Issue 135, P. 188-191.
4. Kravets, V.V., Bass, K.M., Kravets, VI.V., Tokar, L.A. (2014) Analytical Solution of Kolmogorov Equations for Four-Condition Homogenous Symmetric and Ergodic System. Open Journal Of Applied Sciences, 4, 497- 500.
<http://dx.doi.org/10.4236/ojapps.2014.410048>.
5. Kravets Victor V., Bass Konstantin M., Kravets Tamila V. & Tokar Lyudmila A. (2016). Analytical Modeling of Transient Process In Terms of One-Dimensional Problem of Dynamics With Kinematic Action. Mechanics, Materials Science & Engineering, Vol 2. doi:10.13140/RG.2.1.4017.0005
6. Kravets Victor V., Kravets Tamila V., Fedoriachenko Serhii A. & Loginova Anastasia A. (2016). Analytical Simulation of Dynamical Process in One-Dimension Task. Mechanics, Materials Science & Engineering, Vol 6. doi:10.13140/RG.2.2.20337.34347
7. Alpatov, A., Krovets, V., Kravets, V., Lapkhanov, E. (2021) Analytical modeling of the binary dynamic circuit motion TMLAI, Vol. 9, No. 5, p. 23-32.
<https://doi.org/10.14738/tmlai.95.10322>
8. Keavets V.V., Kravets VC., V, Burov O.V. (2021) Analytical Modeling of the Dynamic System of the Fourth Order, TMLAI, Vol. 9, No. 3, p. 14-24.
<https://doi.org/10.14738/tmlai.93.9947>

Визначення оптимального маршруту в комп'ютерній мережі залізничного транспорту за алгоритмом бактеріальної оптимізації

Пахомова В.М., Ланевич В.В., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Одною з основних вимог, які висувають до алгоритмів маршрутизації, є їх швидка збіжність до оптимального рішення, що продиктовано необхідністю їх протокольної реалізації в реальному масштабі часу в умовах постійної зміни завантаженості комп'ютерних мереж, що лежать в основі інформаційно-телекомунікаційної системи залізничного транспорту. Класичні алгоритми пошуку найкоротшого шляху на графі, що використовуються в сучасних протоколах маршрутизації, не можуть цього зробити. Одним із підходів організації маршрутизації в комп'ютерних мережах є використання методів штучного інтелекту, що підтверджує актуальність теми.

Виконаний аналіз наукових джерел показав, що до організації маршрутизації в комп'ютерних мережах придатні як нейронні мережі (багатошаровий перцептрон; мережа Хопфілда; машина Больцмана; нейронечітка мережа та інші), так і мультиагентні методи інтелектуальної оптимізації (бджолиний, мурашиний та інші). З одного боку, авторами раніше проведено дослідження визначення оптимального шляху в комп'ютерній мережі залізничного транспорту (у якості метрики взято максимальний обсяг даних, переданий мережею за одиницю часу) на основі створеної моделі «MLP34-2-410-34» (34 – кількість вхідних нейронів; 2 – кількість прихованих шарів; 410 – кількість прихованих нейронів; 34 – кількість результуючих нейронів), але доцільно взяти іншу метрику, що потребує організації проведення відповідного дослідження. З іншого боку, авторами також раніше були проведені дослідження можливості використання мурашиного методу (Ant Colony Optimization, ACO) для вирішення задачі маршрутизації в комп'ютерній мережі, але існують інші інтелектуальні методи, серед яких алгоритм бактеріальної оптимізації (Bacterial Foraging Optimization, BFO), що запропонований Кевіном Пасіно, та в основі якого моделювання поведінки бактерій кишкової палички E.Coli.

У якості основного методу для вирішення поставленої задачі взято метод BFO (Bacterial Foraging Optimization), канонічний варіант якого включає в себе наступні основні етапи: 1) ініціалізація колонії бактерій; 2) хемотаксис; 3) роїння; 4) розмноження; 5) знищення-розсіювання бактерій. До основних дій хемотаксису відносяться: якщо бактерія знаходиться в нейтральному середовищі, то чергуються перекиди з рухом, за рахунок чого і здійснюється пошук; якщо бактерія рухається по градієнту атрактанту, то рух продовжується в тому ж напрямку, забезпечуючи таким чином пошук сприятливого середовища; якщо відбувається рух в напрямку, протилежному градієнту репеленту, то забезпечується уникнення несприятливого середовища. Відомо, що знищення-розсіювання бактерій сприяють зниженню ймовірності стагнації, тобто зациклення в локальному оптимумі, що часто спостерігається в традиційних методах оптимізації.

За алгоритмом BFO мовою Python створюється програмна модель «Way_BFO» з використанням Class Bacteria. Відповідно до алгоритму BFO для кожної бактерії виконуються наступні кроки: 1) ініціалізація популяції бактерій з випадковими початковими позиціями на графі; 2) рух бактерій по графу з'єднання маршрутизаторів комп'ютерної мережі на основі ваг ребер з метою знаходження найкоротшого шляху; 3) використання механізмів хемотаксису, розмноження, а також знищення-розсіювання бактерій. Для тестування створеної програмної моделі «Way_BFO» взято гіпотетичні значення затримок маршрутизаторів комп'ютерної мережі залізничного транспорту. Проведено дослідження зміни довжини найкращого шляху (загальна затримка маршрутизаторів) за ітераціями. На початку роботи моделі «Way_BFO» спостерігався високий рівень затримки, який швидко знижувався до оптимального значення.

Прогнозування інтенсивності мережевого трафіку комп'ютерної мережі на залізничному транспорті з використанням нейромережної технології

Пахомова В. М., Липка С. Ю., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Мережевий трафік є одним із важливіших показників роботи комп'ютерної мережі на залізничному транспорті. Зміна мережевого трафіку в комп'ютерній мережі залізничного транспорту протягом доби призводить до необхідності визначення в реальному часі перевантаження в комп'ютерній мережі та здійснення контролю потоків даних. Прогнозування мережевого трафіку засобами нейронної мережі дозволить провести управління трафіком в режимі реального часу, уникнути зайвих перевантажень сервера та підвищити якість послуг, що підтверджує актуальність теми.

Інтелектуальні механізми прогнозування в інформаційно-керуючих системах залізничного транспорту, зокрема в автоматизованій системі керування вантажними перевезеннями залізничного транспорту (АСК ВП УЗ Є), описані в роботах Жуковицького І.В. та Скалозуба В.В. В цих роботах запропоновано використання спеціалізованих аналітичних серверів, в рамках яких створюються уніфіковані інтелектуальні програмні комплекси, які можуть бути використані для ряду задач, в тому числі і для задачі прогнозування інтенсивності мережевого трафіку. Проведений аналіз інтенсивності мережевого трафіку (на основі розрахунку показника Херста) свідчить про наявність персистентного ряду.

Виконаний огляд наукових джерел показав, що короткострокове прогнозування можливо здійснити на основі використання наступних нейронних мереж: багатошарового перцептронну (Multi-Layer Perceptron, MLP); радіально-базисної мережі (Radial Basis Function Network, RBF); узагальнено-регресійної мережі (General Regression Neural Network, GRNN); адаптивної мережі нечіткого висновку (Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System, ANFIS) та інші. Кожна нейронна мережа має свої переваги та недоліки, що впливають на результати короткострокового прогнозування та потребують проведення додаткових досліджень.

Прогнозування на крок вперед (у якості кроку взято п'ять хвилин) інтенсивності вхідного мережевого трафіку в комп'ютерній мережі залізничного транспорту запропоновано здійснити засобами нейронної мережі конфігурації «5-1-X-1» (5 – кількість вхідних нейронів; 1 – кількість прихованих шарів; X – кількість прихованих нейронів, що потребує додаткового дослідження; 1 – кількість результуючих нейронів), на вхід якої подаються $X(t-4)$, $X(t-3)$, $X(t-2)$, $X(t-1)$, $X(t)$ – інтенсивності вхідного мережевого трафіку в часові моменти $t-4$, $t-3$, $t-2$, $t-1$, t відповідно; у якості результуючої характеристики $X(t+1)$ – інтенсивність вхідного мережевого трафіку в часовий момент $t+1$.

Нейронну мережу запропонованої конфігурації створено в системі MatLAB, у якості функції активації нейронів прихованого шару взято гіперболічний тангенс, а у якості функції активації нейрону результуючого шару – лінійну функцію. З метою визначення оптимальних параметрів на створеній нейронній мережі проведені дослідження значень середньоквадратичної похибки (Mean Square Error, MSE) та кількості епох з різною кількістю прихованих нейронів (10, 20 та 30) за різними алгоритмами навчання (Scaled Conjugate Gradient, Levenberg-Marquardt, Bayesian Regularization) на вибірках різної довжини. Найменші значення похибки та часу навчання нейронної мережі конфігурації «5-1-X-1» отримані за алгоритмом Levenberg-Marquardt, при цьому достатньо мати 10 прихованих нейронів та вибірку із 96 прикладів.

Крім того, на контрольній вибірці проведено оцінювання якості та точності здійснення короткострокового прогнозу інтенсивності мережевого трафіку засобами створеної нейронної мережі конфігурації «5-1-10-1» з використанням функції MAPE (Mean Absolute Percentage Error).

Визначення TE-тунелю в MPLS мережі залізничного транспорту засобами нейронечіткої мережі

Пахомова В.М., Іванченко Д.В., Український державний університет науки і технологій,
Україна

На сучасному етапі в комп'ютерних мережах, що складають основу інформаційно-телекомунікаційної системи (ІТС) залізничного транспорту України, використовується протокол маршрутизації OSPF (Open Shortest Path First), при використанні якого в реальному часі з'являється проблема завдяки постійним змінам обсягів передаваних даних, для вирішення якої доцільно використання транспортної технології MPLS (Multiprotocol Label Switching) та створення відповідного інтелектуального засобу, що підтверджує актуальність теми.

Виконаний огляд наукових джерел показав, що сьогодні існує обмежений перелік використання технології MPLS: європейська науково-дослідницька мережа GÉANT, магістральна мережа якої складається з кількох взаємопов'язаних кілець і через яку встановлюються MPLS-тунелі між граничними маршрутизаторами різних країн; мережа Internet2, яка надає високошвидкісну магістральну інфраструктуру для академічних, наукових і дослідницьких установ США; мережа SURFnet8, що об'єднує університети, наукові установи та інші освітні заклади Нідерландів; мережа AARNet, яка забезпечує високошвидкісний захищений обмін даними між університетами, дослідницькими інститутами та науковими лабораторіями Австралії. Проведений аналіз наукових джерел також стверджує, що для визначення TE-тунелю в мережі MPLS можливе використання наступних нейронних мереж: багатошарового перцептронну (Multilayer Perceptron, MLP); самоорганізуючої карти Кохонена (Self Organizing Map, SOM); радіально-базисної мережі (Radial Basis Function Network, RBF); нейронечіткої мережі (Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System, ANFIS), а також при дослідженні структури домену мережі MPLS використання графової нейронної мережі (Graph Neural Network, GNN) та глибокого навчання з підкріпленням (Deep Reinforcement Learning, DRL).

Відомо, що використання технології MPLS в ІТС залізничного транспорту України призведе до наступних переваг: підтримка високої швидкості передачі (завдяки міткам маршрутизатори швидко приймають рішення, що значно знижує затримки); підтримка QoS (класи обслуговування дозволяють розставляти пріоритети); організація інженерії трафіку (можливість вказати, яким шляхом має рухатися трафік, що дозволяє уникнути перевантаження ділянок); масштабованість MPLS VPN (створення віртуальних приватних мереж поверх єдиної фізичної інфраструктури); отримання протокольної гнучкості (MPLS не прив'язаний до одного мережевого протоколу, що спрощує інтеграцію нових технологій).

У якості методу дослідження поставленого завдання використано нейронечітку мережу конфігурації «3-5-27-27-1», де 3 – кількість нейронів першого шару: швидкість потоку, Мбіт/с (мінімальна, середня, максимальна); клас обслуговування (EF, AF, BF); кількість потоків, що передаються (один, два, три); 5 – загальна кількість шарів (input, inputmf, rule, inputmf, output); 27 – кількість нейронів першого прихованого шару; 27 – кількість нейронів другого прихованого шару (3*3*3 – кількість правил); 1 – кількість нейронів результуючого шару, що створена за допомогою пакета Fuzzy Logic Toolbox системи MatLAB; за результуючу характеристику взято ступінь впевненості передачі даних за вільним тунелем (А чи В). На підготовчому етапі сформовані навчальна, тестувальна та контрольна вибірки (гіпотетичні дані) за допомогою пакета Microsoft Excel. На створеній нейронечіткій мережі при різних функціях приналежності проведено дослідження середньої похибки та кількості епох навчання на вибірках різної довжини (27, 162 та 216 прикладів) за різними методами оптимізації навчання (Backpropa та Hybrid).

Створення програмної моделі глибокої згорткової нейронної мережі для розпізнавання бізнес-документів

Пахомова В. М., Тодоров В. А., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Сучасні бізнес-процеси супроводжуються великим обсягом цифрових документів, що вимагає автоматизації їх обробки. Ручна класифікація та обробка документів займає багато часу, є ресурсозатратною і схильною до помилок. За допомогою використання нейронних мереж можна отримати оптимальне співвідношення між точністю розпізнавання документів та витратами обчислювальних ресурсів, яке в свою чергу робить їх ефективним інструментом для практичної реалізації систем автоматичної класифікації бізнес-документів, що підтверджує актуальність теми.

Виконаний огляд наукових джерел показав доцільність використання згорткових нейронних мереж (Convolutional Neural Networks, CNN), які засновані на алгоритмах класифікації зображень Deep Learning, що доведено українськими та закордонними вченими в наукових працях, зокрема у сфері обробки документ-аналітики. Для згорткових нейронних мереж використовується два основних підходи до перенесення навчання: метод, що ґрунтується на моделі (model-based); метод, що ґрунтується на ознаках (feature-based). Зазвичай обидва підходи застосовуються одночасно. В різних наукових працях зустрічаються різні види згортки в архітектурах згорткових нейронних мереж: розширена згортка (Dilated convolution); часткова згортка (Partial convolution); стробована згортка (Gated convolution). Дослідження показують, що CNN добре справляються із задачами класифікації зображень та виявлення структурних елементів (логотипів, підписів, штампів). На відміну від традиційних алгоритмів, згорткові нейронні мережі можуть вчитись на прикладах без потреби у складній ручній обробці ознак; їхня архітектура дозволяє виявляти важливі ознаки на різних рівнях абстракції. На сьогодні відомо, що в глибоких згорткових нейронних мережах (Deep Convolutional Neural Networks, DCNN) в процесі згортки виникає проблема: із збільшенням глибини нейронної мережі точність обробки на початку збільшується, а в подальшому значно погіршується; проте, зниження точності навчання ускладнює процес оптимізації, що потребує проведення додаткового дослідження.

Створено програмну модель «DocVi_DCNN» мовою Python та з використанням бібліотеки NumPy, в основі DCNN з використанням карти ознак, до архітектури якої надходять згорткові, активаційні, пулінгові та повнозв'язані шари; використано стандартну згортку (Standard Convolution). Функціональна частина програмної моделі «DocVi_DCNN» передбачає: завантаження та попередню обробку зображень бізнес-документів; побудову та ініціалізацію моделі згорткової нейронної мережі; виконання тренування згорткової нейронної моделі на навчальній вибірці; класифікацію нових документів; візуалізацію процесу навчання згорткової нейронної моделі. На сучасному етапі датасет складають вантажно-митні декларації, контракти та інвойси; вибірка формується на основі наявних pdf-файлів та балансується за типами документів.

У подальшому планується проведення дослідження з метою визначення оптимальних параметрів згорткової нейронної мережі: кількості фільтрів; розмірів згорткових ядер; кількості нейронів у повнозв'язаних шарах; швидкості її навчання, а також застосування методів розширення навчальної вибірки з метою підвищення стійкості згорткової нейронної мережі до шумів і деформацій вхідних зображень. На завершальному етапі на контрольній вибірці виконується оцінювання точності розпізнавання бізнес-документів засобами згорткової нейронної мережі з визначеними оптимальними параметрами на основі використання створеної програмної моделі «DocVi_DCNN»; очікується досягнення достатньо високої точності згорткової нейронної мережі при стабільній генералізації різних типів бізнес-документів.

Створення програмної моделі глибокої згорткової нейронної мережі для ідентифікації об'єктів залізничного транспорту

Пахомова В. М., Зінкевич К. І., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Сучасні виклики в галузі залізничного транспорту вимагають високого рівня автоматизації, точності та безпеки. Існуючі традиційні методи моніторингу стану об'єктів залізничного транспорту базуються на візуальних перевірках, що вимагає в свою чергу значних людських ресурсів, є суб'єктивними та не завжди дозволяють вчасно виявити критичні дефекти; крім того, ці методи часто не здатні ідентифікувати поступові зміни, які можуть свідчити про наявність прихованих дефектів, що підтверджує актуальність теми.

Виконаний огляд наукових джерел показав доцільність використання згорткових нейронних мереж (Convolutional Neural Networks, CNN), які засновані на алгоритмах класифікації зображень Deep Learning, що доведено українськими та закордонними вченими в наукових працях, зокрема для ідентифікації об'єктів залізничного транспорту. З одного боку, CNN схожі з звичайними нейронними мережами, з іншого боку, вони створюються з припущенням, що на вхід подається зображення; на відміну від звичайних нейронних мереж, шари CNN є тривимірними. Перший вхідний шар CNN має розмірність $w \times h \times d$, де w – ширина зображення, h – висота, d – кількість каналів кольору. Огляд також показав існування наступних CNN: на основі просторового використання; на основі глибини; розгалужені; з безліччю підключень; на основі використання карти ознак; стиснення і збудження; на основі використання бустінга каналів; з використанням механізму уваги.

Визначено, що основна проблема, яка характерна для CNN, як і для всіх глибоких нейронних мереж (Deep Neural Networks, DNN) – це проблема затухання градієнта. Причиною цього є те, що на початковому етапі вагові коефіцієнти задаються за допомогою генератора випадкових чисел, а отже вони ще є «поганими», і лише в процесі навчання ці коефіцієнти набувають сенсу, що потребують проведення додаткового дослідження. Слід також зауважити, що існують відкриті бази зображень та відео, на яких розробники алгоритмів порівнюють свої напрацювання; CIFAR-10; CIFAR-100; ILCVRC (ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge); PASCAL VOC Challenge; COCO (Common Objects in Context), але складнощі виникають при розв'язанні вузькоспеціалізованих задачах (зокрема, що пов'язані зі станом об'єктів на залізничному транспорті), оскільки набори даних зазвичай відсутні, принаймні у відкритому доступі.

У загальному випадку архітектура глибоких згорткових нейронних мереж (Deep Convolutional Neural Networks, DCNN) складається з таких шарів: згортковий шар (convolution layer); шар об'єднання (pooling layer); активаційний шар (activation layer); повнозв'язаний шар (fully connected layer); шар нормалізації (normalization layer); шар відсіву (dropout layer); щільний шар (dense layer). Важливо, що DCNN здатна досягати рекордних результатів на дуже складному наборі даних, використовуючи виключно контрольоване навчання; крім того, продуктивність DCNN знижується, якщо видалити один згортковий шар.

На даному етапі проводиться робота по створенню програмної моделі, в основі якої використання DCNN для визначення стану залізничного об'єкту, яка передбачає навчання та тестування на відповідних вибірках. У подальшому на створеній програмній моделі планується проведення серії досліджень з метою визначення оптимальних параметрів глибокої згорткової нейронної мережі. Слід зауважити, що в процесі підвищення поточних характеристик DCNN можна використовувати в процесі їх моделювання різні підходи. На контрольній вибірці виконується оцінювання точності ідентифікації стану залізничного об'єкту засобами глибокої згорткової нейронної мережі при визначених оптимальних параметрах на основі використання створеної програмної моделі.

Кодування та відтворення тексту програми для генетичного алгоритму

Макаров О. В., Шинкаренко В. І., Український державний університет науки і технологій,
Україна

У сучасних умовах швидкого розвитку інформаційних технологій ефективне створення програмного забезпечення стає визначальним чинником у розв'язанні наукових і прикладних задач. Програмний код є основною формою подання алгоритмів і логічних процесів обчислень, що впливає не лише на функціональні можливості, але й на продуктивність і масштабованість програмних систем. У зв'язку з цим актуальності набуває застосування конструктивно-продукційного моделювання як засобу формування структури та змісту програмного коду.

Основні положення застосування конструктивно-продукційного моделювання включають:

- подання програм у вигляді системи конструктивних одиниць, що мають зрозумілу та формально визначену структуру;
- використання продукцій (правил породження), які описують, як з наявних елементів утворюються складніші програмні компоненти;
- забезпечення узгодженості між моделлю та кінцевим кодом, що полегшує супровід, модифікацію та оптимізацію програми;
- формалізацію етапів побудови програми, що робить процес розробки відтворюваним та контрольованим.

Розроблений конструктор формування хромосом що кодують алгоритми сортування. Хромосома має структуру бінарного дерева, у якому кожен вузол має початкову і кінцеву послідовності генів і два вузли нащадки. Ітераційним виконанням операцій часткового виведення до вузлів хромосоми додаються терміналі-гени за визначеними правилами. Певні правила підстановки реалізують додавання вузлів нащадків до поточного вузла. При досягненні максимальної глибини у процесі формування дерева-хромосоми такі правила стають недоступними. Натомість доступні правила за якими до послідовності генів додається ген який кодує загальновідомий алгоритм сортування. Таким чином гарантується що сформований алгоритм повністю відсортує вхідні дані.

Наступним етапом є декодування хромосоми у текст програми. Для цього розроблено конструктор формування тексту програм. Нетерміналами виступають гени хромосоми, терміналами – текстові фрагменти програм які відповідають частинам відомих алгоритмів сортування, передобробок і допоміжних функцій. Першим правилом завжди буде додаватись незмінна частина тексту програми, яка реалізує включення необхідних файлів заголовків, визначення допоміжних структур, сигнатура самої функції сортування і початкові значення змінних які будуть використані у тілі функції. Результатом завершення конструювання буде повністю сформована функція сортування.

Для структурної адаптації алгоритмів сортування застосовано генетичний алгоритм. Індивідами популяції будуть сформовані хромосоми. Для оцінки індивіда відповідна хромосома буде декодована у текст програми, яка буде використана для сортування експериментальних даних. Відбір кращих індивідів виконується за показниками часової ефективності.

Застосування конструктивно-продукційного моделювання для формування алгоритмів у поєднанні з генетичним алгоритмом для відбору кращих рішень забезпечує ефективний підхід до розв'язання складних оптимізаційних задач. Конструктивно-продукційне моделювання дозволяє формалізувати процес побудови алгоритмів, створюючи гнучку систему правил, що дає можливість адаптації алгоритмів до конкретних умов використання. Застосування генетичного алгоритму для відбору найкращих індивідів вирішує проблему пошуку оптимальних або наближених до оптимальних рішень у великому просторі можливих конфігурацій.

Дослідження засобів штучного інтелекту для розпізнавання усного мовлення

Пазика К. С., Куроп'ятник О. С., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій характеризується стрімким зростанням ролі штучного інтелекту у різних сферах діяльності людини. Одним із найбільш складних і водночас перспективних напрямів є автоматичне розпізнавання усного мовлення. ASR (Automatic Speech Recognition) лежить в основі таких популярних технологій як голосові асистенти, системи керування «розумним домом», автомобільна промисловість, альтернативне введення даних для людей з порушенням зору і багато інших. Актуальність досліджень у цій галузі зумовлена зростаючими вимогами до точності, швидкості та універсальності систем розпізнавання мовлення.

Розпізнавання усного мовлення є складним завданням, оскільки мовний сигнал має змінну природу. Акустичні характеристики одного й того самого слова або звуку ніколи не є ідентичними і постійно змінюються залежно від низки факторів, таких як індивідуальні особливості диктора, акцент, темп мовлення, інтонація, рівень шуму, якість запису та мовний контекст. До середини 2010-х років домінуючими методами у сфері розпізнавання мовлення були приховані марківські та гауссові сумішеві моделі. У таких системах мовний сигнал розглядався як послідовність станів, що змінюються у часі, а акустичні ознаки (наприклад, мел-кепстральні коефіцієнти (MFCC)) виділялися вручну за допомогою класичних алгоритмів цифрової обробки сигналів. Незважаючи на свою ефективність у контрольованих умовах, подібні підходи мали обмежену здатність адаптуватися до різноманітних дикторів, шумів та нестандартних умов запису.

З розвитком обчислювальних ресурсів дедалі більшого поширення набули end-to-end системи розпізнавання мовлення. На відміну від класичних підходів, такі моделі навчаються безпосередньо від акустичного сигналу до текстової транскрипції, мінімізуючи кількість ручних етапів обробки. У межах end-to-end підходів використовуються різні архітектури, зокрема рекурентні нейронні мережі (RNN), довготривала короткочасна пам'ять (LSTM), згорткові нейронні мережі (CNN), а також трансформерні моделі.

У межах дослідження проводиться аналіз різних архітектур нейронних мереж, які застосовуються для розпізнавання мовлення, зокрема комбінована згортково-рекурентна модель (CRNN). Ця модель поєднує згорткові шари, що виконують автоматичне виділення локальних спектральних ознак із мел-спектрограми мовного сигналу, та рекурентні шари, які дозволяють враховувати часову динаміку та послідовну структуру мовлення. Такий підхід забезпечує більш повне моделювання акустичних особливостей усного мовлення та підвищує точність розпізнавання в умовах варіативності сигналу та наявності шумів. Окремо розглянуто можливість використання попередньо натренованих моделей, що дає змогу зменшити обчислювальні витрати та скоротити час навчання.

Для експериментальної перевірки ефективності досліджуваних підходів використано відкритий набір аудіо даних Google Speech Commands (англійською мовою). Оцінювання якості розпізнавання здійснювалося за стандартними метриками класифікації, такими як точність, повнота та F1-міра, що дозволяє комплексно оцінити роботу моделей. Наразі власна реалізація CRNN має точність розпізнавання $\approx 97.76\%$: з 11005 тестових записів правильно розпізнано 10758 і допущено 247 помилок. Дослідження інших моделей триває.

Перспективним є проведення аналогічних досліджень на україномовних даних, оскільки фонетика цієї мови має відмінності від англійської, зокрема в українській довжина голосних не є смислорозрізнавальною, артикуляція більш чиста, в той час як в англійській багато голосних більш редуковані, в українській менше дифтонгів. Також є відмінності і в приголосних, зокрема інтонування подвоєння. Все це матиме вплив на показники роботи моделей.

Wireless sensor networks and IoT for embedded systems

Tymashov O.¹, Samoylov S.²

¹V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the NAS of Ukraine, Ukraine

²Ukrainian State University of Science and Technologies, Ukraine

In an increasingly connected world, the seamless integration of various technologies has become crucial. Among these technologies, Wireless Sensor Networks (WSNs) and the Internet of Things (IoT) have emerged as transformative forces. WSNs consist of spatially distributed autonomous sensors that monitor physical or environmental conditions, such as temperature, sound, vibration, pressure, motion, or pollutants. The sensors communicate wirelessly and cooperatively to relay data to a central location, enabling comprehensive monitoring and analysis.

The IoT, on the other hand, extends internet connectivity beyond traditional devices like computers and smartphones to a diverse range of physical devices and everyday objects. This interconnectivity allows for the collection and exchange of data, paving the way for smarter and more efficient systems. The convergence of WSNs and IoT is particularly significant for embedded systems, which are specialized computing systems that perform dedicated functions within larger mechanical or electrical systems.

Embedded systems are integral to the operation of various devices and applications, from household appliances to industrial machinery and medical equipment. By integrating WSNs and IoT, these systems can achieve enhanced functionality, improved performance, and greater reliability.

The concept of sensor networks dates back several decades, with initial applications primarily in military and defense. Early sensor networks were used for surveillance and battlefield monitoring, relying on wired connections for data transmission. The advent of wireless communication technologies revolutionized this field, leading to the development of WSNs.

The term "Internet of Things" was coined in the late 1990s, but the concept gained momentum in the early 21st century with the proliferation of internet-connected devices. The combination of WSNs and IoT has since expanded to various domains, including environmental monitoring, industrial automation, healthcare, and smart cities.

The integration of WSNs and IoT has brought about numerous benefits, including:

1. **Enhanced Monitoring and Control:** WSNs enable real-time monitoring of various parameters, while IoT facilitates remote control and management of devices. This combination allows for more efficient and effective system operations.
2. **Data-Driven Decision Making:** The continuous flow of data from sensors and IoT devices provides valuable insights for decision-making processes. Advanced analytics can be applied to this data to optimize performance, predict issues, and improve outcomes.
3. **Increased Efficiency:** Automation and connectivity reduce the need for manual intervention, leading to increased operational efficiency. Systems can self-regulate based on sensor data, minimizing energy consumption and maintenance costs.
4. **Improved Safety and Security:** Enhanced monitoring and control capabilities contribute to improved safety in various applications, from industrial environments to healthcare settings. Security measures can be integrated to protect data and prevent unauthorized access.

As technology continues to advance, the future of WSNs and IoT in embedded systems looks promising. Emerging trends such as edge computing, artificial intelligence, and machine learning are poised to further enhance the capabilities of these systems. Edge computing allows for data processing at the source, reducing latency and improving real-time decision-making. Artificial intelligence and machine learning can be applied to sensor data for predictive maintenance, anomaly detection, and adaptive control.

In addition, the development of low-power communication protocols and energy-harvesting technologies will address the energy efficiency challenge. The continued evolution of WSNs and IoT will enable new applications and innovations, driving progress in various fields and contributing to a smarter, more connected world.

Методи та інформаційна технологія розробки мобільних лікувально-реабілітаційних комплексів

Заславський В., Тимашов Є., Київський національний університет імені Т.Г. Шевченка,
Україна

Сучасні інформаційні технології активно використовуються в медичній галузі, зокрема, для діагностики стану пацієнтів за допомогою цифрової обробки сигналів. Це дозволяє більш точно оцінювати стан здоров'я людини та прогнозувати можливі зміни. Особливо актуальним є використання таких технологій у мобільних системах, що дозволяє проводити діагностику в умовах віддалених або недостатньо обладнаних медичних закладів. Проте існуючі методи обробки сигналів стикаються з обмеженнями у випадках, коли інформація зосереджена на невеликих фрагментах. Тому розробка нових підходів стає все більш важливою

У випадках, коли інформація про стан об'єкта рівномірно "поширюється" в інтервалі спостереження, для її вилучення можуть використовуватися класичні методи обробки сигналу, зокрема розклад випадкових сигналів через систему основних функцій. Тоді в якості діагностичних ознак стану об'єкта можуть використовуватися коефіцієнти функціонального ряду.

Комп'ютерна обробка сигналів набагато складніше, якщо діагностичні ознаки, що несуть інформацію про стан об'єкта, зосереджені на невеликих фрагментах інтервалу спостереження (області виявлення) сигналу. Прикладами таких сигналів є електрокардіограми (ЕКГ), магнітокардіограми (МКГ), реграми та інші фізіологічні сигнали, фрагменти яких несуть інформацію про стан різних систем організму.

Класичні методи не підходять для обробки таких сигналів, так як функціональні співвідношення рядів, побудовані на всій області визначення, практично нечутливі до варіацій амплітудно-часові ознаки, зосереджені на локальних фрагментах спостережуваного сигналу. При цьому саме зміна таких ознак несе відповідну діагностичну інформацію про поточний стан об'єкта.

Тому в останні роки розвиваються альтернативні підходи до аналізу властивостей сигналів, зокрема, метод вейвлет-перетворень, орієнтований на оцінку частотних компонент сигналу, зосереджених на локальних фрагментах тимчасових послідовностей. Отримали популярність також методи, що дозволяють виявити розладнання статистичних властивостей випадкових послідовностей і лінгвістичний підхід до аналізу структури сигналу складної форми.

Однак, за оцінками експертів, існуючі ІТ-додатки, призначені для обробки сигналів з локально концентрованими ознаками, все ще не забезпечують необхідної надійності результатів діагностики. Багато в чому це пов'язано з відсутністю адекватних моделей, що описують механізм генерації сигналу в умовах збурень, які в реальних ситуаціях не можна звести тільки до адитивного шуму, недосконалих методів виділення корисного сигналу на спотворених реалізаціях і формальних критеріїв оцінки ефективності діагностичних тестів на основі вимірювання локально концентрованих ознак.

Відсутність цих наукових знань та недосконалість відповідних інструментів перешкоджають вирішенню поточної наукової та прикладної проблеми побудови ефективної ІТ-обробки спотворених сигналів з локально концентрованими особливостями. В доповіді розглядається інформаційна технологія розробки мобільних лікувально-реабілітаційних комплексів. У центрі уваги – мобільні системи лікувально-реабілітаційних комплексів, які здатні проводити аналіз стану пацієнта в режимі реального часу. Метою дослідження є розробка нових методів цифрової обробки спотворених сигналів з метою підвищення надійності діагностики біологічних об'єктів, а також їх програмно-апаратна реалізація, що дозволить створити ефективні мобільні лікувально-реабілітаційні комплекси

Метод розпізнавання обличчя для інтелектуальних інформаційних систем промислових і транспортних об'єктів в умовах недостатнього освітлення

Максименко Д. Ю., Український державний університет науки і технологій, Україна

Задачі розпізнавання обличчя в умовах недостатнього освітлення є типовими для систем відеоспостереження, моніторингу та контролю доступу, що широко застосовуються в інтелектуальних інформаційних системах промислових і транспортних об'єктів. Для таких систем характерна робота з відео- та фотоданими, отриманими в нічний час, у приміщеннях із нерівномірним освітленням або за несприятливих погодних умов. У результаті якість зображень істотно погіршується через зниження яскравості та контрасту, появу шумів і спотворення кольорів, що призводить до втрати інформативних ознак обличчя та зменшення точності розпізнавання.

Метою роботи є розроблення ефективних методів розпізнавання обличчя у слабо освітлених і добре освітлених умовах на основі легкового моделей глибинного навчання, придатних для використання в прикладних інтелектуальних інформаційних системах. Розглядається підхід до розпізнавання обличчя за атрибутами віку, статі та етнічної приналежності з використанням згорткових нейронних мереж, орієнтований на роботу з зображеннями різної якості без суттєвого зростання обчислювальної складності.

Запропоновано два методи розпізнавання обличчя, побудовані на архітектурі MobileNetV2. Перший метод базується на використанні вдосконаленої моделі MobileNetV2 з інтеграцією блоків уваги типу Squeeze-and-Excitation та Convolutional Block Attention Module, що дозволяє підвищити інформативність вилучених ознак і покращити узагальнювальну здатність моделі. Другий метод є гібридним і передбачає попередню класифікацію зображень за умовами освітлення з використанням окремої CNN-моделі, після чого для розпізнавання застосовується відповідна навчена модель MobileNetV2. Точність попередньої класифікації зображень за рівнем освітлення становить 99,33 %.

При проектуванні запропонованих методів особливу увагу приділено зменшенню обчислювальної складності та можливості практичного застосування в розподілених системах з обмеженими апаратними ресурсами. Використання архітектури MobileNetV2 дозволяє забезпечити баланс між точністю розпізнавання та швидкістю, що є важливим для систем, які функціонують у режимі, близькому до реального часу.

Експериментальні дослідження виконано з використанням відкритого набору даних UTKFace, а також згенерованих наборів DistortionFace і NaturalFace, які моделюють реальні умови зниженого освітлення шляхом внесення шумів, зменшення яскравості та кольорових спотворень. Оцінювання ефективності проводилося за показниками середньої абсолютної похибки визначення віку та точності розпізнавання статі й етнічної приналежності. Результати експериментів показали, що метод на основі MobileNetV2 забезпечує середню абсолютну похибку віку 6,38, точність розпізнавання статі 88,09 % та етнічної приналежності 72,93 %. Гібридний метод із попередньою класифікацією зображень демонструє близькі результати з незначним зниженням точності.

Отримані результати підтверджують доцільність використання легкового моделей глибинного навчання для розпізнавання обличчя у складних умовах освітлення та можливість їх інтеграції до інтелектуальних інформаційних систем промислового й транспортного призначення.

Дослідження часової ефективності відображення елементів графічного інтерфейсу під .NET

Трегуб І.О., Іванов О.П., Український державний університет науки і технологій, Україна

У сучасній розробці настільних застосунків для платформи .NET особливо актуальним є питання вибору технології створення графічного інтерфейсу з урахуванням вимог до продуктивності. Серед основних технологій виділяють WinForms, WPF та Avalonia, кожна з яких має власні архітектурні особливості, що впливають на швидкість ініціалізації та відображення елементів. З появою .NET 8 розробники отримали оновлені версії цих фреймворків, але бракує об'єктивних порівняльних даних щодо часової ефективності в типових сценаріях використання. Це ускладнює обґрунтований вибір технології для проєктів, де критичними є швидкість запуску програми та плавність роботи інтерфейсу.

Постановка задачі полягала в проведенні порівняльного аналізу часу до першого повністю відрендереного кадру для трьох платформ у реальних умовах. Метою було виявити сильні та слабкі сторони кожної технології за допомогою точних вимірювань у чотирьох типових сценаріях: відображення порожнього вікна, послідовне завантаження 100 растрових зображень розміром 400 на 400 пікселів, створення списку з 10000 текстових елементів без віртуалізації та з увімкненою віртуалізацією. Такі сценарії охоплюють базові операції ініціалізації, роботу з графічними ресурсами та обробку великих обсягів даних, що дозволяє оцінити продуктивність у повсякденних задачах настільних додатків.

Для проведення експерименту розроблено спеціалізовану тестову програму, яка забезпечує автоматизоване вимірювання часу рендерингу на єдиному апаратному середовищі. Усі тести проводилися у режимі збірки для випуску без використання відлагоджувача, з вимкненими системними візуальними ефектами та ізоляцією від фонових процесів. Кожен сценарій повторювався 30 разів для кожної платформи, що гарантувало статистичну достовірність результатів із похибкою середнього значення менше двох відсотків.

Результати експерименту показали значну перевагу WinForms у більшості сценаріїв. Час до першого кадру порожнього вікна склав у середньому 70 мілісекунд, що в чотири рази швидше, ніж у WPF (302 мілісекунди), та в три з половиною рази швидше, ніж у Avalonia (241 мілісекунда). При відображенні 100 зображень WinForms також лідирувала з результатом 330 мілісекунд проти 345 у Avalonia та 374 у WPF.

У сценарії з віртуалізованим списком десяти тисяч елементів WinForms продемонструвала найкращий час – 26 мілісекунд, незначно випереджаючи Avalonia (30 мілісекунд) та суттєво перевищуючи WPF (41 мілісекунда). Єдиним випадком, де WPF мала перевагу, стало відображення великого списку без віртуалізації – 616 мілісекунд проти 727 у WinForms та 978 у Avalonia, однак цей сценарій є рідкісним у сучасних додатках через обов'язкове використання віртуалізації.

Отримані дані підтверджують, що навіть у актуальній версії .NET класична технологія WinForms зберігає лідерство за швидкістю в типових задачах під Windows. Avalonia досягла рівня продуктивності, близького до WinForms, і суттєво випереджає WPF, що робить її привабливим вибором для кросплатформних проєктів.

У висновку можна стверджувати, що для програм, де пріоритетом є мінімальний час запуску та обробка великих віртуалізованих списків під Windows, оптимальним залишається WinForms. Avalonia рекомендується для нових розробок з вимогою підтримки кількох операційних систем, тоді як WPF доцільна переважно для підтримки існуючих великих кодових баз. Результати дослідження мають практичне значення для архітекторів програмного забезпечення та можуть слугувати основою для обґрунтування технологічного стеку в .NET-проєктах.

Роль блокчейну в резильєнтності транспортно-логістичних інформаційних систем під час криз

Велегура Є. А., Горячкін В. М., Український державний університет науки і технологій,
Україна

У сучасних ланцюгах постачання резильєнтність транспортно-логістичних інформаційних систем стає критичною умовою безперервності економічних і гуманітарних процесів в умовах зростання системних ризиків. Резильєнтність транспортно-логістичних інформаційних систем у кризових подіях визначається не стільки здатністю працювати «в ідеальних умовах», скільки спроможністю зберігати керованість процесів, доказовість операцій і узгодженість даних тоді, коли руйнується звична інфраструктура зв'язку, зростає рівень кібератак, виникають мережеві розділення, відбувається фізична втрата серверів або змінюються маршрути унаслідок обмежень пересування. У таких умовах головною проблемою стає дефіцит довіри й часу: учасники ланцюга постачання отримують суперечливі дані, не можуть швидко підтвердити факти (де вантаж, хто відповідальний, який реальний статус перевезення), змушені дублювати облік, вручну звіряти документи, а будь-яка компрометація централізованих систем або їхня недоступність паралізує координацію між ключовими учасниками ланцюга постачання. Блокчейн-технології у цьому контексті корисні насамперед як механізм підтримання єдиного узгодженого стану даних — розподіленого, криптографічно верифікованого журналу критичних логістичних подій, який зберігає цілісність навіть тоді, коли окремі організації, вузли чи канали зв'язку частково вибувають з роботи.

Практична цінність блокчейну в кризі проявляється через три взаємопов'язані ефекти. По-перше, це гарантування незмінності та відтворюваності історії операцій у критичних умовах, коли зростає ймовірність помилкових оновлень, дублювання записів, «конфліктів версій» між системами та несанкціонованих модифікацій. Незмінність записів і підписання транзакцій створюють основу для відновлення причинно-наслідкового ланцюга подій після інциденту, знижують залежність від «версії» однієї сторони і дають можливість швидше приймати рішення на основі перевірюваних фактів. По-друге, блокчейн зменшує ризик втрати даних у разі руйнування або компрометації централізованих реєстрів, оскільки журнал подій реплікується між учасниками й може бути відновлений із копій, що залишилися доступними. По-третє, забезпечується швидше узгодження стану між організаціями, коли мережеві взаємодії деградують: спільний реєстр зменшує потребу в багаторазових підтвердженнях через альтернативні канали взаємодії, скорочує число асинхронних версій документів і знижує ймовірність прийняття рішень на основі застарілих або підроблених даних.

Особливо відчутний внесок блокчейну виникає у сценаріях порушення зв'язності та часткової недоступності систем. У кризі часто неможливо гарантувати стабільний доступ до центральних сервісів, тоді як логістичні операції продовжуються: вантаж передають між підрозділами, змінюють транспорт, оформлюють нові дозволи, перерозподіляють складські потужності. Розподілений журнал подій дозволяє фіксувати ключові факти локально і синхронізувати їх із мережею при відновленні зв'язку, зберігаючи послідовність і авторство записів. Це сприяє зниженню рівня операційної невизначеності, пов'язаної з втратою первинних документів, розривами у відстеженні переміщень, дублюванням статусів та появою неузгоджених оновлень між інформаційними системами. Крім того, у випадку кібератаки на одного з учасників блокчейн-мережа може знизити вплив інциденту на весь ланцюг, оскільки компрометація однієї сторони не означає автоматичної підміни спільної історії: інші вузли продовжують мати коректний стан ланцюга записів, а підозрілі транзакції можуть бути виявлені через перевірку підписів, політик доступу та аномалій у послідовності подій.

Дослідження часових характеристик XSLT-перетворень

Кононенко Д.С., Андрющенко В.О., Український державний університет науки та технологій, Україна

У сучасних інформаційних системах, зокрема в галузях транспорту, промисловості та освіти, обробка XML-даних відіграє ключову роль для інтеграції та обміну інформацією. XSLT (eXtensible Stylesheet Language Transformations) є потужним інструментом для перетворення XML-документів, який широко застосовується в веб-розробці, управлінні даними та автоматизованих системах. Однак ефективність XSLT-перетворень значною мірою залежить від їхніх часових характеристик, таких як час виконання, залежність від обсягу даних та складності шаблонів. Дослідження цих аспектів є актуальним для оптимізації процесів у реальних системах, де затримки можуть впливати на продуктивність, наприклад, у логістичних мережах транспорту чи освітніх платформах з великими обсягами даних.

Метою роботи є аналіз часових характеристик XSLT-перетворень з урахуванням різних факторів, таких як розмір вхідних XML-файлів, структура шаблонів XSLT та середовище виконання. Для досягнення цієї мети було проведено експериментальне дослідження на базі стандартних процесорів XSLT, зокрема Saxon та Xalan, з використанням синтетичних і реальних наборів даних. Експерименти включали вимірювання часу виконання для різних сценаріїв: прості перетворення (наприклад, фільтрація елементів), рекурсивні шаблони та обробка великих XML-дерева (від 1 КБ до 10 МБ). Результати фіксувалися за допомогою профілювальних інструментів, таких як Java VisualVM, з подальшим статистичним аналізом (середнє значення, дисперсія, регресійний аналіз).

Отримані дані свідчать про лінійну залежність часу виконання від обсягу вхідних даних для простих перетворень ($O(n)$, де n – кількість вузлів XML), тоді як для складних рекурсивних шаблонів спостерігається експоненціальне зростання ($O(2^n)$ у найгірших випадках). Наприклад, при обробці XML-файлу розміром 5 МБ з 100 000 елементів, час виконання на Saxon зріс в 12 разів при глибокій рекурсії в порівнянні з базовим перетворенням. Порівняльний аналіз процесорів показав, що Saxon демонструє на 20-30% кращу продуктивність завдяки оптимізованим алгоритмам. Крім того, вплив середовища (Java vs. .NET) виявив додаткові затримки через overhead віртуальної машини.

Додатково було відзначено, що структура XSLT-шаблонів має критичний вплив на ефективність: використання складних умовних конструкцій та багаторівневих вкладених циклів значно збільшує час виконання. У той же час застосування попередньої обробки даних, кешування результатів та оптимізація XPath-запитів дозволяє суттєво скоротити витрати часу. Важливим фактором є також розподіл навантаження між процесорами та використання багатопоточності, що особливо актуально для великих корпоративних систем, де обробка XML здійснюється в режимі реального часу.

Висновки дослідження підкреслюють необхідність оптимізації XSLT-шаблонів шляхом уникнення глибокої рекурсії, використання індексації вузлів та паралельної обробки для великих даних. Запропоновані рекомендації можуть бути застосовані в інформаційних системах транспорту (наприклад, для перетворення даних про вантажі в реальному часі) та освіти (обробка електронних навчальних матеріалів). Подальші роботи передбачають інтеграцію з хмарними сервісами для масштабування, а також дослідження можливостей використання GPU-обчислень для прискорення трансформацій. Це відкриває перспективи створення високопродуктивних систем обробки XML, здатних працювати з великими потоками даних у сучасних умовах цифрової трансформації.

Конструктивно-продукційне моделювання часових рядів на основі поетапного розкладання

Жадан А. А., Шинкаренко В. І., Український державний університет науки та технологій,
Україна

Часовий ряд є одним із найбільш поширених і універсальних способів опису динаміки станів складних систем упродовж визначеного проміжку часу. Їх використання дозволяє формалізувати поведінку системи, виявляти приховані закономірності та тренди.

Методами конструктивно-продукційного моделювання були визначені підходи до моделювання детермінованих і стохастичних фрактальних часових рядів, структура яких формується на основі розгортки L-системи. Окрім прямого процесу було також визначено підхід до оберненого завдання — відновлення конструктивної моделі на основі заданого модельного часового ряду.

Було розглянуто основні відмінності між роботою з детермінованими та стохастичними часовими рядами, зокрема визначено різні підходи до розрахунку показника фітнесу залежно від типу структури часового ряду. Для другого випадку набір вхідних параметрів було розширено з метою включення не одного, а кількох часових рядів породжених однією конструктивною моделлю, що базується на необхідності врахування їх варіативності в процесі обчислення.

Це призвело до зростання обчислювальної складності відповідної операції, однак дозволило сформулювати ефективний підхід до роботи зі стохастичними модельними часовими рядами та підвищити точність оцінювання відповідності відновлюваних моделей. Втім використання подібного підходу при роботі реальними часовими рядами потребує реалізації операції попередньої обробки, яка б визначала подібні сегменти часового ряду, на основі яких виконувалися би подальші розрахунки.

З урахуванням викладеного вище було запропоновано підхід до відновлення конструктивних моделей реальної природи, який базується на поетапному розкладанні часового ряду на базову та залишкову складові. Запропонований підхід спирається на напрацювання, отримані під час роботи з детермінованими часовими рядами, з метою усунення впливу варіативності, притаманної рядам, породженим однією моделлю, за умови подання на вхід лише одного часового ряду.

Кожна ітерація процесу складається з двох основних фаз: визначення базового ряду шляхом підбору відповідного детермінованого часового ряду та його конструктивної моделі, а також формування залишкового ряду, який будується як різниця між значеннями вхідного та базового рядів. Результатом кожної ітерації є залишок, що визначається як різниця між вхідним часовим рядом та сумою базового і залишкового рядів поточної ітерації. Описаний ітеративний процес повторюється наперед визначену кількість разів. Загальним результатом процесу є сукупність конструктивних моделей, сумарний вихід яких формує часовий ряд, структурно подібний до вхідного.

Запропонований підхід було апробовано на часових рядах, що описують динаміку вартості акцій компаній фондового ринку NASDAQ. Отримані результати свідчать про вищу ефективність у порівнянні з попередніми підходами.

Подальші дослідження планується спрямувати на визначення оптимальних параметрів, зокрема кількості ітерацій генетичного алгоритму та процесу в цілому, а також на аналіз складності структур конструктивних моделей, які беруть участь у процесі відновлення часового ряду.

Мікросервісна архітектура в сучасних програмних застосунках

Овчаренко Д. К., Стаднік А. В., Український державний університет науки і технологій

Сучасні програмні застосунки характеризуються стрімким зростанням складності, масштабів та вимог до надійності, продуктивності та швидкості розгортання. У таких умовах традиційні монолітні архітектури дедалі частіше виявляються недостатньо гнучкими, що зумовлює перехід до мікросервісної архітектури як альтернативного підходу до проектування програмних систем.

Мікросервісна архітектура передбачає поділ застосування на набір незалежних сервісів, кожен з яких реалізує окрему бізнес-функцію та може розроблятися, розгортатися і масштабуватися автономно. Такий підхід підвищує гнучкість процесу розроблення, оскільки різні команди можуть використовувати оптимальні для своїх задач технології, мови програмування та фреймворки.

Однією з ключових переваг мікросервісів є покращена масштабованість. Навантаження може розподілятися лише на ті компоненти системи, які цього потребують, без необхідності масштабування всього застосунку. Це дозволяє ефективніше використовувати обчислювальні ресурси та підвищувати продуктивність системи в умовах змінного навантаження.

Важливу роль у функціонуванні мікросервісної архітектури відіграють технології контейнеризації та оркестрації, зокрема Docker і Kubernetes. Вони спрощують управління життєвим циклом сервісів, автоматизують процеси розгортання та забезпечують високу відмовостійкість системи. Для взаємодії між сервісами застосовуються легкі протоколи обміну даними, такі як HTTP/REST, gRPC, а також асинхронні брокери повідомлень (Kafka, RabbitMQ), що сприяє підвищенню надійності та продуктивності.

Разом із перевагами мікросервісна архітектура має і певні виклики, зокрема підвищену складність розгортання, потребу в розвиненій DevOps-культурі та необхідність ретельного проектування меж сервісів. Запровадження цього підходу також вимагає сучасних засобів моніторингу, логування та управління конфігураціями.

Окрему увагу в мікросервісній архітектурі приділяють питанням безпеки. Кожен сервіс повинен мати чітко визначені механізми автентифікації та авторизації, а також захищені канали обміну даними. Для цього широко застосовуються токен-орієнтовані підходи (OAuth 2.0, JWT), сервісні сітки (service mesh) та централізоване управління доступом.

Значну роль відіграє автоматизація процесів розроблення та експлуатації. Практики безперервної інтеграції та безперервного розгортання (CI/CD) дозволяють оперативно вносити зміни, зменшувати кількість помилок і скорочувати час виходу нових версій програмного забезпечення. У поєднанні з інфраструктурою як код (Infrastructure as Code) це забезпечує відтворюваність та стабільність середовищ виконання.

Таким чином, мікросервісна архітектура створює передумови для побудови високонавантажених, масштабованих і географічно розподілених програмних систем, орієнтованих на велику кількість користувачів.

Отже, мікросервісна архітектура є не лише архітектурним підходом, а комплексною методологією розроблення програмних систем, що поєднує технічні, організаційні та процесні рішення. Її впровадження дозволяє підвищити адаптивність програмних застосунків до змін бізнес-вимог і технологічного середовища, що є критично важливим у сучасних умовах розвитку інформаційних технологій.

Інформаційно-аналітична модель оцінювання смартрозвитку територій як інструмент регіональної політики

Підгорна К. Д., Удачина К. О., Підгорний В. О., Український державний університет науки і технологій, Україна

Спроможність регіонів до сталого розвитку дедалі тісніше пов'язана з ефективністю використання цифрових інструментів і аналітичних даних у процесах управління. У цьому контексті оцінювання смартрозвитку територій виходить за межі суто описового підходу й набуває рис прикладного аналітичного інструмента. Інформаційно-аналітична модель поєднує різні за змістом і масштабом характеристики – від цифрової інфраструктури до якості інституційного середовища – в узагальнену систему показників, що відображає реальний потенціал територіального розвитку. Така оцінка орієнтована не лише на фіксацію поточного стану, а й на виявлення здатності регіонів до інноваційних змін та адаптації відповідно до логіки Smart Specialisation.

Запропонована модель спирається на результати прикладних досліджень смартпотенціалу регіонів України та поєднує аналітичну обробку даних з економіко-математичними методами. Її змістовною основою є система індикаторів, сформована таким чином, щоб відобразити ключові напрями цифрової трансформації територій. До них віднесено показники, що характеризують рівень розвитку цифрової інфраструктури, людського капіталу, інституційної спроможності, екологічної орієнтації та інноваційно-підприємницького середовища. Інформаційна база моделі формується на основі офіційної державної статистики, відкритих адміністративних даних, аналітичних дашбордів і матеріалів міжнародних статистичних платформ, зокрема Eurostat та World Bank, що забезпечує порівнюваність результатів і зменшує ризик суб'єктивних оцінок.

Ключовим елементом моделі є процедура приведення початкових показників до порівняльного вигляду та визначення їх відносної значущості. Нормалізація дозволяє усунути вплив різних одиниць виміру, а використання ентропійного підходу до визначення ваг забезпечує врахування інформаційної насиченості кожного індикатора. На цій основі формується інтегральний показник смартрозвитку, який розраховується як зважена сума нормалізованих значень показників:

$$S_i = \sum_{j=1}^m w_j \cdot x_{ij},$$

де S_i відображає загальний рівень смартрозвитку відповідної території, w_j – ваговий коефіцієнт показника, x_{ij} – його нормалізоване значення.

Отриманий індекс створює підґрунтя для подальшого аналітичного опрацювання результатів. Зокрема, він може використовуватися для порівняльного аналізу регіонів, виявлення диспропорцій у розвитку та ідентифікації територій із нереалізованим смартпотенціалом. Застосування методів кластерного та регресійного аналізу дозволяє поглибити інтерпретацію результатів і встановити зв'язки між рівнем смартрозвитку та соціально-економічними характеристиками регіонів, що має принципове значення для обґрунтування управлінських рішень.

Інтеграція інформаційно-аналітичної моделі в існуючі системи державного моніторингу розширює її прикладні можливості. Вона може використовуватися як інструмент підтримки стратегічного планування, обґрунтування пріоритетів фінансування та коригування регіональних програм розвитку. Опора на відкриті дані й формалізовані методи розрахунку підвищує прозорість управлінських процесів, а в умовах трансформації регіонального простору України така модель формує практичну основу для модернізації регіональної політики та розвитку інноваційних екосистем.

Дослідження якості нейромережевого розпізнавання зашумлених зображень

Капшук В. В., Шинкаренко В. І., Український державний університет науки і технологій,
Україна

У роботі досліджується вплив шумів різного типу та інтенсивності на якість роботи нейронних мереж комп'ютерного зору. Для цього реалізовано програмну систему на мові Python з використанням бібліотеки PyTorch, яка дозволяє формувати зашумлені вибірки, виконувати очищення зображень та оцінювати результати класифікації і детекції об'єктів. Особливу увагу приділено експериментальному аналізу залежності точності моделей від рівня шуму та ефективності методів денойзингу.

Для проведення експериментів використовувалися як стандартні набори даних, так і реальні зображення.

У задачі класифікації застосовувалися датасети:

- MNIST — 60 000 тренувальних та 10 000 тестових зображень розміром 28×28 пікселів;
- CIFAR-10 — 50 000 тренувальних та 10 000 тестових кольорових зображень розміром 32×32 пікселів.

Для задачі детекції об'єктів використовувалися окремі реальні зображення у форматі RGB з роздільною здатністю від 512×512 до 1024×768 пікселів.

До зображень штучно додавалися такі типи шумів:

- Gaussian шум з параметрами $\sigma = 10, 20, 30, 40, 50$;
- Salt-and-Pepper шум з імовірністю $p = 0.05$ та $p = 0.1$;
- Speckle шум з дисперсією $\text{var} = 0.1-0.2$.

Оцінювання впливу шумів проводилося шляхом порівняння результатів моделей на чистих та зашумлених даних.

Для зменшення негативного впливу шумів було реалізовано дві нейромережеві моделі денойзингу:

- класичний згортковий автоенкодер;
- архітектуру U-Net, що забезпечує збереження просторових ознак.

Очищені зображення повторно подавалися на вхід моделей класифікації та детекції, що дозволило оцінити ефективність денойзингу.

Якість очищення оцінювалася за допомогою метрик:

- PSNR (пікове відношення сигнал/шум);
- SSIM (індекс структурної подібності).

Результати показали, що зі зростанням інтенсивності шуму точність класифікації зменшується майже лінійно. Найбільш руйнівним виявився імпульсний шум типу Salt-and-Pepper.

Застосування автоенкодера дозволило підвищити значення PSNR на 5–7 дБ, тоді як використання U-Net забезпечувало зростання PSNR до 10–12 дБ та SSIM до 0.95.

У задачі детекції об'єктів попередній денойзинг підвищував confidence score моделей у середньому на 15–20%, що підтверджує доцільність комбінованого підходу.

У роботі експериментально підтверджено, що якість вхідних даних суттєво впливає на результати роботи нейронних мереж. Використання нейромережевих методів денойзингу дозволяє значно підвищити стабільність та точність моделей комп'ютерного зору в умовах шуму.

Управління репутацією транспортної компанії через відгуки в google maps та мобільних додатках

Ніжегородцев В.О., Куш А.А., Державний податковий університет, Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, Україна

У сучасну цифрову епоху репутація транспортної компанії перестала бути лише результатом багаторічної діяльності чи наслідком дорогих рекламних кампаній. Наразі вона формується в режимі реального часу на екранах смартфонів. Для логістичних операторів, служб таксі або пасажирських перевізників платформи Google Maps та власні мобільні додатки стали головними майданчиками, де будується або руйнується довіра клієнтів. Однак цифрова трансформація глобальної економіки змінила цю парадигму, перетворивши репутацію з абстрактного поняття «іміджу» на вимірюваний актив, що безпосередньо впливає на ліквідність та прибутковість підприємства.

У сучасному середовищі, де ланцюги постачання стають прозорими завдяки технологіям GPS-трекінгу та IoT, клієнтський досвід стає не менш важливим, ніж фізичне переміщення вантажу. Для більшості користувачів знайомство з транспортною компанією починається з пошукового запиту. Google Maps виступає не просто як мапа, а як потужний інструмент соціального доказу.

Аналіз фінансових показників логістичних організацій демонструє пряму кореляцію між ефективністю логістичних операцій та фінансовим успіхом через задоволеність клієнтів, яка раніше вважалася «м'якою» метрикою, тепер конвертується у тверді фінансові результати через механізми повторних продажів та зниження вартості залучення клієнта [1].

Якщо Google Maps працює на залучення клієнта, то відгуки всередині мобільного додатка спрямовані на його утримання. Це прямий канал комунікації, який дозволяє отримати фідбек у «момент істини» - одразу після отримання посилки або завершення поїздки.

Дослідження Spiegel Research Center надають емпіричні докази впливу відгуків на купівельну поведінку, де для транспортної галузі цей показник є ще вищим. Для дорогих або високоризикових послуг наприклад, міжнародні перевезення або мувінг «під ключ» вплив відгуків на конверсію зростає до 380%, тоді як для дешевших послуг він становить близько 190% [2].

Як висновок, у сучасній цифровій економіці репутація транспортної компанії трансформувалася з загального іміджевого поняття у вимірюваний фінансовий актив, що критично впливає на ліквідність та конкурентоспроможність бізнесу. Інтеграція технологій прозорості та зростання ролі клієнтського досвіду зробили онлайн-відгуки в Google Maps та мобільних додатках фактором ринкового успіху. Ефективне управління репутацією вимагає відходу від універсальних підходів на користь диференційованих стратегій, адаптованих до специфіки конкретних екосистем - від локального SEO для мувінгових послуг до технічної стабільності додатків у пасажирських перевезеннях та галузевих рейтингів у B2B-секторі, що дозволяє конвертувати метрики задоволеності клієнтів у реальні фінансові результати.

Список використаних джерел

1. Sebata D. Investigating How Logistics Operations Affect an Organization's Financial Performance. *Advances in Logistics Engineering*. 2024. P. 1–31. URL: https://www.researchgate.net/publication/380617329_Investigating_How_Logistics_Operations_Affect_an_Organization's_Financial_Performance.
2. How Online Reviews Influence Sales Medill Spiegel Research Center. Medill Spiegel Research Center. URL: <https://spiegel.medill.northwestern.edu/how-online-reviews-influence-sales/>.

Можливості застосування інтелектуальних методів для прицільного регулювання швидкості скочування відчепів

Остапець Я.Д., Український державний університет науки і технологій, Україна

Пропускна здатність сортувальних станцій залежить від точності систем регулювання швидкості на гірках. Головна проблема полягає в оптимізації темпу розпуску при суворому обмеженні швидкості зіткнення вагонів. Класичні детерміновані підходи неефективні в умовах стохастичної природи скочування, оскільки не здатні подолати невизначеність через нестабільність ходових властивостей, погодні умови, завади тощо.

Класичні системи використовують усереднені значення, що призводить до значних похибок у прицілюванні через варіативність вектора випадкових параметрів (опір руху, вітер, температура). Рекурентні нейронні мережі, зокрема архітектура LSTM (Long Short-Term Memory), дозволяють аналізувати часові ряди швидкості відчепа та виявляти приховані динамічні тренди, такі як розігрів мастила в буксах або зміна вітрового навантаження. Це дозволяє реалізувати концепцію "упереджувального керування", мінімізуючи помилки ще до входу відчепа в зону гальмування.

Важливим аспектом удосконалення системи керування є перехід від дискретного керування на "довгих ділянках" до керування на "коротких ділянках", де інформація оновлюється при проходженні кожної осі вагона. Для ефективної реалізації такого підходу доцільно використовувати нечітку логіку (Fuzzy Logic). Нечіткі контролери дозволяють формалізувати експертні знання операторів та забезпечують плавну інтерполяцію керуючого впливу між дискретними моментами вимірювання. Це дозволяє уникнути різких коливань тиску в гальмівній системі та адаптувати гальмівне зусилля в умовах змінного коефіцієнта зчеплення.

Для вирішення задач оптимізації параметрів регуляторів має місце використання генетичних алгоритмів (GA). Вони дозволяють автоматизувати налаштування нечітких контролерів та знаходити глобальний оптимум у багатопараметричному просторі, мінімізуючи час регулювання та енерговитрати.

Найбільш перспективним напрямком є впровадження методів навчання з підкріпленням (Deep Reinforcement Learning - RL). У цій парадигмі система керування розглядається як агент, що навчається оптимальній стратегії взаємодії з сортувальною гіркою. Алгоритми, такі як DQN або DDPG, дозволяють агенту прогнозувати довгострокові наслідки миттєвих рішень, адаптуючись до складних сценаріїв, які неможливо алгоритмізувати жорсткими правилами. Навчання таких агентів повинно відбуватися у середовищі цифрових двійників (Digital Twins), побудованих на основі уточнених фізико-математичних моделей.

Запропоновано концепцію гібридної інтелектуальної системи керування, що складається з трьох рівнів:

1. Рівень сприйняття (автоенкодера для забезпечення достовірності даних та створення "віртуальних сенсорів" у випадку відмови обладнання);
2. Рівень прогнозування (застосування LSTM-мереж для високоточного прогнозування опору руху та швидкості вільного скочування);
3. Рівень прийняття рішень (комбінація GA для оптимізації та нечітких контролерів або RL-агентів для керування ступенем гальмування уповільнювача на "коротких ділянках").

Впровадження такої гібридної архітектури дозволяє трансформувати сортувальні станції в автономні системи Smart Yards, які здатні до самодіагностики та ефективної роботи в умовах невизначеності.

Дослідження методів та програмних засобів прогнозування виробництва металургійної продукції

Косіцин О. В., Іванов О. П., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Добра частина методів планування підприємств нагадує ритуальний танець дощу: він не впливає на погоду, але його учасникам здається, що впливає. Більше того, велика частка рекомендацій та установок щодо планування у виробництві спрямована на покращення не погоди, а самого танцю.

Головною функцією планування є створення майбутнього підприємств. Основним завданням управління є завдання розширити можливості контролювати майбутнє та ефективно реагувати на те, що не перебуває під їх контролем. У межах, у яких підприємства можуть контролювати майбутнє, немає сенсу займатися його пророцтвом. У тих межах, у яких вдається швидко та ефективно реагувати на неконтрольовані та неочікувані зміни, підприємства не потребують їх прогнозування.

При цьому є зовнішні економічні фактори, такі як попит на продукцію, які підприємства не можуть контролювати, і до яких не завжди легко адаптуватися. Це пов'язано з тим, що наприклад, металургійна продукція є капіталомісткою, і поведінка учасників ринків металургійної продукції залежить від поведінки ринків капіталу, яка залежить від макроекономічних показників, які у свою чергу залежні від впливу політичної кон'юнктури, технологічних і соціальних змін.

В умовах глобалізації, ринкової конкуренції та науково-технічних змін прогнозування стає одним із вирішальних інструментів розробки стратегії та тактики розвитку підприємств. Зараз необхідне прогнозування, що ґрунтується на об'єктивних закономірностях, використанні математичного апарату, побудові економічних моделей майбутнього. Це призводить до необхідності шукати ефективні методи прогнозування часових рядів.

Ефективність методів прогнозування часових рядів залежить від властивості стаціонарності часових рядів. Стаціонарність у теорії ймовірностей - це властивість випадкового процесу не змінювати свої статистичні характеристики з часом. У дослідженні для перевірки часового ряду на стаціонарність було застосовано тест Дікі-Фуллера.

У дослідженні для прогнозування часових рядів були застосовані такі методи прогнозування: лінійна регресія з лагом, експоненційне згладжування, прогноз SARIMA, алгоритм Random Forest, алгоритм Prophet, нейромережа LSTM.

Для програмування була використана мова Python. Python є високорівневою мовою програмування, яка для виведення результатів використовує інтерпретатор. Python містить велику стандартну бібліотеку модулів протестованого коду, які легко можуть бути включені до програм.

В результаті дослідження було виявлено, що тимчасовий ряд виробництва металургійної продукції є стаціонарним, не має тренду, та має сезонність. Хороші результати прогнозування показали алгоритм Random Forest і лінійна регресія з лагом, які не залежать від тренду.

Результати дослідження можуть бути застосовані для прогнозування виробництва металургійної продукції, що допоможе ефективно керувати та створити успішне майбутнє металургійних підприємств.

Про комбінаторну природу проблеми самоорганізації

Тимофієва Н. К, Інститут інформаційних технологій та систем Національної академії наук України, Україна

Однією з проблем кібернетики, зокрема і штучного інтелекту є вирішення проблеми самоорганізації. Вона спостерігається в управлінні, природі, суспільстві. Її дослідженню присвячено багато робіт. Під *самоорганізацією* в природі розуміють процес спонтанного виникнення ладу із безладу у відкритих нерівноважних системах. Найскладнішим положенням самоорганізації є спроба пояснити, як система мимовільно переходить із стану хаосу (безладу) в стан порядку, як і завдяки чому проходить її самоорганізація. Сучасна наука поки що на ці питання не відповіла.

Для пояснення цього явища існує багато теорій, зокрема теорія самоорганізованих зростаючих автоматів, евристична самоорганізація. Під евристичною самоорганізацією розуміють системи та програми обчислювальних машин, які містять в собі генератори гіпотез, порогові самовідбори корисної інформації та процедуру оптимізації порогів. Оскільки в генераторі гіпотез в процесі самовідбору має місце перебір варіантів, то цю проблему пробують вирішити з використанням математичного апарату комбінаторики, переважно повним перебором. Теорія автоматів ґрунтується на ітераціях, в яких наступне значення отримується рекурсивно з урахуванням попереднього результату. Евристична самоорганізація пов'язана з генеруванням комбінацій та використанням порогових самовідборів за евристичними критеріями.

В природі існує скінченне число множин комбінаторних конфігурацій одного і того ж типу, кожна з яких може бути впорядкована різними способами з використанням рекурентних правил. Такий процес характерний і при самоорганізації в природі. Тому для пояснення цього явища використовуємо знакові комбінаторні простори та генерування комбінаторних множин, правила яких розроблено досить ґрунтовно.

Природним просторам властиві закони комбінаторики. Важаємо, що процеси самоорганізації в живій природі та процеси впорядкування комбінаторних множин – подібні. Для обох випадків їхнє утворення характеризується як безладною структурою так і строгим порядком. В обох випадках утворюються фрактальні структури. Дослідження комбінаторних множин, які впорядковані за строгими правилами, показує, що вони містять “золоте” число. Золотий перетин, “золоте” число, число Фідія, число Бога відоме з давніх віків і постійно проявляється у природі та мистецтві. Науково підтверджено, що це число вносить гармонію і красу там, де воно присутнє. В природі воно проявляється через числа Фібоначчі.

Оскільки точкою знакових комбінаторних просторів є комбінаторна конфігурація певного типу, то генерування їхніх множин за строгими правилами призводить до появи у такій множині “золотого” числа. Хаотично впорядковані множини не містять такого числа.. Якщо для строгого впорядкування комбінаторних множин, при якому використано властивість періодичності, утворити послідовність чисел, сума яких дає кількість комбінаторних конфігурацій у їхній множині, то для деяких їхніх типів утворюється арифметичний трикутник, який містить числа Фібоначчі.

Висновок. Отже, в упорядкованих за строгими правилами комбінаторних множинах числові послідовності, які задають у них кількість комбінаторних конфігурацій, утворюють комбінаторні числа, зокрема числа Фібоначчі, відповідно і “золоте” число. Це говорить про те, що таким множинам властива гармонія. Оскільки самоорганізації в природі чи суспільних відношеннях характерний процес спонтанного виникнення ладу із безладу (створення гармонії), то в цьому процесі виникають такі правила, за допомогою яких знаходиться те впорядкування, яке містить “золоте” число.

Інтелектуально-динамічний цифровий двійник для систем напівнатурного моделювання

Елисеєва О.В.¹, Курзанцева Л.І.¹, Тимашов О.О.¹, Самойлов С.П.²

¹Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України, Україна, ²Український державний університет науки і технологій, Україна

На сучасному етапі розвитку промисловості та інформаційних технологій спостерігається перехід від традиційних методів проектування та випробування складних систем та виробів до нових, у яких фізичні об'єкти та цифрові моделі взаємодіють у єдиному інформаційному середовищі. Одним із головних елементів таких систем стає цифровий двійник. Він є віртуальною копією фізичного об'єкта, процесу або системи, що забезпечує відтворення їхньої поведінки в реальному або наближеному до реального часу. Цифрові двійники впроваджуються у промисловості, енергетиці, транспорті, авіації, медицині, оборонних технологіях у сфері інтелектуального виробництва. Вони дозволяють проводити оптимізацію параметрів, прогнозування стану об'єктів, планування технічного обслуговування за фактичним станом та підтримку рішень на основі аналізу великих масивів даних.

Паралельно з розвитком цифрових двійників спостерігається розвиток технологій напівнатурного моделювання, що є одним із найефективніших методів перевірки алгоритмів керування та валідації моделей складних технічних систем. При напівнатурному моделюванні частина системи працює у вигляді фізичного стенду, а інша частина — у вигляді цифрової моделі, і вони реально обмінюються сигналами, що дозволяють досліджувати поведінку складного технічного об'єкта без повного фізичного прототипу. Таким чином, можна дослідити динаміку складних технічних об'єктів без повної побудови або експлуатації всього виробу, тестувати алгоритми управління, моделювати аварійні режими та аналізувати поведінку системи в умовах, які неможливо чи небезпечно відтворити на повністю фізичному стенді.

При інтеграції цифрових двійників у системи напівнатурного моделювання здійснюється забезпечення синхронізації тимчасових процесів між фізичним і цифровим рівнями; компенсація затримок у каналах зв'язку; сумісність протоколів та форматів даних; стабільність моделі при зовнішніх впливах, що змінюються. Однак традиційні або «класичні» цифрові двійники в основному працюють у режимі офлайн або з обмеженим використанням реальних потоків даних, що не дозволяє повною мірою відтворювати динаміку складних процесів у реальному часі, і призводить до втрати точності та достовірності результатів під час тривалих випробувань. Виникає потреба в адаптації цифрової моделі до поточного стану фізичного об'єкта, створення інтелектуально-динамічних цифрових двійників, здатних пристосовуватися до змін умов роботи в реальному часі. Такі двійники поєднують фізично обґрунтовані моделі з моделями, побудованими з урахуванням даних, використовують способи навчання, нейронні мережі та рекурсивні методи оцінки показників. Їхньою характерною властивістю є можливість динамічного узгодження з фактичним станом фізичного об'єкта, що сприяє підвищенню точності, стабільності та інформативності напівнатурного моделювання.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю формування підходу до створення універсальних архітектур цифрових двійників, які могли б працювати в режимі реального часу, адаптуватися до зміни умов експлуатації та інтегруватися із системами напівнатурного моделювання для комплексного аналізу технічних процесів. Цей підхід має на увазі самоадаптацію двійників за рахунок використання алгоритмів штучного інтелекту, поєднання фізико-математичних моделей з нейромережевими предикторами. Це важливо при побудові складних технічних виробів, таких як гусеничні транспортні засоби, автономні машини, гібридні силові установки або інтелектуальні модулі управління, де взаємодія між фізичними та цифровими компонентами має бути тісно синхронізованою.

Дослідження методів оптимізації рендерінгу великої кількості об'єктів в Unity

Сидоров О.В., Іванов О.П., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Сучасні відеоігри характеризуються наявністю великої кількості однотипних об'єктів, що призводить до значного навантаження на апаратні ресурси системи. У таких умовах особливої актуальності набувають методи оптимізації рендерінгу, адже вони дозволяють зменшити витрати обчислювальних ресурсів та забезпечити ефективне використання графічного процесора. Головною задачею оптимізації рендерінгу є забезпечення стабільної високої частоти кадрів та плавної роботи застосунку навіть при великій кількості об'єктів. Дослідження присвячене аналізу ефективності методів оптимізації рендерінгу великої кількості об'єктів в Unity. Метою роботи є визначення найбільш дієвих підходів для підвищення продуктивності рендерінгу.

Для досягнення поставленої мети були використані наступні методи оптимізації: Static Batching, LOD, спрощення матеріалів і моделей, Occlusion Culling, GPU Instancing. Експеримент відбувався в ігровому рушії Unity з використанням мови C#. Для оцінювання ефективності кожного методу оптимізації вимірювалися ключові показники продуктивності: частота кадрів (FPS), час формування кадру на центральному (CPU) та графічному (GPU) процесорах, кількість батчів (Batches) і кількість відображуваних трикутників (Tris). Збір і аналіз цих метрик здійснювалися за допомогою спеціального інструменту, розробленого в рамках роботи.

Одним із досліджуваних методів був Occlusion Culling. Його суть полягає у відсіченні об'єктів, які фізично присутні у сцені, але повністю закриті іншими елементами та не потрапляють у поле зору камери. Завдяки цьому графічний процесор не витрачає ресурси на рендеринг невидимих об'єктів, що суттєво зменшує кількість трикутників для обробки та підвищує загальну продуктивність. У практичних умовах застосування Occlusion Culling дозволяє досягти помітного приросту FPS у сценах із великою кількістю статичних або складних моделей.

Результати експериментів показали, що використання визначених методів оптимізації суттєво підвищує продуктивність рендерінгу сцени з великою кількістю об'єктів. Найбільший ефект продемонструвало використання GPU Instancing. Ці методи дозволили збільшити FPS та зменшити час формування кадру на CPU і GPU, а також скоротити кількість батчів і виведених трикутників. Таким чином, впровадження відповідних методів оптимізації дає змогу ефективно рендерити великі масиви об'єктів без втрати продуктивності. Отримані результати мають практичне значення для розробників ігор та 3D-додатків на рушії Unity, оскільки допомагають обрати оптимальні стратегії для забезпечення високої продуктивності рендерінгу у складних сценах.

Важливим висновком дослідження є необхідність балансування навантаження між CPU та GPU. Різні методи оптимізації впливають на різні частини графічного конвеєра: одні знижують навантаження на CPU скорочуючи кількість викликів рендерінгу, тоді як інші методи полегшують роботу GPU, зменшуючи обсяг відображеної геометрії і складність шейдерів. Найбільший приріст продуктивності досягається у випадку поєднання таких підходів, що дозволяє вирівняти використання ресурсів CPU і GPU та запобігає ситуації, коли один з них стає вузьким місцем. Ефективність цього комплексного підходу підтверджено експериментально, що робить його головним для підтримання стабільно високої частоти кадрів у сценах Unity з великою кількістю об'єктів.

Застосування рушія Unreal engine 5 для розробки ігор

Маслюков І. С. Чорна В.В., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Постановка проблеми. Ігрова індустрія набирає рекордні оберти серед розважального контенту сучасності. Ігри зараз — це не лише спосіб розслабитися, але і можливість реалізуватися в ігровому світі, наприклад, через кіберспорт. Unreal engine — це рушій, який став найпопулярнішим інструментом не тільки для розробки ігор, але й для сінематиків, архітектури, симуляцій, VR та фільмів. Постійні оновлення та покращення, призводять до зменшення навантаження для обчислювальних компонентів, що випереджає рушій серед конкурентів.

Метою дослідження є: з'ясувати як розробляються ігри зсередини та створити власну для збільшення досвіду і покращення навичок у сфері *gamedev*.

Виклад основної частини. На початку розробки гри, “Інді-розробник” (Розробник, що розробляє гру повністю сам, або з невеликою командою) має проаналізувати ринок ігор та визначити найпопулярніші, аби в подальшому гра була цікавою та подобалася аудиторії. Найпопулярнішими жанрами ігор у 2025 році є шутери, RPG, ігри з відкритим світом та баттл-роялі [1]. Тому жанр моєї гри — шутер. Після аналізу варто визначитися з ідеєю: про що буде гра, після чого, обрати назву. Ідея моєї гри: *на один офіс напали терористи та захопили у заручники доньку головного героя у заручники. Тепер йому потрібно, зайшовши на локацію офісу та за допомогою зброї, визволити її.* Назва: *Save my life*. На початкових етапах, коли недостатньо досвіду, слід спрощувати гру, щоб не кинути на пів шляху через непередбачувані труднощі та великі об'єми неоплачуваної роботи. Наступним кроком треба зроби “вертикальний зріз” [2] (Зробити міні рівень, в якому будуть працювати всі механіки, фінальна графіка та UI інтерфейс), це потрібно для того, щоб пересвідчитися, чи справді цікава гра та чи варто її затверджувати до розробки. Для цього, спочатку треба сформувавши концептуальний документ, в якому будуть прописані всі механіки, ігрові можливості, вигляд персонажів, поведженні ШІ і тд. Це допоможе у пошуку та створенні потрібних “асетів” (ігрові моделі/текстури/матеріали і тд.). Коли сформований концептуальний документ, знайдені потрібні асети — час розробляти вертикальний зріз. Саме на цьому етапі моя гра знаходиться зараз: зроблена система стрільби (з підрахунком та здатністю до підбирання патронів + кидання гранати із показом траєкторії), ШІ, противника, який має 3 стани (патрулювання, переслідування та атаки гравця); ШІ заручниці (має механіку слідування за гравцем та очікування у заданому ним місці). Також додана можливість знищення терористів (якщо кількість здоров'я дорівнює нулю — противник помирає). Все це супроводжується анімаціями та звуком. Після завершення етапу зрізу, немало роботи: розробка всього процесу гри, тестування та впровадження. Все це є необхідним для створення повноцінної та цікавої гри. На моєму каналі Youtube публікуються новини щодо розробки цієї гри (@Ewanswick).

Посилання на використані джерела:

1) Найпопулярніші ігри 2025. Сайт *vctr.media*. URL: <https://vctr.media/ua/top-10-mobilnih-igor-bez-internetu-u-2025-roczy-264020/> (Дата звернення 01.12.25)

2) Вертикальний зріз. Стаття *What Is a Vertical Slice?*. URL: <https://www.gianty.com/vertical-slice-game-development/> (Дата звернення 01.12.25)

Моделювання складних систем за допомогою мультиагентних симуляторів

Зінов'єва О.Г., Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, Україна

Сучасний підхід до дослідження складних систем часто потребує використання багаторівневих методів та інструментів, що дозволяють враховувати взаємодії різних компонентів системи. В останні десятиліття мультиагентні симулятори зарекомендували себе ефективним інструментом для моделювання складних систем, надаючи можливість вивчати динаміку взаємодій між автономними агентами. Мультиагентне моделювання пропонує інструмент, який дозволяє будувати моделі з «розумними» автономними агентами, що взаємодіють між собою та з навколишнім середовищем. Такий підхід забезпечує можливість аналізувати колективну поведінку системи, яка виникає з індивідуальних стратегій окремих агентів.

Мультиагентні симулятори - це програмні платформи, в яких безліч автономних агентів взаємодіють один з одним та з навколишнім середовищем згідно з заданими правилами. Кожен агент має власні характеристики, цілі та стратегії поведінки. Водночас агенти формують складну динамічну систему, поведінка якої може суттєво відрізнитись від простого підсумовування дій окремих елементів.

Сучасні мультиагентні симулятори мають модульну архітектуру, що забезпечує гнучкість та масштабованість. Система управління агентами відповідає за створення, оновлення та видалення агентів під час симуляції. Вона координує виконання правил поведінки кожного агента, забезпечуючи синхронізацію та узгодженість стану всієї системи. Залежно від типу моделі, можливе застосування синхронного оновлення, при якому всі агенти змінюють свій стан одночасно, або асинхронного, коли агенти здійснюють зміни у випадковому чи наперед визначеному порядку. Модель середовища надає просторовий контекст для взаємодії агентів. Планувальник подій відповідає за управління часом у процесі моделювання. У дискретно-часових моделях час рухається фіксованими інтервалами, протягом яких оновлюється стан усіх агентів.

Одна з найбільш розвинених сфер застосування мультиагентного моделювання - це планування транспортних систем та міського простору. Симулятори транспортних потоків моделюють кожен автомобіль як окремого агента з власним маршрутом, стилем водіння та цілями. Це дозволяє досліджувати, як зміни в інфраструктурі, світлофорній системі або дорожніх правилах впливають на затори, тривалість поїздок та рівень викидів.

Моделі руху пішоходів допомагають проектувати безпечні та ефективні громадські простори, вокзали, торговельні центри та спортивні арени. Агенти-пішоходи керуються моделями уникнення зіткнень, пошуку шляху та соціальних сил, що притягують їх до цікавих об'єктів або товаришів. Такі моделі критично важливі для планування евакуації у надзвичайних ситуаціях.

Існує багато програмних платформ для мультиагентного моделювання, кожна з яких має свої переваги та призначення. NetLogo є найбільш популярною платформою для освітніх цілей та швидкого прототипування завдяки простій мові програмування та вбудованим засобам візуалізації. Вона містить велику бібліотеку готових моделей з різних сфер. Mesa - учасна бібліотека на Python, яка поєднує простоту розробки з можливістю інтеграції з екосистемою наукових бібліотек Python для аналізу даних, машинного навчання та візуалізації. Вона добре підходить для дослідників, які вже знайомі з Python. Repast - інструмент для великих досліджень, що підтримує Java та Python. Він пропонує гнучку архітектуру, підтримку паралелізації та інтеграцію з ГІС-системами для геопросторового моделювання. Для специфічних застосувань існують спеціалізовані симулятори.

Розпізнавання об'єктів на зображеннях з використанням зовнішніх онтологічних знань

Галушка О.В., Шинкаренко В. І., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Сучасні методи розпізнавання об'єктів на зображеннях, засновані на глибоких нейронних мережах, досягли значних успіхів у задачах класифікації та розпізнавання об'єктів. Однак існуючі підходи розглядають категорії об'єктів як ізольовані мітки, ігноруючи семантичні зв'язки між ними. У даній роботі пропонується архітектура, що інтегрує зовнішні онтологічні знання в процес розпізнавання, що дозволяє підвищити точність розпізнавання та забезпечити семантичну узгодженість передбачень.

Традиційні моделі, такі як Faster R-CNN, YOLO та DETR, навчаються розпізнавати категорії незалежно одна від одної. При цьому не враховуються ієрархічні зв'язки (відношення «is-a»), структурні відношення (відношення «has-part») та атрибутивні характеристики об'єктів (відношення «has-attribute»). Впровадження онтологічних обмежень дозволяє спрямувати модель у бік семантично узгоджених передбачень, виключаючи завідомо невалідні комбінації та посилюючи ймовірність семантично несуперечливих висновків на основі структурованих знань про предметну область.

Запропонована архітектура розширює сучасні моделі двома модулями на основі графових нейронних мереж, що оперують у єдиному просторі ембедингів.

Візуальний граф моделює просторові відношення між регіонами на зображенні. Вершини графа відповідають потенційним об'єктам на зображенні, а ребра формуються на основі геометричних ознак пар обмежувальних рамок. Геометричні характеристики ребер (пересічення, відносне положення, співвідношення розмірів) перетворюються на векторні представлення за допомогою нейронної мережі, що визначає ваги агрегації повідомлень у графовій нейронній мережі.

Онтологічний граф кодує зовнішні знання про предметну область. Вершини представляють концепти онтології, ініціалізовані ембедингами текстового енкодера CLIP. Типізовані ребра відображають семантичні відношення між концептами. Реляційна графова згорткова мережа (RGCN) збагачує представлення концептів контекстом з онтологічної структури.

Класифікація здійснюється шляхом співставлення візуальних ембедингів з онтологічними на основі косинусної подібності, що забезпечує інтерпретованість та можливість zero-shot (класифікації раніше непередставлених в навчальній вибірці концептів) узагальнення на нові концепти.

Пропонується комбінована функція похибки з навчальними вагами компонентів: фокальна похибка для класифікації з урахуванням дисбалансу класів, контрастивна похибка для вирівнювання візуального та онтологічного просторів, а також ієрархічна похибка, що штрафує модель пропорційно семантичній відстані між концептами в онтології.

Інтеграція онтологічних знань забезпечить: підвищення точності розпізнавання за рахунок використання семантичного контексту; зниження кількості логічно суперечливих розпізнавань; покращення розпізнавання рідкісних класів завдяки перенесенню знань через онтологічні зв'язки; інтерпретованість рішень моделі через явне представлення семантичних відношень.

Запропонований підхід демонструє перспективність інтеграції символічних знань у нейромережеві моделі комп'ютерного зору. Використання онтологій дозволяє подолати обмеження суто статистичного навчання та забезпечити семантичну обґрунтованість розпізнавання, що особливо актуально для застосунків, які вимагають високої надійності та інтерпретованості результатів розпізнавання.

Проблеми навігації у приміщеннях із використанням систем доповненої реальності

Шаравара В.В., Український державний університет науки і технологій

Сучасний рівень розвитку технологій геопозиціонування та бездротового зв'язку забезпечив можливість навігації на відкритому просторі з високою точністю, і сьогоднішній світ важко уявити без доступу до цифрових карт та навігаторів-помічників, інтегрованих у гаджети чи безпосередньо в транспортні засоби. Водночас зміна навколишніх умов, наприклад, перенесення з відкритого простору у приміщення, призводить до суттєвого погіршення якості такої навігації, що пов'язано з малооефективністю систем супутникового позиціонування у приміщеннях, особливо в багатоповерхових будівлях, а також зі скороченням відстаней між точками інтересу.

При цьому питання пошуку маршруту пересування у незнайомій будівлі, наприклад, у багатоповерховому торговельному центрі чи аеропорту, стає важливою прикладною задачею в умовах ускладнення архітектури споруд, зростання їхньої площі та кількості поверхів. Традиційні підходи до внутрішньої навігації обмежуються розміщенням статичних планів приміщення і вказівників у фізичному просторі будівлі, що не забезпечує такого ж рівня зручності та інтуїтивності, як використання цифрових засобів. У цьому контексті перспективним виглядає використання доповненої реальності, що дозволяє суміщати навігаційну інформацію з реальним оточенням, підвищуючи зрозумілість маршрутів та забезпечуючи динамічність інформації. Більшість сучасних смартфонів уже має вбудовану підтримку програмних засобів для роботи з доповненою реальністю (ARKit, ARCore тощо), що потенційно надає доступ до технології одразу широкій аудиторії користувачів.

У межах експериментального прототипу задачу побудови маршруту було зведено до таких підзадач: зіставлення системи координат віртуального простору із системою координат на двовимірному плані будівлі, пошук шляху на двовимірному плані, перетворення координат шляху в систему координат віртуального простору та відображення маршруту в AR-просторі.

Для зіставлення систем координат використовувалися системи об'єктів-маркерів, координати яких на двовимірному плані будівлі були задані наперед, а відповідні координати в AR-просторі визначалися під час потрапляння такого об'єкта в поле зору камери. Таким чином, після розпізнавання кількох об'єктів-маркерів отримували систему пар точок, за якою визначали лінійне перетворення координат з одного простору в інший.

Задачу зіставлення координат ускладнює те, що система координат віртуального простору не є сталою, а постійно уточнюється під час руху пристрою. При цьому об'єкти дрейфують у віртуальному просторі та можуть віддалятися від відповідних їм точок реального простору. Для компенсації цього ефекту лінійне перетворення координат визначали повторно під час виявлення нового маркера або повторної появи одного з раніше виявлених, а найбільш застарілі маркери відкидалися. Такий підхід дозволив відновлювати коректність маршруту за наявності достатньої кількості маркерів на шляху, однак повністю уникнути дрейфу не вдалося.

Як альтернативний спосіб зіставлення координат було випробувано триангуляцію сигналу від кількох Bluetooth-пристроїв, що працювали за протоколом iBeacon, проте точність вимірювання відстані виявилася низькою, що не дозволило отримати задовільних результатів.

Отримані результати підтверджують перспективність використання доповненої реальності для задач навігації у приміщеннях і засвідчують необхідність подальших досліджень у напрямі пошуку ефективних методів локалізації користувача в просторі.

Визначення фрактальних складових графу

Летучий О. І., Шинкаренко В. І. Український державний університет науки і технологій,
Україна

Фрактали – це геометричні структури, які мають властивість самоподібності: незалежно від того, наскільки їх наблизити чи віддалити, у них знову проявляються знайомі форми. Такі об'єкти створюють шляхом багаторазового повторення математичних операцій та рекурсивних алгоритмів. Фрактали широко застосовуються у комп'ютерній графіці – з їх допомогою формують детальні текстури, реалістичні ландшафти, моделі гірських масивів, річкових систем та інших природних структур.

Графові фрактали поєднують властивості графів та фракталів. Фрактальні графові структури дозволяють моделювати будівлі та композиційні будівельні матеріали з метою покращення їх характеристик стійкості та міцності.

Фрактальні моделі добре працюють там, де графи природно ростуть як фрактали – соціальні мережі, мережі інтернету, біологічні системи. Фрактальні метрики, такі як фрактальна розмірність графа, дозволяють оцінити складність мережі, передбачити поведінку потоків чи навантаження, а інколи – знаходити вузькі місця або оптимальні точки впливу.

Кожен граф можна розкласти на декілька фрактальних графів. Граф може мати як повну так і часткову самоподібність з деякими відхиленнями.

Як приклад графу, що розкладається на інші самоподібні графи, може слугувати кристалічна гратка, де вершинами є атоми кристалу, а ребра – зв'язки між атомами. В ідеальному кристалі буде повністю самоподібний граф. Проте в природі існують не чисті кристали, які мають вкраплення, тобто інші кристали або мінерали, як приклад, кварц з вкрапленнями турмаліну. Як наслідок, граф кристалічної структури поєднання декількох кристалів або мінералів складається з частково самоподібних графів.

Для формування таких графових фракталів можна використати підхід конструктивно-продукційної моделювання (КПМ) на основі формальних граматик. Цей підхід виокремлюється особливою гнучкістю та адаптивністю до розв'язуваних задач. В основі цього підходу лежить конструктор, який складається з трьох частин: неоднорідний розширюваний носій; відношення та відповідні операції; множина (формальних і неформальних) тверджень інформаційного забезпечення конструювання.

Формування графових фракталів за допомогою КПМ передбачає поступове перетворення графової фрактальної структури за допомогою спеціальних правил. Інформаційне забезпечення конструювання визначає початкову та кінцеву форму перетворення, містять операції підстановки, операції над атрибутами, а також визначають умови можливості перетворення.

Замінюватись можуть не лише поодинокі вершини, а їх скупчення. Умови для росту графового фракталу можуть бути різними, наприклад, заміна вершин які мають вагу в заданому діапазоні; вершини, до яких належать певні ребра. В якості нетипових умов можна використовувати назву вершин або колір, яким помічено ці вершини.

Розроблено програмний засіб для моделювання фрактальних графів за допомогою мови C# та платформи .NET. Графи та правила підстановки представлені у вигляді класів, а їх атрибути в якості полів та властивостей відповідних класів. Програма має графічний користувацький інтерфейс з чітко виділеними частинами: вікно в якому відображається 3D фрактальний граф, графічне представлення операції заміни вершин графа, меню редагування атрибутів операції заміни. Програма надає можливість поступово нарощувати фрактальний граф, редагуючи при цьому атрибути та правила заміни, а також можливість зберігати отриманий фрактальний граф у вигляді бінарного файлу.

У підсумку фрактальний аналіз дає змогу стискати графи, ефективніше моделювати їхню еволюцію.

Моделювання біонічних алгоритмів для оптимізації обробки зображень

Дорогокупля К.О., Андрющенко В.О., Український державний університет науки і технологій, Україна

Якість зображень, особливо в умовах шуму (наприклад, Гаусового або "сіль та перець"), є критичною для комп'ютерного зору та аналізу даних. Ефективне згладжування вимагає оптимального налаштування параметрів фільтрів, що є складною задачею неперервної оптимізації.

Задача зводиться до пошуку оптимального значення розміру вікна фільтра (K) (наприклад, для Медіанного фільтра), що належить до неперервного простору пошуку, який максимізує якість очищеного зображення.

Як метрика якості використовується Пікове Співвідношення Сигнал/Шум (PSNR). Функція пристосованості *Fitness* визначається як $PSNR(\text{Оригінальне Зображення}, \text{Очищене Зображення})$. Мета алгоритму — $Fitness \rightarrow \max$.

Нами розроблено та надана оцінка ефективності Неперервного Генетичного Алгоритму (CGA) у знаходженні оптимальних, нецілочислових параметрів фільтра, що дозволяють досягти найкращого показника PSNR на тестовому зашумленому зображенні.

Метод базується на застосуванні створення нових рішень шляхом ітеративного оновлення "конструктивних" компонентів хромосом.

Використовується кодування дійсними числами, де хромосома $x = [K_{float}]$ (для простого випадку, де K — єдиний параметр) представляє неперервне значення розміру ядра фільтра.

Проведена адаптація стандартних GA-операторів для дійсних чисел: Арифметичний/Блендинговий Кросинговер ($BLX - \alpha$), що створює нащадків як лінійну комбінацію батьків, та Гаусова Мутація, що додає невелике випадкове відхилення до значень параметрів.

Для застосування фільтра передбачено механізм декодування: значення K_{float} округлюється до найближчого непарного цілого числа K_{int} для коректного використання у функції фільтрації.

"Гарячою функцією" (Hot Function) є Медіанна Фільтрація зображення, яка виконується на кожному кроці оцінки пристосованості. Це дозволяє паралельно перевірити ефективність CGA і оцінити його обчислювальні витрати.

Визначено здатність CGA ефективно знаходити квазіоптимальний параметр K , який забезпечує PSNR вищий, ніж при використанні довільно обраних або емпірично налаштованих параметрів.

Емпіричне порівняння CGA (пошук) з простим перебором (Grid Search) або базовим CPSO показало, що CGA може досягати зрівняних або кращих результатів, використовуючи значно меншу кількість оцінок функції пристосованості.

Проведено аналіз чутливості, який показав, що CGA успішно справляється з невизначеністю та локальними оптимумами, які виникають через дискретизацію неперервного параметра K під час декодування.

Виміряно швидкість збіжності CGA (кількість поколінь) до найкращого PSNR, що підтверджує, що оператори CGA для дійсних чисел ефективно досліджують простір пошуку параметрів фільтра.

Результати підтверджують, що біонічні алгоритми можуть бути успішно використані як автоматизовані тюнери параметрів для складних алгоритмів обробки зображень, підвищуючи якість результату без потреби у глибокому ручному налаштуванні.

Застосування методу TF-IDF для зважування продукційних ознак при кластеризації математичних текстів

Лебеденко А.В., Андрющенко В.О., Український державний університет науки і технологій, Україна

Вступ. Стрімке зростання обсягів наукових публікацій у комп'ютерних науках та фізико-математичних дисциплінах актуалізує задачу автоматизованого аналізу семантики наукових текстів. Ключовим носієм інформації в таких текстах є математичні формули, які в цифровому середовищі зазвичай представлені мовою розмітки LATEX. Існуючі методи пошуку часто ігнорують структурну складність формул, розглядаючи їх як набір символів, або, навпаки, використовують надмірно складні графові моделі, що ускладнює обчислення. У рамках нашого дослідження з конструктивно-продукційного моделювання виникає необхідність у розробці метрики, здатної виділяти найбільш значущі елементи математичного виразу.

Постановка задачі. Метою роботи є адаптація класичного статистичного методу TF-IDF (Term Frequency – Inverse Document Frequency) для задачі векторизації математичних формул. Необхідно визначити поняття «терміна» в контексті формальних граматики LaTeX та розробити підхід до автоматичного зважування структурних елементів формул для подальшої задачі кластеризації.

Методи дослідження. У роботі запропоновано використання методів конструктивно-продукційного моделювання для розбору синтаксичних дерев формул та статистичний аналіз текстових корпусів. Вхідними даними є набір формул у форматі LATEX, отриманий з відкритого репозиторію arXiv.org.

На першому етапі кожна формула F проходить препроцесинг та парсинг, в результаті чого будується дерево розбору (Abstract Syntax Tree). Замість традиційних слів, як «терміни» (t) розглядаються вузли дерева та продукційні правила виду $A \rightarrow \alpha$, де A – нетермінал, а α — ланцюжок терміналів та нетерміналів.

Вага кожного продукційного правила для конкретної формули обчислюється за модифікованою формулою TF-IDF:

$$\omega_{t,F} = tf(t, F) \times \log\left(\frac{N}{|\{F \in D : t \in F\}|}\right)$$

де $tf(t, F)$ — частота використання правила t у формулі F , N — загальна кількість формул у корпусі, а знаменник дроби — кількість формул, що містять дану конструкцію.

Результати. Запропонований підхід ефективно фільтруватиме «математичний шум». Елементи з низьким IDF (часто зустрічаються: змінні x , y , знаки рівності, оператори додавання) отримують низьку вагу, тоді як специфічні оператори (наприклад, оператор Гамільтона ∇ , тензорні добутки \otimes або специфічні інтегральні перетворення) отримують високу вагу. Це дозволяє формувати семантично насичені векторні профілі формул («Feature Vectors»), які значно покращують якість роботи алгоритмів кластеризації (наприклад, K-Means або DBSCAN) порівняно з бінарним кодуванням наявності символів.

Висновки. Адаптація методу TF-IDF до простору продукційних правил дозволяє автоматично виявляти ключові математичні конструкції без необхідності ручного створення словників стоп-символів. Запропонований підхід є ефективним етапом попередньої обробки даних у системі конструктивно-продукційного аналізу наукових текстів та створює підґрунтя для більш точної тематичної класифікації наукових статей.

Information and communication principles of the ERTMS/ETCS system

Mykhailo Babaiev, Ukrainian state university of railway transport, Ukraine

The ERTMS/ETCS system lays down the principle of continuous and discrete information exchange between trackside devices of railway infrastructure and rolling stock. The system is based on the modular architecture of the onboard computing complex and the use of intelligent sensor tools that provide a highly accurate determination of the speed and spatial position of the train. The ETCS system is a key component of ERTMS, which also includes subsystems for managing train work, forming trains, passenger information systems and other components of integrated rail transport management [1].

The main goal of the implementation of ETCS is to increase the efficiency and reliability of information interaction between floor equipment and locomotive systems. ETCS includes Eurobalise receiving devices, Euroloop loops, Euroradio radio communication facilities, as well as Eurocab onboard equipment. The choice of a specific level of ETCS implementation is determined by the technical equipment of the railway section, its operational purpose and requirements for the speed limit.

Within the framework of ERTMS/ETCS, there are four levels of system functioning: zero, the first (L1), the second (L2) and the third (L3).

Level zero involves operation without integrating trackside signaling equipment and centralization devices into ETCS; The driver controls the movement according to visual signals, and the on-board system only monitors compliance with the established speed limits.

The first level of ETCS (L1) is based on dividing the race into block sections, the length of which is not less than the braking distance of the train. This level can be implemented on existing sections with normal driving mode. The transmission of information to the rolling stock is performed mainly by Eurobalise, through which traffic light readings and data on the state of track occupancy are transmitted. The implementation of L1 allows you to increase the speed of trains to 160 km/h [4].

The second level of ETCS (L2) is focused on high-speed rail lines. Information interaction is carried out both through Eurobalise and through GSM-R digital radio communication, which ensures continuous data exchange between the locomotive and the radio blocking center (RBC) [3, 4].

The third level of ETCS (L3) is the least common in practice. Its implementation involves the introduction of a system for monitoring the integrity of the train, which allows to reduce the usage of the most trackside equipment. The exchange of information is carried out exclusively by radio channel between the RBC and the rolling stock. The absence of the need to divide the run into fixed block sections creates conditions for the safe reduction of the intervals of passing trains. The main problem of implementing this level remains the creation of a reliable system for monitoring the integrity of rolling stock [2, 4].

When designing and implementing the ETCS system in Ukraine, it is advisable to take into account the experience of implementing relevant projects on the railways of the European Union, the technical characteristics of the existing signaling and communication systems, as well as the prospects for further infrastructure development in order to ensure an increased level of safety and speed of rail transportation.

Bibliography

1. ERTMS / ETCS / SUBSET-037 // EuroRadio FIS. – ERA, UNISIG, EEIG ERTMS USERS GROUP, 2015 – H. 126. https://www.era.europa.eu/system/files/2023-01/sos3_index010 - subset-037_v320.pdf
2. Is GSM-R the limiting factor for the ERTMS system capacity? – Gustaf Lindström. – Stockholm, 2012. – P. 50. – URL: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:549656/FULLTEXT01.pdf>.

3. Communication Technologies Support to Railway Infrastructure and Operations. – Aleksander Sniady. – Denmark, 2015. – P. 253. – URL: https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/110642912/alesn_PhD_Thesis_final_version_with_covers_compressed.pdf.
4. Rosberg T., Thorslund B. Radio communication-based method for analysis of train driving in an ERTMS signaling environment // European Transport Research Review. – 2022. – Vol. 14. – Art. 18. DOI: 10.1186/s12544-022-00542-5.

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
ТА ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ СФЕРИ ОСВІТИ**

Дорожні карти сучасного ІТ фахівця

Міхєєв І.А., Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, ЕРАМ, Україна

ІТ-індустрія є динамічною системою з неймовірною швидкістю зміни свого стану: технології, що були на піку популярності вчора, сьогодні стають застарілими; пандемія принесла паузу майже у всіх бізнес-процесах, а потім почався неймовірний попит на розробку цифрових рішень; генеративний штучний інтелект повинен був замінити більшість ІТ-фахівців, але перейшов у роль асистента, який може суттєво підвищити продуктивність, але аж ніяк не замінити. У таких умовах традиційна система освіти часто не встигає за вимогами ринку, створюючи розрив між знаннями випускників та очікуваннями роботодавців.

Основою підходу до створення дорожніх карт стала філософія Cambridge Pathway – послідовний та логічний шлях від базових знань до глибокої експертизи (рис. 1) [1].

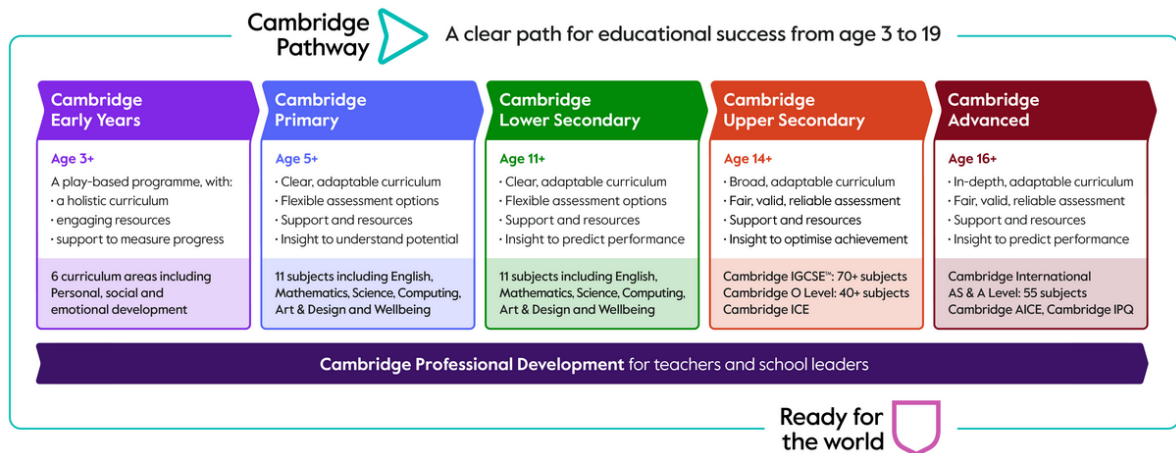


Рисунок 1 – 5-ти рівнева структура Cambridge Pathway

Мета дорожньої карти – не просто надати набір навичок, а сформувати у фахівця цілісне розуміння того, що очікує від нього індустрія: фундаментальні знання, спеціалізовані навички, здатність до самонавчання та швидкої адаптації. Це шлях, що перетворює вчорашнього студента на конкурентоспроможного професіонала, готового до реальних проєктних викликів.

В основі розробленої концепції дорожньої карти від компанії ЕРАМ лежить модель із виділеними 4-ма рівнями, що дозволяє студенту поступово занурюватися у світ ІТ, рухаючись від загального до конкретного. Проєкт має назву «Шляхи кар'єри» (рис. 2) [2].

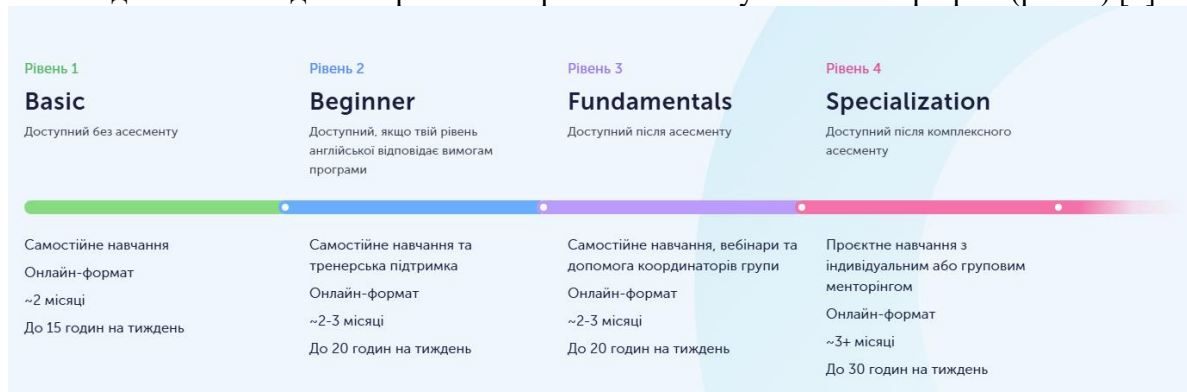


Рисунок 2 – Шляхи кар'єри від ЕРАМ Campus

Рівень 1: Basic – відправна точка для всіх, хто робить перші кроки в ІТ. Головне завдання цього етапу – закласти міцний фундамент, на якому будуватиметься вся подальша

освіта. Тут не йдеться про написання складного коду. Йдеться про формування цифрової грамотності та базового розуміння того, як працює цифровий світ. Кандидати вивчають архітектуру комп'ютера, принципи функціонування операційних систем, основи роботи комп'ютерних мереж та Інтернету. На цьому рівні ти як початківець в ІТ познайомишся з ключовими технічними термінами і поняттями, опануєш основи комп'ютерних наук.

Рівень 2: Beginner. Маючи базове розуміння, кандидат переходить на наступний рівень, де починається його шлях як розробника. Основна мета на цьому етапі – це опанувати синтаксис та основи мови програмування (якщо обраний шлях направлен саме на розробку програмного забезпечення). Вибір мови може бути різним: Python, як чудовий інструмент для початківців, або Java, що відкриває двері у світ enterprise-розробки. На цьому етапі акцент робиться на практиці: написання перших програм, вивчення базових структур даних та алгоритмів, опанування основних бібліотек.

Рівень 3: Fundamentals – етап поглиблення знань та підготовки за обраним технологічним стеком, що включає вивчення спеціалізованих фреймворків та підходів до вирішення різноманітних задач в сфері. Кандидат вже вміє розробляти невеличкі проекти, але тепер йому потрібно навчитися робити це професійно.

Рівень 4: Specialization – фінальний етап навчання. Кандидати, маючи міцний фундамент, отриманий на попередніх рівнях, за допомогою менторів та експертів вивчає та виконує вузькоспеціалізовані задачі, отримуючи знання та досвід, що максимально наближений до реальних вимог на реальних проєктах. Звісно все це відбувається за допомогою менторів та експертів в середині лабораторії ІТ-компанії, в умовах коли тісна співпраця та комунікація між всіма учасниками процесу подана у вигляді проєктної адаптації, або проєктного навчання.

Жодна, навіть найкраща, освітня програма не буде повноцінною без тісної співпраці з ІТ-індустрією. Саме бізнес є кінцевим замовником і споживачем кадрів, а отже, його вимоги мають стати орієнтиром для університетів. У цьому контексті надзвичайно важливу роль відіграють такі платформи, як EPAM Campus Portal [2]. Це не просто база даних курсів, а справжній міст між академічним світом та ІТ-компанією.

Завдяки таким порталам університети та викладачі отримують доступ до найактуальніших навчальних матеріалів, розроблених провідними інженерами та експертами компанії. Це дозволяє інтегрувати передові знання та індустріальні стандарти безпосередньо в навчальні плани, роблячи їх релевантними.

Для студентів переваги ще більш очевидні. Вони отримують можливість навчатися за програмами, що відповідають вимогам ринку, брати участь у вебінарах та воркшопах від практикуючих фахівців, а головне – долучатися до стажувань та тренувальних проєктів під керівництвом досвідчених менторів. Саме такий досвід дозволяє адаптуватися до корпоративної культури, навчитися працювати в команді та зрозуміти життєвий цикл розробки продукту зсередини, познайомитися із проєктними інструментами.

Випускник, який пройшов такий шлях, є не просто теоретиком, а молодим фахівцем із практичними навичками, готовим приносити користь з першого дня роботи.

Джерела:

1. Cambridge Pathway [Електронний ресурс]. URL: <https://www.cambridge.org/insight/cambridgepathway> (дата звернення: 15.12.2025).
2. Визнач свій шлях до успішної кар'єри в ІТ | EPAM Campus [Електронний ресурс] URL: <https://campus.epam.ua/ua/career-journey> (дата звернення: 15.12.2025).

Перспективи розвитку онлайн освіти в соціальній роботі

Байдарова О. О., Печончик М. Р., Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

Повномасштабна війна суттєво ускладнила доступ соціальних працівників до якісної професійної освіти (Лісогор & Шматова, 2024), що посилило потребу в гнучких формах навчання. Онлайн-освіта стала необхідним інструментом підтримки фахівців, особливо в умовах зруйнованої інфраструктури та нестабільної комунікації (МОН України, 2023). Такі фактори, як переміщення населення, брак кадрів і зростання запиту на соціальні послуги, підвищують значення короткострокових програм неформальної освіти, які дозволяють швидко розвивати професійні компетентності.

Неформальна освіта, що відіграла важливу роль ще у довоєнні часи у підтримці демократичних перетворень та розвитку громадянського суспільства, під час військового стану створює можливості для компенсації освітніх втрат та підвищення кваліфікації у професійній сфері (Алексєєва, 2024, с. 6–12). В умовах гострої потреби у соціальних послугах у територіальних громадах, браку працівників соціальної роботи та значного плинку кадрів через міграційні процеси до професійної діяльності залучаються фахівці, які часто не мають достатнього рівня знань та умінь (Байдарова & Семігіна, 2024, с. 72). У цьому контексті, інструменти онлайн-освіти можуть стати важливим засобом для навчання соціальних працівників, надаючи доступ до актуальних знань, методик та обміну досвідом навіть у кризових умовах. Відтак, інструменти онлайн-навчання стають не просто альтернативним джерелом для забезпечення безперервної освіти соціальних працівників, але й важливим елементом адаптації освітнього процесу до реалій воєнного часу.

Зростання ролі цифрових технологій сприяло активному розвитку онлайн-навчання в Україні. Починаючи з 2013 року, коли було створено перші українські масові відкриті онлайн-курси, цифрова освіта стала повноцінним компонентом освітнього середовища. Нині популярні платформи – Prometheus, ВУМ online, Дія.Освіта, EdEra та інші – забезпечують доступ до навчання працівників соціальної сфери навіть в умовах нестабільності. Однак сучасне різноманіття освітніх платформ не гарантує відповіді на запит працівників соціальної роботи та високої ефективності навчання. Відтак, актуальною залишається потреба в дослідженні ефективності таких платформ у професійній підготовці й підтримці соціальних працівників.

В умовах війни онлайн-освіта є не просто тимчасовим рішенням, а необхідним інструментом забезпечення безперервного професійного розвитку. Системний аналіз якості онлайн-ресурсів і їх відповідності потребам соціальних працівників є важливим для підвищення професійної спроможності та здатності фахівців відповідати на виклики, спричинені війною. Саме тому виникає науково-практична потреба у глибшому вивченні потенціалу онлайн-платформ у неформальній освіті в соціальній роботі.

Список використаних джерел

Лісогор, Л., & Шматова, В. (2024). *Розвиток навичок у сфері неформальної освіти в Україні*. Helvetas Swiss Intercooperation.

Алексєєва, С. (2024). Інновації та перспективи в освітніх практиках: неформальна освіта. *Проблеми сучасного підручника*, 32, 6–12.

Міністерство освіти і науки України (2023). *Освіта і наука України в умовах воєнного стану*. Інститут освітньої аналітики.

Байдарова, О., & Семігіна, Т. (2024). «Нам марафон вже бігти треба»: аналіз досвіду проведення тренінгів із соціальної роботи в умовах війни. *Соціальна робота та соціальна освіта*. 2024, 2 (13), 70-82.

Про оцінювання рівня ризику при прийнятті рішень у проектах

Литвиненко К.В., Український державний університет науки і технологій, Україна.

Панік Л.О., Дніпровський технологічний університет «ШАГ», Україна.

Похибки в розрахунках проектної та дослідної документації проектів різного виду в значній мірі залежать від складності, досліджуваності та характеру розв'язуваної задачі. Часова протяжність часу, який описується розрахунком, також відіграє свою роль, так як вхідні дані можуть зазнавати змін під впливом сукупності факторів. Тому дійсні результати та показники виконання проекту можуть суттєво вирізнитися від проектних, створюючи певний ризик успішності проекту в цілому. Визначити тактику в умовах ризику на стадії розробки складних проектів зазвичай досить важко. В цих умовах представляється важливим орієнтування на раціональний рівень ризику.

В ході розробки проекту процес на етапах розрахунку складається з двох частин: визначення параметрів етапів проекту на базі розрахункових методів або думки експертів з подальшим прийняттям рішення виходячи з досвіду, можливості, загальної ситуації і т.п. В процесі розрахунку виконання етапу проекту можливо орієнтуватися на певні числові значення витрат, часу виконання, продуктивності. Об'єктивно, вони відповідають математичному очікуванню на кривій розподілу можливих значень етапу при фактичній реалізації прийнятого рішення. При цьому прийняття значення математичного очікування відповідає $R_0 = 50\%$ можливому ризику непідтвердження виконання прийнятого рішення. Для зменшення значення ризику необхідно обирати значення показника лівіше математичного очікування $R < R^0$, що дає зменшення долі площі під кривою.

Вибір раціонального рівня ризику залежить від багатьох причин і може вирізнитися навіть для схожих проектів. В технічних та бізнес-проектах відомі випадки прийняття рішення з 80% ризиком. При створенні нового продукту з виходом на ринок підприємство може орієнтуватися на 1 з 5 шансів отримати прибуток. Тому ризик повинен бути розважливим. Усяке велике відхилення від розважливого ризику можливо вважати авантюризмом, а страх перед ризиком (надмірне резервування часу та ресурсів) є проявом перестрашування. В обох випадках збитки або програш зазвичай супроводжують прийняте рішення.

При чисельному оцінюванні ризиків зазвичай шукають добуток ймовірності настання негативної події на величину наслідків у прийнятій метриці вимірювання. Для оцінювання ризику пропонується наступний підхід обчислення ймовірності: нехай P_i – ймовірність настання негативної події на i – етапі робіт проекту, тоді ймовірність виконання етапу дорівнює $1 - P_i$. Враховуючи несумісність дії негативних подій, ймовірність невиконання проекту під впливом хоча б одного з етапів $P = 1 - \prod_{i \in K} (1 - P_i)$. Якщо Z_i – величина збитків на етапі проекту, то функція ризику має вигляд $f(R) = Z_i \cdot P$.

Геометричною інтерпретацією при оцінюванні ризику слугують діаграми Фармера, на яких відображуються лінії рівнів ризику в системі координат $Z - P$. Для раціонального прийняття рішень по ризикам у проекті на детермінованих діаграмах Фармера необхідно виділяти зони, що характеризують невизначеності, пов'язані з відсутністю необхідної априорної інформації, необхідної для чисельного оцінювання, зон прийняттого та неприйняттого ризику.

Раціональність рішення в умовах ризику вимагає визначення мінімального значення критерію ефективності $f(R)$ (збитків). Крім економічної оцінки наслідків ризику, функція $f(R)$ повинна відображувати і кон'юнктуру складову. Тому функція ризику (збитків) може мати мультиплікативний вигляд $f(R) = f_{\text{екон}} \cdot f_{\text{кон}}$.

При прийнятті рішень в проектах орієнтуються на різні варіанти відношення до ризику: об'єктивне (рівне), обережне, азартне, відношення багатія (применшуване відношення додатних та від'ємних помилок), відношення бідняка (перебільшуване відношення додатних та від'ємних помилок), цільове відношення з розрахунком на певний виграш з відповідним ризиком.

Інформаційні технології та ціннісно орієнтована освіта в умовах цифровізації.

Братченко А.С., Бердянський державний педагогічний університет, Україна

Цифрова трансформація освіти є одним із ключових процесів сучасної доби, що визначає траєкторії розвитку базової середньої школи та всієї освітньої системи. Вона не обмежується впровадженням нових технологій, а змінює структуру освітнього середовища, його ціннісні орієнтири та соціокультурні практики. З одного боку, цифровізація відкриває нові можливості для індивідуалізації та інклюзивності навчання, створюючи умови для персоналізованих освітніх траєкторій. З іншого – вона посилює проблему нерівності, формуючи нову «цифрову стратифікацію», коли учні з менш забезпечених сімей або регіонів мають обмежений доступ до ресурсів.

Цифрові технології змінюють і культурний вимір освіти. Міжнародні дослідження підкреслюють, що знання, отримані в цифровому середовищі, часто позбавлені етичних та культурних орієнтирів, що створює ризик поверхневого мислення та втрати гуманітарної глибини. У цьому контексті особливого значення набуває людиноцентричний підхід у педагогіці, який ставить у центр формування особистості через культурні смисли, соціальну взаємодію та розвиток критичного мислення. Саме така модель забезпечує інтеграцію когнітивних і аксіологічних компонентів, зберігаючи цілісність освітнього процесу.

В умовах цифровізації ціннісно орієнтована освіта потребує постійного оновлення. Технології відкривають нові можливості для інтеграції культурних практик у навчальний процес, але водночас створюють ризик редукції гуманітарної складової, коли технікоцентричний підхід витісняє літературу, історію, мистецтво та громадянську освіту. Інформаційне переважання у цифровому середовищі призводить до поверхневого засвоєння знань і створює умови для маніпуляцій та дезінформації. Це є не лише когнітивним викликом, а й гуманітарним, адже підриває здатність учнів до критичного мислення. Водночас цифрове середовище може спричиняти емоційне виснаження та зниження мотивації, особливо серед тих, хто має обмежений доступ до якісних ресурсів і змушений працювати з фрагментарним контентом.

Подолання викликів цифрової трансформації освіти потребує комплексного підходу. Важливо забезпечити баланс між технологічними інноваціями та гуманітарними цінностями: цифрові інструменти мають не витіснити гуманітарні предмети, а доповнювати їх, створюючи нові можливості для критичного аналізу, культурної інтерпретації та соціальної взаємодії. Необхідно розробляти педагогічні стратегії, які враховують когнітивні особливості учнів, інтегрувати медіаграмотність та соціально-емоційне навчання, розвивати навички співпраці й саморегуляції. Ключовим завданням є також забезпечення рівного доступу: цифрова школа не може бути привілеєм лише для тих, хто має сучасні пристрої та швидкий інтернет.

Таким чином, цифрова освіта XXI століття має стати не технікоцентричною модернізацією, а простором розвитку особистості, здатної мислити критично, діяти відповідально та зберігати культурну ідентичність. Лише за умови гармонійного поєднання технологій і гуманітарної парадигми діджиталізація стане ресурсом, а не загрозою для сучасної освіти, забезпечуючи її стійкість, інклюзивність та відповідність потребам суспільства майбутнього.

Застосування STEM-підходу у викладанні математики

Михайлова Т. Ф, Нечай І. В, Ляшко К. В., Український державний університет науки і технологій, Україна

Викладання математики в умовах цифрової трансформації передбачає інтеграцію сучасних цифрових інструментів, аналітичних технологій і міждисциплінарного підходу для формування критичного мислення, творчих здібностей і практичних навичок студентів. STEM-підхід (STEM: Science, Technology, Engineering, Mathematics) передбачає 6 основних аспектів інформативно-аналітичного забезпечення та їх призначення :

Цифрові платформи та ресурси. Цифрові технології, які дозволяють використовувати інтерактивні інструменти для візуалізації математичних понять, такі як: GeoGebra, система комп'ютерної алгебри CAS, Wolfram Alpha, Maple для побудови 2D і 3D- графіків та розв'язання рівнянь; віртуальні лабораторії, що імітують реальні задачі в галузі фізики, економіки або інженерії; освітні платформи (Google Classroom, Moodle) для організації дистанційного навчання.

Аналітика навчального процесу включає: сучасні цифрові системи, що дозволяють збирати дані про успішність і прогрес учнів; веб-аналітику, яка відстежує взаємодію учнів із навчальними ресурсами; AI-алгоритми, які персоналізують процес навчання, пропонуючи завдання відповідно до рівня знань учня; використання систем адаптивного навчання, таких як Smart Sparrow, сприяє індивідуалізації викладання.

Інтеграція міждисциплінарних підходів дозволяє: математику у STEM використовувати як основу для розв'язання задач із різних галузей; застосовувати побудову математичних моделей у фізиці, хімії, економіці, біології: (наприклад організація спільних уроків з викладачами фізики, де студенти вивчають закони руху та одночасно застосовують математичні формули для розрахунку швидкості, прискорення та інших фізичних величин. Це допомагає їм побачити зв'язок між математикою та фізикою); кодування та програмування з використанням Python, Scratch; застосування теорії ймовірності та математичної статистики в аналізі реальних даних та явищ. Наприклад студенти можуть збирати дані про погоду, спортивні події або інші цікаві для них теми та використовувати статистичні методи для аналізу цих даних. Це допомагає їм зрозуміти, як математика застосовується у реальному житті.

Розвитку м'яких навичок (soft skills) сприяють: інформаційно-аналітичне забезпечення , що дозволяє інтегрувати завдання для розвитку навичок; командна робота через спільні проекти (Trello, Slack); критичне мислення через аналітичні задачі та моделювання реальних ситуацій; творчий підхід у розробці інноваційних рішень.

Моделі гейміфікації: ігрові елементи мотивують учнів і роблять навчання цікавим. Наприклад, використання онлайн-вікторин (Kahoot, Quizizz) дозволяють студентам навчатися через гру. Ці платформи пропонують завдання, які вимагають застосування математичних знань в інтерактивній формі.

Формування цифрової культури. Важливо навчати учнів працювати з великими даними, використовувати хмарні сервіси та обробляти інформацію за допомогою сучасних аналітичних інструментів (Excel, Power BI); навчати тримати виклики цифрової трансформації; забезпечити доступ до цифрових інструментів для всіх учнів. Разом з тим потрібно стимулювати розвиток цифрових компетенцій у вчителів. В той же час необхідно створити умови для збереження балансу між традиційними та цифровими методами навчання.

Адаптація метрик читабельності для оцінки якості технічної документації арі

Богуцький Д.В. Український державний університет науки і технологій, Україна

Горбова О.В. Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"

У сучасному інженерному дискурсі якість документації програмних інтерфейсів (API) розглядається не як допоміжний артефакт, а як критичний компонент життєвого циклу розробки програмного забезпечення (SDLC). Документація виконує роль комунікаційного моста між розробником інтерфейсу та його споживачем, безпосередньо впливаючи на швидкість інтеграції (Time-to-First-Hello-World) та загальні витрати на підтримку системи. У цьому контексті автоматизована оцінка якості технічних текстів набуває особливої актуальності, оскільки дозволяє масштабувати процеси аудиту та забезпечувати стандартизацію контенту.

Ключовим параметром, що піддається кількісному вимірюванню, є читабельність (readability) – міра когнітивного навантаження, необхідного для сприйняття тексту. Традиційні підходи до її оцінки базуються на класичних лінгвістичних формулах, таких як Gunning Fog Index, Flesch-Kincaid Grade Level та SMOG. Ці метрики, розроблені переважно для оцінки загальноосвітніх текстів, спираються на кореляцію між складністю сприйняття та формальними характеристиками тексту: середньою довжиною речення та наявністю багатоскладових слів (polysyllabic words).

Однак застосування класичних метрик до предметної області ІТ виявляє суттєву методологічну прогалину. Технічна лексика характеризується високою частотністю термінів, які є формально «складними» (мають три і більше складів), але семантично однозначними та базовими для цільової аудиторії. Слова на кшталт «*authentication*», «*asynchronous*», «*initialization*» або «*repository*» інтерпретуються стандартними алгоритмами як індикатори складності, що призводить до штучного завищення індексів читабельності. Це створює хибне уявлення про недоступність тексту, який насправді є професійно коректним.

Для вирішення окресленої проблеми розроблено теоретичні засади методу адаптивного лексичного аналізу. Запропонований підхід базується на гіпотезі, що для фахівця складність тексту визначається не довжиною професійних термінів, а складністю синтаксичних конструкцій, що їх пов'язують. Реалізація методу передбачає введення поняття «базового словника розробника» (Developer's Basic Dictionary) – спеціалізованого лінгвістичного корпусу, що формується на основі частотного аналізу технічної документації провідних технологічних платформ.

Алгоритмічна реалізація методу передбачає послідовне виконання чотирьох процедур. На початковому етапі здійснюється токенизація та нормалізація вхідного тексту, в ході якої масив даних розбивається на окремі лексеми з приведенням їх до нижнього регістру. Наступним кроком є фільтрація отриманих токенів шляхом їх верифікації на наявність у «базовому словнику розробника». Ключовою особливістю методу виступає етап селективної переоцінки: у разі ідентифікації терміна як елемента професійного лексикону, він примусово виключається з категорії «складних слів» (complex words), нівелюючи вплив полісилабічності. Завершальною фазою є розрахунок адаптованого індексу на основі скоригованої статистики, що забезпечує оцінку безпосередньо структурної складності викладу, абстрагуючись від необхідної термінологічної насиченості.

Запропонована методика є частиною комплексної гібридної моделі оцінки якості API, яка інтегрує лексичний рівень з семантичним аналізом (на основі TF-IDF) та структурною верифікацією через онтологічні моделі. Такий підхід дозволяє нівелювати систематичну похибку класичних метрик та створити об'єктивний інструментарій для автоматизованого аудиту документації, що враховує специфіку професійного контексту розробників.

Генеративне створення навчальних завдань налагодження програм з використанням конструкційно-продукційного моделювання

Завгородній А.Д., Іванов О.П., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Стрімкий розвиток, еволюція та активна інтеграція генеративних великих мовних моделей (ВММ) у різноманітні сфери людської діяльності закріплюють актуальність їх застосування для автоматизації інтелектуально-ємних процесів. Одним із ключових напрямків такої автоматизації є сфера розробки програмного забезпечення та, зокрема, освіта у цій галузі. В той час, коли серед здобувачів освіти гостро стоїть проблема самостійного виконання практичних робіт, традиційні методи перевірки знань втрачають ефективність. У цьому контексті доречним є застосування генеративних технологій, але не для виконання роботи за студента, а для створення диверсифікованих, індивідуалізованих завдань, що гарантують самостійне опрацювання матеріалу.

Яскравим та методично-обґрунтованим прикладом такого застосування є створення задач з налагодження програмного коду. Суть даного підходу полягає у тому, що ВММ генерує програмний код із навмисно створеними помилками та проблемами, які студент повинен виявити, локалізувати та виправити. Даний підхід є цілком актуальним, особливо завдяки тому, що зараз простежується тенденція до переосмислення налагодження не як навички, яку студент має самостійно здобути, а як окремої дисципліни, яка потребує систематичного підходу у навчанні.

Низка сучасних досліджень вже продемонструвала перспективні результати залучення ВММ до генерації тестових завдань з текстом програм, в яких містяться ті чи інші помилки. Проте, поряд із позитивною динамікою, чітко простежуються суттєві обмеження існуючих підходів, вирішення яких має збільшити ефективність освітнього процесу та якість опанування матеріалу.

Сучасні генеративні рішення обмежені малим контекстом, що суперечить реальній інженерній практиці пошуку помилок у складних проєктах. Ефективність моделей суттєво залежить від мови: для Python результати близькі до ідеальних, тоді як для C/C++ виникають критичні помилки з пам'яттю. Стохастичність моделей та варіативність відповідей ускладнюють генерацію багатокомпонентних помилок і вимагають гнучкого підходу до prompt engineering.

Враховуючи наведені цілі та виявлені проблеми, постає питання доцільності застосування методології конструкційно-продукційного моделювання (КПМ). Використання КПМ дозволяє формалізувати процес створення завдань, перетворивши його з хаотичного "спілкування" з чат-ботом на чіткий алгоритм. Ця методологія передбачає врахування вхідних параметрів (мова програмування, клас помилки, рівень складності) як умов продукції, де ВММ виступає лише виконавчим механізмом.

КПМ дозволить суттєво знизити рівень недетермінованості, коли ми не покладаємось на те, що модель зрозуміє запит "з першого разу", а будемо ітераційний процес взаємодії. Це поєднує детерміновані правила (структура завдання, тип помилки) з генеративним компонентом (наповнення коду). Як показує практика, ефективне застосування ВММ потребує не лише правильної побудови запитів-підказок, але й жорсткої керованості та інженерного проєктування архітектури взаємодії для отримання надійних, відтворюваних та методично-цінних результатів.

Системи Virtual Reality та Augmented Reality в сучасній освіті

Петречук Л.М., Український державний університет науки і технологій, Україна

Зміни сьогодення, зростання обсягів інформації, нові тенденції розвитку сучасного навчання зумовлюють використання таких інструментів, які б дозволяли отримати якісну освіту у нелегких умовах нашої сучасності. В освітньому просторі цифровізація навчального процесу займає пріоритетну позицію.

Цифрові технології, задіяні у навчальному процесі, надають можливість інтерактивної взаємодії викладача із здобувачем освіти, долучають до глобальних освітніх ресурсів, сприяють розвитку критичного мислення. «Діджиталізація» освіти передбачає впровадження цифрових інструментів управління навчальним процесом, до яких відносяться технології віртуальної реальності (Virtual Reality, VR) та доповненої реальності (Augmented Reality, AR).

Системи Virtual Reality та Augmented Reality дозволяють створювати інтерактивні, візуально насичені й високоефективні навчальні середовища, сприяють формуванню досвіду, який традиційними засобами навчання отримати неможливо. VR і AR забезпечують моделювання складних ситуацій, зменшують залежність від матеріальних ресурсів, уможливають безпечно проведення процесів, які передбачають високу точність відтворення та оперативність виконання.

VR визначається як технологія створення комп'ютерно змодельованого середовища із можливістю повного занурення користувача. Взаємодія з цифровими об'єктами здійснюється за допомогою шоломів VR, трекерів руху, контролерів і тактильних пристроїв. Основними характеристиками віртуальної реальності є: ефект присутності, який забезпечує відчуття реальності штучно створеного простору; високий рівень інтерактивності, що дозволяє здобувачеві освіти активно впливати на зміни у навчальній ситуації; мультимодальність – можливість залучення зорових, слухових і кінестетичних каналів сприйняття [1].

AR передбачає накладання цифрових об'єктів на реальні елементи навколишнього середовища в режимі реального часу. Доповнена реальність використовується переважно через мобільні пристрої або спеціальні AR-окуляри, сприяючи збереженню контекста реального середовища; мобільності та відносній економічності; оперативності доступу до інформації, за рахунок цифрових підказок, схем, 3D-моделей, які миттєво з'являються під час взаємодії з фізичними об'єктами. AR-технології ефективні у випадках, коли необхідне пояснення складних об'єктів або процесів без їхньої фізичної реконструкції.

У регіональному центрі вищої освіти осіб з інвалідністю на базі ННІ Дніпровський металургійний інститут Українського державного університету науки і технологій навчаються студенти з особливими освітніми потребами. Для таких здобувачів освіти технології VR/AR відкривають нові можливості, створюючи наступні напрямки використання: тренування соціальних навичок у контрольованих умовах; формування сенсорної інтеграції; адаптація матеріалів для студентів з порушеннями слуху, зору; створення альтернативних форм взаємодії, які роблять навчання більш доступним. VR/AR-середовища характеризуються високим рівнем залучення, що сприяє формуванню внутрішньої мотивації до навчання. Взаємодія з матеріалом відбувається в активній формі, що відповідає ключовим аспектам конструктивізму. Завдяки візуалізації та інтерактивності VR/AR покращують запам'ятовування та опанування навчальної інформації, дозволяють адаптувати навчальний матеріал до можливостей певного учня.

Джерела

1. Басюк, Т.О. Digital transformation of education: theoretical and methodological foundations Project Report. Вид-во УДУ імені Михайла Драгоманова, м. Київ, Україна. 2024.

Дослідження впливу стандарту ES6 у програмуванні мовою JavaScript на можливості супроводу коду

Свиридов М.О., Шаравара В.В, Український державний університет науки і технологій,
Україна

У сучасній веб-розробці JavaScript є однією з основних мов програмування, а тому тривалість життєвого циклу веб-додатків залежить, зокрема, від якості та підтриманості коду, написаного цією мовою. Запровадження стандарту ECMAScript 2015 (ES6) додало до мови низку нових конструкцій (стрілкові функції, let/const, деструктуризацію, модулі, колекції тощо), які інтуїтивно сприймаються як зручніші для розробника, проте їхній вплив на показники підтриманості коду потребує кількісного обґрунтування.

Метою дослідження є кількісне порівняння варіантів JavaScript-коду, реалізованих на основі стандартів ES5 та ES6, за показниками підтриманості. Для досягнення цієї мети розроблено веб-додаток, що виконує автоматизований аналіз вихідного коду без залучення серверної обробки та забезпечує відтворюваність експериментальних результатів.

У веб-додатку реалізовано побудову абстрактного синтаксичного дерева та розрахунок показників підтриманості. Як основні показники було обрано Maintainability Index (за формулою Visual Studio) та Cognitive Complexity (за специфікацією SonarSource). Як допоміжні використовувалися Cyclomatic Complexity, обсяг Halstead та кількість логічних рядків коду без коментарів. Передбачено збереження історії аналізів і візуалізацію зведених даних, що дає змогу виконувати серію порівняльних експериментів над різними варіантами коду.

Експериментальна частина роботи базується на порівнянні 100 пар фрагментів коду ES5 та ES6, які реалізують однакові алгоритми, характерні для типових задач веб-розробки (обробка масивів, форматування тексту, валідація даних, робота зі структурами колекцій). Версії ES5 отримані шляхом послідовного рефакторингу вихідного ES6-коду із збереженням функціональної еквівалентності. Паquetний режим роботи веб-додатка забезпечує автоматичний розрахунок показників для кожного файлу та формування узагальненої статистики.

Середні значення показників демонструють системну перевагу варіантів, що використовують ES6. Maintainability Index зріс з 43,63 до 47,33 бала (+8,48 %), Cognitive Complexity зменшилася з 21,45 до 16,58 (-22,7 %), Cyclomatic Complexity — з 14,59 до 10,30 (-29,4 %), а кількість логічних рядків коду скоротилася з 37,83 до 32,70 (-13,56 %). Це свідчить про спрощення структури розгалужень і зменшення обсягу коду без зміни алгоритмічної суті програм.

Для оцінки статистичної значущості відмінностей застосовано непараметричний тест Вілкоксона для парних вибірок. Для Maintainability Index, Cognitive Complexity та Cyclomatic Complexity отримано p-value < 0,001, що відповідає рівню довіри 99,9 %. Розрахований розмір ефекту для Maintainability Index та Cyclomatic Complexity перевищує 0,8, що інтерпретується як дуже великий практичний ефект і підтверджує неможливість пояснити отримані відмінності випадковими коливаннями.

Узагальнюючи результати, можна стверджувати, що використання конструкцій ES6 у типових задачах веб-розробки сприяє покращенню показників підтриманості JavaScript-коду. Розроблений веб-додаток дає змогу не лише кількісно оцінювати вплив рефакторингу та переходу від ES5 до ES6, але й використовувати його як навчальний інструмент для формування у розробників практик написання більш зрозумілого, компактного та структурованого простішого коду.

Design of Sustainable Green Space Lighting with Contemporary Software

Liashenko O., Putiatin V., O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

Although urban regions occupy less than 3% of the Earth's land surface, they are the source of almost 80% of greenhouse gas emissions and consume approximately 75% of the world's energy. They also contribute significantly to environmental changes, such as climate change and ecosystem disruption. The lack of urban green spaces, surface water and ventilation corridors exacerbates the thermal environmental threats during urbanization. In addition, greenhouse gas emissions, industrial waste and particulate matter from urban activities hinder quality development.

Rational and efficient use of space is a critical strategy for smart cities to overcome limited land resources. Globalization processes associated with a significant increase in the number of urban residents necessitate the development of green areas in the urban environment not only in the form of traditional parks and squares, but also on the roofs of buildings in a modern smart city. Green roof design provides a number of benefits to buildings and structures: reducing overheating of buildings in spring and summer; providing an additional recreation area for residents.

Lighting of green areas of the city aims to intelligently integrate the urban environment with nature using intelligent technologies that combine the advantages of modern high-power LEDs and the Internet of Things for energy efficiency and dynamic regulation, as well as creating aesthetic appeal and increasing safety. At the same time, it should not create light pollution to protect the environment and nocturnal wildlife. Key considerations for sustainable design of green area lighting are:

- compliance with the requirements of sustainable development (SDG 11), which is achieved by applying LED technologies;

- integration of intelligent systems, such as Internet of Things (IoT) devices, which allows for automated dynamic regulation of lighting based on real-time data, taking into account the presence of people who need lighting, as well as weather conditions and time of day.

- aesthetic requirements, as lighting can improve the visual harmony between buildings and green areas, as seen in images of urban landscapes that blend seamlessly with parks at sunset.

- creating a safe environment for recreation, as lighting extends the use of green areas for these purposes, ensures safe navigation and improves overall safety in urban parks.

- eliminating environmental impact through careful planning of outdoor lighting with a configuration that minimizes the creation of light pollution, which negatively affects nocturnal wildlife and natural ecosystems that have adapted to darkness, and creates certain world effects.

To choose the best lighting solution for green areas of a smart city, you can effectively use the modern DIALux evo software package, which will provide flexible selection of lighting devices and their placement to meet the above requirements.

Effective strategies often involve creating comprehensive lighting master plans that consider both aesthetic and environmental factors from the macrocity level down to specific green areas. Smart, targeted lighting solutions, such as dimming during low-traffic hours, can help optimize energy use and minimize disruption to local ecosystems to preserve biodiversity.

Design of Sustainable Social Building Lighting with Contemporary Software

Liashenko O., Holovnia A., O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

As a result of globalization processes the number of cities and their electricity consumption are increasing. The volume of consumption will be able to rise double without the implementation of SDG 11 “Sustainable City and Community”. Sustainable development of building lighting systems as an element of urban infrastructure consists in the constant increase in the energy efficiency of these systems. High levels of standardized horizontal illuminance in the premises of social institution buildings, which are associated with the performance of visual work with high accuracy and complexity, determine their relatively higher energy consumption.

To increase the energy efficiency of lighting installations in these buildings, it is necessary to minimize the annual electricity consumption required to create standardized illuminance of 1 m² of the building area in accordance with DSTU EN 15193-1:2017. The solution to this problem consists in implementing a comprehensive approach to the issue, namely, simultaneously increasing the light efficiency of the artificial lighting system and reducing its operating time by taking into account the level of natural light in the room.

Enabling high efficiency of lighting systems is possible by selecting the appropriate components: LED lighting devices with appropriate designs and characteristics, schemes for their placement in the rooms. Reducing the total power of the lighting installation while maintaining compliance of its characteristics with all the requirements of current standards is ensured by selecting LED luminaires with the highest luminous flux and service life from the possible options of these devices with appropriate protection, CRI index and flicker coefficient. Selection of the optimal configuration can be performed quite quickly in the DIALux evo software environment, in which you can also check the compliance of the qualitative characteristics of the proposed lighting option with current lighting standards, namely: limiting the glare effect and the sufficiency of room saturation with light to ensure visual comfort by determining the UGR index and cylindrical illuminance.

Another way to increase energy efficiency is to maximize the use of natural lighting to create standardized values of general illumination with a combined type of lighting during times of gradual decrease in natural illumination. Considering the mode of use of premises of social institutions throughout the year with the vast majority of time, when the level of natural illuminance can be at least partially used to create standardized illuminance and comfortable lighting conditions. To limit excessively high levels of illuminance and limit the glare effect of natural lighting, screens and other devices are used, which, due to the low transmittance, reduce the level of natural illuminance and eliminate unwanted glare on work surfaces and other objects in the premises.

To comply with the requirements for ensuring the standardized level of general illuminance and other quantitative and qualitative characteristics of the lighting environment with maximum use of the natural component, it is necessary to use intelligent control systems that include illuminance sensors and other elements that ensure timely switching on and off artificial lighting. These measures allow to reduce the amount of electricity consumed by the lighting installation. The specified criteria make it possible to minimize the operating costs and maintenance of lighting systems when using luminaires and lighting control elements with high efficiency and durability. Given the constant growth of energy resources and electricity price, which constantly increases the operating costs of lighting systems, the implementation of measures to increase the energy efficiency of lighting systems in social buildings will ensure future savings in maintenance costs from the state and local budgets of communities, and will reduce the amount of CO₂ emissions.

Рекомендаційні системи в динамічному середовищі: підходи до оцінювання

Попов М.С., Український державний університет науки і технологій, Україна

Уподобання користувачів щодо контенту з часом змінюються, оскільки з'являється новий вибір. Аналогічно, схильності користувачів розвиваються, що призводить до постійного переосмислення їхнього смаку [1].

Оцінювання рекомендаційних систем зазвичай проводиться з використанням кінцевих наборів даних. Це означає, що традиційні методології оцінювання застосовні лише в офлайн-експериментах, де дані та моделі стаціонарні. Однак у реальних системах зворотний зв'язок від користувачів генерується постійно з непередбачуваною швидкістю [2].

Критерії оцінки якості рекомендаційних систем можуть виходити далеко за межі класичної точності прогнозування. Сучасні підходи враховують суб'єктивне сприйняття системи користувачем: новизну рекомендацій, їхню різноманітність та навіть здатність присмачити дивувати. Найбільш об'єктивним критерієм є реальна поведінка користувача - кліки, перегляди чи покупки, отримані через А/В-тестування. Таким чином, ефективна рекомендаційна система має задовольняти користувача комплексно, пропонуючи релевантний, різноманітний та корисний контент.

Для ефективного моніторингу систем можна розглянути кілька рішень. По-перше, впроваджувати візуалізацію метрик у вигляді часових графіків, які показують продуктивність по тижнях чи місяцях. Особливо корисними є графіки активності користувачів та розподілу оцінок, які показують зміни задоволеності з часом. Теплові карти візуалізують сезонні паттерни - наприклад, зростання інтересу до певних категорій у конкретні місяці. По-друге, використовувати механізми часової уваги, які враховують повторювані паттерни поведінки користувачів. Дашборди з інтерактивними графіками дозволяють швидко виявляти аномалії та падіння ефективності.

Отже, ефективні рекомендаційні системи потребують комплексного підходу до оцінювання, який виходить за межі традиційних метрик точності. Візуалізація часових трендів, моніторинг поведінкових паттернів та безперервна адаптація до змін у вподобаннях користувачів є ключовими факторами успіху. Лише інтегруючи часову динаміку, різноманітні критерії оцінки та інструменти аналітики, можна створити системи, які залишаються релевантними та корисними для користувачів у довгостроковій перспективі.

1. Koren, Y. Collaborative filtering with temporal dynamics / Y. Koren // Proceedings of the 15th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD '09). – Paris, France, 2009. – P. 447–456. – DOI: 10.1145/1557019.1557072. – URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1557019.1557072> (дата звернення: 10.12.2024).

2. Vinagre, J. Evaluation of recommender systems in streaming environments / J. Vinagre, A. M. Jorge, J. Gama // Workshop on Recommender Systems Evaluation: Dimensions and Design (REDD 2014), held in conjunction with RecSys 2014. – Silicon Valley, USA, 2014. – arXiv:1504.08175. – URL: https://www.researchgate.net/publication/265913731_Evaluation_of_recommender_systems_in_streaming_environments (дата звернення: 10.12.2024).

Фундаментальна трансформація підготовки майбутніх фахівців зі STEM-освіти

Гулівець О.М., Бондаренко А.В., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Епоха Четвертої промислової революції вимагає від системи освіти радикальних змін. Сьогодні інформаційні технології (ІТ) та всеохоплююча діджиталізація виступають не просто допоміжними інструментами, а ключовими драйверами трансформації підготовки фахівців STEM-галузей. Мета цих змін - створити гнучку, інтерактивну та максимально наближену до реальних виробничих потреб освітню екосистему.

Стратегічна роль ІТ у підвищенні якості та ефективності навчання полягає у діджиталізації яка докорінно змінює традиційну парадигму освіти, де викладач є єдиним джерелом знань. ІТ забезпечує миттєвий доступ студентів до актуальних наукових баз даних, міжнародних досліджень та спеціалізованих онлайн-бібліотек, що значно прискорює процес засвоєння інформації. Автоматизація та систематизація забезпечує цифрові платформи (LMS), які дозволяють ефективно управляти навчальним процесом, автоматизувати перевірку завдань, вести облік успішності та забезпечувати зворотний зв'язок 24/7. Гнучкість освітніх моделей при впровадженні змішаного (blended learning) та повністю дистанційного навчання забезпечує неперервність освітнього процесу та дозволяє залучати провідних світових експертів до викладання.

Розвиток ключових компетентностей для ринку праці вимагає в підготовці STEM-фахівця не лише глибоких предметних знань, а й розвитку наскрізних компетентностей (soft skills), які формуються саме завдяки використанню ІТ. Критичне мислення та вирішення проблем реалізується при роботі з великими масивами даних, аналізі результатів симуляцій та програмування які вимагають від студентів постійного аналізу, оцінки ситуації та пошуку оптимальних рішень. Креативність та інноваційність реалізується при використанні програмного забезпечення для 3D-моделювання, дизайну та розробці власних проєктів стимулює творчий підхід до інженерних та наукових завдань. Комунікація та командна робота реалізується в співпраці проєктних команд над спільними завданнями в сучасних хмарних сервісах та платформах (Google Workspace, Slack, Teams) імітації реального робочого середовища, незалежно від свого місцезнаходження.

Ключова ідея STEM-підходу полягає в інтеграції знань де інноваційний інструментарій є містом між теорією та практикою. ІТ-інструменти стають тим «клеєм», який поєднує науку, технології, інженерію та математику. Віртуальна та доповнена реальність (VR/AR) відкриває в цих технологіях нові горизонти для проведення небезпечних, дорогих або фізично неможливих в реальності експериментів, де майбутні інженери - досліджувати роботу складних механізмів у доповненій реальності.

Штучний інтелект (ШІ) та машинне навчання використовується для створення інтелектуальних навчальних систем, які адаптують складність матеріалу, а також як об'єкт вивчення де студенти вчаться розробляти та тренувати власні моделі. Програмне забезпечення для моделювання та симуляції використовує професійні інструменти (CAD/CAM систем, ANSYS, MATLAB) та дозволяє студентам проєктувати та тестувати гіпотези, мінімізуючи витрати часу та ресурсів ще на етапі навчання. Гейміфікація та робототехніка на освітніх платформах на кшталт Minecraft: Education Edition або Arduino та Raspberry Pi роблять процес навчання захопливим, перетворюючи засвоєння складних концепцій на гру та експеримент. Для України, яка активно інтегрується у світовий ІТ-ринок, діджиталізація STEM-освіти є критично важливим пріоритетом. В умовах сучасних викликів гібридна модель навчання стала необхідністю, а не просто трендом. Подальший розвиток потребує не лише обладнання, але й розробки якісного контенту, адаптації міжнародних практик та створення досконалих механізмів оцінювання ефективності впроваджених цифрових рішень у ЗВО. Інформаційні технології - це неминуче майбутнє STEM-освіти, яке формує нове покоління фахівців, готових до інновацій та лідерства у глобальному технологічному світі.

Цифрова трансформація електронних освітніх ресурсів

Петречук Л.М., Іващенко Ю.С., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Завдяки розвитку інформаційних технологій освітній процес стає гнучким, мобільним і доступним незалежно від місцезнаходження студента чи викладача. Електронні підручники, інтерактивні платформи, відеолекції, онлайн-курси, мультимедійні симуляції сьогодні є невід'ємними елементами освітніх ресурсів. Усвідомлення різних стилів навчання: візуального, аудіального, кінестетичного, стимулює створення змісту, який відповідає потребам кожного отримувача освіти.

Платформи Moodle, Google Classroom, Zoom, Microsoft Teams та інші є основними інструментами організації дистанційного та змішаного навчання. Хмарні сервіси (Google Workspace, Microsoft 365, Dropbox) забезпечують спільну роботу з документами, зручне зберігання матеріалів, мобільність та доступність ресурсів. Технології віртуальної та доповненої реальності забезпечують принципово новий рівень інтерактивності, дозволяючи використання віртуальних лабораторій, інженерні симуляції, вивчення об'єктів у 3D-моделях. Штучний інтелект та адаптивні системи навчання (Knewton, Coursera, Khan Academy) підлаштовують навчальний контент під темп і рівень здобувача освіти.

В Україні активно здійснюється цифрова трансформація освіти [1], кроки якої спрямовані на модернізацію освітнього середовища та наближення його до європейських стандартів. Серед ключових напрямків:

- створення Національної освітньої електронної платформи;
- впровадження електронних підручників;
- цифровізація документообігу в навчальних закладах;
- розвиток інклюзивних технологій;
- запуск національних онлайн-платформ («Дія.Освіта», «Всеукраїнська школа онлайн»);
- підвищення цифрової компетентності учасників навчального процесу.

Формування електронної освітньої інфраструктури передбачає новий формат академічної кваліфікації – цифрові дипломи та атестати, які вже видаються і відображаються в застосунку «Дія» (з березня 2024 року) як офіційні е-документи, що створюються на основі даних з ЄДЕБО.

Сучасні сервіси (Google Sites, Canva Portfolio, Mahara, Padlet, Behance, LinkedIn) дозволяють створювати інтерактивні електронні портфоліо, які є універсальним інструментом демонстрації компетенцій, досягнень, цифрової грамотності і критичного мислення студента або викладача.

Поряд із перевагами і розширенням освітніх можливостей, цифрова трансформація процесів навчання створює й низку викликів: цифрова нерівність (не у всіх здобувачів є доступ до якісного інтернету та обладнання); дефіцит цифрової компетентності; зниження соціальної взаємодії між учасниками освітнього процесу; наявність пасивних форм отримання знань, що зменшує мотивацію; питання академічної доброчесності в онлайн-середовищі. Подолання цих перешкод можливе лише за умови комплексного розвитку електронної інфраструктури.

Джерела

1. Постанова КМУ «Про внесення змін до Положення про Єдиний державний веб-портал цифрової освіти “Дія. Освіта”», від 26 серпня 2025 р. № 1034. Електронний ресурс, URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1034-2025-п#Text> (дата звернення 10.12.2025).

Дослідження та впровадження принципів UX/UI для підвищення ефективності взаємодії користувачів з туристичним вебсайтом

Гавриш Я.А., Горячкін В.М., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Дослідження якості взаємодії користувачів з вебресурсами є центральною тематикою сучасної інформаційної сфери, оскільки від зручності та інтуїтивності інтерфейсу залежить ефективність цифрових сервісів та рівень задоволеності користувачів. Одним із ключових напрямів покращення вебдосвіду є застосування принципів UX/UI-дизайну — методів, що дозволяють підвищити зрозумілість структури сайту, оптимізувати навігацію та забезпечити стабільну взаємодію з інтерфейсом. Особливо актуальним це є для туристичних вебсайтів, де користувачі очікують оперативного доступу до важливої інформації, чіткості структури й мінімізації бар'єрів у процесі пошуку подорожей або туристичних послуг.

Метою дослідження є аналіз інтерфейсів туристичних вебсайтів, визначення основних проблем юзабіліті та впровадження принципів UX/UI для підвищення ефективності взаємодії користувачів. У межах роботи проведено комплексну оцінку зручності використання за евристичними принципами Нільсена, аналіз навігаційної структури, інформаційної архітектури, технічних показників продуктивності та поведінкових метрик за загально визначеними KPI.

У якості об'єктів дослідження було обрано два туристичні вебресурси різного типу: комерційний ресурс з пошуку турів та інформаційний портал для відвідувачів України. Аналіз проводився за декількома напрямками: відповідність інтерфейсу принципам UX/UI, якість візуальної ієрархії, ефективність інформаційної архітектури, швидкість завантаження сторінок і поведінкові характеристики користувачів. Евристична оцінка дозволила виявити низку критичних проблем: перевантаженість головної сторінки рекламними блоками, недостатню видимість системного статусу, слабку адаптацію під мобільні пристрої, нерелевантну термінологію та відсутність важливих навігаційних елементів.

Для оцінювання технічної складової застосовано інструменти PageSpeed Insights та Lighthouse, що дало змогу виміряти ключові показники Core Web Vitals: LCP, FID, CLS та TTI. Поведінкові метрики досліджувалися за допомогою відкритих аналітичних платформ (SimilarWeb, Clarity), що дозволило визначити ступінь залучення користувачів і поведінкові патерни на сайтах. Також досліджено можливість автоматизованого збору даних для оцінки UX-показників за допомогою Python-скриптів, зокрема збору технічних параметрів, аналізу структури сторінок та виявлення проблем доступності.

Отримані результати показали, що цілеспрямоване впровадження принципів UX/UI, зокрема оптимізація інформаційної архітектури та підвищення швидкості завантаження, дозволяє підвищити зручність сайту, збільшити глибину перегляду та покращити загальний користувацький досвід. Таким чином, проведене дослідження підкреслює важливість UX/UI-дизайну в розвитку туристичних вебсервісів, демонструє ефективність методологічного підходу, спрямованого на виявлення та усунення бар'єрів користувацької взаємодії. І показує, що комплексний UX/UI-аудит, підкріплений кількісними даними Core Web Vitals, є необхідною передумовою для підвищення конверсії та лояльності клієнтів у висококонкурентному туристичному секторі.

Аналіз динаміки зміни числа учасників в наукових дослідженнях в Україні за допомогою математичних моделей

Михайлова Т.Ф., Максименкова Ю.А., Український державний університет науки і технологій, Україна

Використовуючи статистичні дані за 2014-2023 роки побудовані математичні моделі лінійної регресії, які відображають динаміку зменшення кількості працівників, задіяних у виконанні наукових досліджень і розробок, які мають науковий ступінь.

Статистичні дані, що стосуються 2014-2023 років не враховували окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополь та частини тимчасово окупованих територій у Донецькій та Луганській областях.

Модель I має вигляд $Y=23805699.1-11740.57 t$ (1),

де Y - кількість працівників, задіяних у виконанні наукових досліджень і розробок - усього, осіб на протязі року t /Number of R&D personnel - total, persons. Коефіцієнт детермінації $R^2=0.97$. За критерієм Фішера, модель повністю адекватна даним спостережень з надійною ймовірністю $p=0,95$, тому що розрахункове значення критерію $F=194.48 > F(0.05;1:9)=5.12$. Параметри регресії також є значущими при перевірці за критерієм Стьюдента $t_0=14,6 > 2.262$; $t_1=11,98 > t(0.05.9)=2.262$. Отримана модель може бути використана для прогнозу.

Модель II має вигляд $DN=1072098-526.173 t$ (2),

де DN - кількість осіб працівників, що задіяні в наукових дослідженнях і мають науковий ступінь доктора наук. Коефіцієнт детермінації моделі складає 0,89. Модель є повністю адекватною за критерієм Фішера для заданого рівня надійної ймовірності 0,95, тому що розрахункове значення $F=67.65 > F(0.05;1:9)=5.12$. Параметри регресії є значущими за критерієм Стьюдента $t_0=17.1 > 2.262$, $t_1=12.3 > 2.262 = t(0.05, 9)$.

Модель III описує динаміку зменшення DF -кількості осіб працівників, що задіяні в наукових дослідженнях і розробках і мають науковий ступінь доктора філософії (кандидата наук)

PhD/Candidate of Sciences. $DF=8215178.873-3761.891 t$ (3)

Коефіцієнт детермінації моделі дорівнює 0,92. Модель адекватна даним спостережень за критерієм Фішера ,тому що $F=69.5 > 5.12$. Параметри моделі є теж значущими за критерієм Стьюдента, тому модель може бути застосована для прогнозу.

Моделі побудовано з використанням пакетів MS EXCEL, STATISTICA. Графіки всіх трьох побудованих моделей відображають небезпечну для України динаміку зменшення наукової спільноти в країні, зменшення науковців, що мають науковий ступінь і займаються реальними науковими дослідженнями та розробками. Це пов'язано як із війсьним вторгненням та пандемією. Але також з недостатньою матеріальною мотивацією з боку держави, тому що спад наукової діяльності почався до 2014 року. А призупинення спаду спостерігається тільки за рахунок кількості докторів філософії (кандидатів наук).

Практичне застосування мереж

Чеповик І. В., Чорна В. В., Український державний університет науки і технологій, Україна

Постановка проблеми. У сучасному світі розвиток інформаційних технологій і зростання обсягів цифрових даних зумовило необхідність використання штучного інтелекту. Наразі, нейронні мережі є одним з ключових інструментів штучного інтелекту, які активно застосовуються у повсякденному житті у різних сферах: освіті, бізнесі або творчості. Вивчення практичного використання сучасних AI-сервісів є актуальним, оскільки вони базують на нейронних мережах.

Мета дослідження. Метою роботи є проведення аналізу можливостей та практичного застосування сучасних моделей штучного інтелекту різного призначення: Gemini, Vidu AI та Gamma AI.

Виклад основної частини. Нейронні мережі працюють за шаблоном роботи біологічних нейронів та здатні навчатися на великих масивах даних, виявляючи приховані закономірності. Одним із прикладів таких нейромереж є чат-бот Gemini від компанії Google, який дозволяє вести діалог з користувачем, генерувати тексти, перекладати інформацію та створювати різноманітний контент. Даний сервіс використовується для навчання, пошуку інформації та автоматизації роботи з текстами в більшості випадках.

Іншим прикладом є Vidu AI – платформа для створення відео, що використовує генеративні мережі. Вона дозволяє генерувати короткі відео (до 5-10 секунд) на основі текстових описів, зображень або суміші опису та зображень. Такий принцип роботи значно спрощує процес створення мультимедійного контенту без використання складних програм для відеомонтажу.

Gamma AI – інтелектуальний інструмент для автоматизованого створення презентацій, документів та веб-сторінок. Використання нейромереж дозволяє сервісу формувати логічну структуру матеріалу, підбирати дизайн та візуальне оформлення документів. Автоматизація створення змісту та дизайну документів чи презентацій дозволяють користувачеві економити час та не потребує дизайнерських навичок відповідно.

Висновки. Під час дослідження встановили, що сучасні нейромережеві сервіси значно підвищують продуктивність користувачів у різних сферах діяльності. Розглянуті нейронні мережі демонструють широкий спектр можливостей застосування моделей штучного інтелекту для роботи з текстами, як Gemini, відео – Vidu AI та презентацій і документів – Gamma AI. Нейронні мережі вже стали важливим інструментом автоматизації, сприяють розвитку творчих процесів і відкривають нові перспективи використання AI не тільки в навчальній, а й в професійній діяльності.

Посилання на використані джерела:

- 1) Google Gemini: офіційний вебсервіс штучного інтелекту [Веб-сторінка]. – URL: <https://gemini.google.com/app> – Дата звернення: 13.12.2025.
- 2) Vidu AI : платформа для генерації відео на основі штучного інтелекту [Веб-сторінка]. – URL: <https://www.vidu.com/en> – Дата звернення: 13.12.2025.
- 3) Gamma AI : онлайн-платформа для створення презентацій, документів та веб-сторінок із використанням штучного інтелекту [Веб-сторінка]. – URL: <https://gamma.app> – Дата звернення: 13.12.2025.

Емпіричний аналіз масштабованості та збіжності модифікованих GA, BPSO і QPSO на тестових наборах Knapsack Problem

Дорогокупля К.О., Андрющенко В.О., Український державний університет науки і технологій, Україна

Задача про Рюкзак (Knapsack Problem, KP) є класичною задачею комбінаторної оптимізації, що належить до класу NP-складних задач. Актуальність її вирішення зумовлена широким застосуванням у логістиці, розподілі ресурсів, фінансовому плануванні та мережевій безпеці.

Для цього необхідно розробити та емпірично порівняти ефективність модифікованих біонічних алгоритмів (GA, BPSO, QPSO) для знаходження оптимального або квазіоптимального рішення KP, з особливим акцентом на масштабованість та швидкість збіжності. Впровадження штрафної функції (Penalty Method) у функцію пристосованості (*Fitness*) дозволяє ефективно працювати з обмеженнями за вагою, караючи недопустимі рішення. Використовується моделювання, де нові рішення створюється шляхом ітеративного застосування "конструктивних" операторів (селекція, кросингвер, мутація для GA, оновлення швидкості/позиції для BPSO) на основі оцінки пристосованості поточної популяції/рою.

Нами реалізовано два варіанти GA для порівняння операторів селекції: Турнірний Відбір (для підвищення селективного тиску) та Селекція Рулеткою (для підтримки більшої різноманітності). Було застосовано одноточковий кросингвер та бінарна мутація.

Було використано базову модель BPSO, що включає: динамічний коефіцієнт інерції (W) для балансу між дослідженням та експлуатацією, та функцію Sigmoid для перетворення безперервної швидкості частинки на ймовірність бінарного оновлення позиції.

Також розроблено модифікацію BPSO на основі принципів Квантової PSO (QPSO), що виключає оперування вектором швидкості. Замість цього, оновлення позиції ґрунтується на середній оптимальній позиції (*mBest*) та локальному атракторі (*p*), що теоретично покращує пошук у складних ландшафтах.

Розроблено автоматизований фреймворк тестування, який послідовно запускає всі 4 варіанти алгоритмів на масштабованих тестових наборах даних (від $N = 10$ до $N = 200$) з адаптивними параметрами.

Проведено порівняння алгоритмів за ключовими метриками: фінальна цінність (якість рішення) та час виконання (обчислювальна ефективність). Виявлено перевагу найбільш ефективного алгоритму, зокрема, в умовах збільшення розміру задачі ($N \rightarrow 200$).

Встановлено емпіричний вплив операторів селекції на збіжність: показано, як Турнірний Відбір забезпечує швидшу збіжність до локального оптимуму, тоді як Рулетка краще підтримує різноманітність на ранніх етапах.

Встановлено, що QPSO-подібний BPSO демонструє більш стабільні та якісні результати порівняно з базовим BPSO на складних наборах даних, що підтверджує ефективність використання глобального центру тяжіння.

Отримані кількісні показники часу виконання для різних алгоритмів на великих наборах даних ($N = 200$), що дозволяють зробити висновок про обчислювальну стійкість та переваги того чи іншого алгоритму при промисловому застосуванні.

Створено систему автоматичного логування (ga/, bpsol/), що забезпечує відтворюваність експериментів, дозволяє швидко верифікувати результати та слугує основою для подальшої оптимізації параметрів алгоритмів.

Конструктивно-продукційне моделювання для семантичного аналізу наукових текстів за математичними виразами

Лебеденко А.В., Андрющенко В.О., Український державний університет науки і технологій, Україна

Вступ та актуальність. Експоненційне зростання обсягів наукових публікацій у таких репозиторіях, як arXiv та zbMATH, призвело до кризи традиційних методів інформаційного пошуку (Information Retrieval — IR). Існуючі NLP-підходи, орієнтовані на ключові слова, демонструють «семантичну сліпоту» до математичних формул, трактуючи їх як шум або набір символів без контексту. Водночас сучасні нейромережеві моделі (LLMs) забезпечують високу точність класифікації, але часто функціонують як «чорні скриньки», не надаючи пояснень своїм рішенням. Актуальність дослідження полягає у необхідності створення інтерпретованих методів аналізу, здатних розпізнавати глибинну структуру математичного знання.

Постановка задачі. Метою роботи є розробка методу кластеризації науково-технічних текстів шляхом застосування конструктивно-продукційного моделювання до їх математичного апарату. Ключова задача — представити математичну формулу не як статичне зображення, а як результат роботи конструктора, що дозволить виявляти семантичну близькість документів на основі подібності алгоритмів побудови їхніх математичних моделей, незалежно від відмінностей у нотації.

Методи дослідження. Теоретичною основою роботи є методологія конструктивно-синтезуючих структур (КСС). Формула розглядається як результат роботи узагальненого конструктора:

$$C = \langle M, \Sigma, \Lambda \rangle, \quad (1)$$

де M — носій (елементи формул), Σ — сигнатура операцій (продукційні правила), Λ — інформаційна підтримка.

Запропонований конвеєр обробки включає чотири етапи. По-перше, *препроцесинг*: конвертація LaTeX-коду у XML/MathML (LaTeXML) для збереження семантики. По-друге, *генерація продукцій*: побудова абстрактного синтаксичного дерева (AST) та його декомпозиція на набір атомарних правил (наприклад, INTEGRAL \rightarrow LIMITS, BODY). По-третє, *векторизація*: формування «конструктивного профілю» документа як вектора частот використання правил (Bag-of-Productions). По-четверте, *кластеризація*: застосування алгоритму HDBSCAN для виявлення щільних груп у просторі продукційних ознак.

Результати. У ході попередніх експериментів було сформовано простір ознак, що базується на граматиці LATEX, трансформованій у систему продукційних правил. Встановлено, що документи з різних розділів математики (наприклад, лінійна алгебра та теорія ймовірностей) мають суттєво відмінні «продукційні відбитки» навіть за умови використання схожої текстової термінології. Наприклад, використання специфічних продукцій для тензорних операцій чітко відокремлює роботи з диференціальної геометрії. Запропонований підхід дозволяє не лише групувати статті, але й автоматично генерувати опис кластера у вигляді набору домінуючих конструктивних правил, що вирішує проблему інтерпретованості результатів.

Висновки. Застосування конструктивно-продукційного моделювання дозволяє перейти від поверхневого текстового пошуку до аналізу структури наукового методу. Розроблений підхід є перспективним для створення інтелектуальних рекомендаційних систем, систем виявлення наукового плагіату та автоматизованої рубрикації наукових архівів.

Дослідження часової ефективності генетичних алгоритмів

Михайлова Т. О., Андрющенко В. О., Український державний університет науки та технологій, Україна

Генетичні алгоритми (ГА) займають важливе місце серед еволюційних методів оптимізації, особливо в задачах, де потрібно знаходити рішення для складних багатовимірних структур. Завдяки здатності працювати з невизначеністю, численними локальними мінімумами, ГА широко застосовуються у штучному інтелекті для навчання моделей, оптимізації архітектур нейронних мереж та пошуку гіперпараметрів. У фармацевтиці та біоінформатиці їх використовують для оптимізації хімічних структур, прогнозування властивостей молекул і пошуку фармакологічних сполук. Така широта застосувань підсилює важливість дослідження часової ефективності ГА, оскільки зі зростанням складності задач збільшуються й вимоги до швидкості обчислень.

Незважаючи на значний обсяг досліджень, проблема скорочення часу виконання ГА залишається актуальною. У практичних системах — від транспортних рішень до промислових інформаційних технологій і цифрових освітніх платформ — важливо не лише отримати якісне рішення, а й забезпечити його вчасне знаходження. Наявні інструменти на Python не завжди дозволяють зручно аналізувати часову ефективність ГА, тому виникає потреба створити програму, що дасть змогу порівнювати різні конфігурації алгоритму та формувати висновки щодо впливу окремих параметрів на тривалість обчислень.

Метою роботи є дослідження залежності часової ефективності ГА від його ключових параметрів та створення програмного інструменту для багаторазових експериментів і порівняльного аналізу. Передбачається вивчення впливу розміру популяції, типу селекції, схрещування, імовірності мутації та критеріїв зупинки на час виконання алгоритму. Отримані результати дадуть змогу сформулювати практичні рекомендації для сфер, де важливі швидкі та ефективні обчислення — від фармакології до адаптивних інтелектуальних систем.

Гіпотеза роботи полягає в тому, що оптимальне поєднання параметрів ГА може значно скоротити час розв'язання задачі без втрати якості результатів. Передбачається аналіз впливу базових характеристик — розміру популяції, кількості поколінь, типу відбору, виду задачі та обраних тестових функцій. Зростання кількості особин та глибини еволюції прямо впливатиме на час виконання, тоді як різні класи задач — гладкі, багатомодальні чи високорозмірні — демонструватимуть різні часові характеристики роботи алгоритму. Очікується, що результати дозволять визначити параметри з найбільшим впливом на швидкодію ГА та сформулювати рекомендації щодо їх оптимального налаштування.

Запланований програмний інструмент буде реалізований мовою Python з можливістю гнучкого налаштування експериментів. Він забезпечить автоматизований збір статистики, вимірювання часу виконання операцій, і збереження результатів. Такий інструмент стане основою для подальших прикладних досліджень та може бути інтегрований у наукові й виробничі процеси, де потрібна швидка й ефективна оптимізація.

Інклюзивна освітня платформа як складова цифрової трансформації освіти

Удачина К.О., Бандоріна Л.М., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Сучасні умови цифровізації освіти та зростання кількості осіб з порушеннями слуху зумовлюють потребу у створенні інклюзивних освітніх платформ. В Україні спостерігається дефіцит навчальних ресурсів, адаптованих до потреб здобувачів освіти з порушеннями слуху, особливо з використанням української жестової мови.

В Україні діджиталізація освіти здійснюється в межах проєктів Міністерства освіти і науки України, платформ дистанційного навчання на базі Moodle, а також окремих громадських ініціатив, спрямованих на підтримку інклюзивної освіти. Проте ці рішення мають фрагментарний характер і, як правило, не забезпечують комплексного поєднання навчального контенту, відеоматеріалів з сурдоперекладом українською жестовою мовою, субтитрів та інтерактивних елементів.

Аналіз існуючих онлайн-платформ на міжнародному рівні свідчить про те, що сьогодні широко використовуються такі освітні системи, як Coursera, edX, Udemy та Khan Academy. Дані системи забезпечують доступ до великої кількості навчальних курсів та частково підтримують субтитри або автоматичний переклад відеоматеріалів. Водночас вони не орієнтовані на потреби осіб з порушеннями слуху в контексті використання жестової мови, зокрема української.

Проведений аналіз свідчить про відсутність в Україні спеціалізованої інклюзивної онлайн-платформи, орієнтованої на повноцінне навчання осіб з порушеннями слуху з урахуванням національного мовного та освітнього контексту, що зумовлює актуальність створення такої інформаційної системи.

Для розроблення вебінтерфейсу платформи доцільним є використання сучасних технологій (HTML, CSS, JavaScript) та фреймворків (React, Vue.js, Angular), які дозволяють реалізувати адаптивний дизайн і зручну навігацію для користувачів з різними освітніми потребами. Серверна частина платформи може бути реалізована з використанням бекенд-фреймворків (Django, Flask, Node.js), що забезпечують обробку запитів користувачів, керування навчальним контентом і збереження результатів навчання. Для організації зберігання даних доцільним є застосування реляційних або нереляційних систем управління базами даних (PostgreSQL, MySQL, MongoDB).

Важливим компонентом інклюзивної платформи є робота з мультимедійним контентом. Для розміщення відеоматеріалів можуть використовуватися відеохостинги або вбудовані мультимедійні плеєри з підтримкою субтитрів та транскрипцій. Для створення навчального відеоконтенту з сурдоперекладом доцільним є застосування сучасних інструментів відеомонтажу та платформ для обробки відео. Інтерактивну складову платформи можуть забезпечувати сервіси для створення тестів, вікторин та форм зворотного зв'язку, що дозволяють автоматизувати контроль знань і підвищити залученість здобувачів освіти. Для комунікації між учасниками освітнього процесу можуть застосовуватися інтегровані сервіси повідомлень та онлайн-опитувань. Додаткові можливості розвитку платформи відкриває використання елементів штучного інтелекту, зокрема для автоматичної генерації субтитрів, аналізу навчальної активності користувачів та персоналізації освітнього контенту. Проте такі технології доцільно розглядати як допоміжні, а не основні, особливо в контексті сурдоперекладу.

Застосування перелічених інструментів створює технічні передумови для розроблення комплексної інклюзивної онлайн-платформи, що відповідатиме сучасним вимогам діджиталізації освіти та сприятиме формуванню безбар'єрного освітнього середовища.

Особливості викладання компонентного та розподільного програмування

Демидович І. М., Український державний університет науки і технологій, Україна

Викладання компонентного та розподіленого програмування передбачає формування у студентів цілісного уявлення про сучасні архітектурні підходи, що лежать в основі побудови складних програмних систем. Ключовим аспектом є усвідомлення принципів модульності, слабкої зв'язності та повторного використання, які визначають специфіку компонентної парадигми. На початковому етапі важливо забезпечити розрізнення між об'єктно-орієнтованим та компонентним підходами, підкресливши, що компонент є автономною функціональною одиницею з чітко формалізованим інтерфейсом і контрактом взаємодії. Це дозволяє сформувати фундамент для подальшого вивчення розподілених архітектур, у яких незалежність і коректність взаємодії компонентів набувають принципового значення.

Освоєння концепцій стає більш продуктивним, коли студенти мають можливість конструювати власні компоненти та сервіси, аналізувати їхню взаємодію та розгортати прототипи розподілених додатків. Використання сучасних технологічних платформ та інструментів, таких як .NET, JavaBeans, веб-компоненти та контейнеризація, дозволяє пов'язати теоретичні положення з практиками розробки та експлуатації програмних систем.

Окрема увага має приділятися питанням формалізації інтерфейсів та контрактів. Студенти повинні опанувати методи документування точок взаємодії, правила обробки виняткових ситуацій, принципи забезпечення сумісності між різними версіями компонентів. Формування культури точного опису контрактів у край важливе для успішного освоєння розподілених систем.

Викладання також має включати розгляд методів тестування компонентних та розподілених систем. Ізольоване тестування компонентів передбачає використання мок-об'єктів, контрактного тестування та засобів автоматизації. Для розподілених систем необхідно навчати методам інтеграційного тестування, аналізу логів, моніторингу, а також управлінню збоями. Студенти повинні розуміти, що помилки у розподіленому середовищі є нормальним явищем, і вміти проектувати системи, стійкі до часткових відмов, мережевих затримок та порушення доступності.

Невід'ємною частиною курсу є вивчення аспектів безпеки. Розподілені архітектури вимагають вирішення завдань автентифікації, авторизації, захисту даних та керування доступом між компонентами.

Особливого значення в освітньому процесі має знайомство студентів із практиками розгортання та експлуатації сучасних систем. Контейнеризація, CI/CD-процеси, засоби оркестрації та автоматизації дозволяють продемонструвати повний життєвий цикл програми та розширюють уявлення студентів про розробку як про комплексну діяльність, що включає проектування, реалізацію, тестування та супровід.

Для підвищення ефективності засвоєння матеріалу корисно використовувати візуальні моделі – архітектурні схеми, діаграми послідовностей, графи взаємодій компонентів. Це дозволить студентам побачити структуру системи не як набір вихідних файлів, а як організовану мережу модулів, що взаємодіють, що сприяє формуванню системного мислення.

Тож слід зазначити, що викладання компонентного та розподіленого програмування має міждисциплінарний характер. Воно вимагає інтеграції знань у галузі мережевих технологій, операційних систем, архітектурних патернів та DevOps-практик. Найбільш ефективною формою закріплення матеріалу є виконання проектних робіт, в яких студенти розробляють розподілені додатки, документують інтерфейси, інтегрують окремі сервіси та набувають навичок командної взаємодії. Такий підхід забезпечує глибоке розуміння предметної галузі і готує студентів до роботи зі складними системами.

Розробка компактних мовних моделей для застосування в освітніх системах в умовах обмежених ресурсів

Дзюба В. В., Остапець Д. О., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Сучасні великі мовні моделі (Large Language Models, LLM) демонструють вражаючі можливості у розв'язанні різноманітних задач обробки природної мови, проте їх використання потребує значних обчислювальних ресурсів. У контексті українських реалій, де енергопостачання може бути нестабільним, особливо актуальним стає питання розробки компактних моделей, які можуть функціонувати на локальному обладнанні з обмеженими ресурсами.

Застосування штучного інтелекту в освіті відкриває нові можливості для персоналізованого навчання, автоматизації оцінювання, створення інтерактивних навчальних матеріалів та підтримки викладацької діяльності. Однак використання сучасних LLM з мільярдами параметрів (GPT-4, Claude тощо) обмежене необхідністю постійного інтернет-з'єднання, високою вартістю та проблемами конфіденційності даних.

Розробка компактних моделей (до 1 млрд параметрів) дозволяє:

- забезпечити автономність роботи в умовах відсутності інтернету або електроенергії (при використанні резервних джерел живлення);
- захистити конфіденційність навчальних даних студентів;
- зменшити фінансові витрати на використання хмарних сервісів;
- адаптувати модель до специфічних освітніх потреб закладу.

У рамках дослідження розробляється архітектура мовної моделі з приблизно 0,5 млрд параметрів, оптимізована для роботи на споживчому обладнанні (відеокарти з 8-12 ГБ пам'яті). Модель базується на трансформерній архітектурі з оптимізаціями для зменшення вимог до пам'яті та обчислювальної потужності.

Основні технічні рішення включають:

- використання ефективних методів квантизації для зменшення розміру моделі;
- застосування техніки *grouping* для видалення надмірних параметрів;
- оптимізація процесу навчання для роботи в умовах переривання (*checkpoint-based training*);
- використання дистиляції знань від більших моделей.

Особлива увага приділяється питанням енергоефективності навчання. Розроблено систему автоматичного збереження стану та відновлення процесу навчання, що критично важливо в умовах нестабільного електропостачання.

Компактні мовні моделі можуть застосовуватись у таких напрямках:

- асистування викладачам у підготовці навчальних матеріалів та тестових завдань;
- персоналізована підтримка студентів при вивченні матеріалу;
- автоматизоване оцінювання есе та письмових робіт;
- генерація навчальних прикладів та пояснень;
- підтримка дистанційного навчання в автономному режимі.

Окрім освітніх застосувань, компактні LLM мають значний потенціал у системах кібербезпеки, зокрема для:

- аналізу журналів подій та виявлення аномалій;
- автоматизованого аналізу загроз та вразливостей;
- генерації звітів про інциденти безпеки;
- підтримки прийняття рішень операторів SOC (Security Operations Center).

Дослідження та реалізація алгоритму шифрування даних з використанням еліптичних кривих

Макарова Х.С., Гришечкіна Т.С., Український державний університет науки та технологій,
Україна

Еліптичні криві є одним із найбільш актуальних та ефективних математичних інструментів, що застосовуються у сучасній криптографії для забезпечення конфіденційності, цілісності та автентичності даних. В умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій та зростання обсягів передаваних даних особливого значення набувають криптографічні алгоритми, які поєднують високий рівень безпеки з оптимальними обчислювальними витратами.

Криптографія на основі еліптичних кривих (Elliptic Curve Cryptography, ECC) забезпечує еквівалентний рівень стійкості порівняно з класичними асиметричними алгоритмами, такими як RSA, але з використанням значно коротших ключів. Це дозволяє зменшити навантаження на пам'ять, прискорити процеси шифрування та дешифрування, а також підвищити ефективність роботи систем, особливо в умовах обмежених ресурсів.

Метою даної роботи є дослідження принципів побудови та практичної реалізації алгоритмів шифрування даних з використанням еліптичних кривих, а також аналіз їхніх переваг і обмежень у сучасних інформаційних системах.

У межах дослідження розглянуто математичні основи еліптичних кривих над скінченними полями, принципи формування відкритих і закритих ключів, а також механізми виконання криптографічних операцій. Особливу увагу приділено таким алгоритмам, як ECDH (Elliptic Curve Diffie–Hellman) для безпечного обміну ключами та ECDSA (Elliptic Curve Digital Signature Algorithm) для створення й перевірки цифрового підпису.

Процес реалізації алгоритмів ECC включає вибір криптографічно стійких параметрів кривої, генерацію ключів, виконання операцій над точками еліптичної кривої та інтеграцію алгоритмів у програмне середовище. Важливим аспектом є забезпечення захисту від побічних атак та використання перевірених стандартів.

Попри високий рівень безпеки, алгоритми на основі еліптичних кривих мають низку практичних викликів, зокрема складність математичної реалізації та залежність надійності від коректного вибору параметрів. Подальший розвиток ECC спрямований на оптимізацію обчислень, підвищення стійкості до нових типів атак та адаптацію до постквантових криптографічних вимог.

Таким чином, використання еліптичних кривих є перспективним напрямом розвитку криптографічних систем і відіграє ключову роль у забезпеченні інформаційної безпеки сучасних цифрових рішень.

Розроблення багатofункціонального студентського органайзера з використанням фреймворку Flutter

Солод І. М., Стаднік А. В., Український державний університет науки і технологій

Сучасний освітній процес характеризується високою інтенсивністю інформаційних потоків, значною кількістю навчальних завдань та необхідністю ефективного планування часу. У зв'язку з цим актуальною є задача створення програмних засобів, які дозволяють студентам централізовано керувати навчальною діяльністю, поєднуючи розклад занять, завдання, нотатки та довідкову інформацію в єдиному інтерфейсі.

У межах даної роботи було розроблено багатоплатформенний застосунок Student Familiar, призначений для організації навчального процесу студента. Основна ідея проєкту полягає у створенні цілісного цифрового середовища, де всі навчальні активності структуровані за логікою реального навчального тижня та дисциплін. Застосунок включає модулі розкладу занять, календаря завдань з дедлайнами, системи нотаток із групуванням, сторінки предметів та довідкового розділу з відповідями на поширені питання.

Для реалізації проєкту було обрано фреймворк Flutter та мову програмування Dart, що забезпечують можливість розроблення єдиного коду для мобільних і десктопних платформ. Використання власного рушія рендерингу Flutter дозволяє досягти плавної роботи інтерфейсу та стабільної продуктивності навіть при складній структурі екранних форм. Архітектура застосунку побудована за реактивним підходом із використанням шаблону керування станом Provider, що спрощує синхронізацію даних між екранами та підвищує масштабованість проєкту.

Особливу увагу в роботі приділено реалізації інтерфейсу користувача. Застосунок містить декілька взаємопов'язаних екранних форм, діалогові вікна для створення та редагування даних, багаторівневу довідкову систему та повідомлення користувачеві про виконання дій. Для підвищення зручності взаємодії застосовано анімації переходів, візуальні індикатори пріоритетів завдань, а також адаптивне масштабування елементів інтерфейсу.

Функціональність застосунку передбачає перевірку коректності введених даних, логічні обмеження на створення об'єктів та динамічне оновлення відображення інформації. Наприклад, завдання прив'язуються не до дня тижня, а до конкретної дати, що забезпечує коректне відображення дедлайнів при зміні календарного періоду. Окремо реалізовано систему налаштувань, яка дозволяє змінювати тему оформлення, масштаб тексту та поведінку анімацій.

Практична цінність розробленого застосунку полягає у можливості його використання як повноцінного персонального інструмента для студентів, а також як навчального прикладу реалізації складного інтерфейсу у Flutter. Проєкт демонструє поєднання UI/UX-дизайну, керування станом, модульної архітектури та взаємодії користувача з динамічними даними.

Таким чином, у роботі показано, що фреймворк Flutter є ефективним інструментом для створення багатofункціональних навчальних застосунків із насиченим інтерфейсом та розвинутою логікою. Отримані результати можуть бути використані як основа для подальшого розвитку застосунку, зокрема шляхом додавання системи сповіщень, синхронізації з хмарними сервісами та розширення аналітичних можливостей.

Дослідження методів тестування продуктивності та масштабованості в хмарних системах

Соченко М.О., Гришечкіна Т.С., Український державний університет науки та технологій,
Україна

У сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій хмарні системи стали основою для побудови програмних рішень у різних галузях - від електронної комерції та фінансового сектору до освіти й державного управління. Використання хмарних платформ забезпечує гнучкість, доступність ресурсів і можливість динамічного масштабування. Водночас зростання кількості користувачів і навантажень висуває підвищені вимоги до продуктивності, масштабованості та надійності таких систем. Це зумовлює актуальність досліджень, спрямованих на вдосконалення методів тестування хмарних рішень.

Актуальність даної роботи полягає у необхідності комплексної оцінки ефективності хмарних систем в умовах змінного та пікового навантаження. Недостатньо протестовані системи можуть призводити до зниження якості сервісів, втрати даних та фінансових збитків. Тому застосування сучасних методів навантажувального тестування, тестування масштабованості, стрес-тестування та тестування відмовостійкості є критично важливим етапом життєвого циклу програмного забезпечення.

Об'єктом дослідження є хмарні системи та їх характеристики продуктивності і масштабованості. Предметом дослідження є методи тестування продуктивності та масштабованості в хмарних середовищах. Метою роботи є дослідження та аналіз сучасних підходів до тестування хмарних систем, розробка експериментальних сценаріїв і визначення ефективних способів оптимізації їх роботи.

У роботі проаналізовано сучасні тенденції розвитку хмарних технологій, зокрема автоматизацію тестування, контейнеризацію, використання оркестрації та механізмів автоматичного масштабування. Особливу увагу приділено дослідженню основних видів тестування: навантажувального тестування, яке дозволяє оцінити стабільність системи при типовому навантаженні; тестування масштабованості, спрямованого на аналіз ефективності використання додаткових ресурсів; стрес-тестування, що визначає граничні можливості системи; а також тестування відмовостійкості, яке перевіряє здатність системи відновлювати роботу після збоїв.

У практичній частині роботи розроблено тестові сценарії та алгоритми тестування продуктивності й масштабованості хмарних систем. Для проведення експериментів використано сучасні інструментальні засоби, зокрема Apache JMeter, K6, Locust, а також засоби моніторингу AWS CloudWatch і Google Cloud Monitoring. Проведено аналіз ключових метрик ефективності, таких як час відгуку, пропускна здатність, використання ресурсів, еластичність і лінійність масштабування.

За результатами дослідження виконано порівняльний аналіз методів тестування та сформульовано рекомендації щодо оптимізації хмарних систем. Отримані результати підтверджують, що використання автоматизованого тестування у поєднанні з контейнеризацією та механізмами автоматичного масштабування дозволяє підвищити стабільність і продуктивність хмарних сервісів, а також зменшити кількість помилок при високих навантаженнях.

Практична цінність роботи полягає у можливості використання запропонованих методик і тестових сценаріїв під час проектування та експлуатації реальних хмарних систем з метою підвищення їх надійності та ефективності.

Таксономія процесу налагодження програмного забезпечення

Жеваго О. О., Шинкаренко В. І., Український державний університет науки і технологій

У сучасній розробці програмного забезпечення налагодження відіграє критичну роль, займаючи від 30% до 50% робочого часу розробника. Незважаючи на таку значущість, процес налагодження часто сприймається як мистецтво, керований індивідуальним досвідом, а не стандартизованими практиками. Існуючі дослідження висвітлюють окремі аспекти налагодження, включаючи специфічні техніки, розробку інструментів та когнітивні фактори, проте відсутня систематична та комплексна класифікація, яка б категоризувала процес налагодження та фактори, що на нього впливають. Така фрагментованість обмежує можливості системного підходу до вирішення проблем налагодження, ускладнює виявлення прогалин у дослідженнях та знижує ефективність навчання налагодженню.

Пропонується таксономія процесу налагодження програмного забезпечення, яка класифікує процес за шістьма ключовими вимірами: об'єкти налагодження ("Що"), застосовувані інструменти ("Чим"), методи та техніки ("Як"), людський фактор ("Хто"), часові аспекти ("Коли") та контекст виконання ("Де"). Кожен вимір охоплює множину елементів, що характеризують різноманітність практик налагодження. Таксономія розроблена відповідно до загальноприйнятої методології створення таксономій, що забезпечує систематичний, ітеративний та теоретично обґрунтований підхід до побудови класифікації.

Вимір "Що" визначає об'єкти налагодження, включаючи типи дефектів (функціональні і нефункціональні помилки, проблеми інтеграції, помилки середовища, помилки паралелізму, помилки даних), програмні артефакти (код, інфраструктура, залежності, користувацькі інтерфейси) та причини виникнення помилок.

Вимір "Чим" охоплює різноманітні інструменти налагодження, від статичних аналізаторів та інтерактивних дебагерів до AI-керованих інструментів та засобів спостереження.

Вимір "Як" характеризує методології налагодження, включаючи стратегії міркування (дедуктивне, індуктивне), техніки аналізу (статичний, динамічний, статистичний аналіз) та ступінь автоматизації (ручне, напівавтоматичне, автоматичне налагодження).

Вимір "Хто" досліджує людський елемент, враховуючи різних зацікавлених сторін (розробники, тестувальники, інженери з безпеки, експерти предметної області), рівні експертизи (новачки, середній рівень, експерти) та форми співпраці (індивідуальне, парне, командне налагодження, взаємодія людини з AI).

Вимір "Коли" розглядає часові аспекти, визначаючи етапи життєвого циклу розробки та підходи до налагодження (превентивне, реактивне, ретроспективне).

Вимір "Де" характеризує середовища та платформи виконання, а також контексти налагодження (локальне, тестове, продакшн-середовище, розподілені системи).

Валідація таксономії проведена на основі експериментальних даних, зібраних під час олімпіади з налагодження серед студентів спеціальності "Інженерія програмного забезпечення" Українського державного університету науки і технологій. Аналіз сесій налагодження підтвердив, що таксономія охоплює ключові елементи процесів налагодження. Усі основні активності та інструменти, використані студентами, успішно категоризовані в межах вимірів таксономії, що підтверджує її повноту та релевантність.

Запропонована таксономія має значний потенціал застосування в дослідженнях, освіті та практичній розробці. У дослідженнях вона забезпечує основу для систематизації існуючих знань, виявлення прогалин та проведення емпіричних досліджень ефективності різних технік налагодження. В освітньому контексті таксономія виступає основою для розробки навчальних програм з налагодження, допомагаючи викладачам забезпечити комплексне висвітлення підходів до налагодження. Для практиків таксономія може стати

основою для розробки більш досконалих та цільових інструментів та стратегій налагодження, що в кінцевому підсумку призведе до підвищення ефективності процесу.

Представлений підхід дозволяє суттєво підвищити рівень підготовки студентів, допомагаючи їм краще розуміти логіку програм, швидше знаходити помилки та ефективніше їх усувати. У довгостроковій перспективі це сприяє формуванню фахівців, здатних працювати з реальними проектами, де вирішення помилок є не менш важливим, ніж написання нового коду.

The effectiveness of kotlin multiplatform for developing cross-platform mobile applications

Borodin O. S., Volkova S. A., Ukrainian State University of Science and technology

The paper considers the features of using Kotlin Multiplatform technology to create cross-platform mobile applications. The analysis of the possibilities of code sharing between Android and iOS is carried out, which reduces the time spent on development. As an example, a prototype of an online store using Kotlin Multiplatform Mobile (KMM) was developed. The effectiveness of the "shared code + native UI" architecture for implementing business logic is shown. The results obtained demonstrate the feasibility of using Kotlin Multiplatform in modern mobile development.

1. Introduction

In the modern world, the development of cross-platform mobile applications is one of the most relevant areas of software engineering. Previously, similar products were created using technologies such as React Native, Flutter, and Xamarin, which allowed writing single code for multiple platforms. Google, JetBrains, and the developer community are actively working to improve approaches to cross-platform logic sharing. Kotlin Multiplatform is a new step in this direction, providing flexibility and high performance. The purpose of this paper is to study the effectiveness of this technology and demonstrate its capabilities using the example of creating a mobile online store.

2. main part

As part of the work, a cross-platform online store application was created, where the main business logic is implemented in a common module on Kotlin Multiplatform.

The architecture consists of three parts:

- * shared module(Kotlin): implementation of data models, repositories, and API logic;
- * Android UI(Jetpack Compose): user interface for Android;
- * iOS UI (SwiftUI): a user interface for iOS.

Shared module code snippet (Kotlin):

```
class ProductRepository(private val api: ProductApi) {
    suspend fun getProducts(): List<Product> = api.fetchProducts()
}
```

```
data class Product(val id: Int, val name: String, val price: Double)
```

Використання в Android-застосунку (Compose):

```
@Composable
```

```
fun ProductListScreen(products: List<Product>) {
```

```
    LazyColumn {
```

```
        items(products) { product ->
```

```
            Text("${product.name}: ${product.price} грн")
```

```
        }
```

```
    }
```

```
}
```

When testing the app, it was determined that code sharing accounts for more than 70% of the total project volume, which significantly reduced development time and simplified support.

3. Conclusions

As a result of the study, it was proved that Kotlin Multiplatform technology is an effective tool for creating cross-platform mobile applications. It avoids code duplication and optimizes the development process. The implemented prototype of the online store confirmed the convenience of the architecture with the distribution of logic and interface. Compared to similar technologies (Flutter, React Native), Kotlin Multiplatform provides better integration with native platforms. So, this technology has a significant potential for further development in the field of mobile development.

Successful Implementation of the Marie Skłodowska-Curie Project “Horizon 2020: European Training Network for Ukraine and Transport (ETUT)”

Serdiuk T. M., Ukrainian State University of Science and Technologies, Ukraine

This work highlights the results of the international research project ETUT, aimed at fostering collaboration between Ukrainian and European universities in the fields of transport and automation. The project was implemented under the Horizon 2020 – Marie Skłodowska-Curie Actions program, which supports the training of early-stage researchers, promotes knowledge exchange, and facilitates the integration of Ukraine into the European Research Area. ETUT is implemented by a consortium of three partners: University of Twente (Netherlands, coordinator), University of Nottingham (UK), and Ukrainian State University of Science and Technology (Ukraine). The project duration is four years (2021–2025) with a total budget is more than three million euros. Twelve PhD candidates were selected from 225 applicants to conduct research on innovative transport technologies, supported by secondments, summer schools, and industrial training. Key activities include joint publications, participation in international conferences, and dissemination through workshops and social media. The project also promotes academic mobility via Erasmus+ programs for students and faculty, fostering knowledge exchange and integration into the European Research Area. Each ESR pursued an individual research project aligned with ETUT objectives, producing novel scientific results and advancing knowledge in their respective domains. All ESRs have been recruited, and the project’s visual identity has been established, serving as a key tool for dissemination and outreach activities. Public awareness of the ETUT project is actively promoted, leveraging the ESRs’ networks to distribute results across academic and societal communities.

Two Summer Schools have been successfully organized: Summer School I at the University of Twente, Netherlands (20–24 June 2022), and Summer School II at the University of Nottingham, UK (2–7 July 2023) and Summer School III at the University of Twente, Netherlands (23–27 June 2024). ESRs have also participated in major conferences, including IEEE EMC & SPI (2022, Spokane, USA), EPE ECCE Europe (2022, Hannover, Germany), EMC Europe (2022, Gothenburg, Sweden; EMC EUROPE 2023, Krakow, Poland), and ESARS-ITEC (2023, Venice, Italy), EMC EUROPE 2024 (Bruges, Belgium), AP EMC 2025 (Taipei, Taiwan), EMC EUROPE 2025 (Paris, France).

Multiple peer-reviewed journal articles and conference papers have been published, reflecting the ESRs’ research contributions in power electronics and electromagnetic compatibility (EMC). Despite the geopolitical challenges in Ukraine, the project’s training and research objectives remain on track, with minor adjustments. A total of 48 articles were published in Scopus and patents

The ETUT project aims to enable cost-effective electrification of transportation systems, particularly in regions with weak electrical networks, covering both railway and maritime applications. Collaborative research addresses efficient power electronics topologies, wireless power transfer, intelligent battery management systems, and EMC challenges such as conducted and radiated emission mitigation and live measurement techniques. Industrial collaboration provides timely feedback and ensures alignment with current technological demands.

Dissemination to the scientific community is achieved through publications and conference presentations, while engagement with the general public is pursued through events like “Girls’ Day” and “EMC on Tour,” complemented by social media and blog outreach. The ETUT project has successfully fostered a network of highly trained researchers capable of conducting independent, high-quality research in transport and automation.

Апробація нової лабораторної роботи «SQL-ін'єкції» з дисципліни «Бази даних» на основі створеного програмного застосунку «SQL Testing»

Пахомова В.М., Вічев Д.Е., Український державний університет науки і технологій,
Україна

На сучасному етапі здійснення атак SQL-ін'єкціями (SQLi) може призвести до несанкціонованого доступу конфіденційних даних, які зберігаються в різноманітних базах даних різних напрямків використання, що підтверджує актуальність теми.

Огляд наукових джерел показав, що SQLi можна класифікувати за різними критеріями, включно за способом взаємодії з додатком і базою даних, а також рівнем спостережуваності в процесі атаки: класичні (In-band SQL Injection); «сліпі» (Blind SQL Injection); SQLi, що засновані на помилках; SQLi на основі часу (Time-based SQL Injection); UNION-SQLi; Error-based-SQLi; Out-of-band-SQLi, а також безліч комбінованих методів, які можуть використовувати різні вразливості та слабкі місця у веб-додатках для впровадження та виконання шкідливого SQL коду. Слід зауважити, що вразливості SQLi можуть виникати в будь-якому місці запиту та в різних типах запитів: в UPDATE операторах (в середині оновлених значень або в розділі WHERE); в INSERT операторах (в межах вставлених значень); в SELECT операторах (в середині назви таблиці або стовпця); в SELECT операторах (у межах розділу ORDER BY) та інші. Відомо, що на сучасному етапі існують інструменти виявлення та запобігання SQLi: очищення введення даних; використання параметризованих запитів; використання ORM (Object-Relational Mapping); безпечне програмування та налаштування бази даних.

Для використання в навчальному процесі з дисципліни «Бази даних» для здобувачів спеціальності «Кібербезпека та захист інформації» створено мовою Python програмний застосунок «SQL Testing», що передбачає наявність наступних вкладок: 1.INJECTION (вразливість SQLi, що дозволяє отримувати приховані дані); 2.AUTH (вразливість SQLi, що дозволяє обійти вхід до системи); 3.LEAK (вразливість SQLi, що дозволяє несанкціонований витік даних); 4.EXAM (виконання завдання без використання коментарів). Слід зауважити, що на початку виконання лабораторної роботи здобувач отримує варіант, виконання кожного завдання якого завершується отриманням відповідного секретного FLAG, який додається здобувачем до звіту та надсилається викладачу. За темою «SQL-ін'єкції» до банку тестів системи «ЛІДЕР» додано 40 тестів: «так/ні»–10 шт.; «один із багатьох» – 10 шт.; «багато із багатьох» – 14 шт.; «відповідність» – 6 шт. Запропонований на 20 хвилин «ТЕСТ_SQLi», що складається із 20 тестових питань. Підготовлені методичні рекомендації щодо виконання лабораторної роботи: теоретичні відомості; послідовність виконання; перелік питань; тести для самотестування.

На початку грудня 2025 р. проведено апробацію нової лабораторної роботи «SQL-ін'єкції» з дисципліни «Бази даних»: 1) виконання завдань за виданим варіантом на основі створеного програмного застосунку «SQL Testing»; 2) проходження «ТЕСТу_SQLi», в якій прийняли участь 20 здобувачів (3-й та 4-й курси), із них: на сучасному етапі вивчають дисципліну – 14 осіб; вивчали дисципліну в минулому навчальному році – 6 осіб. У здобувачів не з'явилося труднощів з виконанням завдань виданого варіанту. Середня тривалість проходження «ТЕСТу_SQLi» склало приблизно 15 хвилин (мінімальна тривалість: 8 хвилин; максимальна тривалість: 20 хвилин). Усі учасники апробації здали «ТЕСТ_SQLi», при цьому середній бал склав приблизно 8,89 балів із можливих 10 балів (найвищий результат: 9,88; найменший результат: 7,21); крім того, отримані позитивні відгуки від учасників. Таким чином, апробація нової лабораторної роботи «SQL-ін'єкції» з дисципліни «Бази даних» здійснена успішна, і може бути на далі рекомендована до використання в навчальному процесі як для здобувачів спеціальностей «Кібербезпека та захист інформації», так і для здобувачів спеціальності «Комп'ютерна інженерія».

Reinforcement learning in the educational field

Yalova K., Zubrycka A., Dniprovsky State Technical University, Ukraine

Reinforcement Learning is one of the key areas of modern machine learning that is becoming especially relevant in the context of the development of information technologies and the digitalization of education. Unlike supervised learning, this approach does not assume the existence of reference answers; instead, the learning process is based on the direct interaction of an intelligent system with its environment and the analysis of the consequences of its own actions, which corresponds to contemporary requirements for adaptive educational systems.

The relevance of applying reinforcement learning is determined by the growing number of tasks in which it is necessary not only to classify data or make predictions, but also to develop effective behavior strategies under conditions of uncertainty and long-term consequences of decisions. Modern information systems, robotic complexes, and intelligent services require algorithms capable of adapting to changes in the environment and optimizing their behavior in real time, which makes reinforcement learning particularly important. The increasing popularity of reinforcement learning in the educational field is determined by the need to create intelligent learning environments capable of personalizing the educational process, adapting learning content to the level of learners' preparedness, and forming optimal learning strategies under conditions of uncertainty and the diversity of individual educational trajectories. Modern digital educational platforms, distance and blended learning systems, and intelligent tutoring systems require algorithms that can learn from feedback and continuously improve their performance.

Reinforcement learning is described through the formalism of the Markov Decision Process (MDP), which is defined by sets of states, actions, a transition function, a value function, and a discount factor. The transition function determines the probability of moving from the current state to the next state after performing a certain action, while the value function reflects the expected cumulative reward that an agent can obtain by being in a particular state or performing a specific action. The agent, by performing actions and receiving rewards, aims to maximize the mathematical expectation of the total cumulative reward.

The evolution of reinforcement learning methods has led to the formation of three main classes of algorithms:

1. Value-based methods, which are based on evaluating the benefit of performing actions in specific states and are well-suited for small discrete tasks where it is necessary to control every action.

2. Policy-based methods, which directly optimize the agent's behavior policy and provide flexibility and the ability to operate in continuous spaces.

3. Hybrid actor-critic architectures, which combine value-based and policy-based approaches by using a critic to evaluate the value function and an actor to update the policy parameters. Actor-critic methods model complex strategies and operate in large environments, combining precise evaluation with the efficiency of parameterized policies.

Furthermore, reinforcement learning algorithms are divided into on-policy and off-policy methods depending on the way data is collected for training. On-policy methods learn from the experience obtained through the agent's current policy, whereas off-policy methods allow the use of data generated by a different policy, which increases the flexibility and efficiency of the learning process.

Thus, reinforcement learning is a promising tool for the digital transformation of education, as it enables the implementation of intelligent, adaptive, and personalized educational systems aimed at improving the quality of learning and the effectiveness of the educational process in the context of digitalization.

Дослідження ефективності використання голосового помічника у веб-додатках

Ципа І.В., Волкова С. А, Український державний університет науки і технологій: Україна

Стрімка еволюція людино-машинних інтерфейсів (НМІ) зумовлює перехід від традиційних парадигм взаємодії WIMP (Window, Image, Menu, Pointer) до більш інтуїтивних SILK-інтерфейсів (Speech, Image, Language, Knowledge). В умовах постійного зростання обсягів інформації та необхідності забезпечення інклюзивності веб-ресурсів, інтеграція голосових технологій стає критично важливою вимогою для сучасних веб-додатків. Актуальність дослідження обумовлена необхідністю подолання обмежень стандартних методів навігації (клавіатура/миша) та забезпечення безконтактного керування контентом, що особливо важливо в контексті мультизадачності та доступності для користувачів з особливими потребами [3].

Метою роботи є аналіз архітектурних рішень для створення голосових веб-асистентів, порівняння їхньої ефективності з нативними аналогами та визначення перспектив інтеграції з технологіями доповненої реальності (AR).

У ході дослідження проаналізовано існуючі підходи до реалізації голосового керування. Більшість комерційних рішень (Siri, Alexa, Google Assistant) функціонують як закриті екосистеми, що ускладнює їх глибоку інтеграцію зі специфічною логікою веб-додатків. Натомість, підхід на основі відкритих веб-стандартів (Open Web Ecosystem) дозволяє створювати гнучкі рішення без прив'язки до апаратної платформи [1]. Для реалізації запропоновано використання Web Speech API та JavaScript, що забезпечує кросплатформеність та відсутність необхідності встановлення стороннього ПЗ.

Окрему увагу в роботі приділено питанням конфіденційності. Згідно з рекомендаціями European Data Protection Board, голосові дані є біометричними, тому їх обробка вимагає прозорості та мінімізації даних [4]. Запропонована архітектура дозволяє реалізувати механізм "Privacy by Design", де обробка команд відбувається лише після явної активації мікрофона користувачем, без постійного фонового прослуховування.

Перспективним напрямком розвитку є поєднання голосових інтерфейсів з технологіями доповненої реальності (AR). Такий симбіоз дозволяє створити мультимодальний інтерфейс, де голосові команди доповнюють візуальну інформацію, що накладається на реальний світ. Це відкриває нові можливості для сфер електронної комерції, освіти та телемедицини, забезпечуючи ефект "Hands-free" та підвищуючи імєсивність взаємодії [2].

Впровадження голосових асистентів на базі веб-технологій є ефективним методом покращення юзабіліті веб-додатків. Використання Web Speech API у поєднанні з JavaScript дозволяє створювати легковагові, безпечні та контекстно-залежні інтерфейси, що перевершують нативні аналоги у специфічних сценаріях веб-навігації.

Впровадження платформи Moodle для підвищення ефективності дистанційного навчання

Боднар Є.Б., Безовська М.С., Татарінов О.Ф., Український державний університет науки і технологій: Україна

Навчання за допомогою дистанційних засобів змогло забезпечити студентам достатньо гнучкий підхід до освіти та навчання. Дистанційні курси зробили знання доступними для всіх та допомогло багатьом працівникам різних галузей знайти баланс між отриманням освіти, роботою та приватним життям. Організації також відмітили значні результати щодо підвищення кваліфікації співробітників за допомогою подібних методів та одночасної економії коштів на такі потреби. Але при створенні значних можливостей для студентів, паралельно почали з'являтися певні труднощі і проблеми, наприклад, у тих, хто проживає в сільській місцевості зі зниженим або взагалі обмеженим доступом до необхідного обладнання та інтернету. Для викладачів та керівництва подібні технологічні бар'єри є не менш серйозними, крім того, у них може бути відсутня відповідна підготовка до роботи з цифровими інструментами, що ускладнює адаптацію їх навчальних матеріалів до онлайн-формату. На опанування нового програмного забезпечення та платформ може піти багато часу та праці, які можна було б використати на розробку нових курсів, планування занять та взаємодії зі студентами.

У сучасному світі особливої уваги потребує варіант подолання технологічних бар'єрів та проблем на базі їх застосування у вигляді мобільних застосунків. Адже все більше студентів звертаються до мобільних пристроїв для отримання доступу до освітніх ресурсів, тож важливим є розробка курсів з використанням принципу «мобільні пристрої в першу чергу», які б забезпечували їх легку адаптацію до конкретного навчального середовища з самого початку. Проте перетворення навчальної програми на курси, адаптовані до мобільних пристроїв, може бути складним завданням. Адже подібна адаптація включає не лише зміну розміру та переформатування контенту для менших екранів, але й оптимізацію інтерактивних елементів та мультимедіа для мобільного використання. Складні функції, такі як інтерактивні симуляції, детальна графіка чи діаграми, а також великий текст, можуть стати громіздкими та менш ефективними на мобільних пристроях. Забезпечення сумісності між різними операційними системами та пристроями додає ще один рівень складності.

У віртуальному середовищі відсутність фізичної присутності та прямої взаємодії може ускладнити розуміння та утримання уваги учнів. Традиційні сигнали, такі як зоровий контакт, мова тіла та негайний зворотний зв'язок, відсутні, що призводить до потенційного розриву зв'язку між викладачами та студентами. Важливо використовувати креативні способи розробки заходів для залучення студентів, таких як відеоконференції, віртуальні класи, кімнати для групових занять, інтерактивні опитування та мультимедійні ресурси.

Хоча вищезазначені проблеми можуть зробити дистанційне навчання вимогливим та важким для впровадження, деякі системи управління навчанням (LMS), такі як Moodle, можуть запропонувати рішення для їх розв'язання. Як платформа з відкритим кодом, Moodle LMS дозволяє виконати різноманітні налаштування та провести адаптацію. Вона підтримує всі варіації та моделі освіти, де користувачі можуть створювати та брати участь у спільному навчальному досвіді онлайн. Платформа також підтримує різні освітні комунікаційні середовища, від шкіл до університетів. Широкі комунікаційні інструменти і системи, такі як Matrix та форуми, забезпечують безпроблемне спілкування викладачів та учнів, що призводить до швидшого та ефективнішого навчання.

Практичне застосування додатку Moodle продемонструвало, що дистанційне навчання дійсно може бути доступним для всіх студентів. Додаток забезпечує безперебійний мобільний навчальний досвід, де користувачі можуть переглядати вміст курсу, спілкуватися з викладачами та бути в курсі подій за допомогою сповіщень, навіть офлайн. Таким чином Moodle гарантує, що навчання навіть у дистанційному вигляді буде залишатися ефективним, захопливим та доступним для всіх.

ІНФОРМАЦІЙНА ТА КІБЕРНЕТИЧНА БЕЗПЕКА

Архітектурні інновації в глибинних нейронних мережах

Бречко В.О., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Україна

Стрімкий розвиток штучного інтелекту зумовлений появою нових архітектур глибинних нейронних мереж, які істотно розширюють можливості моделювання складних даних у різних галузях – від комп'ютерного зору до генеративного моделювання та систем природної мови. Архітектурні інновації визначають продуктивність, здатність до узагальнення, інтерпретованість та енергоефективність нейронних моделей. Їх дослідження є одним із ключових напрямів сучасної інформатики.

Метою є аналіз основних архітектурних інновацій у глибинних нейронних мережах, їх переваг, принципів функціонування, а також виявлення тенденцій подальшого розвитку глибинного навчання.

Сучасні глибинні нейронні мережі активно розвиваються завдяки появі нових підходів до їхньої побудови. Попри те, що базова ідея роботи нейромереж залишається простою – вони навчаються на прикладах, поступово підлаштовуючи свої внутрішні зв'язки – їхня структура за останні роки стала значно складнішою та гнучкішою. Нові архітектурні рішення дають змогу обробляти великі обсяги даних, працювати швидше, точніше та ефективніше, а також вирішувати ті задачі, що раніше були недоступні або вимагали надмірних обчислювальних ресурсів.

Однією з ключових змін у розвитку мереж стало прагнення зменшити їхню залежність від розміру та кількості шарів. Якщо раніше для підвищення точності мережі просто збільшували, то сьогодні увага змістилася на організацію внутрішніх зв'язків. Тобто важливим стало не те, наскільки велика мережа, а те, як саме вона побудована. Це привело до появи архітектур, які краще передають інформацію між шарами, стабілізують навчання та роблять моделі більш керованими.

Одним із прикладів таких змін стали архітектури, у яких інформація може «перескакувати» через декілька шарів, не проходячи усі етапи обробки поспіль. Це дало змогу уникати накопичення помилок під час навчання і дозволило створити дуже глибокі мережі, що стабільно працюють навіть за сотень шарів. Подібні підходи допомогли значно покращити якість обробки зображень, відео та складних сигналів.

Ще одним важливим напрямом розвитку є моделі, що вміють вибірково звертати увагу на найбільш значущу частину вхідної інформації. Такий підхід наблизив роботу мереж до людського сприйняття: коли ми аналізуємо складну сцену, ми не обробляємо все однаково, а зосереджуємося на головному. Ця ідея стала основою нових архітектур, які сьогодні переважають у сфері машинного перекладу, генерації текстів, обробки документів та навіть біологічних даних. Крім того, вона дозволила швидше навчати великі моделі, бо не всі частини інформації обробляються однаково детально.

Значні зміни відбулися й у способах зменшення обчислювальних витрат. Дослідники дедалі частіше використовують більш «легкі» мережі, які споживають менше пам'яті та вимог до обладнання, але зберігають високу точність. Це зробило можливим використання штучного інтелекту безпосередньо на мобільних пристроях, у вбудованих системах та автономних роботах. Такі архітектури спеціально будуються так, щоб виконувати якомога менше зайвих операцій. Деякі елементи моделей можуть вимикатися, якщо в даний момент не потрібні, що додатково економить ресурси.

Загалом, сучасні архітектурні інновації у глибинних нейронних мережах спрямовані на те, щоб зробити моделі більш гнучкими, простішими в навчанні, менш вибагливими до ресурсів та здатними працювати з різноманітною інформацією. Завдяки цьому нейронні мережі стають інструментом, який можна застосувати практично в будь-якій сфері – від техніки та медицини до творчості, науки та повсякденних застосунків.

Експериментальне порівняння методів навчання безпеці програм та даних під час code review

Жеваго О. О., Український державний університет науки і технологій, Україна

Сучасні дослідження виявляють суттєву проблему: розробники визнають важливість безпеки, але не фокусуються на виявленні вразливостей під час code review без явних інструкцій. Експерименти показують, що проста вказівка "зверніть увагу на безпеку" збільшує ймовірність виявлення вразливостей у вісім разів, однак статичні чек-листи майже не покращують результат. Водночас опитування практиків демонструє, що основним бар'єром є недостатні знання безпеки. Дві третини компаній не проводять відповідних тренінгів, покладаючи на розробників відповідальність за безпеку додатків без систематичної підготовки. Це створює парадокс: розробники усвідомлюють проблему, але не мають необхідних компетенцій для її розв'язання.

Метою дослідження є експериментальне визначення найбільш ефективного способу інтеграції навчання безпеці безпосередньо в процес code review. На відміну від традиційних підходів, що передбачають окреме навчання або використання чек-листів, планується дослідити гіпотезу про те, що контекстуальне навчання, надання освітньої інформації в момент виконання перевірки коду, буде більш ефективним як для виявлення вразливостей, так і для формування стійких знань.

Пропонується провести контрольований експеримент з чотирма групами учасників-розробників. Перша група (контрольна) виконуватиме звичайний code review без додаткових інструкцій. Друга група отримає явну вказівку зосередитися на безпеці під час перевірки. Третя група додатково до інструкції отримуватиме короткі контекстуальні підказки про типові вразливості, релевантні до коду, що переглядається. Четверта група матиме доступ до детальних пояснень з прикладами експлуатації вразливостей та способами їх усунення, інтегрованих у процес перевірки.

Для експерименту рекомендується підготувати набір тестових змін коду різної складності, що містять типові вразливості з класифікації OWASP Top 10: некоректну валідацію вхідних даних, використання застарілих криптографічних алгоритмів, витоки конфіденційної інформації через логування, вразливості до SQL-ін'єкцій. Кожен учасник переглядатиме ідентичний набір змін, що дозволить коректно порівняти результати між групами. Навчальні матеріали для третьої та четвертої груп мають створюватись на основі реальних прикладів вразливостей з відкритих проєктів та рекомендацій OWASP.

Ефективність різних підходів оцінюватиметься за кількома метриками: відсоток виявлених вразливостей, час, витрачений на code review, якість коментарів рецензентів, а також рівень засвоєння знань. Для оцінки навчального ефекту учасники проходитимуть тестування безпосередньо після експерименту, через тиждень та через місяць, що дозволить визначити не лише негайний результат, але й стійкість сформованих знань.

Очікується, що дослідження підтвердить гіпотезу про вищу ефективність контекстуального навчання порівняно з простими інструкціями або чек-листами. Крім того, планується виявити оптимальний рівень деталізації навчальних матеріалів, баланс між стислістю (щоб не перевантажувати розробника) та інформативністю (щоб забезпечити реальне розуміння проблеми). Окремим предметом аналізу стане вплив досвіду розробників на ефективність різних підходів, що дозволить сформулювати рекомендації щодо персоналізації навчального контенту.

Практична значущість роботи полягає в розробці конкретних рекомендацій для компаній щодо організації безпеко-орієнтованого code review з вбудованим навчанням. Результати дозволять обґрунтовано обрати формат підтримки розробників, який забезпечить одночасно виявлення вразливостей у поточному коді та формування довгострокових компетенцій команди.

Проблеми супроводу мікросервісних систем

Кушнір Б. Т., Український державний університет науки і технологій. Україна

Вже минув час коли програмні засоби могли використовувати монолітну структуру. Сучасні задачі, що постають перед інженерами програмного забезпечення, вимагають використання мікросервісної, або навіть наносервісної, архітектури.

Монолітна архітектура була і залишається ідеальним рішенням для розв'язання певних задач та реалізації невеликих проєктів. Програмне забезпечення з такою архітектурою демонструє досить високу надійність та швидкодію. Також є досить легкою у підтримці та супроводі, до певного часу.

Попри свої переваги монолітна архітектура має досить великі недоліки, особливо в сучасних умовах. Найголовнішими проблемами монолітної архітектури є складність супроводу великих проєктів та дуже малі можливості масштабування. Ці проблеми ставали критичними в умовах зростання складності та комплексності програмного забезпечення.

Для розв'язання цих проблем інженери програмного забезпечення розробили новий підхід — мікросервісну архітектуру. Ця архітектура передбачає розподіл одного, монолітного, програмного продукту на низку маленьких програмних продуктів (мікросервіси), що комунікують один з одним. Головна ідея полягає в тому, що кожний мікросервіс відповідає за одну і лише одну сферу діяльності. Нова архітектура дозволила зменшити складність супроводу програмного забезпечення шляхом поділу, також вона значною мірою розширила можливості масштабування проєктів.

Хоча мікросервісна архітектура розв'язала проблеми монолітної архітектури, вона також дала свої. Найголовнішою з них є проблема сумісності програмних інтерфейсів різних мікросервісів. При розробці та супроводі великих проєктів ця проблема стає дуже гострою, інколи навіть критичною.

Проблема сумісності програмних інтерфейсів полягає в тому, що при зміні програмного інтерфейсу одного мікросервісу необхідно оновити всі мікросервіси що з ним комунікують. В іншому випадку система буде працювати некоректно.

На перший погляд, ця проблема може здатися незначною. Все змінюється, коли розробникам необхідно оновити 20 мікросервісів, або й того більше, через незначну, але несумісну, зміну в програмному інтерфейсі одного мікросервісу. Таким чином навіть незначна, на перший погляд, зміна в одному мікросервісі генерує велетенську проблему, на розв'язання котрої необхідно час та ресурси. Враховуючи масштаби, комплексність та складність сучасних проєктів ця проблема є дуже гострою.

Наразі відсутні методи розв'язання цієї проблеми. Є певні методи та рішення що пом'якшують вплив цієї проблеми, але не розв'язують її. Прикладами таких рішень є REST, OpenAPI, JSON-RPC, gRPC, GraphQL та інші. Ці методи спрощують супровід проєктів з мікросервісною архітектурою, вводячи певні правила до побудови програмного інтерфейсу, або повністю його описують, надаючи його специфікацію.

На превеликий жаль, ці засоби не розв'язують, а лише пом'якшують, проблему. Вони концентруються на програмному інтерфейсі конкретного мікросервісу. При цьому залишаючи необхідність оновлення всіх мікросервісів, що його використовують.

Для розв'язання цієї проблеми необхідно створити рішення, що буде не просто описувати конкретний програмний інтерфейс, а моделювати схему комунікації між ними. Таким чином за допомогою цього рішення розробники зможуть контролювати сумісність програмних інтерфейсів. А за допомогою використання декомпозиції програмних інтерфейсів та моделювання, можна виявити, які саме мікросервіси втратили сумісність і потребують оновлення. Таким чином значною мірою спроститься супровід великих мікросервісних проєктів і зменшиться кількість ресурсів та часу, необхідних для супроводу.

Кіберзагрози операторам мобільного зв'язку під час надзвичайних подій

Тимошенко Л.С., Український державний університет науки і технологій, Україна

Під час надзвичайних ситуацій – воєнних дій, техногенних аварій, масових кіберінцидентів або природних катастроф – мобільні оператори стають однією з головних цілей для кібератак. Причина проста: порушення роботи мобільного зв'язку дестабілізує комунікацію державних органів, екстрених служб, бізнесу та населення. Це робить інфраструктуру операторів критично важливим елементом національної безпеки.

Одним із найбільш поширених типів атак під час криз є DDoS-атаки на інфраструктуру операторів. Кіберзлочинці або ворожі групи спрямовують величезний обсяг трафіку на сигнальні мережі або вебпортали операторів, створюючи перевантаження, що ускладнює надання послуг. Це може призвести до часткової недоступності сервісів самообслуговування, збоїв у передаванні SMS-повідомлень, проблем із маршрутизацією дзвінків, а в окремих випадках — до відмови окремих мережевих вузлів.

Не менш небезпечною є група атак, спрямованих на сигнальні протоколи мобільних мереж, зокрема SS7, Diameter та вразливості в IP-мережах, що підтримують 4G, а також 5G. Зловмисники, маючи доступ до глобальних сигнальних систем, можуть намагатися перехоплювати інформацію про абонентів, блокувати дзвінки, створювати фальшиві маршрути або навмисно знижувати якість зв'язку. У період надзвичайних ситуацій такі атаки стають ще небезпечнішими, оскільки ускладнюють координацію служб реагування.

В умовах криз підвищується активність спроб несанкціонованого доступу до внутрішніх систем операторів, включно з атакою на системи моніторингу, управління мережею (NOC/SOC), білінг або системи аутентифікації абонентів. Метою може бути як порушення роботи, так і отримання конфіденційних даних. Такі дії здатні привести до часткової дестабілізації мережі або створити умови для масштабніших атак на рівні інфраструктури.

Важливою загрозою залишаються фішингові та соціотехнічні атаки, спрямовані на персонал операторів. Під час надзвичайних подій працівники працюють у режимі підвищеного навантаження, що підвищує ризик помилок. Зловмисники можуть надсилати листи чи повідомлення нібито від державних установ або внутрішніх ІТ-відділів, намагаючись отримати доступ до облікових записів, паролів або мережевих сегментів.

Ще однією критичною загрозою є спроби втручання в роботу базових станцій, зокрема шляхом підміни сигналів, несанкціонованого втручання у конфігурацію обладнання або використання фіктивних базових станцій (fake BTS). Під час надзвичайних ситуацій такі атаки можуть використовуватися для дезінформації, відстеження руху абонентів або блокування зв'язку в певних районах.

Для протидії цим загрозам оператори впроваджують багаторівневі системи захисту: сегментацію мереж, аналіз аномалій, застосування систем DPI, посилену фільтрацію сигнального трафіку, комплексні SOC-центри та резервні канали керування. Особливо важливими стають механізми швидкого виявлення інцидентів та забезпечення кіберстійкості, оскільки під час криз час реагування визначає масштаб наслідків.

Таким чином, під час надзвичайних подій мобільні оператори стикаються зі значно зростаючим спектром кіберзагроз, які впливають як на технічну інфраструктуру, так і на безпеку даних. Протидія цим атакам потребує високого рівня підготовки, ефективної координації з державними структурами та використання сучасних засобів кіберзахисту.

Дослідження впливу способу управління станом Flutter додатку на його швидкодію та ресурсоємність

Кривоносов Ю. А., Шаравара В.В. Український державний університет науки і технологій.
Україна.

У сучасній розробці мобільних додатків на Flutter вибір способу управління станом є критично важливим рішенням, яке безпосередньо впливає на продуктивність та стабільність застосунку. Існує широкий спектр бібліотек для управління станом - від простих `StatefulWidget` до складних рішень на кшталт `BLoC`, `Provider` та `Riverpod`. Однак практично відсутні систематичні дослідження, які б кількісно оцінювали вплив цих рішень на реальну продуктивність додатку. Це дослідження спрямоване на заповнення цієї прогалини шляхом об'єктивного вимірювання ключових показників продуктивності для різних підходів до управління станом.

Мета дослідження полягає у комплексному аналізі продуктивності різних способів управління станом у Flutter додатках. Конкретними завданнями є: розробка методології тестування, створення тестового середовища, проведення експериментів з чотирма типами стейт-менеджерів (`Stateful`, `Provider`, `BLoC`, `Riverpod`), аналіз отриманих даних та формування практичних рекомендацій для розробників. Результати дослідження дозволять обґрунтовано вибирати оптимальні рішення для різних типів застосунків.

Для проведення експерименту було розроблено спеціалізоване програмне забезпечення. Flutter додаток здатний генерувати тестові сценарії з використанням будь-якого з чотирьох реалізованих стейт-менеджерів та автоматично збирати показники продуктивності: кількість кадрів на секунду (FPS), кількість оперативної пам'яті, час відтворення кадрів та затримки відтворення кадрів. Додатково створено Python скрипт для автоматизованої обробки даних, який генерує зведені таблиці у Excel та порівняльні діаграми у форматі PDF на основі JSON-даних, що експортуються з тестового додатку.

Методологія експерименту передбачала проведення 500 ітерацій кожного тестового сценарію для кожного стейт-менеджера. Тестування проводилося у релізній збірці на емуляторі та реальному пристрої для забезпечення репрезентативності результатів. Дослідження охопило п'ять типових сценаріїв роботи додатку: робота зі списками, обробка форм, анімації, взаємодія з API та робота з підписками. Такий обсяг вибірки забезпечує статистичну значущість отриманих результатів.

Результати дослідження виявили статистично значущі відмінності у продуктивності між різними підходами до управління станом. Застосування непараметричних статистичних критеріїв підтвердило наявність систематичних відмінностей у розподілах ключових показників продуктивності між досліджуваними стейт-менеджерами. Аналіз розподілів часу відтворення кадрів та частоти оновлення екрану виявив характерні паттерни продуктивності для кожного з рішень, при цьому було встановлено, що деякі підходи демонструють більш стабільну поведінку з меншою дисперсією показників, тоді як інші характеризуються значними коливаннями продуктивності.

Висновки дослідження дозволяють сформулювати практичні рекомендації для розробників Flutter додатків. Отримані результати свідчать про те, що вибір стейт-менеджера повинен ґрунтуватися на конкретних вимогах до продуктивності та типі взаємодії з користувачем. Дослідження також підтвердило, що жоден з аналізованих підходів не є універсальним рішенням, а оптимальний вибір залежить від специфіки застосунку та пріоритетних вимог до продуктивності, що підкреслює необхідність індивідуального підходу до архітектури кожного проєкту.

Дослідження комбінованого варіанту виявлення DoS атак засобами нейронних мереж

Пахомова В.М., Метьюлкін І.С., Український державний університет науки і технологій,
Україна

У потужних інформаційних системах, зокрема в інформаційно-телекомунікаційній системі (ІТС) залізничного транспорту існує проблема великого обсягу мережевого трафіку, що постійно змінюється. Для підвищення ефективності виявлення ситуацій, що пов'язані з можливими вторгненнями в комп'ютерні мережі, які складають основу ІТС залізничного транспорту, доречно використання нейромережних технологій, що підтверджує актуальність теми.

Відомо, що саме DoS атаки, спрямовані на виникнення ситуації, коли на атакованій системі відбувається відмова в обслуговуванні; такі мережеві атаки характеризуються генерацією великого обсягу трафіку, що призводить до перевантаження та блокування сервера. До категорії DoS надходять наступні мережеві класи атак: Back (атака, що використовує вразливість у веб-сервері, призводячи до перевантаження системи); Land (атака, в якій пакет з однаковими IP адресами джерела та призначення спричиняє збій системи); Neptune (атака SYN flood, що перевантажує мережевий стек великою кількістю запитів на встановлення з'єднання); Pod (атака «Ping of Death», де великий ICMP-пакет спричиняє збій цільової системи); Smurf (атака, що використовує підроблені ICMP-пакети для перевантаження комп'ютерної мережі); Teardrop (атака, що використовує некоректно сформовані фрагментовані пакети для збою системи).

На сучасному етапі різними науковцями вже проведений цілий ряд досліджень стосовно виявленню мережевих атак категорії DoS засобами нейронних мереж: багатосарового перцептрон (Multilayer Perceptron, MLP); радіально-базисної мережі (Radial Basis Function Network, RBF); мережі Кохонена або самоорганізуючої карти (Self Organizing Map, SOM); нейронечіткої мережі (Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System, ANFIS). На сьогодні відомо, що різні нейронні мережі по різному виявляють мережеві атаки, тому доречно провести дослідження комбінованих варіантів із нейронних мереж, щоб підвищити точність виявлення, зменшити кількість помилкових спрацьовувань та забезпечити більш високий рівень виявлення атак на комп'ютерну мережу.

На основі відкритої бази даних NSL-KDD, що містить 41 параметр мережевого трафіку (тривалість з'єднання, тип протоколу, мережева служба, статус з'єднання, кількість скомпрометованих станів, кількість гоот-доступів, кількість викликів shell-оболонки та інші), підготовлені вибірки (взято однакову кількість прикладів на кожний можливий випадок). Ефективність машинного навчання нейронної мережі залежить від правильно підготовлених даних та включає наступні етапи: очищення даних; вибір сильно корелюючих ознак та неінформативних ознак; мапінг категоріальних ознак; масштабування та нормалізація даних.

Для програмної реалізації нейромережних моделей (MLP, SOM і RBF) використано мову програмування Python та бібліотеку PyTorch з широким інструментарієм по їх створенню та дослідженню; для кожної нейронної мережі визначені її оптимальні параметри. Виконано оцінювання параметрів якості виявлення DoS атак (помилка першого роду та помилка другого роду) на створених програмних нейромережних моделях при визначених оптимальних параметрах; крім того, проведено дослідження F-мірки, що являє собою середнє гармонічне значення між точністю та повнотою, за різною кількістю епох навчання. Проведені дослідження на створених програмних нейромережних моделях довели можливість використання комбінованого варіанту на основі MLP, SOM і RBF до виявлення мережевих атак категорії DoS.

Дослідження ефективності алгоритмів шифрування та дешифрування даних

Нор О.С., Український державний університет науки і технологій, Україна

Інформаційні системи щоденно працюють із великими обсягами даних, що потребують захисту від несанкціонованого доступу та втрати. Тому криптографічні методи шифрування залишаються ключовим інструментом забезпечення конфіденційності та цілісності інформації. Однак у практичних умовах важливо не лише гарантувати безпеку, але й оцінити ефективність алгоритмів із погляду швидкодії, споживання ресурсів і стабільності роботи.

Метою дослідження є створення програмного комплексу для експериментальної оцінки ефективності криптографічних алгоритмів у середовищі C#. Робота передбачає аналіз часових характеристик шифрування та розшифрування, середньої швидкості обробки, завантаження центрального процесора та використання оперативної пам'яті. Об'єктом дослідження виступають процеси криптографічного перетворення даних у програмних системах, предметом – методи та метрики оцінювання ефективності.

У межах дослідження реалізовано програмну систему з настільним інтерфейсом, що підтримує типові сценарії експериментів: вибір алгоритму та параметрів, завантаження вхідних даних, запуск шифрування/розшифрування, а також перегляд узагальнених результатів у вигляді метрик і журналів.

Система забезпечує виконання криптографічних перетворень за допомогою різних алгоритмів – AES, Serpent, ChaCha20, RSA, ElGamal, ECC – та автоматичний збір показників ефективності. Для кожного запуску фіксуються умови тесту (алгоритм, параметри, тип носія, обсяг і кількість файлів), первинні метрики і похідні показники.

Методика експериментів побудована за принципом «однакові умови – різні алгоритми». Для підвищення надійності вимірювань застосовується серійність запусків і усереднення результатів, а також зіставлення роботи алгоритмів на різних типах носіїв (М.2, SSD, HDD) та за різної кількості потоків. Особливу увагу приділено впливу підсистеми введення-виведення на загальний час обробки: для швидких накопичувачів обмеженням часто виступає CPU (і тоді багатопотоковість дає приріст), тоді як для HDD зростає роль випадкових звернень до диска, що може нівелювати переваги паралельної обробки або навіть погіршувати підсумкову швидкодію.

Окремо враховано практичні аспекти коректності використання криптографії: для режимів автентифікованого шифрування оцінка ефективності інтерпретується разом із перевагами контролю цілісності, оскільки в реальних системах важливо не лише «зашифрувати швидко», а й забезпечити захист від непомітної модифікації даних. Для асиметричних алгоритмів акцент зроблено на типових для них задачах – операціях з ключами та короткими повідомленнями – оскільки пряме шифрування великих файлів асиметрією є ресурсно затратним і практично недоцільним.

Результати експериментів показали, що симетричні алгоритми мають найвищу швидкодію при роботі з великими масивами даних, тоді як асиметрично доцільно застосовувати для захисту ключів і коротких повідомлень у складі гібридних схем. Також встановлено, що багатопотокова обробка підвищує продуктивність на швидких носіях, але може знижувати ефективність при роботі з HDD через I/O-обмеження та конкуренцію потоків за ресурс диска.

Отримані результати можуть бути використані для побудови гібридних систем шифрування та оптимізації прикладних рішень у сфері інформаційної безпеки. Розроблений підхід дає змогу формувати практичні рекомендації щодо вибору алгоритмів з урахуванням обмежень продуктивності, характеристик носія та доступних ресурсів процесора й пам'яті, а також забезпечує основу для подальшого розширення експериментів (додавання нових режимів, алгоритмів і сценаріїв навантаження).

Застосування локальних мовних моделей для автоматизації формування функціональних профілів захищеності інформаційних систем

Остапець Д. О., Дзюба В. В., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Процес проектування систем захисту інформації передбачає формування функціональних профілів захищеності (ФПЗ), що визначають необхідний рівень захисту інформації від несанкціонованого доступу відповідно до НД ТЗІ. Існуючі методики значною мірою залежать від кваліфікації експерта з інформаційної безпеки, що може призводити до неоптимальних рішень або людських помилок. Застосування великих мовних моделей (LLM) може суттєво підвищити ефективність цього процесу.

Проведений порівняльний аналіз методик формування ФПЗ показав необхідність розробки інтелектуальних засобів підтримки прийняття рішень.

Великі мовні моделі можуть бути застосовані на наступних етапах формування ФПЗ.

1) Аналіз вихідних даних та документації з виділенням ключових параметрів, необхідних для визначення ФПЗ (класифікації інформації за рівнем конфіденційності, потенційних загроз та вразливості, вимог нормативних документів, особливостей середовища експлуатації).

2) Інтелектуальна підтримка вибору профілю захищеності (запропонувати відповідний стандартний ФПЗ або сформувати нестандартний, обґрунтувати вибір конкретних функціональних послуг безпеки, провести верифікацію повноти та несуперечності профілю, згенерувати пояснення прийнятих рішень для експерта).

3) Порівняння методик та вибір оптимального підходу, враховуючи специфіку автоматизованої системи, наявні ресурси та обмеження, вимоги до часу та точності оцінки, доступність експертної підтримки.

Для забезпечення конфіденційності даних про системи захисту інформації пропонується використання локальних мовних моделей. Досвід аналізу сучасних LLM (з параметрами до 8 млрд для споживчих відеокарт та до 30 млрд для професійних) показує достатність їх можливостей для задач автоматизації НД ТЗІ.

Архітектура системи включає:

- базову LLM (4-8 млрд параметрів), попередньо навчену на загальних даних;
- модуль донавчання (fine-tuning) на спеціалізованому корпусі текстів НД ТЗІ, наукових публікацій та методичних матеріалів;
- систему векторного пошуку (RAG - Retrieval Augmented Generation) для доступу до актуальної нормативної бази;
- інтерфейс взаємодії з експертом для уточнення параметрів та валідації результатів.

Застосування локальних LLM для автоматизації формування ФПЗ забезпечує:

- зменшення залежності від кваліфікації експерта – система може запропонувати обґрунтовані рішення навіть менш досвідченим фахівцям;
- прискорення процесу аналізу та формування профілів;
- підвищення якості та повноти аналізу за рахунок систематичного розгляду всіх релевантних факторів;
- забезпечення конфіденційності – локальне розгортання моделі виключає передачу чутливих даних третім сторонам;
- можливість постійного навчання системи на нових даних та прикладах.

Подальші дослідження спрямовані на оптимізацію архітектури моделей, розробку методик донавчання та створення повнофункціональної експертної системи підтримки прийняття рішень для проектування КСЗІ.

Розробка та дослідження менеджера паролів

Мілін Н. В., Остапець Д. О., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Менеджер паролів є важливим програмним засобом, створеним для надійного зберігання даних користувачів. Він містить відповідні типи інформації, такі як облікові дані для входу, фінансові реквізити та інші цінні електронні записи. Потрапити до даного сховища ваших даних можливо лише через головний пароль. Це знімає необхідність запам'ятовувати багато комбінацій і дозволяє створювати унікальні та надійні паролі для кожного сервісу.

Важливим функціоналом даного програмного інструменту є генерування складних паролів та їхнє швидке введення на різних платформах. Це надає можливість користувачу не запам'ятовувати великий обсяг усіх паролів для входу на окремих сервісах.

Створення складних комбінацій відбувається за допомогою вбудованого генератора, який формує непросту послідовність з літер, цифр та спеціальних символів. Відповідна структура забезпечує високий захист, створюючи складні умови для злому чи вгадування з боку зловмисників. Ще однією важливою ланкою можна виділити перевірку наявних паролів на наявність повторень та слабких комбінацій.

Коли мережа Інтернет тільки формувалася, менеджери паролів були простими інструментами, які надавали лише базове зашифроване сховище. Їхня первісна мета полягала у запобіганні використанню однакових паролів на різних платформах. З часом, через підвищення кіберзагроз та зростання цифрових акаунтів, функціонал програми значно розширився. Був розроблений відповідний функціонал до потреб користувача, і незамінними функціями стали генерація випадкових паролів, автозаповнення, синхронізація даних між різними пристроями та використання двофакторної аутентифікації.

В час розвитку технологій, менеджер паролів став необхідним елементом захисту ваших даних та боротьби проти кіберзловмисників. Саме цей інструмент дає ефективний контроль над управлінням облікових даних, що забезпечило йому високу популярність як надійний засіб підтримки особистої безпеки в цифровому просторі. У межах даного проекту пропонується розробити програмний менеджер паролів для персонального комп'ютера, що буде важливою ланкою для забезпечення користувачів надійним захистом їхньої інформації.

Основними цілями даного проекту є зберігання даних у зашифрованому вигляді, забезпечення простого та легкого функціоналу, а також можливість виявляти слабкі паролі та генерувати складні паролі. Користувач матиме контроль над управлінням своїми паролями та змогу створювати нові, безпечні комбінації.

Під час розробки програмного забезпечення особлива увага приділяється побудові надійної внутрішньої архітектури, що складається з окремих модулів та підсистем. До них належать: підсистема шифрування та зберігання даних, модуль перевірки надійності паролів, генератор нових комбінацій, інтерфейс користувача та компоненти, що відповідають за логіку обробки запитів. Такий підхід дозволяє чітко розподілити функції між елементами системи, спрощує масштабування та модернізацію в майбутньому, а також підвищує безпеку. Використання сучасних інструментів та загальних принципів програмної інженерії дозволяє створити надійний та гнучкий менеджер паролів, здатний адаптуватися до змінних цифрових середовищ та зростаючих потреб користувачів.

Успішна реалізація цього програмного рішення відіграє ключову роль у зміцненні захисту персональних даних, що стає життєво важливим в умовах динамічного збільшення цифрових ризиків.

Огляд шкідливих програм та методів їх виявлення

Панін Д. В., Остапець Д. О., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Шкідливе програмне забезпечення (ПЗ) перебуває у стані безперервної еволюції, стаючи дедалі складнішим, адаптивнішим і небезпечнішим для інформаційних систем. Якщо на початкових етапах розвитку комп'ютерних технологій віруси створювалися переважно з експериментальною або деструктивною метою, то сьогодні вони є ефективним інструментом організованих кіберзлочинних угруповань. Основними цілями таких атак є отримання фінансової вигоди, викрадення конфіденційної та персональної інформації, блокування доступу до даних із подальшим вимаганням викупу, використання обчислювальних ресурсів заражених систем для майнінгу криптовалют або участі в ботнет-атаках. Значна частина сучасного шкідливого ПЗ здатна тривалий час функціонувати приховано, що суттєво ускладнює його виявлення та мінімізацію наслідків зараження.

Класифікація шкідливих програм охоплює широкий спектр різновидів, які відрізняються механізмами поширення, способом впливу на систему та кінцевими цілями атаки. До найбільш поширених належать трояни, що маскуються під легальне програмне забезпечення або оновлення системи, мережеві хробаки, здатні самостійно поширюватися через локальні та глобальні мережі, віруси-шифрувальники, які блокують доступ до файлів користувача, а також spyware та adware, що здійснюють прихований збір інформації.

Особливої уваги заслуговують цільові атаки на об'єкти критичної інфраструктури. Вірус Stuxnet став першим відомим прикладом шкідливого ПЗ, здатного впливати не лише на інформаційні системи, а й на фізичні процеси, змінюючи параметри роботи промислового обладнання. Цей випадок продемонстрував, що сучасні кіберзагрози можуть мати серйозні матеріальні та техногенні наслідки, а традиційні антивірусні підходи не завжди здатні забезпечити належний рівень захисту.

Аналіз реальних кібератак, таких як WannaCry та MyDoom, показав обмеженість сигнатурних методів виявлення. Зловмисники активно використовували вразливості операційних систем, швидке самопоширення та постійні модифікації шкідливого коду. Унаслідок цього антивірусні бази не встигали оновлюватися, що призводило до масових заражень і значних фінансових втрат, особливо в державному та медичному секторах.

Для протидії сучасним загрозам антивірусні системи використовують комплекс різноманітних методів виявлення шкідливого ПЗ. Сигнатурний аналіз ґрунтується на порівнянні файлів із базою відомих вірусів і є ефективним для виявлення вже ідентифікованих загроз. Евристичний аналіз дозволяє виявляти нові та модифіковані віруси на основі аналізу їх поведінки, однак може призводити до хибних спрацювань. Метод перевірки цілісності використовується для контролю змін критичних системних файлів, тоді як поведінковий аналіз забезпечує оперативне реагування на підозрілі дії програм у реальному часі.

Найбільш перспективним напрямом розвитку антивірусних технологій є використання методів машинного навчання та штучного інтелекту. Такі підходи дозволяють аналізувати великі обсяги даних, виявляти приховані закономірності та прогнозувати потенційні загрози ще до моменту їх активного поширення. Поєднання інтелектуальних методів із класичними підходами формує багаторівневу систему захисту, у якій кожен елемент компенсує обмеження іншого.

Використання багаторівневого підходу до виявлення шкідливого ПЗ дозволяє ефективно протидіяти як відомим, так і новим видам атак, що постійно з'являються в умовах розвитку цифрових технологій.

Стегоаналіз при приховуванні інформації методом LSB з використанням графічних файлів-контейнерів

Пірогов Д. А., Остапець Д. О. Український державний університет науки і технологій,
Україна

Стеганографія – це набір методів, що дозволяють вбудувати конфіденційну інформацію в носій (контейнер) таким чином, щоб її присутність не відрізнялася від фонового шуму чи випадкових даних. Таким чином забезпечується приховування самого факту передачі конфіденційних даних, що значною мірою мінімізує ризик несанкціонованого виявлення інформації. На даний час, в стеганографії виокремлюють такі напрями: класична, комп'ютерна та цифрова. Цифрова стеганографія – це відгалуження класичної, що використовує цифрові носії. Головна ідея цього напрямку – вбудовувати інформацію у цифрові контейнери (зображення, аудіо- чи відеофайли) так, щоб внесені спотворення були непомітними для людського ока чи вуха.

Стегоаналіз – це галузь досліджень, спрямована на виявлення факту наявності прихованої інформації в цифрових носіях, зокрема в зображеннях, аудіо- чи відеофайлах. Головною його метою є виявлення модифікації контейнера стеганографічними методами, навіть за умови неможливості прямого вилучення прихованих даних. Сучасний стегоаналіз поділяється на два види: специфічний, що базується на знанні конкретного алгоритму вбудовування і використовує характерні статистичні ознаки, та універсальний, спрямований на виявлення будь-яких змін незалежно від застосованого методу приховування.

Основні підходи до стегоаналізу ґрунтуються на статистичних, структурних та машинно-навчальних методах. Статистичний аналіз дозволяє виявляти аномалії шляхом порівняння розподілів яскравостей або коефіцієнтів перетворень контейнера зі звичайними зображеннями. Структурні методи фокусуються на будові файлу, шукаючи ознаки модифікацій у його форматі. Це може включати перевірку цілісності заголовків, аналіз метаданих або виявлення нестандартних параметрів блоків даних, які могли бути змінені для приховування інформації. Машинно-навчальні методи стали домінуючим підходом, особливо для універсального стегоаналізу. Застосування нейронних мереж дозволяє виявляти складні, багатовимірні статистичні порушення, що забезпечує вищу точність виявлення у складних та невідомих випадках.

Одним з найпопулярніших та найпростіших методів приховування даних в графічних файлах-контейнерах є метод заміни найменш значущих бітів (НЗБ).

Візуальний аналіз площини НЗБ є найпростішим методом виявлення. У "чистому" контейнері ця площина виглядає як випадковий "білий шум". Якщо ж в контейнері приховане структуроване повідомлення, його патерни будуть візуально помітні на тлі цього шуму.

Статистична атака χ^2 (Хі-квадрат) χ^2 є специфічним статистичним тестом, що аналізує пари значень, які відрізняються лише в молодшому біті (наприклад, 200 і 201). Послідовне LSB-вбудовування порушує природний статистичний баланс цих пар, що призводить до аномально високих показників і вказує на наявність прихованих даних.

RS-аналіз (Regular-Singular Analysis) класифікує невеликі блоки пікселів на регулярні та сингулярні. Метод ґрунтується на тому, що LSB-вбудовування передбачувано змінює співвідношення між цими групами. Аналізуючи цей зсув, RS-метод може виявити факт модифікації й оцінити обсяг прихованого повідомлення.

В рамках методу аналізу гістограми різниць (Difference Histogram) аналізується гістограма різниць значень між сусідніми пікселями. У природних зображеннях ця гістограма має дуже гострий пік біля нуля, оскільки суміжні пікселі схожі. LSB-вбудовування діє як шум і "розмиває" цей пік, що легко виявляється статистично.

Огляд алгоритмів постквантової криптографії

Русакевич С.Р., Остапець Д.О., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Криптографія є основоположною складовою для сучасної кібербезпеки, формуючи основу для безпечного зв'язку та захисту даних у світі, який дедалі більше залежить від цифрових технологій. Її важливість неможливо переоцінити, оскільки вона захищає користувачів і їх інформацію, формує конфіденційність та підтримує довіру в цифровому світі.

Більшість алгоритмів криптографії з відкритим ключем, що використовуються сьогодні, такі як RSA, Діффі-Хеллмана тощо, спираються на гіпотезу, що наразі складно вирішити будь-яку з наступних трьох задач за прийнятний час:

- а) розкладання на множники великого цілого числа (факторизація цілих чисел),
- б) знаходження порядку,
- в) знаходження дискретного логарифма.

Крім того, навіть алгоритми з симетричним ключем вимагають, щоб алгоритми з відкритим ключем узгодили спільний секрет - симетричний ключ шифрування.

Якщо будь-яку з цих задач можна вирішити за поліноміальний час, то це рішення можна використовувати для злому шифрування та обчислення секретних ключів. Усі відомі класичні комп'ютерні алгоритми вимагають щонайменше експоненціального часу ($O(n^{2n})$), де n – це ціле число, що розкладається на множники, або аргумент дискретного логарифма. Відомо, що квантові комп'ютери можуть вирішити будь-яку з трьох вищезазначених задач зі складністю $O(n^2)$, тобто за поліноміальний час. Таким чином, з появою квантових комп'ютерів, сучасні криптографічні методи можна легко зламати і безпека багатьох криптосистем буде під загрозою.

Постквантова криптографія (PQC), яку іноді називають квантово-безпечною або квантово-стійкою, зосереджується на питаннях розробки криптографічних алгоритмів (зазвичай алгоритмів з відкритим ключем), які вважаються захищеними від криптоаналітичної атаки квантового комп'ютера.

Дослідження постквантової криптографії здебільшого зосереджені на п'яти різних підходах: криптографія на ґратках, криптографія на геш-функціях, криптографія на кодах виправлення помилок, багатовимірна криптографія, криптографія з використанням суперсингулярної ізогенії. Кожний підхід має свої переваги і недоліки, але деякі з нових схем і алгоритмів, що використовують методи криптографії на ґратках та на геш-функціях вже внесені NIST (Національний інститут стандартів і технологій) в стандарти для захисту електронної інформації від майбутньої загрози квантових комп'ютерів.

Для загального шифрування в стандарт NIST було внесено алгоритм CRYSTALS-Kyber. Для цифрових підписів, рекомендовано три алгоритми: CRYSTALS-Dilithium, FALCON та SPHINCS+. Перші три алгоритми засновані на принципах криптографії на ґратках. Рецензенти стандартів відзначили їх високу ефективність, CRYSTALS-Dilithium рекомендується як основний алгоритм. SPHINCS+, хоча і є дещо більшим і повільнішим за інші, є цінним як резервний варіант з однієї головної причини: він базується на іншому математичному підході, ніж усі три інші алгоритми NIST – криптографії на геш-функціях.

Не існує єдиного ідеального квантово-безпечного алгоритму, який міг би замінити нинішні системи, однак комбінація різних методів та підходів в і застосування їх в усіх сферах інформаційних технологій дозволить захистити данні від майбутніх загроз.

Розробка та дослідження ефективності засобів стеганографічного аналізу інформації, прихованої в зображеннях

Сасаров О.О., Остапець Д.О. Український державний університет науки і технологій,
Україна

У сучасному інформаційному просторі, де обсяги передачі даних стрімко зростають, критичного значення набуває захист конфіденційної інформації. Традиційні методи, такі як криптографія, забезпечують нечитабельність повідомлення, проте сам факт наявності зашифрованого трафіку може викликати підозру. На відміну від неї, стеганографія є наукою про приховану передачу даних, де основною метою є захист самого факту існування повідомлення шляхом вбудовування його у невинні об'єкти-контейнери. Теоретичним фундаментом цієї галузі є модель «Проблема в'язнів», запропонована Густавом Сіммонсом, яка описує сценарій передачі інформації через канал, що контролюється активним або пасивним наглядцем. Ефективність будь-якої стеганографічної системи визначається трьома параметрами, відомими як «трикутник стеганографії»: непомітністю, пропускну здатністю та робастністю, причому непомітність є пріоритетною характеристикою.

Як об'єкт дослідження у роботі розглядаються графічні контейнери формату BMP та метод вбудовування LSB (Least Significant Bit). Формат BMP обрано через відсутність стиснення, що дозволяє досліджувати методи в чистому вигляді без впливу артефактів компресії, характерних для JPEG. Важливою особливістю формату є структура файлу та вирівнювання рядків, ігнорування яких при розробці алгоритмів стає очевидною ознакою втручання. Метод LSB Replacement, що базується на заміні молодшого біта байта пікселя, є найпоширенішим підходом у просторовій області. Проте він вносить специфічні статистичні аномалії, формуючи жорстку залежність між парами значень інтенсивності пікселів, що створює фундамент для виявлення прихованих даних.

Стегоаналіз, як наука про виявлення фактів застосування стеганографії, класифікується залежно від доступної апріорної інформації та принципів дії методів. Найбільш реалістичним сценарієм є атака лише на основі стегограми, коли аналітик не має доступу до оригінального контейнера. За принципом дії виділяють візуальні методи, які базуються на перегляді бітових площин, структурні методи, що аналізують заголовки та метадані файлів, а також найбільш потужну групу - статистичні методи. Останні поділяються на статистику першого порядку, що аналізує лише гістограму розподілу яскравості, та статистику вищих порядків, яка враховує просторові кореляції між сусідніми пікселями зображення.

Порівняльний аналіз алгоритмів виявлення LSB, зокрема методів χ^2 , RS та Sample Pair Analysis (SPA), дозволив визначити оптимальний підхід для подальшого дослідження. Хоча χ^2 атака є базовим інструментом, вона виявляє низьку ефективність при випадковому розсіюванні даних, а метод RS, попри вищу точність аналізу груп пікселів, характеризується надмірною обчислювальною складністю. Натомість метод SPA, що базується на апараті скінченних автоматів та оцінці переходів між множинами піксельних пар, демонструє найкращий баланс характеристик: він стійкий до псевдовипадкового вбудовування та забезпечує високу точність визначення довжини повідомлення навіть при незначному заповненні контейнера. Саме тому, завдяки поєднанню математичної строгості, чутливості до порушення кореляцій та швидкодії, метод SPA обрано як основний інструмент для програмної реалізації в рамках роботи.

Огляд принципів використання одноразових паролів

Сливець О. Д., Остапець Д. О., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Одноразові паролі є важливим елементом систем багатофакторної автентифікації, що забезпечують підвищений рівень захисту інформаційних систем порівняно з традиційними статичними паролями. Принцип роботи таких систем базується на використанні активних пристроїв автентифікації, які для кожного сеансу входу генерують унікальну пароліну послідовність. На відміну від пасивних методів, де передається базовий секрет, у системах з одноразовими паролями передаються лише похідні дані, що суттєво ускладнює можливість несанкціонованого доступу навіть у разі перехоплення паролю зловмисником.

Технічна реалізація генераторів одноразових паролів найчастіше використовує годинниковий або лічильниковий підхід. У годинниковому варіанті пароль формується шляхом криптографічного перетворення (зазвичай за алгоритмом DES згідно стандартів ANSI X9.9, ANSI X9.19) показань синхронізованого внутрішнього годинника з використанням індивідуального ключа користувача. Цей ключ формується на основі PIN-коду та базового секрету, що надається адміністратором системи при реєстрації. Динамічна зміна паролю відбувається через фіксовані часові інтервали завдяки постійній зміні блоку даних, що шифрується, а криптографічна геш-функція забезпечує непередбачуваність послідовності паролів навіть при мінімальних змінах вхідних параметрів. Така архітектура дозволяє створити надійну двофакторну систему автентифікації, що поєднує майновий фактор (наявність пристрою) та знання (PIN-код).

Альтернативним є лічильниковий підхід (Counter-based OTP, HOTP згідно RFC 4226), де замість часової мітки використовується синхронізований лічильник подій входу. Кожна спроба автентифікації збільшує значення лічильника на стороні як клієнта, так і сервера. Це усуває проблему часової десинхронізації, але вимагає механізмів відновлення синхронізації лічильника у випадку невикористаних згенерованих паролів або помилкових спроб входу.

Сучасна практична реалізація систем одноразових паролів охоплює апаратні токени (SecurID, YubiKey), програмні мобільні додатки (Google Authenticator, Microsoft Authenticator, Authy) та SMS-базовані рішення. Дослідження демонструють, що апаратні токени забезпечують найвищий рівень захисту завдяки ізоляції криптографічних операцій, проте програмні рішення на базі TOTP стандарту є оптимальним компромісом між безпекою, вартістю впровадження та зручністю для масового використання в корпоративному середовищі.

Незважаючи на високу ефективність, системи одноразових паролів мають певні вразливості. До основних загроз належать фішингові атаки в реальному часі, коли зловмисник перехоплює OTP і негайно використовує його до закінчення терміну дії, а також атаки типу Man-in-the-Middle при використанні незахищених каналів зв'язку. SMS-базовані рішення особливо вразливі до атак через SS7 протокол та SIM-swapping. Перспективними напрямками є інтеграція біометричної автентифікації з OTP-системами, впровадження стандарту WebAuthn для безпарольної автентифікації, а також розробка post-quantum криптографічних алгоритмів, стійких до атак квантових комп'ютерів. Гібридні підходи, що поєднують одноразові паролі з контекстним аналізом (геолокація, шаблони поведінки користувача) та адаптивною автентифікацією, становлять основу майбутніх систем захисту інформації.

Огляд інтелектуальних методів для вирішення задачі вибору функціональних профілів захищеності інформації

Сухомлин О.О., Остапець Д. О., Український державний університет науки і технологій,
Україна

В умовах цифровізації та стрімкого розвитку інформаційних систем забезпечення інформаційної безпеки є однією з ключових функцій організацій. Центральним етапом побудови захищених автоматизованих систем є формування функціональних профілів захищеності інформації (ФПЗ), які визначають необхідний рівень протидії загрозам несанкціонованого доступу.

Існуючі методики формування ФПЗ значною мірою залежать від кваліфікації та суб'єктивних рішень експерта з інформаційної безпеки, що ускладнює відтворюваність і масштабування результатів. Це зумовлює актуальність застосування інтелектуальних методів, здатних зменшити вплив людського фактора та підвищити обґрунтованість прийнятих рішень.

На сьогодні існує велика кількість фундаментальних підходів та методів, які можна розглянути для вирішення задачі визначення ФПЗ:

1) методи машинного навчання - орієнтовані на побудову статистичних моделей, що навчаються на даних, які ефективні для класифікації, кластеризації та виявлення прихованих залежностей у великих масивах інформації, зокрема при аналізі параметрів середовища або вимог безпеки;

2) самоорганізуючі карти Кохонена - як підвид методу машинного навчання, можна використати для кластеризації і візуалізації багатовимірних даних;

3) експертні системи базуються на формалізації знань фахівців у вигляді продукційних правил типу «якщо–то»; такий підхід є природним для нормативно-орієнтованих задач і забезпечує високу прозорість та відтворюваність рішень, це досягається шляхом обґрунтування результату на основі статичних правил, сформованих експертом;

4) генетичні алгоритми - використовують еволюційні механізми для пошуку оптимальних комбінацій параметрів і є доцільними для багатокритеріальної оптимізації;

5) нечітка логіка забезпечує формалізацію експертних суджень, поданих у вигляді лінгвістичних змінних, та дозволяє ефективно опрацьовувати неточні й невизначені оцінки, притаманні задачам вибору рівнів захищеності інформації.

У результаті проведеного огляду встановлено, що задача вибору ФПЗ інформації є слабоформалізованою, багатокритеріальною та чутливою до суб'єктивних експертних оцінок, що обмежує ефективність традиційних підходів.

Інтелектуальні методи дозволяють формалізувати процес прийняття рішень, зменшити вплив людського фактора і є перспективним інструментом для вирішення задачі вибору ФПЗ інформації.

Обґрунтовано, що методи штучного інтелекту мають спеціалізацію щодо класів задач, і процес вибору функціональних профілів захищеності інформації може бути представлений у вигляді набору таких задач.

Захищена система формування дипломів університету

Панін Д. В., Остапець Д. О., Український державний університет науки і технологій,
Україна

В умовах цифровізації освітнього процесу зростає потреба у впровадженні захищених інформаційних систем для автоматизації формування офіційних документів, зокрема дипломів про вищу освіту. Диплом є документом державного зразка та містить значний обсяг персональних даних випускників, тому забезпечення конфіденційності, цілісності та достовірності такої інформації є критично важливим завданням. Використання недостатньо захищених або застарілих підходів до обробки та передачі даних створює ризики витоку інформації, несанкціонованого доступу та підробки документів.

Проаналізувавши існуючі підходи, щодо процесу формування дипломів університету встановлено, що дані про студентів, отримані з Єдиної державної електронної бази з питань освіти (ЄДЕБО) у форматі XML, надалі використовуються для створення PDF-документів. Передача таких файлів між відповідальними особами часто здійснюється через незахищені канали зв'язку без застосування механізмів перевірки цілісності та автентифікації. Це створює передумови для підміни XML-файлів, несанкціонованого доступу до персональних даних, втручання у PDF-документи та порушення вимог чинного законодавства України.

Додатково проаналізовано нормативно-правову базу у сфері захисту персональних даних, зокрема Закон України «Про захист персональних даних», постанови Кабінету Міністрів України та вимоги Міністерства освіти і науки України щодо роботи з ЄДЕБО. Визначено, що заклади вищої освіти зобов'язані забезпечувати захищене зберігання персональних даних, контроль доступу до інформації, автентифікацію користувачів та облік операцій з даними. Враховано положення міжнародного стандарту ISO/IEC 27001, який регламентує управління інформаційною безпекою.

На основі проведеного аналізу сформульовано вимоги до захищеної системи формування дипломів. Система повинна забезпечувати захищений обмін даними між учасниками процесу. Ключовими вимогами безпеки є шифрування переданих даних, контроль їх цілісності та надійну автентифікацію користувачів.

Для реалізації захищеного обміну виконано порівняльний аналіз протоколів FTPS, SFTP та SCP. За результатами аналізу обрано протокол SCP, який працює на основі SSH та забезпечує високий рівень безпеки за рахунок використання сучасних криптографічних механізмів. Пропонується впровадити застосування SSH-сертифікатів і центру сертифікації (SSH CA), що дозволяє централізовано керувати доступом користувачів та підвищити рівень довіри між учасниками системи.

Розроблена система складається з програмного забезпечення для автоматизованого формування дипломів, підсистеми створення та керування сертифікатами, а також підсистеми захищеного обміну даними. Реалізація виконана мовою програмування Python із використанням вбудованих бібліотек.

Проведене тестування підтвердило працездатність та ефективність розробленої системи. Створено інструкції для користувачів і відповідальних осіб, що регламентують порядок створення ключів, отримання сертифікатів і безпечного обміну даними. Розроблена захищена система може бути впроваджена в університеті для підвищення рівня інформаційної безпеки процесу формування дипломів та зменшення ризиків, пов'язаних з обробкою персональних даних.

Система забезпечує надійний контроль доступу до конфіденційної інформації та дозволяє відстежувати всі операції з даними. Крім того, передбачено регулярне оновлення та підтримку безпеки, що гарантує відповідність сучасним стандартам інформаційної безпеки.

Розробка засобів автентифікації з використанням мобільних пристроїв

Ткаченко К. А., Остапець Д. О., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Стрімке зростання ролі інформаційних та телекомунікаційних технологій у сучасному суспільстві супроводжується суттєвим підвищенням рівня загроз у сфері інформаційної безпеки. В умовах постійної еволюції кіберзлочинності традиційні засоби автентифікації, зокрема використання статичних паролів, дедалі частіше виявляються вразливими. Одним із результативних підходів до підвищення рівня захисту є застосування одноразових паролів (ОТР), які забезпечують значно вищу надійність підтвердження особи. Основною особливістю ОТР є використання унікального коду для кожної спроби входу. У зв'язку з цим дослідження, розробка та аналіз ефективності мобільних технологій автентифікації на основі ОТР в умовах актуальних кіберзагроз є надзвичайно актуальним завданням.

Аналізуючи принципи функціонування та етапи реалізації механізмів одноразових паролів, слід зазначити, що їх формування може базуватися на часових інтервалах (ТОТР) або на використанні лічильників подій (НОТР). У таких системах мобільний пристрій користувача генерує код у режимі реального часу, який надсилається на сервер для перевірки коректності. Завдяки спеціалізованому програмному забезпеченню, зокрема Google Authenticator або Microsoft Authenticator, смартфони та інші мобільні пристрої стають ефективним і зручним інструментом реалізації ОТР-автентифікації.

Рівень безпеки мобільного пристрою користувача відіграє ключову роль у загальній ефективності використання одноразових паролів. Необхідно забезпечити захист від несанкціонованого доступу, злому або зараження шкідливим програмним забезпеченням, а також гарантувати безпечне зберігання даних у додатках автентифікації. Застосування ОТР унеможлиблює перехоплення постійного пароля та суттєво зменшує ризик повторного використання скомпрометованих кодів. Порівняно зі статичними паролями, одноразові коди демонструють вищу стійкість до фішингових атак і низки інших типів загроз.

Для генерації одноразових паролів найчастіше використовуються смартфони та планшети, що забезпечує високий рівень мобільності та зручності. Це дозволяє користувачам проходити процедуру автентифікації практично з будь-якого місця за наявності доступу до мережі Інтернет або мобільного зв'язку.

Водночас функціонування ОТР-систем значною мірою залежить від стабільності інтернет-з'єднання або якості мобільного сигналу, оскільки передача згенерованого коду на сервер є необхідною умовою перевірки. У районах із недостатнім покриттям мережі або нестабільним зв'язком користувачі можуть стикатися з труднощами під час отримання чи передачі одноразових паролів. Це обмежує доступ до сервісів, особливо у віддалених регіонах або в ситуаціях, де відсутній надійний канал зв'язку, що є критичним у випадках, коли оперативний доступ до інформації має вирішальне значення.

Додатковим ризиком є висока залежність від фізичної наявності пристрою для генерації ОТР. У разі втрати, пошкодження або викрадення смартфона чи планшета користувач може тимчасово втратити доступ до своїх облікових записів або інформаційних систем. Процедура відновлення доступу, як правило, є складною та потребує виконання додаткових заходів безпеки, зокрема ідентифікації особи або звернення до служби технічної підтримки.

Таким чином, одноразові паролі, що реалізуються на базі мобільних пристроїв, є ефективним і надійним засобом автентифікації, який суттєво підвищує рівень захисту доступу до інформаційних ресурсів. Разом із тим подальший розвиток і вдосконалення цієї технології є необхідними для зменшення її технічних і експлуатаційних обмежень.

Розробка захищеного серверу системи контролю та управління доступом

Адаменко Д.А., Дзюба В. В., Український державний університет науки і технологій,
Україна

Системи контролю та управління доступом (СКУД) є невід'ємною частиною забезпечення інформаційної безпеки сучасних організацій. Впровадження СКУД у невеликих офісах та приватних об'єктах супроводжується технічними та економічними викликами, зокрема проблемою прокладання спеціалізованих комунікаційних ліній (RS-485, Wiegand). Використання наявної Ethernet-інфраструктури дозволяє швидко та економічно інтегрувати СКУД, проте вимагає особливої уваги до надійності та захисту серверної частини системи. Сервер СКУД є критичною точкою відмови – його збій призводить до порушення роботи всієї системи, втрати логів та неможливості ідентифікації користувачів.

Мета роботи полягає у розробці програмного забезпечення захищеного серверу клієнт-серверної СКУД та наданні рекомендацій щодо його апаратної реалізації для забезпечення надійної та безпечної роботи системи контролю доступу.

У роботі проведено системний аналіз існуючих рішень серверів СКУД, досліджено варіанти апаратної реалізації, зокрема Mini-PC Raspberry Pi 5 (4-ядерний процесор Cortex-A76 2.4 ГГц, до 16 ГБ LPDDR4X) для малих об'єктів та фізичні сервери HPE ProLiant ML30 Gen10 (Intel Xeon E-2276G, до 64 ГБ DDR4 ECC) для масштабних інфраструктур. Виконано порівняльний аналіз архітектурних підходів та визначено оптимальні рішення для різних сценаріїв використання. Розроблено архітектуру програмного забезпечення з урахуванням вимог до продуктивності, масштабованості та захисту даних. Проведено аналіз алгоритмів шифрування для вибору оптимального методу захисту конфіденційної інформації.

Серверна підсистема складається з чотирьох ключових компонентів: реляційна база даних для зберігання інформації про користувачів та права доступу; система управління базою даних з SQL-інтерфейсом для забезпечення централізованого доступу до даних; панель адміністрування СКУД для управління користувачами, групами доступу та налаштуваннями системи; програма обробки повідомлень, яка приймає, обробляє та відповідає на запити від терміналів через підсистему захищеного обміну, а також періодично перевіряє стан з'єднання з терміналами.

Для забезпечення конфіденційності даних впроваджено симетричне шифрування за алгоритмом AES (Advanced Encryption Standard) у режимі CBC (Cipher Block Chaining) з довжиною ключа 256 біт.

Розроблено повнофункціональне програмне забезпечення захищеного серверу СКУД з підтримкою багатопоточної обробки запитів від множини терміналів. Реалізовано механізми автентифікації користувачів, управління правами доступу на основі ролей та груп, ведення детальних логів усіх подій системи (вхід, відмова доступу, тривоги). Забезпечено цілісність та збереження даних через транзакційну модель роботи з базою даних. Надано детальні рекомендації щодо вибору апаратної платформи: Mini-PC для об'єктів з 10-20 точками доступу; фізичні сервери з ECC пам'яттю та RAID-масивами для великих розподілених систем з вимогами до відмовостійкості та безперервності роботи.

Розроблене рішення дозволяє організаціям впроваджувати СКУД з мінімальними витратами на інфраструктуру, використовуючи наявні Ethernet-мережі без необхідності прокладання спеціалізованих комунікаційних ліній. Розроблена система забезпечує надійний контроль доступу з високим рівнем захисту інформації при оптимальному співвідношенні вартості та продуктивності.

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ, В ПРОМИСЛОВОСТІ І ОСВІТІ



<https://ust.edu.ua>



kts.diit



kts.diit

