

Національна академія наук України
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту
геологічних наук
Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
“ХАІ”
Київський національний університет будівництва і архітектури
Національний університет “Києво-Могилянська академія”
Вінницький національний технічний університет
Національне космічне агентство України
Національний центр “Мала академія наук України”
University of London (Royal Holloway), England
Kielce University of Technology (Politechnika Świętokrzyska), Poland
Opole University of Technology, Opole, Poland
Universita di Roma-2 “Tor Vergata”, Italy

Колективна монографія за матеріалами
23 Міжнародної науково-практичної конференції

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-
КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЗМІЩЕННЯ ТА
ВІДНОВЛЕННЯ**

(12 – 13 листопада 2024р.)

Київ – 2024

ТОВ «Видавництво «Юстон»

УДК 004:502.17-047,64](082.064)

Д58

*Рекомендовано до видання Вченою Радою Інституту телекомунікацій
і глобального інформаційного простору НАН України,
протокол №10 от 30.10.2024р.*

Д58 Математичне моделювання та інформаційно-комунікаційні технології для зміцнення та відновлення // Колективна монографія за матеріалами XXIII Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 12-13 листопада 2024 р.) / За заг. ред. С.О. Довгого. – К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2024. – 162 с.

ISBN 978-617-8335-33-5.

До колективної монографії включені сучасні розробки та досягнення вчених за матеріалами XXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Математичне моделювання та інформаційно-комунікаційні технології для перемоги та відновлення». Колективна монографія присвячена сучасним проблемним питанням та шляхам їх вирішення, що запропоновані провідними вченими України та представниками вченої спільноти закордонних країн.

Для фахівців науково-дослідних і промислових організацій, керівного складу районних, обласних, центральних органів виконавчої влади, що забезпечують сталий розвиток відповідних одиниць адміністративного устрою держави, викладачів технічних університетів, аспірантів, студентів.

Відповідальність за наведені факти несуть автори. Науково-організаційний комітет та редакційна колегія конференції не завжди поділяє погляди авторів робіт.

УДК 004:502.17-047,64](082.064)

ISBN 978-617-8335-33-5

DOI: 10.37321

© Інститут телекомунікацій
і глобального інформаційного
простору
НАН України

Науково-організаційний комітет конференції

<u>Голова:</u>	
Довгий С.О.	Почесний директор ІТГП НАНУ, Президент НЦ “Мала академія наук України”, академік НАНУ, академік НАПН України, д.ф.-м.н., професор
<u>Члени комітету:</u>	
Бутенко О.С.	Професор кафедри геоінформаційних технологій і космічного моніторингу Землі ХАІ, д.т.н., професор
Васильчук Г.М.	Проректор з наукової роботи Запорізького національного університету, д.іст.наук, професор
Волошкіна О.С.	Професор кафедри технології захисту навколишнього середовища та охорони праці КНУБА, д.т.н., професор
Горошкова Л.А.	Зав.лабораторії «Науки про Землю» Національного університету “Києво – могилянська академія”, д.е.н., професор
Зайцев С.В.	Profesor uczelni, dr hab. inż., Katedra Systemów Informatycznych, Kielce University of Technology (Politechnika Świętokrzyska)
Калюх Ю.І.	Гол.наук.співр. ІТГП НАНУ, д.т.н., проф.
Королюк Д.В.	Universita di Roma-2 “Tor Vergata”, Dipartimento di Matematica, д.ф.-м.н., проф.
Лебідь О.Г.	Заст.директора з наукової роботи ІТГП НАНУ, д.т.н., ст.досл.
Лупенко С.А.	Opole University of Technology, Opole, Poland, д.т.н., професор

Макаров В.Л.	Головний науковий співробітник Інституту математики НАН України, д.ф.-м.н., професор, академік НАН України
Міхєєв В.С.	Заст. голови Державного космічного агентства України, к.т.н.
Миرونцов М.Л.	Пров.наук.співр. ІТГП НАНУ, д.ф.-м.н., с.н.с.
Мокін В.Б.	Зав.кафедри системного аналізу та інформаційних технологій Вінницького національного технічного університету, д.т.н., проф.
Наконечний О.Г.	Завідувач кафедри системного аналізу та теорії прийняття рішень Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, д.ф.-м.н., проф.
Попов М.О.	Директор Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України, член-кор. НАН України, д.т.н., професор
Ткаченко Т.М.	Завідувач кафедри технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці КНУБА, д.т.н., професор
Триснюк В.М.	Завідувач відділу ІТГП НАНУ, д.т.н., с.н.с.
Трофимчук О.М.	Директор ІТГП НАНУ, член-кор. НАНУ, д.т.н., професор
Устименко В.О.	University of London (Royal Holloway), д.ф.-м.н., професор
Хлобистов Є.В.	Професор кафедри екології факультету природничих наук Національного університету “Києво – могилянська академія”, д.т.н., професор
Черній Д.І.	Зав.кафедри моделювання складних систем Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, д.т.н., доцент

XXIII Міжнародна науково-практична конференція «Математичне моделювання та інформаційно-комунікаційні технології для перемоги та відновлення»

Шаламасв В.А.	Проректор з наукової роботи НУ "Запорізька політехніка", д.т.н., професор
Яковлев Є.О.	Гол.наук.співр. ІТГП НАНУ, д.т.н., с.н.с.
<u>Секретаріат конференції:</u> Зотова Л.В. тел. моб.: 096-456-84-32, Шевякіна Н.А. , Хабова Н.А. тел. 044-245-87-97, моб.: 095-779-57-99	

ЗМІСТ

1	Технології комп'ютерного моделювання течій в області з різнотипними межами.	12
	<i>Довгий С.О., Ванін В.А., Лебідь, О.Г., Черній Д.І.</i>	
2	Моделювання нескінченного вихрового шару в середовищі Unity з використанням комп'ютерних шейдерів	14
	<i>Довгий С.О., Буланчук О.М., Буланчук Г.Г.</i>	
3	Метод оптимізації запитів до великих мовних моделей для алгоритму Tree of Thoughts	15
	<i>Варер Б.Ю., Мокін В.Б.</i>	
4	Розв'язок для лінійного наближення задачі Коши-Пуасона	18
	<i>Колпаков В.А., Черній Д.І., Ванін В.А.</i>	
5	Комбіновані замкнуті маршрути транспортних засобів у цивільній та військовій логістиці	20
	<i>Васянін В.О., Трофимчук О.М., Ушакова Л.П.</i>	
6	Інтелектуальна технологія узагальнення текстової інформації про екологічні системи з використанням великих мовних моделей та онтологічних мереж	22
	<i>Левіцький С.М., Мокін В.Б.</i>	
7	Ефективна технологія біометричної аутентифікації особи за одним циклом PPG-сигналу	25
	<i>Буцій Р.А., Лупенко С.А.</i>	
8	Generalised Schubert Graphs and public keys of Multivariate Cryptography	28
	<i>Ustimenko V. O., Pustovit O. S.</i>	
9	Інваріантний до обертання та зсуву спосіб розпізнавання графічних образів	30
	<i>Миронцов М.Л.</i>	
10	Застосування нейронних мереж при розв'язанні нестійких обернених задач електрометрії нафтогазових свердловин	33
	<i>Миронцов М.Л.</i>	

11	Застосування математичних методів для виявлення та запобігання кіберзагрозам	36
	<i>Сметанін К.В., Волинець Т.В., Марущак В.М.</i>	
12	Моделі машинного навчання для виявлення кібератак і аномалій в мережевому трафіку	38
	<i>Сметанін К.В., Жуков А.О.</i>	
13	Моделювання течії Коанда на поверхні дископодібного крила	40
	<i>Калкаманов С.А., Капашин М.С., Козак В.В.</i>	
14	Авторегресійні моделі процесу відновлення та розвитку зруйнованих війною джерел відновлювальної енергетики України	42
	<i>Мокін Б.І., Мокін О.Б., Шалагай Д.О.</i>	
15	Технологія збільшення роздільної здатності мігрованих сейсмічних даних на основі використання нейронних мереж	46
	<i>Носков О.В.</i>	
16	Інтеграція технологій штучного інтелекту в SCADA-системи для оптимізації процесів розвідки та видобування вуглеводнів	49
	<i>Ошкодьоров Є.О.</i>	
17	Обчислювальні технології для початково-крайових задач з вільною межею.	53
	<i>Верболоцький Т.О., Гуржій Р.О., Черній Д.І.</i>	
18	Ритмокардіограма в системах медичної діагностики	55
	<i>Зозуля А.М.</i>	
19	Аналіз місцевості та розрахунок маршрутів пересування військової техніки	57
	<i>Трофимчук О.М., Вишняков В.Ю., Клименко В.І., Шевякіна Н.А., Загородня С.А.</i>	
20	Виклики у створенні комплексної математичної моделі електронної документації	60
	<i>Марущак В.М., Волинець Т.В., Зотова Л.В., Хабова Н.В.</i>	

21	Ентропія інформації при виконанні функцій і задач управління об'єктом критичної інфраструктури <i>Кряжич О.О., Іванов І.А.</i>	61
22	Створення підсистеми консолідованої обробки інформації при вогневому ураженні <i>Нагорний Є.І., Дзюба В.А. Приступа В.В.</i>	64
23	Технологій передачі даних: швидкість та стабільність роботи мережі систем зв'язку <i>Триснюк В.М., Єгоров В.О.</i>	65
24	Використання гетерогенних телекомунікаційних мереж спеціального призначення <i>Довгий С., Козлов О., Копійка О., Яременко А.</i>	67
25	Огляд методів оцінювання сценаріїв відновлення в поствоєнних умовах <i>Оберемко О.О., Кіченко К.В.</i>	70
26	Застосування безпілотних засобів в інтересах національної безпеки та оборони країни <i>Тимчук В.Ю., Мосійчук Д.І.</i>	72
27	Інформаційні технології застосування систем машинного аналізу при підготовці маркетингового контенту <i>Трофимчук О.М., Фадеїчев С.В.</i>	74
28	Ідеї Smart City для повоєнного відновлення країни <i>Данишина С.Ю.</i>	76
29	Аналіз оновленого функціоналу ArcGIS Online <i>Руденко Н.Ю., Данишина С.Ю.</i>	78
30	Прогнозування факту лістингу нових криптовалюта на біржі Binance із використанням моделі логістичної регресії <i>Залізник І.С., Терентьєв О.М.</i>	80
31	Побудова структури інформаційної системи для аналізу та дослідження впливу майнінгу <i>Дуда В.О., Терентьєв О.М.</i>	83

32	Створення регіональної системи комплексного моніторингу сміттєзвалищ <i>Шевчук О., Курило А.В.</i>	86
33	Експедиційні дослідження та прогнозування екологічного стану Національного заповідника Хортиця <i>Трофимчук О.М., Триснюк В.М., Горошкова Л.А., Охарев В.О., Шумейко, В.О.</i>	87
34	Еколого-гідрологічний вплив пост-майнінгу на транскордонні річкові басейни України <i>Антілова Є.С., Яковлев Є.О.</i>	92
35	Геоінформаційні технології моніторингу зруйнованого Каховського водосховища <i>Шпакович І.М., Мокрий В.І., Казимира І.Я.</i>	97
36	Assessing the Vulnerability of Ukraine's Water Resources During the War Using Satellite Data for Environmental Safety <i>Zahorodnia S., Radchuk I.</i>	99
37	Дистанційні методи дослідження оцінки впливу сільськогосподарських процесів на екологічну безпеку територій <i>Триснюк Т.В., Ющенко К.С.</i>	102
38	Оцінка можливості використання результатів структурного дешифрування дистанційних даних у прогнозі торфових родовищ <i>Багрій І.Д., Азімов О.Т.</i>	104
39	Утворення зсувних полів на схилах з лесово-просадковими ґрунтами під впливом підтоплення <i>Яковлев Є.О., Рогожин О.Г., Крета Л.Д.</i>	106
40	Вивчення сучасного підтоплення в межах Зони відчуження дистанційними методами <i>Кірсев С.І., Андреев А.А., Томченко О.В., Триснюк В.М., Азімов О.Т.</i>	110
41	Розвиток дистанційних технологій в оцінці екологічних ризиків під час видобутку нетрадиційних вуглеводнів <i>Азімов О.Т.</i>	113

42	Результати оцінки ефективності застосування методів комп'ютерної кластеризації для регіоналізації даних з розподіл урану в підземних водах та в надрах України <i>Азімов О.Т.</i>	116
43	On Prospects for Small Hydropower during the War and in the Post-War Recovery of Ukraine <i>Stefanyshyn D.V.</i>	119
44	До питання обчислення коефіцієнта гідравлічного опору за допомогою ансамблю штучних нейронних мереж <i>Ходневич Я.В., Стефанишин Д.В.</i>	122
45	Дослідження змін екосистеми району Оскільського водосховища під впливом антропогенних факторів у 2022–2023 роках за даними супутникового моніторингу <i>Андрєєв С.М., Афанасьєв Ю.В., Ларінцев К.Ю.</i>	123
46	Інформаційна технологія визначення тематичних точок на підстильній поверхні Землі із використанням даних дистанційного зондування Землі, отриманих з різних джерел <i>Вишняков В.Ю., Глуган Ф.В., Просянкіна-Жарова Т. І.</i>	126
47	Створення геопорталу моніторингу лісових втрат Харківської області <i>Горелик С.І., Саул-Гоце Д.К.</i>	129
48	Локалізація зон негативного впливу твердого стоку на водні екосистеми з використанням ГІС технологій <i>Гребень О.С., Мацегор Д.М.</i>	131
49	ГІС-моделювання для прогнозування впливу рішень у сфері управління землекористуванням <i>Підсадній С.Г.</i>	133
50	Розробка геопорталу ділянок самозаліснення Каховського водосховища <i>Горелик С.І., Сич Р.С.</i>	136

- 51 **Метод пошуку можливих джерел забруднення атмосферного повітря на основі аналізу аномалій** 139
Шмундяк Д. О.
- 52 **Аналіз методів дослідження антропогенного навантаження на річки з використанням моделей інформаційних потоків** 141
Подорожко К. Д.
- 53 **Вдосконалення декодування LDPC-кодів в сучасних системах мобільного зв'язку 5G та космічного зв'язку** 144
Василенко В. М., Зайцев С. В., Зайцева Л. І., Руденок О. А., Курбет П. М.
- 54 **Використання рекомендаційної системи для підтримки прийняття рішень у системі кібербезпеки об'єкта критичної інфраструктури** 149
Халигов А. А., Просянкіна-Жарова Т. І., Гуськова В. Г.
- 55 **Лесово-породний масив України як джерело регіональних інженерно-геологічних небезпек** 154
Трофимчук О. М., Рудько Г. І., Яковлев Є. О.
- 56 **Застосування методу сингулярного розкладання у задачі аналізу електронних звернень громадян до Пенсійного фонду України** 156
Зарудний О. Б., Коваль Р. Г.
- 57 **Підходи щодо виявлення підозрілих транзакцій в децентралізованій мережі TON** 159
Литвиненко В. І.

Технології комп'ютерного моделювання течій в області з різнотипними межами

Довгий С.О., Ванін В.А., Лебідь, О.Г., Черній Д.І.

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
НАН України

При постановці нелокальних початково-крайових задач гідромеханіки з відривними течіями, з проникненням скрізь межу відокремлення середовищ, з утворенням струменів та кумулятивними явищами (Рис.1), якими є задачі з рухомою вільною межею що складається з різнотипних непроникних рухомих меж - контурів $L_d(t)$, $L_v(t)$ та $L_s(t)$ в деформуючій області $D(t)$, у силу лінійності основного рівняння – рівняння Лапласа, для отримання розв'язку доцільно розщеплювати саму задачу на систему зв'язних задач.

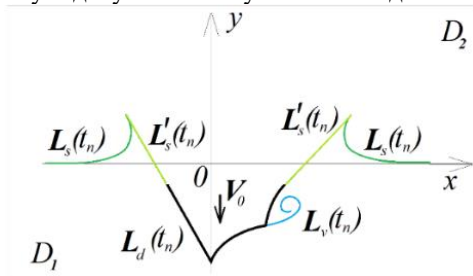


Рис.1

Для вирішення прикладних початково-крайових задач використовується математична модель (с параметричної залежністю від часу t , яка в термінах ТФКЗ має інтегральні представлення:

$$\begin{aligned}
 \Phi(z, t) &= \phi(x, y, t) + i\psi(x, y, t) = \\
 &+ \frac{1}{2\pi i} \int_{L_d(t)} \gamma(\omega, t) \ln(z - \omega) d\omega + \\
 &+ \frac{1}{2\pi i} \int_{L_v(t)} \gamma(\omega, t) \ln(z - \omega) d\omega + \\
 &+ \frac{1}{2\pi i} \int_{L_s(t)} \gamma(\omega, t) \ln(z - \omega) d\omega + C(t)
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}\bar{V}(z, t) &= u(x, y, t) - iv(x, y, t) = \frac{\partial \Phi(z, t)}{\partial z} = \\ &= \frac{1}{2\pi i} \int_{L_d(t)} \frac{\gamma(\omega, t)}{z - \omega} d\omega + \\ &+ \frac{1}{2\pi i} \int_{L_v(t)} \frac{\gamma(\omega, t)}{z - \omega} d\omega + \\ &+ \frac{1}{2\pi i} \int_{L_s(t)} \frac{\gamma(\omega, t)}{z - \omega} d\omega \quad 2) \\ &\int_{L_d(t)} \gamma(\omega, t) d\omega + \int_{L_v(t)} \gamma(\omega, t) d\omega + \\ &+ \int_{L_s(t)} \gamma(\omega, t) d\omega = \Gamma_0 = const \quad 3)\end{aligned}$$

Але, в силу мінливості області із задалегідь невідомою формою частини меж, рішення задачі про нестационарні течії в областях з непроникними рухомими межами довільної форми можливо тільки чисельними методами, з використанням обчислювальних технологій, в яких враховано, як існування різномісних меж області так і формування нових елементів меж із визначених раніш типів.

У доповіді представлено методи побудови обчислювальних технологій на основі чисельних методів розв'язування сингулярних та гіперсингулярних інтегральних рівнянь та наведено приклади розв'язання комплексу практичних задач прикладної гідромеханіки.

REFERENCES

1. Cherniy D.I. Approximation of Solution of Initial-Boundary Problem with Moving Boundary. // Journal of Computational and Applied Mathematics, №2(82), 1997, pp.112-123.
2. Cherniy D.I. Computational technologies of discrete vortices method. // Bulletin of National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», -2016.- № 6 (1178), pp.116-123.
3. Dovgiy, S.O., Lyashko, S.I., Cherniy, D.I. Algorithms of the Discrete Singularity Method for Computing Technologies // Cybernetics and Systems Analysis, 53 (6).-2017.- pp. 950-962.
4. Cherniy D. I. Derivatives of Integral Expressions. // Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Series Physics & Mathematics №3, 2016, pp. 121-126.
5. Довгий С.А., Лифанов И.К., Черний Д.И. Метод сингулярных интегральных уравнений и вычислительные технологии. – К.: Юстон, 2016.- 380с.
6. Sarpkaya T. Computational Methods With Vortices - The 1988 Freeman Scholar Lecture. // Journal of Fluids Engineering, Vol.111/5, March 1989., pp.1-60.

Моделювання нескінченного вихрового шару в середовищі Unity з використанням комп'ютерних шейдерів

Довгий С.О.¹, Буланчук О.М.², Буланчук Г.Г.³

¹Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
НАН України

²НЦ “Мала академія наук України”

³ДВНЗ “Приазовський державний технічний університет
obulan65@gmail.com, ggbulan7@gmail.com

У роботі буда розроблена методика моделювання нескінченного вихрового шару з використанням комп'ютерних шейдерів у середовищі Unity. Умова нескінченності шару моделювалась за допомогою задання періодичних умов для вихорів, що формують вихровий шар: кожен вихор повторювався через певний період a вздовж осі x . Тому замість поля, що створювалося одним вихором використовувалась формула для нескінченного ланцюжка вихорів. Комплексний потенціал від такого ланцюжка визначається за формулою:

$$w(z) = -\frac{i\Gamma}{2\pi} \ln\left(\frac{\pi z}{a}\right)$$

У даному випадку вважається, що вихор знаходиться в точці $(0,0)$, тоді швидкість визначається за формулами:

$$u = \operatorname{Re}\left(\frac{dw}{dz}\right) = -\frac{\Gamma \operatorname{sh}\left(\frac{2\pi y}{a}\right)}{2a\left(\operatorname{ch}\left(\frac{2\pi y}{a}\right) - \cos\left(\frac{2\pi x}{a}\right)\right)}$$
$$v = -\operatorname{Im}\left(\frac{dw}{dz}\right) = \frac{\Gamma \sin\left(\frac{2\pi x}{a}\right)}{2a\left(\operatorname{ch}\left(\frac{2\pi y}{a}\right) - \cos\left(\frac{2\pi x}{a}\right)\right)}$$

Для обмеження швидкості при відстані, що менша за R , використовувалась аналог формули Ренкіна для нескінченного ланцюжка вихорів:

$$u = -\frac{\Gamma a \operatorname{sh}\left(\frac{2\pi y}{a}\right)}{4\pi^2 R^2}, \quad v = \frac{\Gamma a \sin\left(\frac{2\pi x}{a}\right)}{4\pi^2 R^2}$$

При виході вихору за межі області, він повертався з іншого боку, щоб забезпечити умову періодичності. Для перевірки коректності розрахунків задавався регулярний розподіл вихорів, що давало змогу побачити момент часу коли порушувалась симетрія.

На рис. 1 представлений фрагмент нескінченного вихрового шару, що моделюється дискретними вихорами.

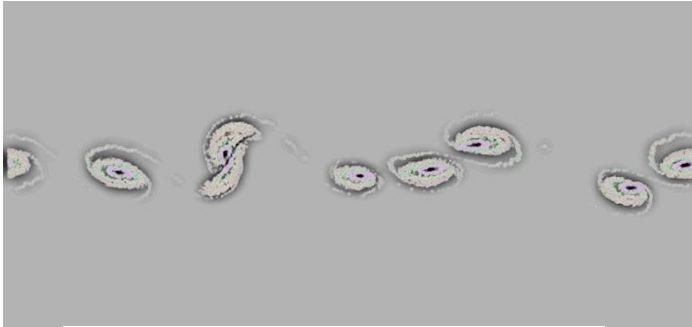


Рисунок 1 – Нескінченний вихровий шар

Список використаних джерел

1. Вольф Д. Язык шейдеров. Книга рецептов / пер. с англ. А. Н. Киселева. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 368с.

Метод оптимізації запитів до великих мовних моделей для алгоритму Tree of Thoughts

Варер Б. Ю., Мокін В. Б.

Вінницький національний технічний університет, email - androbor17@gmail.com

Великі мовні моделі (LLM), такі як GPT, LLaMA, BARD (Gemini), Mistral, Falcon тощо, дедалі частіше використовуються в різних галузях людської діяльності з метою оптимізації процесів прийняття рішень або для створення інноваційних продуктів, що базуються на штучному інтелекті.

Одним із ключових викликів для сталого розвитку, пов'язаних з великими мовними моделями, є велике енергоспоживання [1]. Згідно дослідження [2], незважаючи на те, що вважається, що більша частина енергії та ресурсів витрачається під час тренування великих моделей, їхнє подальше використання у задачах інтелектуального аналізу даних може спричиняти не меншу шкоду для навколишнього середовища.

Саме тому виникає потреба в оптимізації процесу використання LLM для мінімізації їх негативного впливу та підвищення їх ефективності.

Існують різноманітні способи зменшення навантаження на сервери LLM і, відповідно, енергоспоживання. Серед них - мінімізація кількості запитів до LLM, оптимізація тексту самих запитів, кешування відповідей, використання менш потужних LLM або навіть невеликих локальних моделей [1], використання моделей, які підтримують кешування вхідних підказок [3], [4] та, по можливості, використання пакетного API [5], [6].

Під час використання великих мовних моделей часто застосовуються спеціальні методи формування підказок (запитів), відомі як техніки “Prompt Engineering” (PE), які дозволяють покращити ефективність LLM для певних задач. Серед найбільш відомих методів PE можна виділити метод “Chain of Thoughts” (CoT) (англ. “ланцюг роздумів”) [7], суть якого полягає в формулюванні підказок таким чином, щоб налаштувати модель на покрокове розв’язання задачі замість генерування лише остаточної відповіді. Це зменшує кількість помилок та галуціонування моделі [7].

Метод “Tree of Thoughts” (ToT) [8] є узагальненням методу CoT. Цей метод відомий своєю ефективністю, оскільки в ньому симулюється одразу ціле дерево ланцюгів думок і виконується перебір можливих розв’язків. Однак, цей метод також має значний недолік у вигляді великої обчислювальної складності та необхідності у значній кількості запитів до LLM.

Авторами розроблено модифікацію оригінального алгоритму ToT з урахуванням сценарію, коли остаточної розв’язок можна вивести з проміжного результату, що дозволяє завершити виконання алгоритму завчасно і зменшити кількість запитів до LLM. Ефективність запропонованого методу показано на прикладі розв’язання задачі “Game of 24”, в якій потрібно розставити арифметичні знаки між чотирма числами таким чином, щоб отримати число 24. Результати порівняння оригінального та модифікованого алгоритмів ToT наведено в таблиці 1.

Як можна побачити з таблиці 1, модифікований алгоритм не тільки потребує на 16% менше запитів і використовує на 14% менше токенів, але, також, підвищує частку правильних розв’язків задачі, тобто метрику Ассурасу. Це пояснюється тим, що пошук розв’язку за оригінальним алгоритмом зупиняється лише після заданої кількості ітерацій, навіть якщо правильний розв’язок був вже знайдений на більш ранньому етапі, що може провокувати LLM до галуціонування і відхилення в бік хибних міркувань.

Таблиця 1. Порівняння ефективності оригінального алгоритму ToT з нашою модифікованою версією

Алгоритм	Відсоток правильних розв'язків	Кількість викликів до API	Сумарна кількість токенів
Ориг. ToT	24%	3249	1 287 290
Модифікований ToT	27%	2743	1 112 589

Порівняння відмінностей у самих алгоритмах наведено на рис. 1.

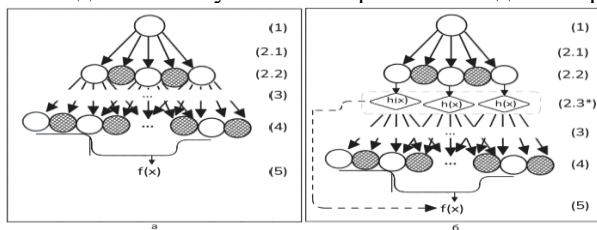


Рис. 1. Порівняння оригінального (а) та модифікованого (б) алгоритмів ToT. Справа в дужках позначені кроки алгоритму: (1) - початок; (2.1) - генерування проміжних “думок”; (2.2) - вибір перспективних гілок для подальшого розвитку; (2.3*) - перевірка можливості отримання остаточного розв'язку без подальшого обчислення; (3) - повторення в циклі кроків (2.1), (2.2) для оригінального алгоритму та (2.1)-(2.3*) для модифікованого; (4) - вибір остаточного розв'язку; (5) - перевірка правильності знайденого розв'язку.

Список використаних джерел

1. Bast, S., Fazlic, L. B., Naumann, S., & Dartmann, G. (2024). LLMs on the Edge: Quality, Latency, and Energy Efficiency. In INFORMATIK 2024 (pp. 1183-1192). Gesellschaft für Informatik eV.
2. Fu, Z., Chen, F., Zhou, S., Li, H., & Jiang, L. (2024). LLMCO2: Advancing Accurate Carbon Footprint Prediction for LLM Inferences. arXiv preprint arXiv:2410.02950.
3. OpenAI. (б. д.). Prompt caching. Дата звернення: 20 жовтня 2024, з <https://platform.openai.com/docs/guides/prompt-caching>

4. Anthropic. (б. д.). *Prompt caching*. Дата звернення: 20 жовтня 2024, з <https://docs.anthropic.com/en/docs/build-with-claude/prompt-caching>
5. OpenAI. (б. д.). *Batch requests*. Дата звернення: 20 жовтня 2024, з <https://platform.openai.com/docs/guides/batch>
6. Anthropic. (б. д.). *Message batches*. Дата звернення: 20 жовтня 2024, з <https://docs.anthropic.com/en/docs/build-with-claude/message-batches>
7. Wei, J., Wang, X., Schuurmans, D., Bosma, M., Xia, F., Chi, E., ... & Zhou, D. (2022). Chain-of-thought prompting elicits reasoning in large language models. *Advances in neural information processing systems*, 35, 24824-24837.
8. Yao, S., Yu, D., Zhao, J., Shafran, I., Griffiths, T., Cao, Y., & Narasimhan, K. (2024). Tree of thoughts: Deliberate problem solving with large language models. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 36.

Розв'язок для лінійного наближення задачі Коши-Пуасона

Колпаков В.А.¹, Черній Д.І.², Ванін В.А.³

¹Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ, Україна, E-mail: viktor.a.kolpakov@gmail.com

²Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ, Україна, E-mail: d_cherniy@ukr.net

³Харківський національний технічний університет "ХПІ", Харків, E-mail: vvaplb5256@gmail.com

До задачі Коши-Пуасона зводиться задача про знаходження руху у гравітаційному полі вільної межі $L(t)$, яка відокремлює важку рідину, що знаходиться під вільною межею $L(t)$ в області $D^+(t)$ нескінченної глибини (Рис.1). Рух починається після задання початкової геометрії (початкового збурення) вільної межі при заданих початкових швидкостях в частинках рідини, що визначають вільну межу, при збереженні постійного значення розподілу тиску на межі $L(t)$, з боку області $D^-(t)$. На великій, але скінченній відстані від збурення, в точках a та b рух рідини та збурення вільної межі вважаються відсутніми. Лінійними задачами Коши-Пуасона називаються такі для яких амплітуда коливань вільної поверхні є суттєва менша ніж довжина хвилі.

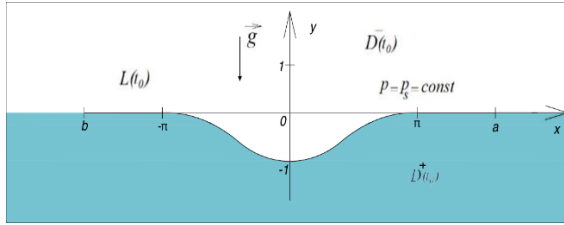


Рис. 1

Задачу про знаходження у площині OXY руху частинок середовища, які складають вільну межу що деформується у векторному полі градієнта гармонійної по просторовим змінним $\vec{r} = (x, y) \in D^+$ функції $\varphi = \varphi(x, y, t)$, такої, що $\vec{v} = \nabla\varphi$ (де оператор Гамільтона застосовний тільки для просторових змінних, незважаючи на те, що функція має параметричну залежність від часу t), можна представити у вигляді:

при $t \geq t_0$: $\Delta\varphi = 0$, для $\vec{r} = (x, y) \in D^+(t)$,

$$\frac{d\vec{r}_s}{dt} = \nabla\varphi^+|_{L_s},$$

$$\frac{d\varphi^+}{dt}|_L = \left(\frac{(\nabla\varphi^+)^2}{2} - \frac{y_s}{Fr} \right)|_L$$

З початковими умовами, при $t = t_0$:

$$L(t_0) = L_0, \quad \vec{V}(r_s(t_0)) = \vec{V}_{s0} = \nabla\varphi^+(t_0), \quad \partial e \quad \vec{r}_s(t_0) = (x_s(t_0), y_s(t_0)) \in L_0,$$

Єдиність розв'язку визначається завданням умови відсутності виникнення зсувної течії в той чи інший бік:

$$\frac{d}{dt} \int_L \frac{\partial\varphi^+}{\partial s} ds = 0$$

Результати:

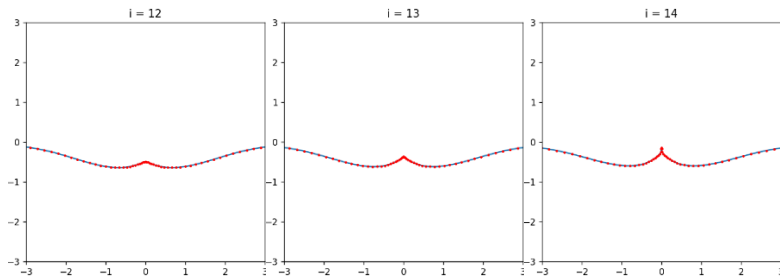


Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

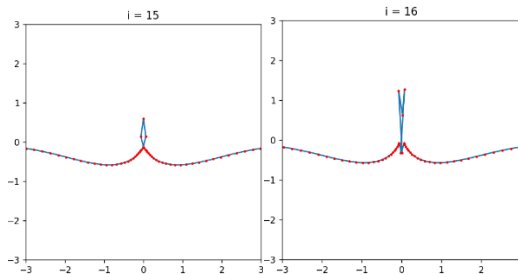


Рис. 5

Рис. 6

Перелік посилань

1. Dovgiy S. O. Algorithms of the Discrete Singularity Method for Computing Technologies/

Dovgiy S. O., Lyashko S. I., Cherniy D. I. // Cybernetics and Systems Analysis. – 2017. – Vol. 53, 6. – P. 950-962..

2. Колпаков В. А., Черній Д. І. Метод розв’язання задачі Коши-Пуасона. Матеріали XXII Міжнародної науково-практичної конференції «Шевченківська весна – 2024» 11 квітня 2024р., м.Київ, Україна. - К.: Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2024, С. 85. https://probability.knu.ua/shv2024/ShV_2024.pdf.

3. Колпаков В. А., Черній Д. І., Ванін В. А. Математична модель для задачі Коши-Пуасона. Комп’ютерна гідромеханіка: Матеріали дев’ятої міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 1-2 жовтня 2024 р.). Київ : ІГМ НАН України. 2024. 126 с. С.41-42.

Комбіновані замкнуті маршрути транспортних засобів у цивільній та військовій логістиці

Васянін В.О., Трофимчук О.М., Ушакова Л.П.

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України, E - mail:

conference.itgis@gmail.com

У доповіді розглядаються математичні моделі задач побудови кільцевих маршрутів транспортних засобів у багатопродуктовій ієрархічній мережі [1-3] Як правило, такі мережі складаються з децентралізованої магістральної мережі та мереж у внутрішніх зонах обслуговування магістральних вузлів (внутрішніх мереж). У багатопродуктовій мережі кожен вузол може обмінюватися продуктами

(товарами, вантажами) з іншими вузлами. У зарубіжній літературі задачі проєктування таких мереж називають задачами багатоступінчастого (багатошелонного, багаторівневого) розміщення та маршрутизації (Multi-Echelon Location-Routing Problem, ME LRP). У багатоступінчастих LRP є кілька посередників між магістральними вузлами (центральними первинними об'єктами) і вузлами у внутрішніх зонах магістральних вузлів (кінцевими споживачами, клієнтами), а продукт, що розподіляється з магістральних вузлів, проходить через два або більше другорядних посередників у мережі (сателітів) до кінцевого споживача. У класичній LRP об'єднані для спільного розв'язання дві задачі – задача визначення розташування вторинних об'єктів (сателітів або депо) та магістральних маршрутів транспортних засобів та задача побудови кільцевих маршрутів внутрішніх транспортних засобів для обслуговування клієнтів з відомим попитом на однорідний взаємозамінний продукт. На відміну від задач розподілу однорідного взаємозамінного продукту, у багатопродуктових задачах LRP (Multi-Commodity Location-Routing Problem, MC LRP) потоки продуктів не взаємозамінні – потік кожного продукту має бути доставлений з певного первинного об'єкта до конкретного клієнта. У цієї роботі передбачається, що багаторівнева структура транспортної мережі вже визначено і відомі географічне розташування магістральних вузлів та його внутрішні зони обслуговування з множиною вузлів доставки і збору вантажів (клієнтів). Тому задачі визначення магістральних маршрутів транспортних засобів та побудови кільцевих маршрутів внутрішніх транспортних засобів розглядаються незалежно одна від другої. Обговорюються види витрат реальних транспортних процесів, які мають бути враховані при формуванні цільової функції задач маршрутизації та запропоновані математичні моделі задач побудови комбінованих кільцевих маршрутів із неоднорідним парком транспортних засобів. Зазначається можливість розв'язання сформульованих задач за допомогою відомих пакетів змішаного та цілочислового лінійного програмування.

Питанню розбудови логістичної системи критичної інфраструктури приділено багато уваги як вітчизняними, так і закордонними фахівцями. Адже логістичні спроможності мають бути розроблені таким чином, щоб підвищити ефективність використання національних ресурсів, спростити і пришвидшити логістичні потоки і надати органам управління всіх рівнів допомогу у виконання завдань забезпечення стійкості критичної інфраструктури.

В частині моделювання процесів обробки та розподілу потоків в транспортних логістичних мережах для забезпечення функціонування

об'єктів вітчизняної інфраструктури у відомих підходах в кращому випадку, зазвичай, використовуються лінійні математичні моделі, що добре зарекомендували себе на практиці, різновиди симплекс-методу, методи еліпсоїдів, внутрішніх точок та декомпозиції за змінними і обмеженнями задач. Існують й універсальні програмні засоби розв'язання задач математичного програмування, такі як LINGO, CPLEX, SOPLEX, MINOS та ін. Однак в цих засобах не враховуються специфічні особливості окремих задач, які призводять до неможливості їх безпосереднього застосування.

Корисним є досвід розробки та впровадження інформаційних систем логістики у військовій сфері. У військовій логістиці збройних сил України сьогодні активно впроваджується система ІТ-систему логістики НАТО LOGFAS (Logistic Functional Area Services) - сервіс підтримки логістичних операцій – інтегрований набір програмних систем, призначений для підтримки логістичного забезпечення НАТО.

Література

1. Toth P., Vigo D. Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications, Second Edition, SIAM, 2014. 463 p.
2. Koç Ç., Laporte G. A review of vehicle routing with simultaneous pickup and delivery. Computers & Operations Research. 2020. 122. 104987. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2020.104987>.
3. Трофимчук А.Н., Васянин В.А., Ушакова Л.П. Исследование задачи оптимизации иерархической структуры разреженной и плотной коммуникационной сети. *Проблемы управления и информатики*. 2021. № 1. С. 5-21.

Інтелектуальна технологія узагальнення текстової інформації про екологічні системи з використанням великих мовних моделей та онтологічних мереж

Левіцький С. М., Мокін В. Б.

Вінницький національний технічний університет, email - levitsky.serhii@gmail.com

Однією з проблем системного аналізу екологічних систем є розрізненість фактів та складність їх узагальнення за різними критеріями. Наприклад, для якості атмосферного повітря є класифікація територіальна, за групами показників якості повітря, за причинами

погіршення якості (промислові викиди, спалювання листя населенням тощо) та інші. Причому, для підтримки прийняття рішень, зазвичай, більшу цінність мають не просто числа, а - текстовий опис наявних проблем. Сучасні підходи зосереджені на тому, щоб описати наявні числові дані з використанням експертних підходів, або на тому, щоб обробляти числові дані з використанням математичної статистики [1], [2]. У той же час, для переходу від числових даних до текстових описів з подальшим узагальненням можна використати великі мовні моделі (LLM) [3], а взаємозв'язки між термінами, які описують станції (географічна прив'язка до території, види показників, види об'єктів навколо тощо), доцільно формалізувати у вигляді онтологій, які є ієрархічним поданням цих зв'язків [4].

Мета дослідження – розробити інтелектуальну технологію узагальнення текстової інформації про екологічні системи з використанням великих мовних моделей та онтологічних мереж, сформованих за різними критеріями.

Для розв'язання поставленої задачі пропонується інтелектуальна технологія, яка містить такі етапи:

1. Перетворити числові дані на текстову інформацію з використанням можливостей сучасних LLM.

2. Вибрати онтологічні мережі для згенерованих текстів (знайти типові на кшталт ImageNet [3] чи згенерувати нові по текстах з відповідної тематики).

3. Визначити онтологічні терміни в тексті з використанням сучасних NER-технологій (“Name Entity Recognition” з англ. - “Розпізнавання іменованих сутностей” [3]).

4. Знайти терміни з етапу 3 в онтологічних мережах, вибраних на етапі 2, та по них визначити терміни вищого рівня.

5. Узагальнити дані в межах одного рівня онтологій і отримати висновок по цьому рівню (території, групі показників, причин тощо) з використанням можливостей сучасних LLM.

Для випробування цієї інтелектуальної технології на практиці на основі числових табличних даних згенеровано текстові описи стану атмосферного повітря у районах Вінниці, де розташовані станції моніторингу якості атмосферного повітря, що дозволило провести подальший аналіз. На основі згенерованих текстів були побудовані онтологічні мережі, які представляють зв'язки та відношення між поняттями в текстах. Це дозволило виокремити ключові концепції та встановити між ними ієрархічні зв'язки. Для збереження цих мереж використано формат JSON. Приклад побудованої онтологічної мережі у JSON-форматі наведено на рис. 1. У даній мережі виділено рівні

ієрархії: станції моніторингу якості атмосферного повітря, райони міста та місто.

Тексти проаналізовано та виявлено онтологічні терміни, тобто ключові поняття, що відповідають певним сутностям в онтологічній мережі. Це дозволило структурувати інформацію та створити базу для подальшого узагальнення. Знайдено онтологічні терміни з текстів у відповідних мережах і для кожного визначено терміни вищого рівня. Це допомогло виявити загальні категорії та абстрактні поняття, до яких належать знайдені терміни (рис. 1).

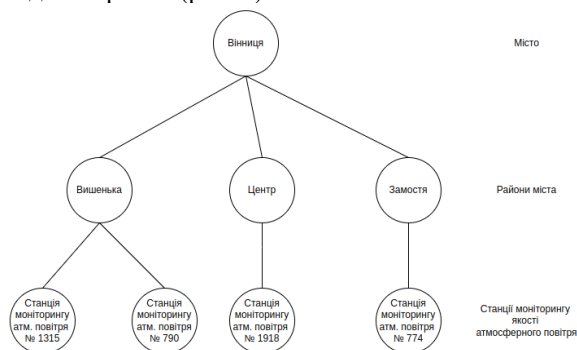


Рис. 1 - Територіальна онтологічна мережа

Виконано узагальнення текстів на рівнях онтологічної мережі, рухаючись по ієрархії знизу вгору. Нижче курсивом подано приклад узагальненого тексту про стан атмосферного повітря у Вінниці на основі текстів про стан атмосферного повітря у районах міста, де розташовані станції моніторингу якості атмосферного повітря.

Стан повітря у Вінниці станом на 24 грудня 2020 року о 14:31, за результатами вимірювань у трьох районах міста – центральному (вул. Соборна, 59), Вишенька (Хмельницьке шосе, 95) та Замостя (вул. Замостянська, 7/35), демонструє підвищений рівень забруднення повітря пиловими частинками. Концентрація частинок РМ10 в цих локаціях варіюється від 49.01 мкг/м³ до 53.1 мкг/м³, що свідчить про значну кількість великих частинок пилу в повітрі. Концентрація менших частинок РМ2.5 коливається між 34.79 мкг/м³ та 38.44 мкг/м³, що вказує на присутність дрібних забруднювачів, здатних проникати глибоко в легені.

Отже, дістала подальший розвиток інтелектуальна технологія узагальнення текстової інформації про екологічні системи з використанням великих мовних моделей та онтологічних мереж, яка долає розрізненість фактів та складність їхньої систематизації шляхом

поєднання переваг онтологічних мереж як моделі для формалізації і збереження даних та LLM як інструмента узагальнення даних. Це дозволяє автоматизувати трансформацію табличних даних у текстові описи, що є важливим для прийняття рішень в управлінні екологічними системами.

Список використаних джерел

1. Wodzicki, K., et al.: Heat Stress Metrics, Trends, and Extremes in the Southeastern United States. October 2024.
2. Малицька Л.В., Балабух В.О. Ймовірні зміни кліматичних умов України до середини XXI ст. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. Київ, 2020. Вип. № 1 (56). С. 94-100
3. Наука про дані: машинне навчання та інтелектуальний аналіз даних : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережевого) використання [Електронний ресурс] / В. Б. Мокін, М. В. Дратованій – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 258 с.
4. Стрижак О. Є., Попова М. А. Формування таксономій шарів карт в ГІС-середовищах на основі онтологій натуральних систем. Радіоелектронні і комп'ютерні системи. 2013. Вип. № 4 (63). С. 46-54.

Ефективна технологія біометричної аутентифікації особи за одним циклом PPG-сигналу

*Буцій Р.А.¹, Лупенко С.А. докт. техн. наук, проф.^{1,2,3}
¹Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України, Україна
²Політехніка Опольська, Польща
³Американ Юніверсіті Київ, Україна
E-mail: romanbutsiy@gmail.com, s.lupenko@po.edu.pl*

Анотація. Робота присвячена експрес-технології біометричної аутентифікації особи за допомогою фотоплетизмограми (PPG), який вирізняється високою точністю аутентифікації на основі одного циклу PPG. У дослідженні проаналізовано ефективність застосування різних бінарних класифікаторів, включно з k-Nearest Neighbors, Linear SVM, Random Forest, Adaptive Boosting та іншими. Особлива увага приділяється статистичному інтервальному класифікатору, який виявився найменш вимогливим до обчислювальних ресурсів, що робить

його привабливим для застосування у мобільних (портативних) системах біометричної аутентифікації.

Ключові слова: біометрична аутентифікація, кардіосигнали, циклічно корельований випадковий процес, нормалізація сигналів, класифікація сигналів.

Біометрична аутентифікація є важливою складовою сучасних засобів кібербезпеки, зокрема, в системах захисту персональних даних та процедур доступу до різноманітних програмно-апаратних систем. Важливість надійних та швидких методів аутентифікації особи постійно зростає з огляду на сучасні виклики в сфері кібербезпеки. У дослідженнях, зокрема у статті [1], було розглянуто методи біометричної аутентифікації на основі електрокардіограми (ЕКГ). У даній роботі запропоновано адаптацію цього підходу до використання фотоплетизмограми (PPG), що дозволяє отримати високу точність аутентифікації на основі аналізу лише одного циклу PPG.

Пропонований метод може бути використаний окремо або в комбінації з іншими біометричними технологіями, такими як сканери відбитків пальців, для підвищення загальної надійності аутентифікації. Це особливо актуально для портативних біометричних систем, де обмежені обчислювальні ресурси вимагають оптимізації алгоритмів для забезпечення швидкого та ефективного опрацювання даних.

Для валідації запропонованого методу використовувався набір даних Pulse Transit Time PPG Dataset (PTTPD) [2, 3], який включає дані від 22-х здорових осіб.

Таблиця 1 відображає середні показники для 22-х осіб, зокрема основні характеристики ефективності біометричної аутентифікації та часову обчислювальну складність алгоритмів для навчання та тестування класифікаторів для задачі аутентифікації. Як видно з таблиці, для всіх типів класифікаторів спостерігається висока ефективність аутентифікації особи за одним циклом PPG. З іншого боку, класифікатори значно відрізняються за часовою обчислювальною складністю. Статистичний інтервальний класифікатор (SIC) має незначний час навчання порівняно з іншими класифікаторами, що вказує на його перспективне використання в переносних системах з обмеженими обчислювальними ресурсами.

Таблиця 1. Середні основні характеристики ефективності біометричної аутентифікації та часова обчислювальна складність алгоритмів

	Classifier type					
	SIC	k-Nearest Neighbors	Linear SVM	Random Forest	Multilayer Perceptron	Adaptive Boosting
Accuracy	0.953 ±0.049	0.999 ±0.002	1.0 ±0.001	0.996 ±0.004	0.984 ±0.013	1.0 ±0.001
F1 score	0.950 ±0.057	0.999 ±0.002	1.0 ±0.001	0.997 ±0.004	0.985 ±0.012	1.0 ±0.001
Balanced Accuracy	0.952 ±0.05	0.999 ±0.002	1.0 ±0.001	0.996 ±0.004	0.984 ±0.013	1.0 ±0.001
Training time (ms)	3.56 ±0.48	18.73 ±1.49	55.08 ±17.27	322.64 ±86.65	43.54 ±3.64	3460.73 ±947.19
Testing time (ms)	12.65 ±0.85	158.81 ±25.85	6.09 ±1.78	3.42 ±0.61	6.13 ±1.16	8.61 ±2.61

На основі аналізу даних слід відзначити, що застосування PPG як методу біометричної аутентифікації демонструє високу ефективність. Використання цього методу у комбінації з іншими технологіями аутентифікації може значно підвищити загальну надійність систем безпеки.

Список використаних джерел

1. Lupenko, S.; Butsiy, R. Express Method of Biometric Person Authentication Based on One Cycle of the ECG Signal. *Sci. J. TNTU (Tern.)*, 2024, 113, 100–110

DOI: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2024.01.100

2. Mehrgardt, P., Khushi, M., Poon, S., Withana, A. Pulse Transit Time PPG Dataset (version 1.1.0). *PhysioNet*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.13026/jpan-6n92>.

3. Goldberger, A., Amaral, L., Glass, L., Hausdorff, J., Ivanov, P. C., Mark, R., ... & Stanley, H. E. *PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet*:

Components of a new research resource for complex physiologic signals. Circulation, 2000, 101 (23), e215–e220.

Generalised Schubert Graphs and public keys of Multivariate Cryptography

Ustimenko V. O^{1,2}, Pustovit O. S.²

¹Royal Holloway, University of London

²Institute of telecommunication and global information space, NAS of Ukraine

E - mail: vasylustimenko@yahoo.pl, sanyk_set@ukr.net

Funding: This research is supported by British Academy Fellowship for Researchers under Risk 2022 and by British Academy and partially supported by the British Academy award LTRSF\100333.

Jordan-Gauss graphs are bipartite graphs given by special quadratic equations over the commutative ring K with unity with partition sets K^n and K^m such that the neighbour of each vertex is defined by the system of linear equation given in its row-echelon form. We already use families of these graphs for the construction of new quadratic public keys of Multivariate Cryptography. Some of these public keys were presented at our talks at the ITTAP 2023 [1], [2].

We suggest the obfuscation of some previous construction of quadratic public keys.

Generalised Double Schubert graph $DS_{n,k}(K)$ is a bipartite graph with the points of kind $(x)=(x_1, x_2, \dots, x_n, x_{11}, x_{12}, \dots, x_{nk})$ and lines $[y]=[y_1, y_2, \dots, y_n, y_{11}, y_{12}, \dots, y_{nk}]$ such that point (x) is incident to $[y]$ if and if the conditions

$$x_{ij} \cdot y_{ij} = x_i y_j \quad (1)$$

hold for $i=1, 2, \dots, n$ and $j=1, 2, \dots, k$.

We say that piece of information T is trapdoor accelerator of surjective polynomial map G of K^n onto K^m , $n \geq m$. If the knowledge of T allows to compute reimage of given element $b \in K^m$ in polynomial time.

We identify map G with the tuple $(g_1(x_1, x_2, \dots, x_n), g_2(x_1, x_2, \dots, x_n), \dots, g_m(x_1, x_2, \dots, x_n))$ and define the degree of the tuple (g_1, g_2, \dots, g_m) , $m \geq 1$ (or corresponding map G) as maximal value of $\deg(g_i)$, $i=1, 2, \dots, m$.

The pair G, T with G of degree 2 or 3 is classical object of multivariate cryptography. If we justify that the reimage of G is not computable in

polynomial time then G can serve as public rule and used as instrument of digital signatures or in case of $n=m$ tool for encryption.

We refer to tuples (x_1, x_2, \dots, x_n) and (y_1, y_2, \dots, y_k) as colours of the point (x) and the line $[y]$ of the graph $DS_{n,k}(K)$.

Let $J_a(v)$ stands for the operator of change colour of vertex v (point or line) for $a=(a_1, a_2, \dots, a_t)$ where $t=n$ or $t=k$. Each vertex v has a unique neighbour $N_a(v)$ of selected colour from $K^n \cup K^k$.

Let us consider graph $DS_{n,k}(R)$ where R is the commutative ring of multivariate polynomials $K[x_1, x_2, \dots, x_n, x_{11}, x_{12}, \dots, x_{nk}]$ and conduct the following symbolic computation.

We consider the special point $x=(x)=(x_1, x_2, \dots, x_n, x_{11}, x_{12}, \dots, x_{nk})$ which coordinates are variables, odd parameter l and colours $a(1), a(2), \dots, a(l), b(1), b(2), \dots, b(l), b(l+1)$ and c such that $a(1), a(3), \dots, a(l), b(2), b(4), \dots, b(l-1) \in K[x_1, x_2, \dots, x_n]^n$, elements $a(2), a(4), \dots, a(l-1), b(1), b(3), \dots, b(l) \in K[x_1, x_2, \dots, x_n]^k$.

So, we compute recurrently $v_1=J_{a(1)}(x)$, $u_1=N_{b(1)}(v_1)$, $v_2=J_{a(2)}(u_1)$, $u_2=N_{b(2)}(v_2), \dots$, $v_l=J_{a(l)}(u_{l-1})$, $u_l=N_{b(l)}(v_l)$ and finally $J_c(u_l)=(f_1, f_2, \dots, f_k, f_{11}, f_{12}, \dots, f_{nk})$. Thus we construct the map $F=F(a_1, a_2, \dots, a_l, b_1, b_2, \dots, b_l, c)$ of K^{n+kn} to K^{k+kn} sending the tuple $(x_1, x_2, \dots, x_n, x_{11}, x_{12}, \dots, x_{nk})$ to $(f_1, f_2, \dots, f_k, f_{11}, f_{12}, \dots, f_{nk})$.

Noteworthy that f_i , $i=1, 2, \dots, k$ are elements of $K[x_1, x_2, \dots, x_n]$ but $f_{ij} \in K[x_1, x_2, \dots, x_n, x_{11}, x_{12}, \dots, x_{nk}]$.

Assume that map L_1 is an element of $AGL_{n+nk}(K)$ and $L_2 \in AGL_{k+nk}(K)$, i. e. bijective polynomial maps L_1 and L_2 have degree 1. Then we can compute the standard form of the map $G=L_1FL_2$ given by tuple

PROPOSITION 1. *Assume that the tuple c defines multivariate map C from K^n to K^k with trapdoor accelerator T . Then surjective map G has trapdoor accelerator T' which is the knowledge on $l, a(i), b(i), i=1, 2, \dots, l, C, T, L_1, L_2$ and equations (1).*

PROPOSITION 2. *If $\deg a(i) + \deg b(i) \leq d$ and $\deg C = d$. Then degree of G is d .*

In case of $d=2, 3$ we can use this construction to obfuscate selected cryptosystem C, T . In particular we can take as C, T quadratic cryptosystem TUOV (Triangular Unbalanced Oil and Vinegar) cryptosystem submitted recently to National Institute of Standardisation Technology by principle submitter Jintay Ding and his research team (see <https://csrc.nist.gov/csrc/media/Projects/pqc-dig-sig/documents/round-1/spec-files/TUOV-spec-web.pdf>).

We can also introduce enveloping trapdoor accelerator for Matsumoto-Imai cryptosystem over finite fields of characteristic 2, for the Oil and Vinegar public keys over F_q or quadratic multivariate public keys defined

over Jordan-Gauss graphs $D(n, K)$, where K is arbitrary finite commutative ring with the nontrivial multiplicative group.

We can seriously obfuscate the presented above scheme via use of temporal analogues of Generalised Schubert Graphs.

The temporal analogue $DS_{n,k}(K)^t$ of $DS_{n,k}(K)$ can be obtained via the change of conditions (1) for

$$a(i,j)(t) x_{ij} - b(i,j)(t) y_{ij} = c(i,j)(t) x_i y_j \quad (2)$$

where nonzero values of $a(i,j)(t)$, $b(i,j)(t)$ and $c(i,j)(t)$ have to be selected in each moment of computation of the neighbour of point or line of the graph.

The values of $a(i,j)(t)$ and $b(i,j)(t)$ have to be not a zero divisors.

In selected moment of time $t=t^*$ we have ‘static’ Jordan-Gauss graph.

The change of $DS_{n,k}(K)$ for temporal graph $DS_{n,k}(K)^t$ defined via the choice of static graphs for $t=1,2,\dots, l$ leads to the new pair G', T^* instead of previously presented G, T' . The piece of information T^* is essentially larger than size of T' . We prove that G' remains to be a map of degree d if conditions of Proposition 2 hold.

References

[1] V. Ustimenko, O. Pustovit, On families of stream ciphers based on the approximations of regular forests, Proceedings of the 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP-2023) 22-24, November, 2023, Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, pp. 533-547.

[2] V. Ustimenko, Schubert cells and quadratic public keys of Multivariate Cryptography, Proceedings of the 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP-2023) 22-24, November, 2023, Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, pp. 598-604.

Інваріантний до обертання та зсуву спосіб розпізнавання графічних образів

Миرونцов М.Л.

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору

Національної академії наук України,

E - mail: myrontsov@ukr.net

Загальновідомою задачею, яку прийнято розв’язувати за допомогою використання нейронних мереж (НМ), є задача розпізнавання

зображень, які ми будемо називати графічними образами (ГО). При цьому вважається, що задача визначення меж ГО в деякій області на площині (у деякій частині матриці растрового графічного файлу як правило) відома і інших ГО в межах цієї області немає. Таку область будемо називати вікно визначення (ВВ).

Саме розпізнавання є процесом знаходження відповідності між ГО і одного з заданих типів ГО. Типовим прикладом такого розпізнавання є розпізнавання літер. В простому варіанті, коли літери є друкованими, визначеного розміру, центрованими (або їх місце знаходження у ВВ відомо і точно прив'язане до границь ВВ), не нахилені (курсив тощо), не є повернутими навколо якоїсь точки ВВ. Цей приклад добре вивчений і часто слугує простим і загально відомим прикладом використання НМ з зворотнім розповсюдженням помилки (НМЗРП).

Розглянемо задачу розпізнавання ГО при відсутній інваріантності до кута обертання у ВВ чи відсутності центрування у ВВ.

Без обмеження загальності способу будемо розглядати приклад літер, цифр і спеціальних символів (див. рис. 1).

Наша задача полягає в тому, щоб за матрицею пікселей які поділяються на ненульові і нульові визначити відповідність одному з заданих типів (в нашому випадку представлених на рис. 1). Тобто у нас є ВВ в якому (невідомо де) міститься ГО, тип якого потрібно визначити, і відомий. Будемо діяти таким чином.

```
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
! ? . , / \ | : ; (
a A b B c C d D e E
f F g G h H i I k K
l L m M n N o O p P
q Q r R s S t T u U
v V w W x X y Y z Z
```

Рис. 1. Приклад масиву ГО для розпізнавання

Признак чи будь-який піксель ВВ відноситься до ГО чи ні.

Перший крок.

Задамо координати (i - номер пікселя по вертикалі, j - по горизонталі) всіх пікселів ВВ відносно самого нижнього і самого лівого його пікселя, який матиме координат (1,1).

Піксель, координати (i_0, j_0) якого мають наблизчі значення до середніх арифметичних координат всіх пікселів ГО будемо називати «центр ГО».

При цьому не обов'язково, що центр ГО є пікселем, що належить ГО.

Другий крок.

Для кожного ненульового пікселя p_x ГО з координатами (i_x, j_x) обчислюємо:

$$r_x = (\sqrt{(i_0 - i_x)^2 + (j_0 - j_x)^2}). \quad (1)$$

Далі будуємо графік, на якому відкладаємо по вертикальній вісі (для кожного цілого значення горизонтальної координати r) число, що дорівнює кількості розрахованих величин (1) r_x , для яких $r = \text{round}(r_x)$, де round – функція округлення. Це буде графік так би мовити функції $W(p_x)$ вагового спектру нашого ГО.

Зазначимо, що з (1) випливає, що такий графік є інваріантним до зміни границь ВВ чи зміни положення ГО в середині ВВ.

Третій крок.

Порівнюємо цей спектр із спектрами заданих (рис. 1) ГО. ГО спектр якого найбільше відповідає розрахованому і є шуканим. Тобто різниця спектрів є мінімально. В даному випадку під різницею спектрів (чи різницею між графіками спектрів) ми розуміємо якраз різницю модулів в координатах де функції задані – в координатах які після округлення є цілими числами. Для зручності будемо нумерувати ГО представлені на рис.1 з ліва направо і зверху вниз. Тобто «0» має номер 10, «!» має номер 11, а «W» – номер 64.

На рис. 2 наведено спектри розраховані описаним способом для елемента за номером 48 (елемент «O»).

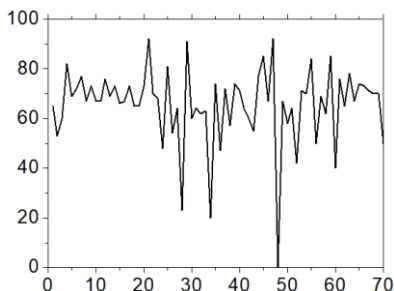


Рис.2. Графік різниці ненормованих спектрів всіх ГО з рис.1 і ГО за номером 48 (елемент «O»).

Найменші п'ять різниць відповідають ГО: «U» (60, різниця 40); «Q» (52, різниця 42); «O» (48, різниця 0); «G» (34, різниця 20); «D» (28, різниця 23). Зазначимо, що всі ці елементи мають багато спільного за

розмірами та формою друку. Але саме для ГО під номером 48 різниця в спектрах виявилась мінімально. В той же час для ГО «0» (номер 10 на рис.1) така різниця виявилась 67 хоча самі «0» та «О» часто навіть візуально плутають.

Висновки. Побудовано спосіб розпізнавання ГО, які можуть бути повернуті або не є центрованими у ВВ, тобто побудований спосіб інваріантний до зміщення чи повороту досліджуваного ГО.

Застосування нейронних мереж при розв'язанні нестійких обернених задач електрометрії нафтогазових свердловин

Миронцов М.Л.

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
Національної академії наук України,
E - mail: myrontsov@ukr.net*

Розв'язання більшості математичних обернених задач стикається з проблемою стійкості. Обернені задачі електрометрії не є виключенням. Розглянемо задачу встановлення електричного питомого опору (ПО) пласта скінченної товщини (тобто при наявності аксіальної симетрії задачі), який є частиною нашарування, що розкрито вертикальною свердловиною (тобто при наявності аксіальної симетрії задачі). На мал. 1-2 наведено порівняння заданого питомого опору (ПО) та виміряного, притаманні умовам Дніпровсько-Донецької западини [2]. Зрозуміло, що на вимір ПО, так званого уявного ПО (УО) $\tilde{\rho}(z)$ в окремо взятій точці з координатою z (глибина по вісі свердловини в циліндричній системі координат) будуть впливати значення ПО в деякому околі точки виміру співставному з довжиною зонда.

Для задачі низькочастотного індукційного каротажу (ІК) електрична питома провідність (ПП) σ та уявна ПП (УП) $\tilde{\sigma}$ (обернені до ПО та УО величини) зв'язані рівнянням:

$$\tilde{\sigma}(z) = \int g(z-z')\sigma(z')dz', \quad (1)$$

де g так званий геометричний фактор зонда. Задача розв'язання такого рівняння Фредгольма першого роду типу згортка є все одно некоректно поставленою за Адамаром і, відповідно, нестійкою. Шукані значення ПП визначаються через виміряні значення УП, які в свою чергу залежать від значень ПП на деякому інтервалі (визначається видом функції g). Отже на визначення величини ПП в деякій точці

впливають значення виміру в сусідніх. Це явище і називають «Shoulder effect».

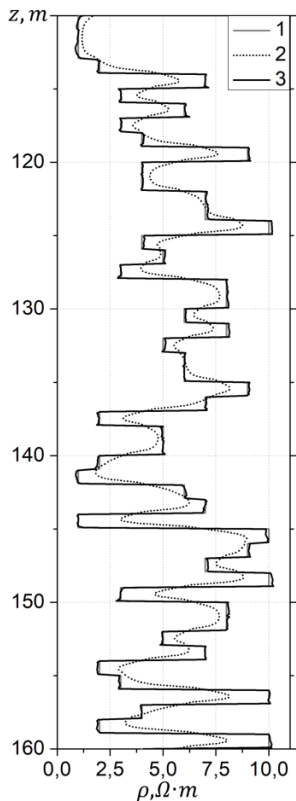


Рис. 1. Зонд ІК1.25. Шифр кривих: 1 – заданий ПО, 2 – вимірний УО, 3 – відновлений ПО

Задача електричного каротажу (ЕК) є взагалі нелінійною і не має інтегрального опису типу наведеного рівняння (1), але Shoulder effect в ній також присутній.

Запропонуємо спосіб знаходження стійкого розв'язання задачі встановлення ПО за даними виміру УО для ІК та ЕК.

В обох випадках будемо шукати значення саме ПО (оскільки ПО і ПП пов'язані як $\sigma \text{ [мСм/м]} = 1000/\rho \text{ [1000/}\Omega\text{м}\cdot\text{м]}$).

Для обох задач нам потрібно вирішити задачу знаходження ρ_i в кожній точці z_i деякого інтервалу якщо нам відомі :

$$\tilde{\rho}_{z_i}(\rho_{z_{i-m}}, \dots, \rho_{z_i}, \dots, \rho_{z_{i+m}}), \quad (2)$$

де індекси координати – просто номери впорядкованої множини точок виміру (вимір вздовж свердловини не є неперервним і виконується з дискретним кроком Δz). Тобто ми використовуємо апроксимаційну модель, де ПО є кусково-неперервною функцією вздовж свердловини і в межах кожного інтервалу товщиною Δz значення ПО не змінюються.

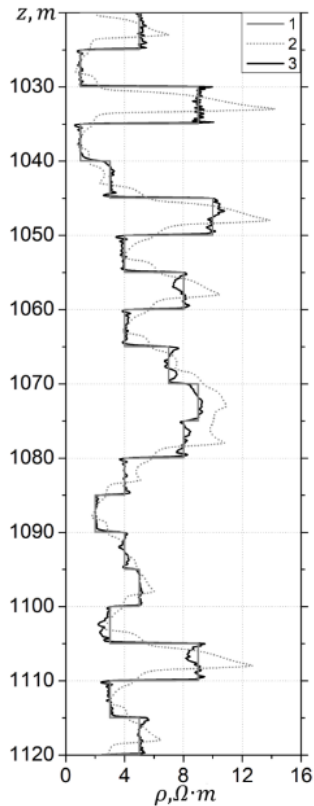


Рис. 2. Зонд А2.0М0.5N. Шифр кривих: 1 – заданий ПО, 2 – вимірний УО, 3 – відновлений ПО

Як це загально прийнято для перевірки якості навчання НМ ми задаємо вхідні дані приклади які не використовувались при навчанні і порівнюємо що на виході видає НМ і що б повинна була видати.

Розглянемо задачу ІК.

На рис. 1 наведені результати для зонда П1.25 (де цифра означає відстань між генераторною та приймальною котушками і таким чином вона визначає вертикальну роздільну здатність методу).

Виявилось, що для товщини пластів 1 метр (менше довжини зонда) ПО за запропонованим способом встановлюється майже ідеально з точки зору загально прийнятих вимог ГДС (визначення границь кожного пласта, визначення значення його ПО з похибкою не більше 10%).

На рис. 2 наведено результати (рис. 2 для нашарування пластів товщиною 2,5 м.; рис. 3 – товщиною 5 м.; рис. 4 – товщиною 10 м.) для відомого зонда А2М0.5N (перша цифра – відстань між струмовим електродом і першим вимірювальним, друга цифра – відстань між вимірювальним електродами), який входить в комплекс стандартної електрометрії свердловин, що використовують в Україні.

Для товщини пластів 2.5 м. границі кожного з них визначаються точно проте визначити ПО не виявилось можливим навіть якісно. Для товщини пластів 5 м. та 10 м. ПО за запропонованим способом встановлюється майже ідеально.

Висновки. Запропонований спосіб нівелює вплив сусідніх пластів (Shoulder effect) на визначення геоелектричних параметрів досліджуваного за допомогою використання штучних мереж (НМ) простої архітектури, що значно підвищує вертикальну роздільну здатність розглянутих методів ЕК та ІК. Це в свою чергу дозволяє для комплексу різноглибинних пластів знаходити розподіл ПО вздовж кожного з пластів.

Застосування математичних методів для виявлення та запобігання кіберзагрозам

Сметанін К.В., Волинець Т.В., Марушак В.М.

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору

Національної академії наук України

E - mail: deusplus@gmail.com

Кібербезпека є однією з найактуальніших і найважливіших тем сучасності. З кожним днем зростає кількість кіберзагроз та атак, що

ставить перед фахівцями все складніші завдання. Математичні методи широко використовуються в кібербезпеці для виявлення та запобігання загрозам. Вони допомагають ідентифікувати аномальну поведінку та вразливості в системах, що дозволяє запобігати кібератакам на ранніх стадіях. Одним із ключових математичних методів у кібербезпеці є статистичний аналіз даних. Цей метод застосовується для виявлення аномальної поведінки в системах. Він дозволяє відстежувати потік даних і виявляти незвичайні або неочікувані патерни в поведінці користувачів чи функціонуванні системи. Крім того, цей метод допомагає ідентифікувати вразливі місця в системі до того, як вони стануть мішенню для кібератак. Ще одним важливим методом є машинне навчання. Завдяки цьому підходу можливо виявляти та запобігати кіберзагрозам через використання алгоритмів, що навчаються на основі даних. Наприклад, алгоритми машинного навчання можуть застосовуватися для виявлення шкідливого програмного забезпечення та аналізу поведінкових даних користувачів, щоб визначити, чи є їх дії нормальними або підозрілими. Вони також можуть створювати моделі поведінки зловмисників, що допомагає вживати заходів для запобігання можливим атакам.

Криптографія є ще одним важливим математичним методом, що активно використовується в кібербезпеці. Вона забезпечує захист даних, зберігаючи їх конфіденційність і цілісність. Цей метод застосовується для шифрування інформації, роблячи її недоступною для несанкціонованого доступу. Також криптографія використовується для перевірки автентичності даних і ідентифікації користувачів. Окрім того, у кібербезпеці широко застосовується теорія графів. Вона дозволяє представляти складні системи у вигляді графів, що значно полегшує аналіз мережевих структур і взаємозв'язків між їх елементами, що є важливим для виявлення і запобігання кіберзагрозам.

Моделі машинного навчання для виявлення кібератак і аномалій в мережевому трафіку

Сметанін К.В., Жуков А.О.

Житомирський військовий інститут ім. С.П Корольова,

м. Житомир

E - mail: kiry221982@gmail.com

З розвитком інформаційних та інтернет-технологій зростає кількість кібератак, що становлять загрозу для безпеки систем та конфіденційності даних. Однією з основних проблем кібербезпеки є виявлення аномальної поведінки в мережевому трафіку, що може сигналізувати про шкідливі дії або вторгнення.

Традиційні методи виявлення кібератак, такі як системи виявлення вторгнень на основі правил (IDS), часто неефективні через складність і непередбачуваність сучасних загроз. Тут на допомогу приходять моделі машинного навчання, які здатні аналізувати великі обсяги мережевих даних, виявляти аномалії та адаптуватися до нових форм атак без постійного оновлення правил. Тому актуальність даної тематики достатньо висока, і було прийнято рішення створити модель машинного навчання.

Кібератаки на мережеву інфраструктуру можуть мати різні форми:

Атаки типу «відмова в обслуговуванні» (DoS/DDoS) – спрямовані на перевантаження ресурсів системи.

Атаки на мережеві протоколи – злом або компрометація мережевих протоколів для отримання контролю над передачею даних.

Фішинг та атаки на рівні додатків – атаки, спрямовані на маніпуляцію користувачами для отримання конфіденційної інформації.

Інсайдерські загрози – атаки, які виходять від осіб з доступом до внутрішніх систем.

Виявлення аномалій в мережевому трафіку часто вказують на незвичайну або підозрілу активність, яка не відповідає нормальним патернам поведінки. Машинне навчання може використовуватися для побудови моделей нормального трафіку і виявлення відхилень від цих моделей.

Класифікаційні моделі використовуються для розподілу мережевого трафіку на різні категорії. Їх можна поділити на кілька основних типів:

Контрольоване навчання (supervised learning) – тут моделі тренуються на попередньо маркованих даних. Серед найпоширеніших алгоритмів цього типу – дерева рішень, метод опорних векторів (SVM)

та нейронні мережі. Ці алгоритми дуже ефективні, але для їх навчання потрібна велика кількість маркованих прикладів.

Ненаглядне навчання (unsupervised learning) – застосовується, коли маркованих даних немає. Сюди відносяться такі алгоритми, як кластеризація k-середніх (k-means) та DBSCAN, які знаходять групи схожих даних або аномалії у трафіку.

Напівконтрольоване навчання (semi-supervised learning) – поєднує можливості контрольованого та ненаглядного навчання, що дозволяє використовувати обмежені марковані дані з більшою ефективністю.

Алгоритми для виявлення аномалій:

Ізоляційний ліс (Isolation Forest) – спеціально призначений для пошуку аномалій, ізолюючи окремі точки даних.

Лінійна регресія та SVM – застосовуються для класифікації аномалій за допомогою лінійних моделей.

Глибинні нейронні мережі (Deep Learning) – можуть обробляти великі обсяги даних та виявляти складні патерни, які складно знайти простішими методами.

Застосування в системах виявлення вторгнень (IDS): Моделі машинного навчання сьогодні активно використовуються в IDS для моніторингу мережевого трафіку та виявлення підозрілої активності. IDS-рішення можуть інтегрувати алгоритми, що автоматично аналізують трафік і надають рекомендації чи сповіщення про можливі загрози.

Антівірусні та антишкідливі системи: Моделі машинного навчання допомагають виявляти шкідливі програми та інші загрози, аналізуючи поведінкові патерни, сигнатури файлів та інші характеристики діяльності ПЗ.

Висновок.

Моделі машинного навчання відіграють ключову роль у сучасній кібербезпеці, надаючи можливість адаптивного та ефективного виявлення кібератак і аномалій в мережевому трафіку. Їх застосування дозволяє оперативно реагувати на нові загрози, оптимізуючи захист інформаційних систем. Однак для досягнення максимальної ефективності важливо вирішувати проблеми з хибними спрацьовуваннями, забезпечувати якість даних для навчання та працювати над інтерпретованістю моделей. Модель яка була створена зменшує ймовірність появи проблеми хибного спрацьовування на 30%.

Моделювання течії Коанда на поверхні дископодібного крила

Калкаманов С.А., Капашин М.С., Козак В.В.
Харківський національний університет Повітряних Сил

Розвиток авіації на сучасному етапі характеризується теоретично-експериментальними пошуками шляхів підвищення аеродинамічних і льотно-технічних характеристик літальних апаратів та реалізацією результатів цих досліджень в перспективних проектах. Одним із таких напрямків є застосування аеродинамічного ефекту Коанда, яка полягає в прилипанні струменя к криволінійній поверхні, що дозволяє за рахунок ежекції зовнішнього потоку збільшити розрідження та піднімальну силу. Позитивний ефект залежить від характеристик струмені Коанда (певні співвідношення розміру щілини і діаметру сопла), форми поверхні та режиму течії в прилеглому шарі [1, 2]. В роботі наведені результати чисельного моделювання течії Коанда на поверхні дископодібного крила (рис. 1). Модель має аеродинамічний контур, спроектований для реалізації ефекту Коанда на верхній поверхні. Повітряний струмінь моделювався «активним перерізом» на верхній поверхні обічайки, розташованого над центральною частиною моделі (рис. 1). Величина імпульсу струменю Коанда змінювалась висотою розташування обічайки та інтенсивністю джерела «активного перерізу».

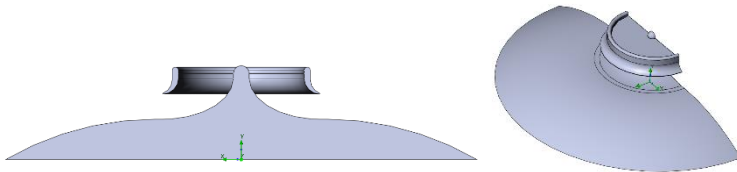


Рисунок 1 – Модель дископодібного крила.

Результати комп'ютерного моделювання течії Коанда на режимі осьового обтікання наведені на рисунках 2...3.

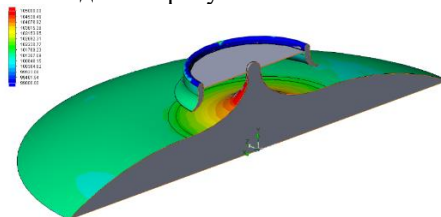


Рисунок 2 – Зміна статичного тиску по поверхні моделі.

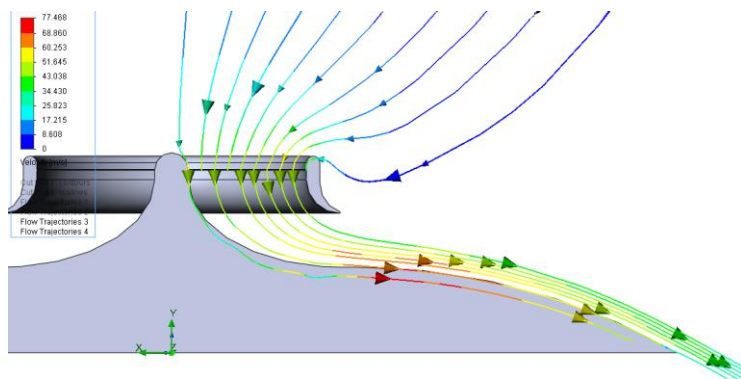


Рисунок 3 – Поле швидкостей при осьовому обтіканні моделі

Отримані результати показують реалізацію течії Коанда на режимі осьового обтікання для обраних геометричних параметрів моделі дископодібного крила.

Результати моделювання при наявності горизонтального незбуреного потоку повітря (режим навкісного обтікання) наведені на рис. 4. На відміну від режиму осьового обтікання течія Коанда реалізується тільки при певних співвідношеннях швидкостей поступального потоку та струмені.

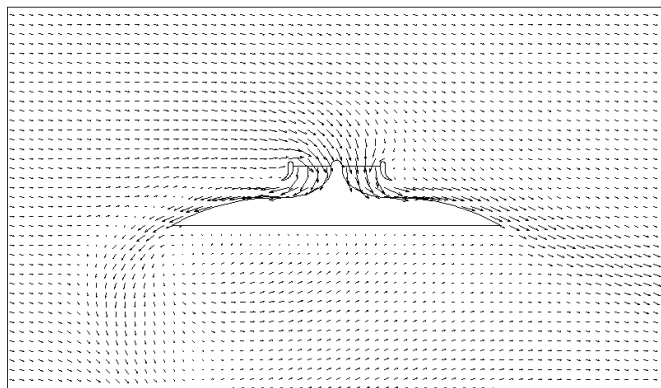


Рисунок 4 – Поле швидкостей при навкісному обтіканні моделі.

Результати комп'ютерного моделювання показують, що застосування ефекту Коанда на крилі тарілкоподібної форми дозволяє

при певних умовах створювати додаткову підйомну силу та збільшити значення максимальної аеродинамічної якості крила.

Список використаної літератури

1. Levinsky, E. S. Analytical and Experimental Investigation of Circulation Control by Means of a Turbulent Coanda Jet / E. S. Levinsky, T. T. Yeb // NASA Contractor Report. – Washington : NASA, 1972, – 95 p. [Electronical Resource]. URL: <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19720023364>.

2. Trancossi M., Dumas A. Coanda Synthetic Jet Deflection Apparatus and Control. SAE Technical Paper, 2011. №1.

Авторегресійні моделі процесу відновлення та розвитку зруйнованих війною джерел відновлювальної енергетики України

*Мокін Б.І., Мокін О.Б., Шалагай Д.О.
Вінницький національний технічний університет,
E - mail: yntu@vntu.edu.ua*

В роботі [1] опубліковано «Проект Плану відновлення України. Енергетика», розроблений у 2022 році Національною радою з відновлення України.

В нашій роботі [2] з метою наближення до реалій воєнного сьогодення «Проекту Плану відновлення України. Енергетика» в частині, присвяченій електроенергетиці, розроблений робочою групою з «Енергетичної безпеки», здійснено синтез математичних моделей процесу відновлення та розвитку електроенергетики України в цілому з врахуванням стохастичного характеру цього процесу.

А в нашій роботі [3] знову ж таки з метою наближення до реалій воєнного сьогодення «Проекту Плану відновлення України. Енергетика» в частині, присвяченій електроенергетиці, нами здійснено синтез математичних моделей процесу відновлення та розвитку джерел відновлювальної електроенергетики (ВДЕ) України, які ще до початку воєнної інтервенції з боку сусідньої агресивної держави, розпочатої у лютому 2022 року, вносили уже помітний вклад в електроенергетику України.

Цю задачу ми розв'язували з використанням ряду даних, таблиць та графіків, що характеризують ВДЕ, взятих із роботи [1]. Але в якості ВДЕ ми розглядали не лише сонячні електростанції (СЕС), вітрові

електростанції (ВЕС) та біогазові електростанції (БіоЕС), як це визначено в роботі [1], але і гідравлічні електростанції (ГЕС) та гідроакumuлюючі електростанції (ГАЕС), які в роботі [1] до складу ВДЕ не включені, а розглядаються окремо від ВДЕ, хоча по своїй природі такими є.

В роботі [3], як і в роботі [2], ми вважали, що війна України з агресивним сусідом триватиме і у 2024 році і у 2025 році, що вноситиме стохастичну складову у плани відновлення і того, що було в електроенергетичній структурі України до війни, і того, що у ці воєнні роки уже після руйнації було відновлено. Вважали також, що і в подальший період процес відновлення і розвитку ВДЕ міститиме стохастичну складову, обумовлену і процесами розмінування об'єктів і під'їздів до них, і процесами невчасного надходження потрібного обладнання з-за кордону, і проблемами в забезпеченні відновлювальних робіт необхідними коштами та високопрофесійними кадрами.

Отже, за ідеологією нашої роботи [2] і в нашій роботі [3] ми розглядали процес відновлення і розвитку ВДЕ, починаючи з нульової відмітки часу у 2023 році, в стохастичному варіанті. Але, якщо в роботі [2], синтезуючи моделі процесу відновлення та розвитку електроенергетики України взагалі, ми кінцеву точку цього процесу визначали 2030 роком, то в роботі [3], синтезуючи моделі процесу відновлення і розвитку ВДЕ, ми з врахуванням прогнозних особливостей, визначених в роботі [1], в якості кінцевої точки процесу визначили 2033 рік. А це у зв'язку з вимірювання часу в кварталах, дозволило нам при синтезі математичних моделей у період з 2023 по 2033 роки використовувати 41 точку на осі часу.

Синтезуючи в роботі [3] математичні моделі процесу відновлення та розвитку ГЕС, ГАЕС, СЕС, ВЕС та БіоЕС, ми виходили з того, що в 2033 році сумарні потужності цих ВДЕ досягнуть рівня, закладеного в роботі [1].

А щодо сумарних потужностей ГЕС, ГАЕС, СЕС, ВЕС та БіоЕС у початковому 2023 році, то з врахуванням інформації, наведеної в роботі [1], про рівні і втрати цих потужностей, що викликані, починаючи з лютого 2022 року, бомбардуваннями та окупацією агресивною сусідньою державою та коригуванням цих рівнів згідно з інформацією про руйнування ВДЕ, що поступила додатково, ми їх визначили рівними:

$$\begin{cases} P_{\text{ГЕС}(n)} = 4,44 \text{ ГВт} = y_{1n}, \\ P_{\text{ГАЕС}(n)} = 1,86 \text{ ГВт} = y_{2n}, \\ P_{\text{СЕС}(n)} = 4,3 \text{ ГВт} = y_{3n}, \\ P_{\text{ВЕС}(n)} = 0,1 \text{ ГВт} = y_{4n}, \\ P_{\text{БіоЕС}(n)} = 0,18 \text{ ГВт} = y_{5n} \end{cases} \quad (1)$$

Це дало нам змогу в роботі [3] прийти до висновку, що наближено в детермінованому варіанті на відрізку часу з 2023 по 2033 роки, вираженому у кварталах, прирости потужностей ГЕС, ГАЕС, СЕС, ВЕС та БіоЕС можна відобразити моделями:

$$\begin{cases} y_1(t) = 4,44 + 0,016 t, \\ y_2(t) = 1,86 + 0,011 t, \\ y_3(t) = 4,30 + 0,10 t, \\ y_4(t) = 0,10 + 0,11 t, \\ y_5(t) = 0,18 + 0,01 t \end{cases} \quad (2)$$

А для визначення діапазонів $\Delta_i, i = 1, 2, \dots, 5$ та нижньої і верхньої меж m_{i1}, m_{i2} формування імпульсів білого шуму, за допомогою щоквартального підмішування яких у вигляді дискретних стохастичних функцій $x_i(t_n), i = 1, 2, \dots, 5; n = 0, 1, 2, \dots, 40$ з нульовим середнім до моделей (2), заданих у дискретному часі, згідно з ідеологією методу синтезу, запропонованого нами в нашій роботі [2], ми скористались оцінками додаткових втрат Ольги Буславець, один із варіантів яких приведено в її роботі [4] і задали ці додаткові втрати в межах 10% від тієї потужності ГЕС, ГАЕС, яку ці ВДЕ мали у 2023 році, та в межах 30% від тієї потужності СЕС, ВЕС та БіоЕС, яку ці ВДЕ мали у 2023 році, та які визначені нами у виразах (1). Тож ці, тепер уже стохастичні моделі-

$$w_i[n] = y_i[n] - x_i[n], \quad i = 1, 2, \dots, 5; \quad n = 0, 1, 2, \dots, 40 \quad (3)$$

реалізацію яких ми здійснили в роботі [3] за допомогою комп'ютерної програми, створеної мовою Python, отримали вигляд, приведений на рис. 1

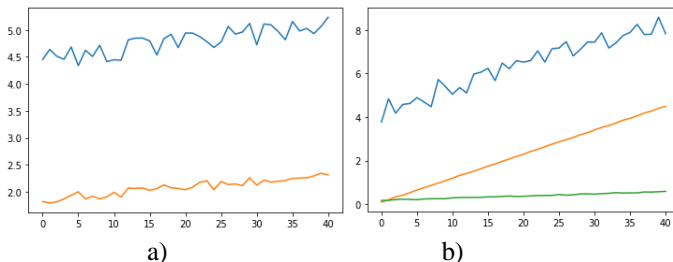


Рис.1 Графіки процесів песимістичного характеру стосовно відновлення та розвитку потужностей ГЕС, ГАЕС (а) та СЕС, ВЕС, БіоЕС (б) в ГВт в період з 2023 по 2033 роки з врахуванням воєнного сьогодення

Аналізуючи графіки, зображені на рис.1, бачимо, що для прогнозування процесів відновлення та розвитку потужностей ВЕС і БіоЕС у період з 2023 по 2033 роки в - разі вимірювання цих потужностей у ГВт, а час у кварталах - можна використовувати детерміновані математичні моделі $y_4(t)$ та $y_5(t)$, що задані відповідними функціями у множині (2), оскільки вони є трендами із зовсім незначними стохастичними складовими.

Але із цих же графіків, зображених на рис.1, видно, що для прогнозування процесів відновлення та розвитку потужностей ГЕС, ГАЕС та СЕС у цей же період та у тих же умовах необхідно замість детермінованих моделей $y_1(t), y_2(t), y_3(t)$ використовувати авторегресійні моделі 2-го порядку. А оскільки ці процеси є не лише стохастичним, але і нестационарними, то ці авторегресійні моделі потрібно синтезуватимемо у формі АРПКС(2,0,1), тобто у вигляді:

$$w_i^*[k] = w_i[k] - w_i[k - 1], \quad y_i[k] = y_i[0] + \sum_{j=1}^k y_i^*[j],$$

$$k = 1, 2, \dots, N, \quad j = 1, 2, \dots, k, \quad i = 0, 1, 2, 3,$$

$$y_i^*[k] = p_{1i}w_i^*[k - 1] + p_{2i}w_i^*[k - 2] + u_i, \quad (4)$$

Але ідея використовувати замість скоригованих математичних моделей авторегресійні моделі була лише озвучена в нашій роботі [3] і записана лише в загальній постановці.

Через рік після написання роботи [3], що пройшов у вирі війни України з російськими окупантами, українська електроенергетична структура зазнала додаткових руйнувань [4], тож виникла необхідність

в синтезі авторегресійних моделей в завершеній формі, готовій для використання інженерами-електриками в проєктній роботі. Цей задум і реалізовано у цій нашій роботі, кінцеві результати якої у вигляді конкретизованих авторегресійних моделей та Python-програми для їх синтезу буде представлено у доповіді під час конференції

Список літератури

1. Національна рада з відновлення України. Проєкт Плану відновлення України. Розділ «Енергетична безпека», 2022. 164 с. [Електронний ресурс].Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/restoration-and-development-of-infrastructure.pdf>

2. Мокін Б.І.,Шалагай Д.О. Синтез математичних моделей процесу відновлення та розвитку електроенергетики України, наближених до реалій

воєнного сьогодення . Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2023, №6. С.6-13

3. Мокін Б.І., Шалагай Д.О., Мазурук О.В. Синтез наближених до воєнного сьогодення математичних моделей процесу відновлення та розвитку джерел відновлювальної енергетики України. Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2024, №1. С.17-24

4. <https://www.facebook.com/olhabuslavets/posts/pfbid0jCwzcCNaLCCSHx93MMerV9KLS7Tn8Fny7wJWwffZSzgoYJq7pCbVgNKz9ttZGwWPI>

Технологія збільшення роздільної здатності мігрованих сейсмічних даних на основі використання нейронних мереж.

О.В. Носков

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору

Національної академії наук України.

a33211noskov@gmail.com

Мета роботи – створення і тренування нейронної мережі, для збільшенні якості мігрованих сейсмічних даних, що підвищує якість і ефективність робіт з сейсмічної інтерпретації та геологічного моделювання площі досліджень.

Якість геологічних структурних побудов а також розповсюдження колекторських властивостей гірських порід – основні задачі, які

ставляться на етапі сейсмічної інтерпретації. Вирішення цих задач напряму залежить від якості як свердловинного матеріалу, так і мігрованих сейсмічних даних; дана робота пропонує рішення за допомогою використання згорткових нейронних мереж (НМ), що набули широкого розвитку за останні роки.

Як відомо, для якісного тренування нейронних мереж потрібна значна кількість якісних, позбавлених шумів, зображень. Для вирішення задачі було згенеровано 800 синтетичних сейсмічних кубів, з яких було екстраговано 3200 різних 2D зображень, які і сформували базу даних для навчання моделі.

Було розглянуто кілька варіантів найрозповсюдженіших архітектурних рішень побудови моделі, фінальний вибір між XPixel та U-net був обраний на користь останньої.

Використана мережа в своїй будові має 3 шари, кожен з яких складається з блока кодувальника (encoder block), декодера (decoder block), які поєднуються зв'язковим блоком (bridge layer), що функціонально потрібний для переносу вхідної інформації до шарів декодера (Upsampling layers) який діє як важлива ланка, підвищуючи здатність моделі вивчати ієрархічні та складні функції. Модель складається з трьох шарів, яка поступово збільшує кількість малюнків в ітерації в послідовності 1 – 64 – 128 – 512.

Для покращення роботи моделі у якості функції активізації було використано модифіковану ReLU (*Rectified Linear Unit*), а саме leaky ReLU, що активує лише окремі нейрони, залишаючи інші неактивними. Завдяки цьому нейронна мережа може навчатися на більш розріджених уявленнях даних – і знижується ризик перенавчання.

Вирішальний вплив на якість роботи згорткової нейронної мережі оказує тип функції втрат, обраний при компіляції моделі. При побудові мережі 3D у якості функції втрат як для 2D так і для 3D варіантів були розглянуті наступні варіації: PSNR, MSE, ssim, ms-ssim.

PSNR (peak signal-noise response) – пікове співвідношення сигнал/завада означає співвідношення між максимумом значення сигналу (в нашому випадку - нормованого) і потужністю шуму, що його спотворює. Мережа може навчатися за допомогою PSNR функції втрати, яка поєднує втрати ℓ_1 і втрати MS-SSIM.

Однак на практиці нейронна мережа, навчена використовувати лише ℓ_1 loss, генеруватиме зображення високої роздільної здатності з гладкими текстурами, що не є прийнятними для подальшого процесу робіт з сейсмічної інтерпретації через втрату окремих локальних геологічних подій [9]. Причина полягає в тому, що ℓ_1 loss мінімізує

єдину піксельну відстань між результатом навчання моделі і метою, та ігнорує текстурні елементи.

Ssim (Structural Similarity Index metric) – Індекс структурової подібності є одним із методів вимірювання подібності між двома зображеннями. Дана функція – метод повного співставлення, де контроль якості проводиться на основі вхідного зображення і напряму залежить від його якості. SSIM-вважається більш продвинутою версією традиційних функцій втрат як PSNR та метод середньоквадратичної помилки MSE. Особливістю метода є урахування не тільки положення пікселів, а і структурної зміни інформації. Ідея полягає в тому, що близько-розташовані пікселі мають сильний взаємозв'язок. Ця залежність несе важливу інформацію про структуру об'єктів та загальну компановку. SSIM метрика розрахована на різні розміри вікна.

Розширена метрика Ssim, яка здійснює оцінку подібності одночасно в кількох різних масштабах зображення [11]. Механізм роботи полягає в розбитті зображення на кілька масштабів, де для кожного масштабу розраховується Ssim індекс. Остаточний Ms-ssim індекс розраховується як середнє значення Ssim індексів на різних масштабах.

Первинно PSNR, Ms-ssim та Ssim є додатними зростаючими метриками, але для цілей навчання нейронної мережі було створено функції втрат на основі цих метрик.

Результати тренування моделі вказують на високий рівень відтворення даних моделлю. З точки зору цінності прогнозних матеріалів для сейсмічної інтерпретації можна відмітити 2 моменти – збереження траєкторії порушення без ефекту згладження, що було суттєвою проблемою під час пошуків варіантів вирішення поставленої задачі, а також кращу витриманість відбивальних площадок в зонах зашумлення – тобто нечіткого сигналу. В зв'язку з тим, що збереження просторового розташування зон більш контрастного сигналу було однією із вимог до моделі ШІ, даний результат можна вважати оптимальним рішенням із урахуванням існуючих обчислювальних обмежень.

Інтеграція технологій штучного інтелекту в SCADA-системи для оптимізації процесів розвідки та видобування вуглеводнів

Ошккодоров Є.О.

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору

Національної академії наук України,

E-mail: oshkodorov.e@gmail.com

Анотація

У сучасних умовах інтенсивного розвитку інформаційних технологій та зростаючої складності процесів видобування вуглеводнів виникає необхідність оптимізації систем управління та аналізу даних. Системи SCADA відіграють ключову роль у моніторингу та управлінні видобувними процесами, забезпечуючи збір, обробку та візуалізацію даних у реальному часі. Дослідження спрямоване на розробку методів інтеграції технологій штучного інтелекту в SCADA-системи для підвищення продуктивності та надійності процесів видобування.

Ключові слова: SCADA-система, видобування вуглеводнів, нейронні мережі, оптимізація, штучний інтелект.

Вступ

Нафтогазовий сектор є однією з найбільш технологічно розвинутих галузей, де використання сучасних інформаційних технологій, зокрема SCADA-систем, дозволяє досягати вищих показників продуктивності та безпеки. SCADA (диспетчерське керування та збір даних) забезпечує відстеження та контроль промислових процесів, використовуючи дані з польових датчиків у режимі реального часу. Інтеграція штучного інтелекту та нейронних мереж у SCADA-системи створює нові можливості для оптимізації управління та підвищення надійності видобувних операцій [3].

Архітектура SCADA-системи

SCADA-система для видобування вуглеводнів складається з кількох основних рівнів, що включають датчики, RTU, системи зв'язку, сервери та HMI. Кожен з цих рівнів має свою функцію у забезпеченні моніторингу і управління процесами видобування .

На малюнку 1 представлено архітектуру SCADA-системи, що демонструє взаємодію між основними компонентами для забезпечення збирання, обробки та візуалізації даних, що включає ключові компоненти, такі як сенсори, контролери, RTU (Remote Terminal Units), HMI (Human-Machine Interface) та сервери. Компоненти з'єднані стрілками, які показують потік даних між ними. Сенсори здійснюють збір інформації з фізичного середовища, контролери і RTU обробляють

дані та передають їх на НМІ для візуалізації і сервери для збереження [3].

Методологія дослідження

Основна мета роботи — розробка методів і алгоритмів оптимізації SCADA-систем шляхом інтеграції технологій штучного інтелекту для підвищення продуктивності, надійності та точності процесів видобування вуглеводнів. Це включає використання сучасних нейронних мереж для аналізу великих обсягів даних, автоматизації прийняття рішень і підтримки адаптивного управління.

Для досягнення поставлених цілей розроблено такі етапи дослідження:

1. Аналіз існуючих рішень: Проведення огляду сучасних SCADA-систем, які застосовуються у нафтогазовій сфері, а також існуючих підходів до їх оптимізації із використанням ШІ.



Рис. 1 Архітектура SCADA-системи

2. Розробка архітектури інтеграції ШІ в SCADA-систему: Визначення ключових компонентів та їх взаємодії, розробка структури системи з інтеграцією нейронних мереж та алгоритмів машинного навчання.

3. Використання мережі Кохонена: Використання самоорганізуючих карт Кохонена для кластеризації вхідних даних та виявлення аномальних показників, що можуть свідчити про можливі несправності чи проблеми у видобувному процесі [2].

Процес навчання нейронної мережі Кохонена, яка використовуватиметься для кластеризації та аналізу даних, можна описати наступним чином:

1. Вибір нейрона-переможця: Для кожного вхідного вектора обчислюється евклідова відстань між ним та вагами всіх нейронів на решітці. Нейрон, який має найменшу відстань до вхідного вектора, називається нейроном-переможцем (Winner-Takes-All).

$$c = \operatorname{argmin}_i \|x - w_i\|$$

2. Оновлення ваг: Ваги нейрона-переможця та його сусідів оновлюються таким чином, щоб стати ближчими до вхідного вектора.

$$w_i(t+1) = w_i(t) + \eta(t) \cdot h_{ci}(t) \cdot (x(t) - w_i(t))$$

Де $\eta(t)$ – коефіцієнт навчання, а $h_{ci}(t)$ – функція сусідства, що визначає, наскільки сильно змінюються ваги сусідніх нейронів.

Процес навчання продовжується до досягнення збіжності, коли зміни ваг стають незначними [2].

Для прикладу, якщо маємо вхідні дані з трьома параметрами (3-х вимірні вектори), то мережа Кохонена може навчитися групувати подібні вектори поруч один з одним на двовимірній карті, яка зручна для візуалізації. Графічно можна показати, як після кожного кроку навчання сусіди переможного нейрона адаптуються до вхідних даних (рис. 2) [1].

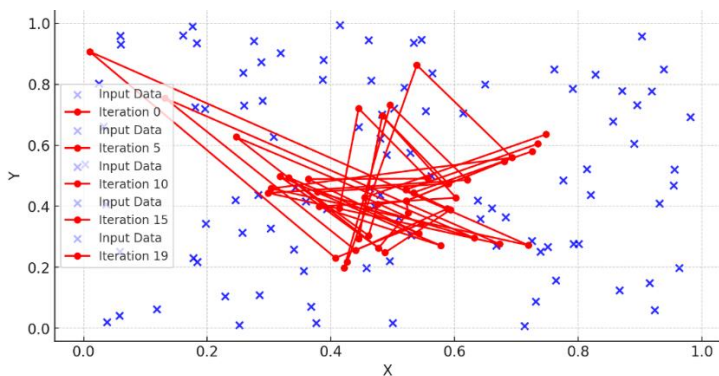


Рис. 2 Процес навчання нейронної мережі Кохонена

На графіку показано процес навчання нейронної мережі Кохонена, де:

- Сині точки представляють випадково згенеровані вхідні дані.
- Червоні точки та лінії представляють ваги нейронів на різних етапах навчання [6].

На кожній ітерації ваги нейронів поступово змінюються і наближаються до вхідних даних. Цей процес показує, як нейрони адаптуються до вхідних даних для кращого їх представлення, що ілюструє концепцію самоорганізації та навчання без вчителя [6].

4. Оптимізація роботи SCADA-системи: Застосування адаптивних алгоритмів на основі зворотного зв'язку для автоматизації управління процесами видобування та підвищення продуктивності.

5. Моделювання та симуляція: Проведення моделювання розроблених алгоритмів на тестових даних та симуляція їх роботи у реальних умовах для оцінки ефективності.

Очікувані результати

1. Підвищення продуктивності системи: Впровадження адаптивного управління на основі нейронних мереж дозволить підвищити продуктивність видобувних процесів завдяки оптимальному розподілу ресурсів.

2. Зниження експлуатаційних витрат: Використання алгоритмів штучного інтелекту для аналізу даних та виявлення аномалій дозволить вчасно виявляти потенційні несправності, що сприятиме зниженню витрат на ремонт та обслуговування обладнання.

3. Покращення якості управлінських рішень: Інтеграція мережі Кохонена забезпечить ефективну кластеризацію великих обсягів даних, що дозволить приймати більш обґрунтовані та своєчасні рішення у процесі видобування [4].

Дослідження продовжується розробкою методів глибшої інтеграції штучного інтелекту в SCADA-системи та їх адаптацією до умов змінного середовища видобування. Особливий акцент буде зроблено на розробці алгоритмів для автономного управління та оптимізації процесів видобування [5].

Висновки

Впровадження технологій штучного інтелекту у SCADA-системи нафтогазової галузі є важливим кроком до підвищення ефективності та надійності видобувних процесів. Завдяки використанню адаптивних алгоритмів та самоорганізуючих карт Кохонена, SCADA-система зможе працювати у режимі реального часу, автоматично аналізуючи та

адаптуючи процеси видобування для досягнення оптимальних результатів [7].

Список використаних джерел

1. Кохонен, Т. (1982). Самоорганізуючі карти: основи та застосування. Wiley.
2. Хебб, Д. (1949). Організація поведінки: нейропсихологічна теорія. Wiley & Sons.
3. Александров, В.В. (1975). Системи автоматичного управління у промисловості. М.: Наука.
4. Петров, О.С. (1981). Математичні основи теорії оптимізації систем керування. Київ: Техніка.
5. Задірака, В.К. (1977). Машинне навчання та адаптація: основні принципи. М.: Радянська наука.
6. Розенблатт, Ф. (1958). Перцептрон: методи навчання без учителя. Psychological Review.
7. Румельхарт, Д., Хінтон, Г., Вільямс, Р. (1986). Поширення помилки: новий підхід до навчання нейронних мереж. Nature.

Обчислювальні технології для початково-крайових задач з вільною межею

*Верболоцький Т.О., Гуржій Р.О., Черній Д.І.
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
НАН України*

Значна кількість завдань в галузі прикладної гідродинаміки ідеальної нестисливої рідини пов'язано з процесом взаємодії твердого тіла з важкою рідиною, яка знаходиться у гравітаційному полі в обмеженій області (Рис.1) та має постановку задачі, яка базується на знаходженні гармонійної функції в області з різнотипними непроникними рухомими та деформованими межами.

Векторне поле швидкостей є градієнтом (по просторовим змінним) від шуканої гармонійної функції. Особливість даних задач полягає в тому, що окремі межі класифікуються як вільні межі.

Знаходження розв'язку ускладнено тим, що крайові умови не тільки задаються на визначених (детермінованих) межах (3), а знаходяться із системи початкових задач на різнотипних вільних межах (4)-(5'), (6)-(7'), які вже виділені в постановці задачі.

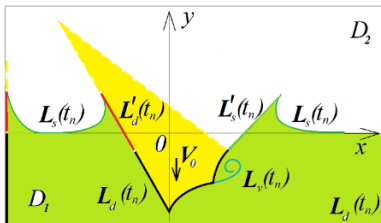


Рис.1

В парадигмі Лагранжа маємо нелокальну задачу типу Коши-Пуассона щодо знаходження у площині ОХУ руху частинок середовища, які складають різнотипні рухомі вільні межі $L(t)$, що деформуються у векторному полі градієнта гармонійної по просторовим змінним функції $\varphi = \varphi(x, y, t)$ такому, що $\vec{V} = \nabla\varphi$.

Математична постановка задачі

$$\text{Знайти функцію } \varphi = \varphi(x, y, t) \text{ для якої } \vec{V} = \nabla\varphi \quad (1)$$

$$t \geq t_0: \quad \Delta\varphi = 0 \quad \vec{r} \in D \quad (2)$$

з крайовими умовами заданими на межі $L(t) = L_d(t) + L_v(t) + L_s(t)$:

$$\begin{array}{lll} \vec{r} \in L_d(t) & \vec{r} \in L_v(t) & \vec{r} \in L_s(t) \\ \frac{\partial\varphi}{\partial n} \Big|_{L_d} = (\vec{W}_d, \vec{n}) \Big|_{L_d} \quad (3) & \frac{d\vec{r}_v}{dt} = \frac{1}{2}(\nabla\varphi^+ + \nabla\varphi^-) \Big|_{L_v} \quad (4) & \frac{d\vec{r}_s}{dt} = \nabla\varphi_1 \Big|_{L_s} \quad (6) \\ & \vec{r}_v(t_0) \in L_v(t_0) \quad (4') & \vec{r}_s(t_0) \in L_s(t_0) \quad (6') \\ & \frac{d}{dt}(\varphi^+ - \varphi^-) \Big|_{L_v} = 0 \quad (5') & \frac{d\varphi_1}{dt} \Big|_{L_s} = \left(\frac{(\nabla\varphi_1)^2}{2} - \frac{\eta}{Fr^2} \right) \Big|_{L_s} \quad (7') \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} t = 0: \quad \nabla\varphi \Big|_{r=0} = 0 \quad (8) & \nabla\varphi \Big|_{r \rightarrow \infty} \rightarrow 0 \\ & \varphi \Big|_{r \rightarrow \infty} \rightarrow 0 \quad (9) \end{array} \quad |\nabla\varphi| < \infty \text{ на } L(t) \quad (10)$$

В силу того, що рівняння лінійне і вдалося виділити крайові умови для окремих меж області, то загальна постановка задачі допускає розщеплення на окремі задачі з різними крайовими умовами у вигляді початкових задач. Тому розв'язок загальної задачі (плоскої) может бути представлено, як суперпозиція частинних розв'язків, та мати математичну модель у вигляді контурних сингулярних та гіперсингулярних інтегралів.

В силу суттєвої мінливості геометрії форми області $D^+(t)$ із невідомою формою її мінливої межі $L(t)$, рішення задачі про

нестационарну течію поза непроникної рухомої межі $L(t)$ можливо із застосуванням обчислювальних технологій на основі чисельних методів для сингулярних та гіперсингулярних інтегралів.

Література

1. Dovgiy S. O. Algorithms of the Discrete Singularity Method for Computing Technologies/ Dovgiy S. O., Lyashko S. I., Cherniy D. I. // Cybernetics and Systems Analysis. – 2017. – Vol. 53, 6. – P. 950-962.

2. Довгий С.А. Метод сингулярних інтегральних уравнений и вычислительные технологии. / Довгий С. А., Лифанов И. К., Черний Д. И. – К.: «Юстон»,– 2016. – 380 с.

Ритмокардіограма в системах медичної діагностики

Зозуля А.М.

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
Національної академії наук України
E - mail: bestguru7@gmail.com*

Анотація. Розроблені та впроваджені нові класичного підходу до репрезентації серцевого ритму в системах медичної діагностики. Обґрунтовано множину нових діагностичних ознак в комп'ютерних системах медичної діагностики за векторним ритмокардіосигналом для оцінювання стану регулятивних механізмів серцево-судинної системи та організму в цілому.

Ключові слова: серцевий ритм, медична діагностика, геоінформаційні системи, психо-емоційний стані, комплексний аналіз, математичне моделювання.

Ритмокардіограма є ключовим інструментом для детального аналізу серцевого ритму. Вона дозволяє оцінити не лише регулярність та стабільність серцевих скорочень, але й виявити наявність різноманітних аритмій та інших патологічних змін у серцево-судинній системі. Завдяки автоматизованим методам аналізу, отримані дані можуть бути швидко оброблені та інтерпретовані, що дозволяє лікарям оперативно приймати рішення щодо подальшої діагностики або лікування. Крім того, аналіз ритмокардіограми має важливе значення для прогнозування ризиків та попередження розвитку серйозних захворювань. Наприклад, виявлення ранніх ознак інфаркту міокарда або інших серцево-судинних розладів може значно підвищити шанси на успішне лікування і знизити

ризик летальних випадків. Аналіз варіабельності серцевого ритму, що є частиною ритмокардіограми, дозволяє оцінити адаптивні можливості організму та здатність людини реагувати на стресові ситуації. Застосування комп'ютерних систем для аналізу серцевого ритму також сприяє розвитку персоналізованої медицини, де кожен пацієнт отримує індивідуалізоване лікування на основі точних і детальних даних про його стан. Це особливо важливо в умовах зростаючої кількості хронічних захворювань і необхідності постійного моніторингу стану здоров'я пацієнтів. Сучасні технології дозволяють проводити аналіз серцевого ритму не тільки в медичних установах, але й у домашніх умовах, використовуючи портативні кардіомонітори або мобільні додатки, які збирають і передають дані лікарю в режимі реального часу. Це відкриває нові можливості для профілактики та ранньої діагностики серцево-судинних захворювань, що особливо важливо в умовах обмеженого доступу до медичних послуг або в разі необхідності регулярного спостереження за станом здоров'я. Аналіз серцевого ритму є одним із високоефективних методів діагностики як стану серцево-судинної системи, так і адаптивних можливостей цілого організму людини. Серцевий ритм є носієм відомостей про узгодженість, впорядкованість у процесі функціонування організму людини як цілісної системи. Зокрема, аналіз серцевого ритму дає змогу оцінити загальну активність регуляторних механізмів організму, механізми нейрогуморальної регуляції серця, співвідношення між симпатичним та парасимпатичним відділами вегетативної нервової системи, а також психоемоційний стан людини. Також аналіз серцевого ритму проводять для ранньої діагностики патологічного стану плода, стану вегетативної системи у хворих діабетом. Серцевий ритм дає змогу оцінити величину ризику настання смерті при інфаркті міокарда, міру напруженості стану регуляторного процесу в організмі людини та ін. Дослідження серцевого ритму, переважно, здійснюється за допомогою сучасних комп'ютерних кардіодіагностичних систем, які уможливають автоматизацію оцінювання інформативних його показників. Розробка інформаційно-вимірвальних та діагностичних медичних систем, зокрема, у сфері кардіології, без сумніву, є важливим напрямом розвитку сучасної науки та технологій, адже серцево-судинні захворювання є одні із найпоширеніших та найнебезпечніших захворювань людини, а застосування сучасних медичних діагностичних та терапевтичних комп'ютеризованих систем суттєво підвищують ефективність та якість надання кардіологічних послуг населенню. Одним із високоінформативних методів дослідження стану серцево-судинної системи, адаптивно-регулятивних можливостей організму

пацієнта, а також психологічного стану людини є аналіз серцевого ритму. Особливої ефективності даного кардіологічного методу досягають, шляхом використання сучасних інформаційно-вимірвальних та діагностичних комп'ютеризованих систем, які уможливають автоматизацію оцінювання діагностичних ознак та прийняття медичних рішень про ритм серця людини за зареєстрованими кардіосигналами, переважно, електрокардіосигналами. У переважній більшості кардіодіагностичних систем серцевий ритм досліджується шляхом формування із електрокардіосигналу реалізації ритмокардіосигналу (ритмокардіограми (РКГ)), який є послідовністю значень, що дорівнюють часовим інтервалам між піковими значеннями R-зубців електрокардіограми (ЕКГ) (реєстрограми електрокардіосигналу) в послідовно слідуючих серцевих циклах. А саме, процес формування ритмокардіограми полягає в розпізнаванні та вимірюванні часових тривалостей R-R-інтервалів на ЕКГ та формуванні відповідних часових рядів (часових послідовностей). Таким чином, аналіз серцевого ритму є не лише діагностичним інструментом, але й важливим компонентом сучасної системи охорони здоров'я, який допомагає забезпечити високу якість і ефективність медичного обслуговування.

Аналіз місцевості та розрахунок маршрутів пересування військової техніки

*Трофимчук О.М., Вишняков В.Ю., Клименко В.І.,
Шевякіна Н.А., Загородня С.А.*

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
НАН України
n.a.sheviakina@gmail.com*

Для прийняття оперативних рішень командування щодо забезпечення виконання бойових завдань військ під час війни на полі бою необхідно мати надійні, точні та своєчасні дані. Станом на сьогодні дії сухопутних військ та їх координація у військових операціях залежать від надійного і точного просторового картографування стану місцевості. Аналіз прохідності місцевості є критично важливим для військових операцій з кількох причин: планування та організація бойових дій; тактичні переваги; логістика та забезпечення військ;

розвідка та моніторинг; планування оборонних операцій; навчання та підготовка.

Для врахування великої кількості даних та ефективного аналізу місцевості ми пропонуємо використовувати географічну інформаційну систему (ГІС). Використання ГІС у військових операціях дозволяє ефективно інтегруватися з системами управління боєм, логістикою та іншими інформаційними системами. Використання мобільних пристроїв ГІС є незамінні для надання оперативної інформації безпосередньо на полі бою. ГІС дозволяють організувати ефективний контроль та захист просторових даних від несанкціонованого доступу та кібератак.

Бойові дії можуть розгортатися на будь-якій місцевості. Сприятливість місцевості для ведення бойових залежить від обізнаності командирів про її особливості, вміння їх вірної оцінки та використання в конкретних бойових умовах. Зазвичай для збору на накопичення необхідних даних залучаються окремі підрозділи, які застосовують спеціалізоване обладнання для контактних вимірювань. Під час ведення військових дій такі підходи ускладнені, або неможливі. Навіть, якщо вдасться їх провести, виникає питання щодо площадних показників прохідності та прогнозу умов на декілька днів вперед. Таким чином актуальною задачею при плануванні операцій є прогнозування стану прохідності місцевості та розрахунок можливих маршрутів руху. Авторами опрацьовано комплексний підхід прогнозування та аналізу місцевості для розрахунку маршрутів пересування військової техніки з використанням географічних інформаційних систем та технології ESRI. Їх використання дозволяє підвищити ефективність застосування військ, знизити ризики та забезпечити кращу координацію підрозділів на полі бою.

Аналіз місцевості та розрахунок маршрутів пересування військової техніки було проведено за наступною методологією:

1. Визначення основних параметрів:
 - обираються точка початку руху та точка призначення;
 - визначаються типи техніки, що мають здійснювати пересування, та обсяги техніки, які потрібно перемістити;
 - аналізуються умови місцевості за допомогою ГІС для визначення прохідності території;
2. Розрахунок ефективного пересування:
 - розраховується зона ефективного пересування між точками з урахуванням ландшафту, рельєфу та стану ґрунту. Використовуються супутникові дані та цифрові моделі рельєфу;

- визначаються показники швидкості та часу пересування кожної одиниці техніки на різних ділянках.

3. Аналіз маршрутів та обмежень:

- розраховуються маршрути руху, враховуючи ширину колони, максимально допустиму довжину ешелонів і коридори мобільності (бригади, батальйони, роти);

- аналізуються місця потенційних перешкод: мости, тунелі, мінні загородження, інженерні споруди, що можуть обмежувати пересування.

4. Прогнозування умов прохідності:

прогнозується стан прохідності ґрунтів в залежності від вологості та інших параметрів місцевості, що враховує підвищення/погіршення умов руху техніки. ГІС допомагає візуалізувати ці показники на картах.

5. Візуалізація та облік маршрутів:

- на картах відображаються швидкість пересування та час для подолання ділянок, а також можливі місця заторів і перешкод;

- створюються карти із зазначенням зон досяжності техніки за певний час.

6. Створення документації маршу (маршруту):

створюється лист маршруту з рекомендаціями щодо швидкості, ширини колони, зупинок, а також заходів для покращення прохідності техніки в складних умовах.

В результаті було розроблено проект карт (кінцевий інформаційний продукт), що можуть надаватися у військовій підрозділи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Oleksandr Trofymchuk, Vyacheslav Vishnyakov, Natalia Sheviakina, Viktoriia Klymenko, Serhii Slastin. Monitoring of fires and assessment of changes in the state of nature-protected territories of Ukraine as a result of military operations. International Multidisciplinary Scientific GeoConference – SGEM, 2022 (2), pp. 369 – 377. DOI:10.5593/sgem2022V/3.2/s14.43;

2. Tomchenko, O., Khyzhniak, A., Sheviakina, N., Zahorodnia, S., Yelistratova, L., Yakovenko, M. & Stakhiv, I.(). Assessment and monitoring of fires caused by the War in Ukraine on Landscape scale. Journal of Landscape Ecology, 16 (2), pp. 76-97, 2023. DOI: 10.2478/jlecol-2023-0011

Виклики у створенні комплексної математичної моделі електронної документації

*Марушак В.М., Волинець Т.В., Зотова Л.В., Хабова Н.В.
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
Національної академії наук України,
E - mail: deusplus@gmail.com*

Розробка комплексної математичної моделі для електронної документації є складним завданням, оскільки воно пов'язане з обробкою великих обсягів неструктурованих даних, які важко піддаються аналізу та класифікації. Існує низка ключових проблем, які можуть виникнути в процесі створення такої моделі:

1. Складність: Електронна документація відрізняється різноманіттям і складністю, включаючи текстові дані, зображення та інші формати.

2. Побудова математичної моделі, здатної точно відобразити та опрацьовувати всі ці різні типи даних, є надзвичайно складним завданням

3. Спрощення можливо шляхом штучного зменшення різноманіття типів даних, але це не повністю усуває загальні складнощі, оскільки існують певні фактори, які впливають на складність моделювання.

4. Неструктуровані дані. Електронні документи часто містять неструктуровані дані, що ускладнює їх аналіз і класифікацію за допомогою традиційних математичних моделей. До таких даних належать текстові дані, які не мають чіткого формату або структури, наприклад, електронні листи, публікації в соціальних мережах і веб-сторінки.

5. Мультимодальні дані. Електронні документи можуть містити кілька типів даних одночасно, таких як текст, зображення та відео. Це додає складності при розробці математичних моделей, які здатні адекватно відобразити та аналізувати всі ці різні типи інформації.

6. Варіативність: Електронні документи значно відрізняються за змістом, структурою та якістю. Ця варіативність ускладнює розробку моделі, здатної точно класифікувати та категоризувати різні типи документів.

7. Мовне розмаїття. Електронні документи можуть бути написані різними мовами та діалектами, що ще більше ускладнює процес аналізу та категоризації. Різні мови мають свої синтаксичні та граматичні особливості, що може вплинути на точність математичної моделі, призначеної для їх обробки.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що головною проблемою при розробці комплексної математичної моделі для електронної документації є її складність. Це завдання вимагає глибоких знань у багатьох сферах: системи у вигляді графів та аналізувати їх структуру. Цей метод використовується для виявлення вразливостей у мережах та виявлення підозрілих зв'язків між вузлами мережі. Він також може бути використаний для визначення найважливіших вузлів у системі, що дозволяє ефективніше захищати її від кіберзагроз.

Ентропія інформації при виконанні функцій і задач управління об'єктом критичної інфраструктури

Кряжич О.О., Іванов І.А.

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
Національної академії наук України,
E - mail: econotconsult@gmail.com*

Метою дослідження є розробка підходу з мінімізації впливу невизначеності при продукуванні інформації управління підприємством критичної інфраструктури в процесі реалізації функцій забезпечення функціонування суспільства та економіки.

Якщо побудувати модель перетворення інформації, яка надходить зі стохастичного джерела даних, для потреб управління підприємством критичної інфраструктури, то можна спостерігати [1] поступовий перехід від інформаційної невизначеності завдання щодо організації процесу виробництва до повної визначеності керуючих впливів на його реалізацію, і зворотна трансформація від маси неупорядкованих даних моніторингу до повного аналізу стану системи управління і її можливостей. Тут проявляється природна потреба системи управління в перевірці інформації на різних рівнях її трансформації щодо її несуперечності та повноти, адже неузгодженість програм і планів, суперечність законів та нормативних актів ведуть до зростання ентропії інформації управління.

Ентропія інформації описується математичною формулою, яка визначає невизначеність повної групи випадкових подій або випадкових станів [2]:

$$E = -\sum_{i=1}^n p_i \log p_i \cdot \quad (1)$$

За змістом ентропія виступає зворотною величиною до кількості інформації. Величина E – міра невизначеності множини, яке складається з n випадкових подій з імовірністю $p_1 \dots p_n$.

Ентропія як міра невизначеності інформації має декілька способів її вимірювання. Міра невизначеності інформації Шенона відноситься до процесів передачі повідомлень. Міра різноманіття інформації Хартлі характеризує лише процеси утримання системи у стабільному стані. До мір Шенона й Хартлі корелює міра складності відновлення двоїстих слів А. Колмогорова. Міра А. Харкевича, яка визначає смислову цінність інформації через критерій досягнення мети, найбільш відповідає меті дослідження, але вона також потребує адаптації.

Міра невизначеності для процесу управління (E) у досліджуваному ракурсі повинна відбивати відсутність, суперечність та несвоєчасність інформації про ресурси, регламент, рішення персоналу в системі управління. Для її застосування потрібні системні умови до формування бази знань в системі управління підприємством, як складною системою. Такими умовами є структура записів інформації в базу даних. Системні вимоги до структури записів у базі даних підприємства створюють умови для можливості порівняння записів з метою отримання міри невизначеності інформації, яка надається персоналу для прийняття рішення. Деяка сукупність знань наведена у внутрішніх нормативно-правових документах і її можна представити формально як суму записів у базі даних системи обробки інформації про ресурси X , регламент Y та повноваження ієрархії персоналу Z :

$$X(a, b, c, d) = \sum_{i=1}^n x_i(a, b, c, d) \quad (2)$$

на множині записів про ресурси системи $I = \{ i \mid 1 \leq i \leq n \}$, де a – ім'я ресурсу; b – кількість; c – структурна належність; d – ознаки останнього рішення, яке до нього застосовано;

$$Y(a, c, d, e) = \sum_{j=1}^m y_j(a, c, d, e) \quad (3)$$

на множині записів про регламент $J = \{ j \mid 1 \leq j \leq m \}$, де a – ім'я елементарної операції з проектних технологій функціонування; c – структурна належність до технологічної процедури, що забезпечує діяльність підприємства; d – ознаки процедури з забезпечення рішення керуючого персоналу; e – ознаки операції з забезпечення рішень;

$$Z(a, c, d, e) = \sum_{q=1}^l z_q(a, c, d, e) \quad (5)$$

на множині записів про ресурси $Q = \{q \mid 1 \leq q \leq l\}$, де a – ім'я елементарного рішення з проектних технологій функціонування; c – структурна належність рішення до процесу забезпечення у регламенті; d – ознаки рішення з забезпечення діяльності; e – ознаки виконання рішення з забезпечення діяльності підприємства.

Тоді мірою невизначеності інформації управління E для осіб, що приймають рішення може бути показник відношення загальної суми неповних записів у базі даних про ресурси, регламент та рішення, що регламентують процес управління, до ідеально повної бази даних:

$$E(x, y, z) = \left(\sum_{i=1}^n x'_i + \sum_{j=1}^m y'_j + \sum_{q=1}^l z'_q \right) / \left(\sum_{i=1}^n x_i + \sum_{j=1}^m y_j + \sum_{q=1}^l z_q \right), \quad (4)$$

де підсумовується кількість записів у базі даних автоматизованої системи. Записи, що визначені до ресурсів Σx_i , підсумовуються по множині записів $I = \{i \mid 1 \leq i \leq n\}$, записи регламентних процедур Σy_j – по множині $J = \{j \mid 1 \leq j \leq m\}$, записи функціональних повноважень Σz_q – по множині $Q = \{q \mid 1 \leq q \leq l\}$. Апострофом позначені дані x'_i, y'_j, z'_q про виконання поточного завдання, які порівнюються з плановими показниками щодо виконання цього завдання (x_i, y_j, z_q) . У чисельнику відображені суми неповних записів, а у знаменнику суми ідеально повних записів у базі даних об'єкта. Якщо

$$E(x, y, z) \rightarrow 0,$$

невизначеність знань про об'єкт зростає.

Якщо

$$E(x, y, z) \rightarrow 1,$$

невизначеність зникає і зростає визначеність.

Зазначене відображає повний обсяг знань про об'єкт, куди входять проектні знання та знання про виконання поточних завдань з забезпечення функцій і задач управління об'єктом критичної інфраструктури.

Висновок: у загальному вигляді показник несуперечності інформації можна визначити так: якщо інформація не належить хоча б однією своєю характеристикою до визначеної проектом області значень, то така інформація суперечна і має бути перевірена прямими та непрямими методами. Перспективою означених досліджень є аналіз процедур управління за критеріями повноти, своєчасності і достовірності інформації з метою класифікації множин ситуацій за цими показниками з розробкою інформаційної моделі виконання функцій і задач управління підприємством критичної інфраструктури за різних ситуацій на об'єкті.

Використані джерела:

1. Кряжич, Ольга Олександрівна. Моделі автоматизації виконання функцій і задач управління імпульсним вибухопожежним захистом хімічного підприємства [Текст]: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.06 - інформаційні технології / Кряжич Ольга Олександрівна. – К. : ІТГІП, 2013. – 20 с.

2. Martin, Nathaniel F.G.; England, James W. (2011). *Mathematical Theory of Entropy*. Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-17738-2.

Створення підсистеми консолідованої обробки інформації при вогневому ураженні

*Нагорний Є.І., Дзюба В.А. Приступа В.В.,
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
Національної академії наук України*

Анотація: У статті представлені нові методи синтезу підсистеми консолідованої обробки інформації, що використовуються при вогневому ураженні. Розглянуто вдосконалення теоретичних основ інтегрованого аналізу різнорідних і різнорівневих апаратно-програмних систем для комплексного застосування військово-технічної системи.

Ключові слова: бойові дії, апаратно-програмне забезпечення, військово-технічна система, програмне забезпечення.

У сучасних бойових умовах часто спостерігається інформаційне перенасичення, яке є нерівномірним за часом, простором, динамікою, інтенсивністю та напрямком. Це перенасичення створюється як протидіючими сторонами, так і іншими учасниками бойових дій. Тому ефективний збір, узагальнення, обробка і аналіз інформації є критично важливими на всіх рівнях прийняття управлінських рішень. Особливо це видно на прикладі російсько-української війни, де на різних етапах (АТО, ООС, кібервійна, диверсійні дії) спостерігається невідповідність апаратно-програмних, технологічних, організаційно-кадрових і компетентнісних аспектів для сприймання та обробки інформації, необхідної для прийняття рішень. Внаслідок постійного зростання інформаційних потоків, розширення інструментів і алгоритмів для роботи з даними, військових специфікацій (обмеження доступу, приховане управління тощо) та інших факторів виникає нагальна потреба у розробці методологічних основ для інформаційної консолідації на різних рівнях ухвалення рішень. Зараз відсутні рішення

для побудови військово-технічної системи консолідованої обробки інформації принаймні для окремих сегментів командної сфери у Сухопутних військах Збройних сил України. Однак у структурі Сухопутних військ є критично важливі сегменти, де швидкість і точність рішень є надзвичайно важливими, особливо на полі бою в початкових стадіях бойових дій. Один з таких сегментів – артилерія механізованих бригад (мотопіхотних, танкових, гірсько-штурмових, десантно-штурмових тощо), де пріоритетною є контрбатарейна боротьба. Артилерійський командир відповідає за організацію роботи пункту управління та артилерійської розвідки (ПУАР), де здійснюється збір і обробка розвідувальних даних для ухвалення рішень щодо бойового застосування артилерії. Відповідно до досвіду АТО, артилерія складає понад 70% від загального обсягу вогневих завдань Сухопутних військ. У фазі стримування (режим тиші) контрбатарейна боротьба має критичне значення. Артилерійський командир повинен вчасно і точно ухвалювати рішення для виконання вогневих завдань, щоб досягти успіху або уникнути втрат. Зокрема, командир може використовувати різні методи, від теорії ймовірностей і автоматизації процесів до експертних і інтуїтивних підходів. Це створює умови для застосування онтологічних підходів. Розробка методологічних основ побудови ПУАР на основі інформаційної консолідації та їх застосування у критичних артилерійських завданнях є науково-технічним і інформаційно-алгоритмічним інтересом, що визначає новизну даного дослідження.

Технологій передачі даних: швидкість та стабільність роботи мережі систем зв'язку

Триснюк В.М.¹, Єгоров В.О.²

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
Національної академії наук України¹, Житомирський військовий
інститут*

імені С.П.Корольова²,

E - mail: trysnyuk@ukr.net, volodymyregorov@ukr.net

Останнім часом розвиток технологій бездротової передачі даних став важливим кроком у підвищенні можливостей обміну інформацією між пристроями та комп'ютерами. Зростаючий попит на високу швидкість і надійність передачі даних призвів до створення різних

технологій, таких як Wi-Fi, Bluetooth і LTE. Метою є дослідження впливу цих технологій на швидкість і стабільність мереж.

Wi-Fi, або Wireless Fidelity, забезпечує бездротову передачу даних на невеликі відстані, працюючи на різних частотних діапазонах, включаючи 2,4 ГГц і 5 ГГц, та використовуючи стандарти 802.11a/b/g/n/ac/ax. Ця технологія широко застосовується в будинках, офісах і громадських місцях. Основною перевагою Wi-Fi є висока швидкість передачі даних, яка може досягати кількох гігабіт на секунду.

Bluetooth – це технологія, що забезпечує зв'язок між пристроями на короткі відстані в діапазоні 2,4 ГГц, використовуючи стандарти з низьким енергоспоживанням, такі як Bluetooth Low Energy (BLE). Ця технологія поширена у бездротових навушниках, колонках та інших портативних пристроях. Хоча швидкість передачі даних у Bluetooth є відносно низькою, вона коливається в межах від 1 до 3 Мбіт/с, ця технологія вирізняється високою надійністю і низьким енергоспоживанням, що робить її ідеальною для малопотужних програм.

LTE, або Long-Term Evolution, є стандартом бездротового зв'язку для швидкої передачі даних на великі відстані, який працює на різних частотах, включаючи 700 МГц, 850 МГц, 1800 МГц і 2600 МГц. Технологія LTE широко використовується в мобільних мережах, надаючи високошвидкісний доступ до Інтернету на мобільних пристроях. Швидкість передачі даних LTE може досягати кількох сотень мегабіт на секунду, що робить його ідеальним для швидкісних додатків. Водночас на продуктивність LTE можуть впливати загасання сигналу, перевантаження мережі та інші перешкоди.

Щоб оцінити вплив цих технологій на швидкість і стабільність мережі, були проведені експерименти з різними бездротовими пристроями та мережами. Було виміряно швидкість і стабільність кожної мережі за різних умов, включаючи відстань, перешкоди та загасання сигналу. Експерименти показали, що на продуктивність будь-якої мережі впливають різні фактори.

Для мереж Wi-Fi відстань між точкою доступу та пристроєм значно впливає на швидкість і стабільність передачі даних. Зі збільшенням відстані рівень сигналу знижується, що може призвести до погіршення якості передачі даних. Інтерференція від інших пристроїв і загасання сигналу також можуть негативно вплинути на продуктивність Wi-Fi.

У випадку з Bluetooth відстань між пристроями та інтерференція від інших пристроїв є ключовими факторами, що впливають на швидкість і стабільність передачі даних. Висока надійність і низьке енергоспоживання роблять Bluetooth ідеальним для невеликих програм.

Щодо LTE, то швидкість і стабільність передачі даних залежать від потужності сигналу та навантаження мережі. Для покращення цих показників мережі LTE використовують кілька антен, але такі фактори, як відстань і перешкоди, можуть знижувати силу сигналу.

Отже, вплив різних технологій бездротової передачі даних на швидкість і стабільність мережі є значним і залежить від багатьох факторів, таких як відстань, перешкоди, загасання сигналу, топологія мережі та перевантаження. Кожна технологія має свої переваги та недоліки, які слід враховувати при виборі оптимального рішення для конкретних завдань. Wi-Fi підходить для високошвидкісних програм у локальних мережах, Bluetooth – для зв'язку на короткі відстані з низьким енергоспоживанням, а LTE – для швидкісної передачі даних на великих відстанях.

Для аналізу протоколів та шифрування можливо використання спеціалізованого програмного забезпечення, що дозволяє перехоплювати, аналізувати та декодувати дані, передані між супутниками та приймачами. Це може включати в себе ідентифікацію слабких точок у протоколах та спроби їх використання.

Таким чином, перехоплення супутникових систем зв'язку є складним завданням, яке вимагає технічної спроможності та відповідних ресурсів. Поєднання технічних програмно — апаратних засобів зумовлює вирішення завдання ефективного перехоплення супутникових ліній зв'язку.

Література

1. Супутникові системи зв'язку і навігації. Навчальний посібник/ Срібна І.М., Махонін Є.І., Власенко Г.М., Кирпач Л.А. – Київ: ВІТІ, 2019. – 123 с.
2. <https://www.mil.gov.ua/ukbs/shhodenni-kiberzagrozi/>
3. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9622204>.

Використання гетерогенних телекомунікаційних мереж спеціального призначення для надання конвергентних послуг

С. Довгий, О. Козлов, О. Копійка, А. Яременко

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
НАН України, Інститут прикладних систем управління НАН України*

Прорив у сфері інформаційних технологій, що спричинив формування нових тенденцій у галузі управління збройних сил та

перевірка в Україні в умовах реальних бойових дій нових видів зброї вимагає від військово-політичного керівництва усіх країн, переосмислити та здійснити трансформацію теорії та практики будівництва збройних сил, у тому числі оцінити нові тенденції у розвитку процесу управління та організації взаємодії підрозділів збройних сил.

В НАТО прийнята модель мережецентричної трансформації автоматизованих систем управління та зв'язку, яка презентована у вигляді загального плану розвитку інформаційних систем. В плані виділено чотири етапи розвитку інформаційних технологій. Поточний етап ставить за мету повну сумісність усіх міжвидомчих інформаційних систем. Основні характеристики сучасного етапу:

програмне забезпечення розробляється як сервіси;

архітектура інформаційних систем є сервісно-орієнтованою;

мережа є програмно-конфігурованою – SDN (software-defined networking).

SDN — це підхід до управління мережею, який дистанційно забезпечує конфігурацію мережевих елементів з метою покращення продуктивності мережі та моніторингу, що робить її більше схожою на хмарні обчислення, ніж на традиційне керування мережею. SDN намагається централізувати данні про мережу в одному мережевому компоненті. Однак централізація має свої недоліки, коли йдеться про безпеку, масштабованість та гнучкість, і це головна проблема SDN.

В реальних умовах мережі, які використовуються для надання конвергентних послуг є гетерогенними.

Гетерогенна мережа будується з підмереж, які працюють в різних стандартах, за різними технологіями. При цьому всі вони утворюють єдину інтегровану середу, де забезпечений безшовний непомітний для користувача перехід з однієї підмережі в іншу. Тобто, гетерогенна мережа функціонує, як єдина система.

Для організації зв'язку на тактичному рівні, розгортається в сухопутних військах системи зв'язку нового покоління у ланці "рота - батальйон - бригада", яка представляє собою гетерогенну мережу. І є мережа типу MANET (Mobile Ad hoc Network)

MANET — це бездротова, децентралізована, мобільна IP-мережа, здатна до самоорганізації та забезпечення з'єднань між довільними вузлами [18]. Кожен з мобільних пристроїв такої мережі може самостійно рухатися в будь-якому напрямку, і, як наслідок, часто розриватися і встановлювати з'єднання з сусідами. Така мережа є гетерогенною.

Розглянута можливість надання конвергентних послуг на базі гетерогенних мереж використовуючи платформ мережевих ресурсів та мережних послуг.

Можливості управління мережевими ресурсами однозначно визначають здатність створення мережевих послуг при використанні гетерогенних мереж, однак для конвергентних послуг основну роль відіграє платформа мережевих послуг.

Компонента абстракції мережевих ресурсів платформи мережевих послуг являє собою шар абстракції гетерогенних мереж. Саме вона створює віртуальний образ мереж і оперує сутністю «технологічна операція», що забезпечує можливість конфігурації гетерогенних мереж для надання конвергентних послуг. Компонента внутрішніх інтерфейсів мережевих послуг абстрагує для компоненти логіки мережевих послуг сервісні можливості гетерогенних мереж.

Компонента логіки мережевих послуг абстрагує для компоненти зовнішніх інтерфейсів мережевих послуг засоби реалізації конвергентних послуг на серверах додатків. У компоненті логіки мережевих послуг з'являється закінчена конвергентна послуга для гетерогенних мереж, яка сама по собі має споживчу цінність або може бути включена до складу іншої послуги. Компонента управління мережевими послугами забезпечує підтримку життєвого циклу мережевих послуг.

Можливості платформи мережевих послуг визначають, які саме послуги можуть бути реалізовані для споживачів на гетерогенних традиційних мережах.

При використанні гетерогенних мереж в умовах бойових дій запропоновано використовувати замість платформи мережевих послуг уніфікований механізм обміну інформації на гетерогенних мережах для надання конвергентних послуг.

Уніфікований механізм використовує архітектуру public-subscribe, не прив'язаний до формату повідомлень (data-agnostic), легкий протокол по відношенню до ресурсів і саме головне - при необхідності є можливість переключати клієнтські коннекти з внутрішньо-комп'ютерних на зовнішньо-мережеві без структурних змін, що забезпечує інваріантність програмного продукту до підмереж яка використовується для обміну інформації.

Огляд методів оцінювання сценаріїв відновлення в поствоєнних умовах

Оберемко О. О., Кіченко К. В.

Національний аерокосмічний університет

ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»,

*e-mail: o.o.oberemko@student.khai.edu, k.v.kichenko@
student.khai.edu*

Військові дії суттєво впливають на довкілля, викликаючи руйнування природних екосистем. Знищення рослинності, забруднення водних ресурсів і викиди парникових газів внаслідок пожеж, вибухів, знищення військової техніки потребують комплексних підходів до оцінювання впливу таких факторів на клімат. Серед основних впливів військових дій на довкілля зазначимо такі:

1. Знищення лісових масивів і рослинності, яке суттєво впливає на регуляцію температурного режиму та вологості. Масове знищення рослинності через бойові дії та пожежі призводить до підвищення локальної температури та зниження вологості, що посилює деградацію ґрунтів, призводить до ерозій тощо.

2. Зміни відбивної здатності поверхні (альbedo) внаслідок зміни природних ландшафтів. На спустошеній території підвищується середня температура повітря, посилюється ефект «островів тепла», що у поєднанні з глобальним потеплінням збільшує негативні наслідки, які проявляються через зменшення врожайності, підвищення експлуатації водних екосистем, збільшення кількості пожеж через засуху і розповсюдження вітрів на спустошених ділянках, утворених внаслідок бойових дій.

3. Викиди в атмосферу від вибухів і військової техніки, зокрема, діоксиду вуглецю, оксидів азоту, сірчаних сполук та ін. парникових газів. Їх концентрація у повітрі зростає через вибухи, використання паливних матеріалів і спалювання великих обсягів рослинності. Крім того, дим може затримуватися в повітрі, впливаючи на формування хмар і змінюючи кліматичні умови.

Для ефективного планування відновлення екосистем і пом'якшення негативних наслідків від бойових дій слід використовувати методи моделювання цих процесів для забезпечення кліматичної стабільності в поствоєнний період. Застосування комплексного підходу з використанням методу Life-Cycle Assessment передбачає акцентування уваги на сукупності екологічних, економічних і соціальних факторів. Тут математичні моделі стають важливим інструментом оцінювання

різних сценаріїв відновлення з урахуванням наявних ресурсів і ризиків, зокрема:

- методи лінійного та нелінійного програмування, як ефективні інструменти планування відновлення інфраструктури після конфліктів (доріг, мостів, водопостачальних систем та ін.) при обмеженнях на наявні ресурси (будівельні матеріали, робочу силу, техніку тощо);

- статистичні методи та ймовірнісні моделі, як засоби оцінювання ризиків природних катастроф, які можуть бути спровоковані пошкодженням екосистем або інфраструктури. Із застосуванням цих моделей можна розробляти стратегії запобігання або мінімізації наслідків катастроф (наприклад, оцінка ризику паводків після руйнування дамб або мостів, прогнозування ймовірності зсувів через руйнування ґрунтів важкою технікою);

- екологічні моделі, як механізми прогнозування відновлювання екосистем за різних обставин, наприклад, моделювання природного відновлення лісових масивів і рекультивації земель після застосування хімічних речовин і руйнування ландшафту;

- моделі просторового аналізу, інструменти визначення пріоритетів у відновленні районів, прогнозування кількості потрібних для цього ресурсів, наприклад, відновлення інфраструктури, оптимізація розташування житлових будинків, шкіл або лікарень, підвищення ефективності комунікаційних мереж тощо.

Застосування математичних моделей при оцінюванні сценаріїв відновлення територій після військових дій вже показало свою ефективність при вирішенні наступних завдань.

По-перше, екологічні моделі відновлення водних ресурсів вирішують завдання водопостачання й очищення забруднених вод, дозволяючи ідентифікувати найбільш підходящі місця для розташування водоочисних споруд, засобів запобігання повені тощо.

По-друге, моделі просторового аналізу сільськогосподарських земель є важливими інструментами для прогнозування найефективніших культур і методів їх оброблення, сприяють реабілітації аграрних районів, пошкоджених унаслідок конфліктів, забезпечують підвищення продуктивності земель і посилюють продовольчу безпеку країни.

По-третє, статистичні моделі міграційних потоків населення дозволяють краще розуміти динаміку переміщення людей в умовах відновлення та дають змогу організувати поселення, відновлювати соціальні послуги та створювати нові робочі місця, що є критично важливим для соціальної стабільності.

Отже, математичні моделі є незамінним інструментом комплексного підходу до відновлення територій, забезпечуючи інтеграцію екологічних, економічних та соціальних факторів у єдину стратегію відбудови.

Застосування безпілотних засобів в інтересах національної безпеки та оборони країни

¹Тимчук В.Ю., ²Мосійчук Д.І.

*¹Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного
voljuty@gmail.com*

²Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Анотація. У статті розглянуто актуальну наукову задачу, пов'язану з удосконаленням системи екологічного моніторингу через розробку нових моделей та методів оцінювання якості виконання завдань за допомогою дистанційно пілотованих літальних апаратів (ДПЛА). Проведені дослідження дозволили розвинути методіку екологічного моніторингу з використанням ДПЛА, яка враховує особливості території спостереження і дозволяє підвищити достовірність та оперативність збору даних про вплив на навколишнє середовище.

Ключові слова: екологічний моніторинг, система управління польотом, дистанційно пілотований літальний апарат, бортове обладнання, методика.

Перспективним методом екологічного моніторингу є дистанційний моніторинг, що базується на комплексному використанні космічних, повітряних та наземних систем спостереження. Дистанційно пілотовані літальні апарати (ДПЛА) є важливими повітряними комплексами для цієї мети. В умовах антропогенного впливу на природу, постійних змін навколишнього середовища через промислові об'єкти та військову агресію, необхідно забезпечити точне виконання завдань екологічного прогнозування та екологічної безпеки за допомогою інформаційних технологій. Розширення можливостей екологічного моніторингу можливе через використання рухомих екологічних комплексів, ДПЛА та космічних систем спостереження, а також за рахунок удосконалення науково-методичного апарату оцінки зон екологічного ризику. Інтенсивне використання дистанційних засобів в екологічному

моніторингу є пріоритетним для більшості провідних країн світу завдяки їх можливостям визначати стан навколишнього середовища без прямого контакту. Ефективне управління бортовим обладнанням ДПЛА під час польотів дозволяє розширити коло екологічних завдань, підвищити якість їх виконання та зменшити витрати. Специфіка системи управління ДПЛА полягає в необхідності коригування алгоритмів у реальному часі. Існуючі підходи до оптимального керування потребують обчислювальних процедур, які не завжди можуть бути реалізовані на борту ДПЛА в реальному часі, що робить розробку та впровадження систем оптимального керування актуальною. Інформація, що надходить з бортових систем ДПЛА, є різноманітною, тому завдання доставки інформації про територію спостереження розділяється на часткові завдання, які вирішуються різними підсистемами бортових систем. Основним завданням є визначення координат об'єктів спостереження, що раптово з'являються, з урахуванням статистичних характеристик невизначеності. Ймовірність виконання завдання бортовими системами ДПЛА можна визначити за допомогою відповідних виразів:

$$W_2 = \sum_{i=1}^m W_i P_{em}, \quad (1)$$

де W_i – ймовірність виконання завдання моніторингу бортовими системами ДПЛА по здобуттю і обробці відповідної інформації.

Час проведення екологічного моніторингу ДПЛА і передачі даних можна визначити за виразом

$$T = T_c + T_{об} + T_{np}, \quad (2)$$

де T_c – час зйомки бортовими системами ДПЛА;

$T_{об}$ – час первинної обробки інформації на борту;

T_{np} – час передачі даних з ДПЛА на НПУ.

При цьому, ймовірність виконання проведення екологічного моніторингу із застосуванням ДПЛА буде залежати від ймовірності виявлення (визначення) антропогенного впливу під час зйомки

$$P_{em} = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} \frac{1}{\langle t_{об} \rangle} e^{-\frac{t}{\langle t_{об} \rangle}} \left[\Phi \left(\frac{t - m_T}{\sqrt{2D_T}} \right) + \Phi \left(\frac{m_T}{\sqrt{2D_T}} \right) \right] dt, \quad (3)$$

де $\Phi(\dots)$ – функція Крампа (інтеграл ймовірності); m_T – математичні очікування зйомки; D_T – дисперсії випадкових величин зйомки; $t_{об}$ – середній час поширення отруйної речовини в середовищі.

Істотною особливістю процесів функціонування бортових систем ДПЛА є їх випадковість, яка викликана не повною визначеністю умов, в яких ці процеси протікають, а також різними випадковими відхиленнями і помилками, що виникають при зборі інформації, виробленню дій, що управляють, та їх виконання. Отже, результат функціонування бортових систем ДПЛА є стохастичним і з кількісного боку характеризується законами розподілу параметрів, що визначають цей результат.

Інформаційні технології застосування систем машинного аналізу при підготовці маркетингового контенту

Трофимчук О.М., Фадеїчев С.В.

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
Національної академії наук України*

Підготовка складових маркетингового контенту, як текстових блоків та ілюстративних матеріалів відіграє вирішальну роль у побудові бренду, підвищенні лояльності клієнтів та забезпеченні конкурентоспроможності на ринку, а отже розглядається одним з ключових факторів успіху для компанії незалежно від масштабу її інфраструктури, обсягу продажів та сфери діяльності. При цьому зазначається висока актуальність задачі впровадження машинного аналізу при роботі з великими масивами даних, що включає у себе виконання процедур обробки, генерації та оцінки реакції аудиторії на маркетинговий контент.

На основі систем машинного аналізу можна провести автоматизацію основного комплексу процедур з обробки та модифікації масивів даних, генерації нових даних та прогнозування реакції аудиторії у відповідності до поставленого завдання. Сучасні методи машинного

аналізу при цьому має охоплюють задачі визначення «тональності» представлення текстових даних (Sentiment Analysis; SA) поданих природною мовою та ілюстративних матеріалів з застосування програмних алгоритмів і нейромережових архітектур, а також прогнозування реакції аудиторії, що надає можливість провести оцінку якості матеріалів та заздалегідь внести необхідні правки. Водночас за відсутності комплексної методики проектування систем машинного аналізу масивів даних маркетингового контенту можна вказати наявні методи часто виявляються неефективними з точки зору оптимізації загальної інформаційної системи, що розглядається як невирішена частина загального дослідження.

З метою постановки задачі адаптації систем машинного аналізу на основі нейромережових і програмних алгоритмів при підготовці маркетингового контенту необхідно визначити ключові фактори, що надають можливість збільшити ефективність обробки і генерування текстових даних та ілюстративних матеріалів, а також прогнозування реакції аудиторії. Системи машинного аналізу дозволяють значно прискорити процес створення, обробки та оцінки якості маркетингового контенту через автоматизацію процесу аналізу великих обсягів даних, а також генерування оригінальних текстових блоків та ілюстрацій у відповідності до запиту. Використання нейромережових алгоритмів для обробки природної мови дозволяє створювати тексти, що відповідають потребам та інтересам цільової аудиторії потенційних споживачів товару. Програмні алгоритми налаштовані на словники та граматичні правила також надають можливість зменшити кількість помилок, що часто виникають при генерування контенту безпосередньо персоналом. У свою чергу, аналіз візуальних даних за допомогою технологій комп'ютерного зору забезпечує обробку, генерацію та адаптацію зображень, що належним чином доповнюють текстовий контент.

Завдяки аналізу поведінки та уподобань клієнтів, що виражені через засоби комунікації, представлені онлайн-сервісом бренду системи машинного аналізу можуть індивідуалізувати текстові блоки та ілюстративний матеріал у відповідності до вподобань, що підвищує рівень залученості та конверсії. Це дозволяє створювати більш таргетовані кампанії, що орієнтовані на конкретні сегменти аудиторії. Крім того, системи можуть враховувати актуальні тренди представлені у глобальній інформаційній мережі та зміни у вподобаннях користувачів, забезпечуючи постійне оновлення та адаптацію контенту.

При впровадженні нейромережових алгоритмів аналізу текстових даних має бути оцінено рівень ресурсомісткості навчання великих мовних моделей (Large Language Models; LLM) у відповідності до

необхідності взаємодії з програмними алгоритмами. Оптимізація нейромережевої архітектури включає у себе застосування схеми крайового машинного навчання, та побудову нейромережевих алгоритмів мовної моделі з попереднім навчанням та підсиленням базою знань (Knowledge Enhanced Pre-trained Language Models; KEPLMs), що адаптується у відповідності до поставлених задач. Також машинний аналіз текстових даних ефективно проводиться на основі моделей трансформерів, зокрема, архітектури генеративного трансформеру попереднього навчання (Generative Pre-Trained Transformer; GPT).

Ідеї Smart City для повоєнного відновлення країни

Даншина С. Ю.

*Національний аерокосмічний університет
ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»,
e-mail: s.danshyna@khai.edu*

З метою повоєнного відновлення країни та інтеграції економіки до глобальних ланцюгів створення вартості, країні потрібно реалізувати масштабну програму відновлення. За попередніми оцінками така програма не має аналогів, схожих за масштабом відновлення втрат, за обсягом потрібних ресурсів і наявних обмежень. Тому, необхідно створити власну модель з використанням кращих принципів і сучасних цифрових інструментів.

Зосередимося на містах країни, які будемо розглядати як складні системи, на які впливають зростання населення, транспортна інфраструктура, ринкова поведінка, земельна політика уряду, екологічні процеси. Усі означені фактори призводять до нелінійного розвитку міст. Вони взаємопов'язані, а їх причинно-наслідкові зв'язки стають засобом інтеграції економічних, соціальних і екологічних підсистем. В цьому випадку стійке відновлення міст залежить від балансу економічної, соціальної й екологічної складових.

Smart City – це концепція, яка використовує інформаційно-комунікаційні технології з метою підвищення ефективності функціонування та використання міських ресурсів згідно з потребами міських мешканців при забезпеченні відповідної якості життя в умовах прагнення до міської стійкості.

Моделі Smart City спрямовані на вирішення найактуальніших

проблем міських районів: покращення інфраструктури, забезпечення мобільності мешканців і підвищення адекватності громадських послуг, розвиток системи поводження з відходами та протидія засміченню територій, керування енергоспоживанням і вирішення енергетичних проблем тощо. За цих обставин виникає питання, що вважати розумним містом та як оцінити ефективність його функціонування, адже наявні локальні показники найчастіше не стандартизовані, не узгоджені або не піддаються порівняльному аналізу на протязі часу.

Аналізуючи серію міжнародних стандартів ISO 37100, спрямовану на уніфікацію кроків по створенню стратегій з досягнення стійкості міст і громад, зазначимо, що значну частку тут складають документи, що містять набір індикаторів для вимірювання ефективності сфер діяльності для отримання кращих практик з усього світу і знаходження інноваційних рішень міських проблем. Зокрема, ISO 37122 «Сталі міста та громади – індикатори розумних міст» містить групи показників, сформованих відповідно до цілей Сталого розвитку, а також методи їх застосування для оцінювання динаміки руху до розумного міста економічної, екологічної та соціальної сфер діяльності. Цей стандарт використовує статистичні дані, що надходять від відповідних служб міської адміністрації та компаній, що займаються дослідженнями ринку відповідних послуг.

Припустимо, модель Smart City повністю визначається сукупністю показників, сформованих у ISO 37122, тоді подамо її у теоретико-множинному вигляді:

$$SC = \bigcup_{i \in I} X_i, \quad (1)$$

де X_i – множина показників розумного міста i -ої групи, визначеної в ISO 37122;

$I = 1, \dots, 19$ – максимальна кількість груп показників розумного міста.

При цьому справедливе таке:

- кожна група показників поєднує різну кількість чинників, необхідну для формування комплексних характеристик розумного міста, тобто:

$$|X_i| \neq |X_j| \text{ при } i \neq j \quad \forall i, j \in I; \quad (2)$$

- кількість показників групи може бути розширена для дотримання більш комплексного та прикладного підходу до аналізу сталості та інтелектуальності, але з дотриманням умови:

$$X_i \cap X_j = \emptyset, \text{ при } i \neq j \text{ за умови } i, j \in I; \quad (3)$$

- згідно стандарту ISO 37122 максимальна кількість показників, які враховують у моделі (1), сягає 80, тобто $|\text{SC}|_{\max} = 80$, але висновок щодо «розумності» міста формують за результатами аналізу їх мінімально необхідної кількості:

$$|\text{SC}|_{\min} \leq \frac{|\text{SC}|_{\max}}{2}. \quad (4)$$

Значимо, що частина показників не залежить від упровадження інноваційних технологій, а є, ймовірно, наслідком їх поширення та популяризації. Так, наприклад, частка міського населення, що професійно володіє більш ніж однією мовою спілкування, є наслідком впровадження нових стандартів освіти або поширенням нових вимог ринку праці тощо.

Таким чином, ідеї Smart City стануть в нагоді під час подолання основних викликів відновлення країни, зокрема, при пріоритезації та визначенні найбільш необхідних і кращих ініціатив для їх цільового фінансування, оптимізації розподілу фінансових ресурсів, підвищенні ефективності використання коштів.

Аналіз оновленого функціоналу ArcGIS Online

Руденко Н. Ю., Данишина С. Ю.

Національний аерокосмічний університет

ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»,

e-mail: n.y.rudenko@student.khai.edu, s.danshyna@khai.edu

Для кожної інформаційної системи, додатку, сайту, застосунку важливо постійно покращувати свій інтерфейс і функціональні можливості особливо з урахуванням стрімкості світового технологічного прогресу. Керуючись цим переконаннями, одна із передових компаній у галузі геоінформаційних систем – компанія ESRI постійно оновлює свої програмні продукти. Аналізу оновленого функціоналу ArcGIS Online, що презентовано в червні 2024 р., присвячено дане дослідження.

ArcGIS Online – платформа, заснована на хмарних технологіях і спільному управлінні змістом для роботи з географічною інформацією з метою доповнення можливості ArcGIS Pro та ArcGIS Enterprise. Ця платформа покращує процеси збирання, керування й аналізу геопросторових даних, забезпечуючи легкий доступ до карт і додатків,

до підключення та спільного під'єднання до гео-вебу [1].

ArcGIS Online дає змогу досліджувати навколишнє середовище через інтерактивні карти, що поєднують місця та дані. Веб-платформа забезпечує використання розумних стилів і аналітичних інструментів для отримання просторової інформації, надаючи можливості по створюванню карт і додатків для обміну знаннями всередині організації або за її межами.

ArcGIS Online оновлюють тричі на рік, зокрема, оновлення від червня 2024 р. включає оновлення типів користувачів, запуск ArcGIS Web Editor, нові функції кошику для видалених елементів та інші удосконалення [2].

Проаналізуємо оновлені функції ArcGIS Online, що представлено в червні 2024 р. (рис. 1) [3].

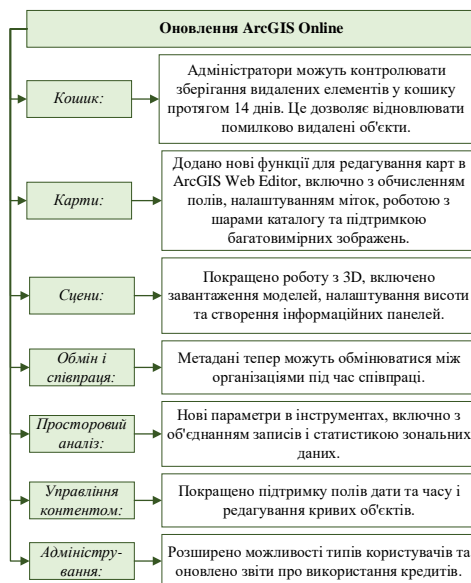


Рисунок 1 – Оновлений функціонал ArcGIS Online

Таким чином, основні оновлення ArcGIS Online пов'язані з покращенням функцій керування контентом, редагування карт, аналізу даних і 3D-візуалізації. Додані функції дають змогу адміністраторам більш ефективно керувати видаленими елементами, покращують інструменти для створення карт і забезпечують гнучкість у роботі з багатовимірними даними. Оновлення типів користувачів розширює

доступ до нових можливостей залежно від реальних потреб та наявних фінансових можливостей, а розширений функціонал підвищує загальну ефективність і зручність використання платформи.

Тож, стрімке змінення сучасного інформаційного простору, прагнення до забезпечення конкурентоспроможності потребує від розробників геоінформаційних систем постійної адаптації до нових викликів. Оновлення ArcGIS Online демонструють інтеграцію інноваційних підходів до керування геопросторовими даними, покращення інтерфейсів користувача та розширення аналітичних можливостей. Ці зміни допомагають підвищити ефективність процесів прийняття рішень під час геопросторового аналізу, підтримувати безперервність роботи з геопросторовими даними та забезпечити оптимальну взаємодію різних користувачів з великими наборами даних.

Список літератури

1. Esri / ArcGIS Online [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-online/overview> – 30.09.2024.
2. Esri / What's New in ArcGIS Online (June 2024) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-online/announcements/whats-new-arcgis-online-june-2024/> – 30.09.2024.
3. Esri / ArcGIS Online / What's new [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doc.arcgis.com/en/arcgis-online/reference/whats-new.htm> – 30.09.2024.

Прогнозування факту лістингу нових криптовалют на біржі Binance із використанням моделі логістичної регресії

Залізник І. С.¹, Терентьєв О.М.²

¹ *Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,*

² *Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України.*

illia09092003@gmail.com, o.terentiev@gmail.com

Вступ

Криптовалюти набули великої популярності за останні роки. З моменту створення першої у світі криптовалюти - біткойн пройшло вже більше 15 років. За цей час сфера криптовалют значно зросла та

розвилася. З'явилася велика кількість додатків для інвестування та торгівлі криптовалютою. Наприклад, додаток Binance є найбільшою у світі крипто біржею за обсягом торгів [1]. Також з'явилася велика кількість криптовалют, тільки за останні півтора роки, на біржі Binance з'явилося щонайменше 100 нових крипто токенів [2]. Більшість з цих токенів впали в ціні після створення та виходу на біржі. Інвестора, які зацікавилися новими токенами в більшості випадків втратили кошти.

Саме тому аналіз можливості лістингу нових криптоактивів на біржі Binance та наступна зміна курсу криптовалют, може допомогти інвесторам приймати більш продумані та зважені рішення. Лістинг – це процес додавання нової монети у список активів для торгівлі.

Опис експерименту та формалізація задачі.

Було накопичено 84 кейсів, фактів лістингу нових криптовалют на біржі Binance, що відбулися у період з 2021-11-16 по 2023-08-17. З 84 кейсів у 32 випадках відбувся факт лістингу відповідного криптоактиву на біржі Binance, а у 52 – не відбувся [2].

Сформований вхідний набір даних містить 8 регресорів та 1 цільову змінну. Список відповідних змінних:

1) week_price_change – зміна ціни криптоактиву протягом одного тижня у відсотках.

2) month_price_change - зміна ціни криптоактиву протягом одного місяця у відсотках.

3) week_volume_change – зміна обсягу обігу криптоактива у відсотках, за останній тиждень.

4) month_volume_change – зміна обсягу обігу криптоактива у відсотках, за останній місяць.

5) rank – рейтинг криптоактива за капіталізацією, до моменту лістингу на біржі Binance.

6) N_of_listings – загальна кількість лістингів на інших біржах, за 2 дні до лістингу на біржі Binance.

7) month_delta_listings – приріст за кількістю бірж, на яких відбувся факт лістингу криптоактиву, доданих за останній місяць.

8) mean_volume – середньодобовий обсяг обігу криптоактиву, за останній місяць.

9) class – Цільова змінна, що приймає наступні значення: 1 – відбувся лістинг криптоактиву на біржі Binance; 0 – лістинг на біржі Binance не відбувся.

Результати

На основі побудованих ознак-регресорів було побудовано модель логістичної регресії, для прогнозування цільової змінної (class). В табл. 1 наведені значення оцінок параметрів побудованої моделі.

Побудована модель логістичної регресії на навчальному наборі даних видає значення помилкової класифікації у 24%, тобто у 76 випадках зі 100 модель вірно повідомляє користувачу, чи відбудеться факт лістингу крипто-активу протягом наступних двох діб.

Таблиця 1. Значення оцінок параметрів моделі логістичної регресії.

Назва параметру моделі	Оцінка параметра моделі	p-значення статистики хі-квадрат
Intercept	-0,8199	0,5739
week_price_change	-0,0232	0,6189
month_price_change	-0,0428	0,0489
week_volume_change	0,00741	0,2196
month_volume_change	0,000396	0,8325
rank	-0,00081	0,4934
N_of_listings	0,0106	0,9837
mean_volume	9,35E-08	0,1455
month_delta_listings	0,5976	0,6664

Список літератури

1. Рейтинг криптобірж від компанії CoinMarketCap. – <https://coinmarketcap.com/rankings/exchanges> (дата звернення: 29.10.2024).

2. Сайт крипто-біржи Binance. – <https://www.binance.com> (дата звернення: 29.10.2024).

Побудова структури інформаційної системи для аналізу та дослідження впливу майнінгу

Дуда В. О., Терентьев О.М.

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
Національної академії наук України.*

dudavolodimir@gmail.com, o.terentiev@gmail.com

Вступ

Майнінг криптовалют [1], таких як Біткойн і Етеріум, стає все більш популярним, але водночас створює проблему надмірного енергоспоживання через високі обчислювальні потужності, що потрібні для цього процесу. Спеціальні пристрої для майнінгу використовують значну кількість електроенергії, що підвищує вуглецевий слід [2], особливо при використанні невідновлюваних джерел. Багато майнінгових ферм розташовані в регіонах з дешевою, але екологічно небезпечною електроенергією. Щоб зменшити вплив на довкілля, деякі компанії переходять на відновлювані джерела енергії, а такі країни, як Китай, запроваджують обмеження. Для оцінки екологічного впливу майнінгу потрібна комплексна система для збору та аналізу даних [3] щодо споживання енергії.

Структура системи збору та обробки інформації

Інформаційно-аналітична система для дослідження впливу майнінгу криптовалют на екологію складається з трьох модулів, зображених на рисунку 1: збору інформації, аналізу даних та збереження й візуалізації.

Модуль збору даних фокусується на збиранні інформації про енергоспоживання, економічні та екологічні аспекти майнінгу. Модуль аналізу обробляє дані, очищає від помилок, розраховує викиди CO₂ для оцінки впливу на навколишнє середовище. Модуль збереження й візуалізації зберігає результати у звітах і таблицях, доступних для користувача.

Екологічна проблема

Майнінг криптовалют споживає велику кількість енергії [4], тому ферми часто розміщуються в регіонах з низькими цінами на електрику, таких як Грузія, Чорногорія, Україна та Казахстан. У цих країнах електроенергія, як правило, виробляється з вугілля та природного газу, що призводить до суттєвих викидів CO₂. Хешрейт [5], що показує загальну потужність мережевого обладнання, збільшується з ростом кількості майнерів, що веде до підвищення енергоспоживання. Це, в свою чергу, сприяє зростанню викидів CO₂, особливо якщо більшість електроенергії отримується з викопних видів пального. (табл. 1).



Рисунок 1. Структура інформаційно-аналітичної системи

Перехід до використання електростанцій з відновлюваними джерелами енергії для майнінгу криптовалют сприяє зменшенню викидів CO₂, зменшенню залежності від постачання вугілля та газу, стабільним витратам на енергію, позитивному іміджу криптоіндустрії через підтримку сталого розвитку.

Таблиця 1. Порівняння генерації енергії та кількості викидів CO₂ різними енергоресурсами в ЄС за 2023 рік [6]

Тип ресурсу	Мін. генерація енергії (ГВт)	Макс. генерація енергії (ГВт)	Мін. к-сть викидів CO ₂ (Мт/день)	Макс. к-сть викидів CO ₂ (Мт/день)
Вугілля	23.63	57.46	0.65	1.58
Викопний газ	30.52	57.9	0.29	0.53
Атомна	56.71	78.43	Немає викидів	Немає викидів
Гідро	29.42	50.5	Немає викидів	Немає викидів
Вітряна	26.89	74.03	Немає викидів	Немає викидів
Сонячна	5.19	36.3	Немає викидів	Немає викидів

Висновки

Ця робота представляє інформаційно-аналітичну систему для вивчення впливу майнінгу криптовалют на споживання електроенергії та викиди CO₂. Система складається з модулів, що забезпечують гнучкість у використанні різних аналітичних моделей, зокрема для оцінки споживання електрики в ЄС і викидів CO₂, пов'язаних з майнінгом. Розглянуто можливі рішення для зменшення негативного впливу майнінгу на довкілля.

Список літератури

1. Gervais, A., Karame, G. O., Wüst, K., Glykantzis, V., Ritzdorf, H., & Capkun, S. (2016). On the security and performance of proof of work blockchains. In Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC conference on computer and communications security (pp. 3-16)
2. Butrym, O. V., & Panchenko, G. G. (2023). Carbon footprint of electricity production. *Energy Technologies & Resource Saving*, 77(4), 19–30. <https://doi.org/10.33070/etars.4.2023.02>
3. Trofymchuk, O. M., & Itskovych, V. Ye. (2023). Method of processing information about the state of the environment based on data obtained through a service-oriented network. *Environmental Safety and Natural Resources*, 48(4), 117–129. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.4.117-129>
4. Bublyk, Y., Borzenko, O., & Hlazova, A. (2023). Cryptocurrency energy consumption: Analysis, global trends and interaction. *Environmental Economics*, 14(2), 49–59. [https://doi.org/10.21511/ee.14\(2\).2023.04](https://doi.org/10.21511/ee.14(2).2023.04)
5. Zhang, D., Chen, X. H., Lau, C. K., & Xu, B. (2023). Implications of cryptocurrency energy usage on climate change. *Technological Forecasting and Social Change*, 187, 122219. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122219>
6. EU CO₂ emission tracker. Retrieved from <https://energyandcleanair.org/product/eu-co2-emission-tracker/>

Створення регіональної системи комплексного моніторингу сміттєзвалищ

Шевчук О., Курило А.В.

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ.

E - mail: sov27041996@ukr.net , dirrecta@gmail.com

Основними функціями СЕМ стали: 1) спостереження за об'єктами сміттєзвалищ та їх змінами, джерелами забруднення та впливу на компоненти навколишнього середовища, катастрофонебезпечними об'єктами, зміною стану здоров'я населення; 2) оцінка всього комплексу ретроспективної та нової інформації, її порівняння та зберігання; 3) прогноз зміни екологічної ситуації та здоров'я населення, як в окремих населених пунктах, так і в природних екосистемах регіону; 4) управління екологічною ситуацією шляхом підготовки пакетів пропозицій по оперативним та перспективним реагуванням, надання їх державним органам управління на місцях (міста, райони) та області в цілому.

Наукові та практичні напрацювання, отримані при створенні та експлуатації СЕМ регламентується Законами «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про охорону атмосферного повітря», «Про охорону земель», «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року», водного, земельного та лісового кодексів України, інших законодавчих актів і нормативних документів, прийнятих відповідно до них. Робота були спрямовані на забезпечення раціональності структури даних і ефективності способу її реалізації в контексті розв'язку задач систем та підвищення оперативності і ефективності аналізу інформації про стан водокористування. Усі підсистеми впроваджені і використовуються на практиці. Результати прогнозування стану сміттєзвалищ дозволять з більш-менш прийнятною точністю оцінити екологічні перспективи розвитку населених пунктів, визначити перелік факторів, що на майбутнє чинитимуть найсильніший вплив на стан довкілля, розробити комплекс заходів по зменшенню їх, негативного впливу, оздоровленню техногенно-забрудненої території. Іншими словами, здійснити перспективну екологічну оптимізацію територіальної геосоціосистеми. Запропонований підхід може використовуватись для створення прогностичних моделей урбанізованих ландшафтів і адаптивних цифрових карт.



Рисунок 1. Схема поводження з твердими побутовими відходами

На сьогодні в територіальних громадах необхідно розробити та затвердити схеми санітарної очистки річок. Підготувати схему розміщення контейнерних майданчиків для збору твердих побутових відходів. На території ОТГ послуги зі збору та вивезення твердих побутових відходів здійснює кожен населений пункт, а вивіз твердих побутових відходів здійснюється на полігони.

Експедиційні дослідження та прогнозування екологічного стану Національного заповідника Хортиця

*Трофимчук О.М., Триснюк В.М., Горошкова Л.А.,
Охарев В.О., Шумейко, В.О.*

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
Національної академії наук України
E - mail: trysnyuk@ukr.net*

Анотація. Робота присвячена вирішенню науково-практичного завдання моніторингу та моделювання балочних структур на території Національного заповідника Хортиця з використанням мультиспектральних космічних знімків. Дослідження проводяться за допомогою аерокосмічних і контактних вимірювань. Ефективність застосування космічних знімків для вивчення ґрунтового покриву, донних відкладів, а також поверхневих і підземних вод значною мірою залежить від часу зйомки. Космічні знімки дозволяють дешифрувати

лінійні форми ерозії, такі як водорічи та яри, які на знімках з просторовим розрізненням 1-2 метри відображаються у вигляді вузьких, чітко окреслених контурів із зазубреними формами.

Ключові слова: природно-заповідні території, геоecологічний моніторинг, геоінформаційні системи, дистанційне зондування землі, водні об'єкти, антропогенний вплив, комплексний аналіз, математичне моделювання.

Експериментальні дослідження техногенних чинників, пов'язаних із моделюванням балочних структур Національного заповідника Хортиця, базуються на використанні методики експертної оцінки та сучасних інформаційних технологій. В Україні провідними науковцями в галузі космічних досліджень ґрунтів є: Лялько В.І., який досліджує спектральні характеристики рослинного покриву; Попов М.О., що спеціалізується на прогнозуванні врожайності зернових культур на основі багатоспектральних даних дистанційного зондування Землі; Трофимчук О.М., Красовський Г.Я., Греков Л.Д., та інші які займаються космічним моніторингом забруднення земель.

Метою роботи є розробка та удосконалення інформаційно-технічного моделювання порушення екосистем Національного заповідника Хортиця на основі мультиспектральних космічних знімків. Однією з головних проблем у оцінці екологічного стану гідроecосистем є вивчення стану підземних вод та інших екологічних проблем. Соціальний компонент моніторингу органічно інтегрується з іншими компонентами і спрямований на вирішення таких завдань: 1. Розроблення програм спостереження за станом навколишнього природного середовища в визначеній акваторії Дніпра. 2. Організація спостережень і проведення вимірювань екологічних показників. 3. Збір і обробка результатів спостережень. 4. Гармонізація банків і баз екологічної інформації з міжнародними екологічними системами. За останні роки Національний заповідник Хортиця зіткнувся з низкою серйозних екологічних проблем, які загрожують його екосистемі та біорізноманіттю. Однією з основних проблем є забруднення річки Дніпро, яка є головним джерелом води для острова. Зростання індустріалізації та неконтрольовані скиди відходів у річку призвели до значного зниження якості води. Це негативно впливає на водну флору та фауну, зменшуючи кількість риб та інших водних організмів, які мешкають у заповіднику.

Ще однією серйозною проблемою є вирубка лісів та знищення рослинного покриву. Незаконні вирубки дерев, а також пожежі, спричинені обстрілами російських військ, викликають деградацію лісових екосистем острова. Це зменшує площу природного середовища

для багатьох видів тварин і рослин, деякі з яких є рідкісними або зникаючими. Окрім того, антропогенний вплив, зокрема неконтрольований туризм та забудова території острова, також становить серйозну загрозу. Цей вплив порушує природне середовище і подальше погіршує стан екосистеми заповідника.

З огляду на важливість даних дистанційного зондування для оцінки ступеня антропогенного впливу на довкілля, були використані знімки з різних періодів, отримані з космічних апаратів Sentinel-2 та LANDSAT 5. Сучасні технічні засоби дистанційного зондування дозволяють отримувати різноманітну інформацію про властивості земної поверхні в різних спектральних діапазонах: видимому (0,3-0,8 мкм), ближньому (1,8-5,3 мкм) та дальньому (7-14 мкм) інфрачервоному, а також у мікрохвильовому діапазоні (3-100 см). Спеціалізовані методи обробки цієї інформації дозволяють вивчати закономірності просторово-часових розподілів водних мас, які відрізняються за вмістом розчинених або зважених речовин як природного, так і антропогенного походження. Уся кадастрова інформація була опрацьована за допомогою геоінформаційних технологій у програмному середовищі ArcGIS.

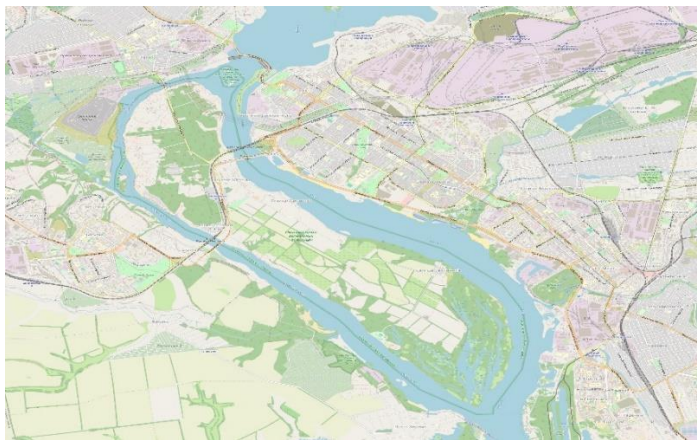


Рис.1. Карта Національного заповідника Хортиця



Рис.2. Космічний знімок супутника «LANDSAT5» Національного заповідника Хортиця

Географічною основою для бази геоданих послужила цифрова карта України в масштабі 1:200 000. Картографічна основа була узгоджена з космічними знімками LANDSAT 5, що мають роздільну здатність 10 і 30 метрів відповідно. Це дозволило точніше дешифрувати досліджувані об'єкти та відобразити їх на карті. Процес моделювання можна розділити на три етапи: інформаційне забезпечення, імітаційне моделювання та управлінське моделювання. На першому етапі формуються інформаційні банки за трьома основними напрямками. Перший напрямок включає збір та аналіз даних, що охоплює результати натурних спостережень, інженерних вишукувань та архівних матеріалів для накопичення первинної інформації. Другий напрямок передбачає використання традиційних моделей для розрахунків, таких як моделі швидкостей течії чи стратифікації у водоймах. Третій напрямок полягає в генерації недостаючої інформації через використання аналогічних басейнових гідроекосистем або природних умов, що доцільно для прогнозування природних умов і екологічних наслідків антропогенного впливу. Другий етап моделювання орієнтований на розробку імітаційних моделей для формалізації взаємодії техногенних і екологічних процесів. Найпоширенішими є багатофакторні моделі у вигляді регресійних залежностей, які слугують основою для визначення прогнозних ситуацій та оцінки ймовірних екологічних станів. На третьому етапі проводиться оцінка прогнозованих ситуацій і прийняття

рішень щодо управління системою на основі багатокритеріального аналізу. Результати оцінки захисних властивостей порід зони аерації дозволяють диференціювати територію за умовами захищеності ґрунтових вод від забруднення. У умовах глобального техногенного впливу ці дані набувають особливої актуальності, дозволяючи виявляти, картувати і прогнозувати закономірності та динаміку негативних змін у стані ґрунтових вод. Зіставлення в ГІС розрахункового часу проникнення забруднюючих речовин через зону аерації з напрямками фізико-хімічної міграції хімічних елементів та існуючим рівнем забруднення дозволяє оцінити ступінь ризику забруднення ґрунтових вод, прогнозувати можливість їх підтоплення та подальшого забруднення. Руйнування Каховського водосховища призвело до значних змін у гідрологічному режимі Дніпра. Основні наслідки включають зниження рівня води, що викликало зменшення площі водного дзеркала та зміни в гідрологічному режимі, зміни в течії річки, що вплинули на водний баланс та утворення нових русел, а також збільшення концентрації забруднюючих речовин, що негативно вплинуло на якість води та зменшило її кисневий потенціал. Заходи для відновлення та управління Національного заповідника Хортиця.

1. Моніторинг та оцінка стану.: Необхідно здійснити детальний моніторинг і оцінку екологічного стану води і біоти в заповіднику Хортиця. Це включає регулярні вимірювання якості води, аналізи біорізноманіття та вивчення змін у екосистемі.
2. Відновлення водних рослин і рибних ресурсів. Розробка і реалізація програм з відновлення водних рослин і рибних ресурсів є ключовими для відновлення екосистеми. Це може включати висадку водних рослин і заліснення річкових берегів.
3. Покращення якості води. Впровадження заходів для покращення якості води, таких як очистка від забруднюючих речовин і зменшення забруднень з поверхневого стоку, є важливим кроком для відновлення здоров'я водних екосистем.
4. Гармонізація з соціальними аспектами. Участь місцевих громад у процесі відновлення та управління ресурсами є важливою, і тому необхідно забезпечити інформаційну підтримку і навчання для населення, щодо охорони водних ресурсів і впливу на них

Висновки. Зруйнування Каховського водосховища мало глибокий вплив на гідроекосистему заповідника Хортиця. Зміни в рівні поверхневих та підземних вод, якість води та екосистемні наслідки потребують термінових і скоординованих зусиль для відновлення природного балансу. Важливо здійснити детальний моніторинг, реалізувати програми відновлення і покращення якості води, а також враховувати соціальні аспекти впливу на місцеві громади. Відновлення

заповідника Хортиця стане важливим кроком у забезпеченні стійкого природокористування і збереження екологічної цінності цього унікального природного комплексу

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Трофимчук О.М., Адаменко О.М., Триснюк В.М. Геоінформаційні технології захисту довкілля природно-заповідного фонду / Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; Івано-Франківський нац. тех. ун-т нафти і газу. - Івано-Франківськ : Супрун В.П., 2021. – 343 с.// ISBN 978-617-7468-53-9 [10.3997/2214-4609.201902083](https://doi.org/10.3997/2214-4609.201902083)
2. Красовський Г.Я., Трофимчук О.М., Крета Д.Л., Клименко В.І. Пономаренко І.Г., Суходубов О.О. Синтез картографічних моделей забруднення земель техногенним пилом з використанням космічних знімків // Екологія і ресурси. - К.: ІПНБ, 2005. - №12. - С. 37 - 55.
3. V. Trysnyuk, T. Trysnyuk, V. Okhariev, V. Shumeiko, A. Nikitin. Cartographic Models of Dniester River Basin Probable Flooding Centrul Universitar Nord Din Bala Mare - UTPRESS ISSN 1582-0548, №1, 2018 С.61-67.

Еколого-гідрологічний вплив пост-маїнінгу на транскордонні річкові басейни України

Анпілова Є.С.^{1,2}, Яковлев Є.О.²

¹Helmholtz-Centre for Environmental Research GmbH – UFZ, Leipzig, Germany, ²Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Київ, Україна

E-mail: anpilova@ukr.net, yakovlevhydro@gmail.com

Протягом другої половини ХХ ст. економіка України відрізнялася одним із високих у світі обсягом видобутку і переробки мінерально-сировинних ресурсів, якій перевищував 1 млрд. тон/рік (до 24 т/рік•людина). Це призвело до прискореного виснаження багатьох гірничо-добувних районів (ГДР), в т.ч. прикордонних (Донбас, Карпатський соледобувний та ін.) з масштабним забрудненням шахтними водами і промисловими стоками провідних транскордонних річкових басейнів (РБ) – Тиси (Солотвинські соляни шахти Закарпаття), Західного Бугу (вугільні шахти Львівсько-Волинського вугільного

басейну), Дністра (Стебніківський соледобувний комплекс, Львівська обл.), Сіверського Донця (вуглепромисловий комплекс Донбасу) [1].

Найбільші загрози для РБ виникають при закритті гірничо-видобувних підприємств у зв'язку з некеруємим затопленням гірничих виробок та підйомом до земної поверхні рівнів мінералізованих і забруднених підземних вод за межами гірничих відводів, додатковим просіданням поверхні з порушенням поверхневого стоку підтопленням прилеглих територій, посиленням міграції забруднених мінералізованих поверхневих і ґрунтових вод з місць формування териконів та полігонів відходів.

При цьому у зону активного водообміну можуть потрапляти поверхневі осередки забруднення (полігони побутових і промислових відходів, бази ПММ та ін.), які здатні активно змінюватись і поширювати зону екологічного ризику. Практичним наслідком цього може бути виведення з ладу поверхневих і підземних систем питного водопостачання, підтоплення та руйнування житлових і промислових об'єктів і комунікацій (у тому числі екологічно небезпечних – трубопроводів нафти і газу, хімічних підприємств тощо), ускладнення умов сільськогосподарської діяльності. Некерований розвиток цих процесів, які здебільшого носять незворотній характер, наприклад у Донбасі, Карпатському регіоні може призвести до екологічної катастрофи, наслідки якої будуть мати надзвичайно довготерміновий характер [1-4].

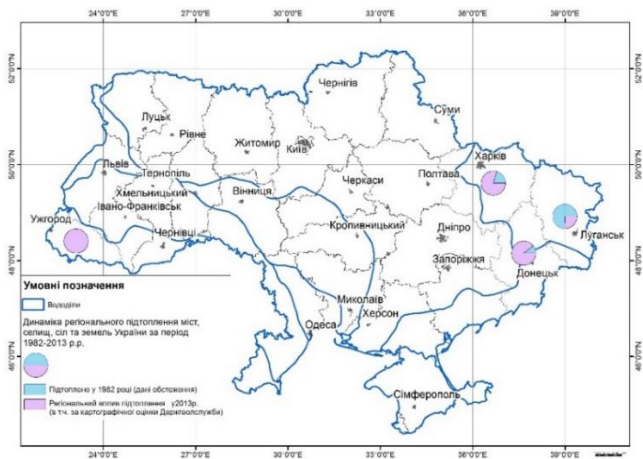


Рис.1 Динаміка регіонального підтоплення територій видобутку і переробки мінерально-сировинних ресурсів з 1982-2013 рр.

Треба відмітити, вплив змін кліматичних умов, що підсилюють наслідки техногенного характеру на навколишнє середовище.

Нами була опрацьована колекція знімків Landsat-8 та Landsat-9 починаючи з 2014 по 2023 роки для отримання даних щодо тренду температур.

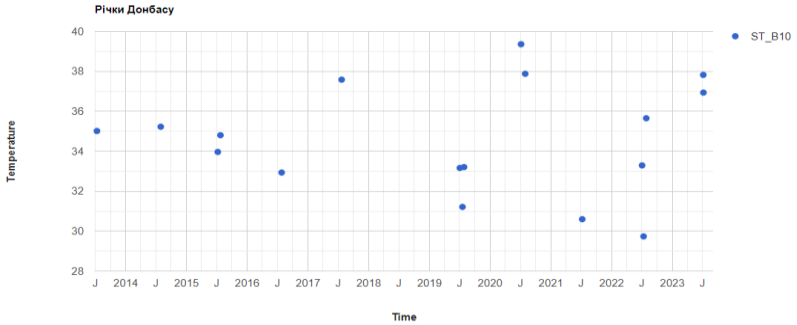


Рис.2 Графік температур річок і прилеглий територій

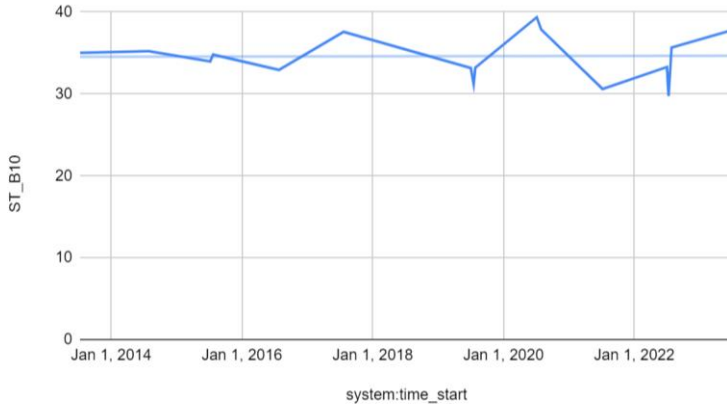


Рис.3 Лінія тренду з 2014 року по 2023 рік.

Будуючи лінію тренду температура за 2014 - 2023 роки можна побачити тенденцію до збільшення середньорічної температури поверхні річок і прилеглої території в межах 50 метрів від русла річки.

Наведена таблиця 1 відображає регіональні особливості впливу пост-майнінгу на транскордонні річкові басейни.

Таким чином, можна зробити висновок, що з одного боку комплекс еколого-техногенних та соціально-економічних заходів пост-майнінгу у більшості ГДР України мають фрагментарний характер, враховуючи наявність великої кількості незворотних змін екологічних параметрів геологічного середовища та поверхневої гідросфери, що відбулись або знаходяться у стадії активного розвитку.

А з іншого, необхідно враховувати, що інтенсивне використання природних ресурсів призводить до зміни масштабів антропогенного впливу та прояву нових факторів, які спочатку чинили незначний вплив на навколишнє середовище, але з плином часу стали домінуючими [5,6].

Табл.1. Регіональні параметри еколого-гідрологічного впливу постмайнінгу у транскордонних річкових басейнах України

Назва транскордонного РБ	Кількість шахт в межах РБ	Регіональні параметри еколого-гідрологічного впливу пост-майнінгу ГДР у транскордонних РБ			
		Площа впливу ГДР, тис.км ²	Максимальний скід шахтних вод, тис. м ³ /добу	Максимальна мінералізація шахтних вод, г/дм ³	<i>Примітка</i>
Тиса	3	0.1	10	300	Токсичні мікрокомпоненти
Дністер	3	0.2	1	300	Сульфати до 2 г/л
Західний Буг	8	10	20	3.5	Токсичні мікрокомпоненти
Сіверський Донець	230	20	2000	4.5	Токсичні мікрокомпоненти

Так наприклад, внаслідок комплексних порушень рівноваги надр при вилученні великих об'ємів рудно-породної сировини і створенні «дефіциту маси» у верхній зоні літосфери практично у всіх розвинених

ГДР України на стадії пост-майнінгу втрачається більша частина екологічних функцій геологічного середовища (ландшафтно-геохімічних, водно-екологічних, інженерно-геологічних та ін.).

В цілому етап формування засад та розвитку політики пост-майнінгу ГДР України, з урахуванням мінімізації остаточних порушень екопараметрів поверхневої і підземної гідросфери як провідних факторів безпеки життєдіяльності місцевого населення, уявляється стратегічним науково-технологічним і соціально-економічним завданням, враховуючи провідну роль мінерально-сировинних ресурсів у формуванні ВВП та забезпеченні ресурсно-енергетичної безпеки держави.

Список використаних джерел

1. Довгий, С.О., Трофимчук, О.М., Коржнев М.М. (наук. ред.), Яковлев, Є.О. та ін. Моніторинг мінерально-сировинної бази України та екологічного стану територій її гірничодобувних регіонів у контексті забезпечення їх сталого розвитку / НАН України, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору. Київ: Ніка-Центр, 2019. – 148 с.
2. Anpilova, Y., Dovgyi, S., Yakovliev, Y., Hordiienko, O., Myrontsov, M., Karpenko, O. (2023). Impact of Modern Anthropogenic Factors on the Hydrological System of the Donbas. In: Zaporozhets, A., Popov, O. (eds) Systems, Decision and Control in Energy IV. Studies in Systems, Decision and Control, vol 456. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-22500-0_16
3. Trofymchuk, O., Anpilova, Y., Hordiienko, O., Myrontsov, M., Karpenko, O. (2023). Method for Detecting Natural and Anthropogenic Changes That Filled with Water in Landscapes Using Radar Satellite Imagery. In: Zaporozhets, A. (eds) Systems, Decision and Control in Energy V. Studies in Systems, Decision and Control, vol 481. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_46
4. Hordiienko, O., Anpilova, Y., Yakovliev, Y., Rogozhin, O. (2023). Cloud-Based Technologies Google Earth Engine for Monitoring Surface Deformation of the Sotolvyno Agglomeration. In: Dovgyi, S., Trofymchuk, O., Ustimenko, V., Globa, L. (eds) Information and Communication Technologies and Sustainable Development. ICT&SD 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 809. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-46880-3_21
5. Wirth, Peter, Mali, Barbara & Fischer, Wolfgang. (eds.), (2012). Post-Mining Regions in Central Europe. Problems, Potentials, Possibilities.

6. Stone, D., Auffhammer, M., Carey, M. *et al.* The challenge to detect and attribute effects of climate change on human and natural systems. *Climatic Change* 121, 381–395 (2013). <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0873-6>

Геоінформаційні технології моніторингу зруйнованого Каховського водосховища

Шпакович І.М., Мокрий В.І., Казимира І.Я.
Національний університет «Львівська політехніка», E - mail:
volodymyr.i.mokriy@lpnu.ua

Актуальність моніторингу зруйнованого російськими окупантами Каховського водосховища обумовлена необхідністю інформаційного забезпечення управлінських рішень в сфері екологічної безпеки та стратегій відновлення інфраструктури водойми.

Підрив російськими окупантами Каховської ГЕС спричинив масштабну техногенну катастрофу, наслідки якої катастрофічні для південних областей України та південно-західної частини акваторії Чорного моря. У зоні лиха опинилося понад 16 тис. людей та 80 населених пунктів. Руйнування греблі призвело до значних людських жертв та масштабної екологічної катастрофи, є воєнним злочином та екоцидом. Вибір варіантів відновлення Каховського водосховища базується на комплексних дослідженнях екосистемних трансформацій, спричинених руйнацією греблі ГЕС, оперативного моніторингу подальшого перебігу цієї катастрофи та еколого-економічному прогнозуванні можливих наслідків.

Досліджено сучасний стан зневодненого ложа Каховського водосховища за даними ГИС-аналізу космознімків. Методом візуалізації індексу нормалізованої різниці води (NDWI - Normalized Difference Water Index) отриманого з даних дистанційного зондування угруповання супутників Landsat, виконано оцінку стану гідрографії Каховського водосховища і стану дамби водойми-охолоджувача Запорізької АЕС. NDWI використовується для моніторингу змін, пов'язаних із вмістом води у водоймах, використовуючи довжини хвиль зеленого та ближнього інфрачервоного випромінювання. Показники індексу формуються через супутникові знімки з максимальних значеннях відбиваючих характеристик водних об'єктів у зеленому спектрі довжин хвиль та мінімальних – у ближньому інфрачервоному

спектрі, де рослинність та ґрунт мають максимальні значення. Наявність водного дзеркала призводить до низьких значень коефіцієнтів відбиття в ближній інфрачервоній і великих значень у видимій зеленій області спектру. Відношення цих показників дозволяє чітко відокремлювати воду від інших природних об'єктів. Описані особливості зонального розподілу спектрів відбивання світла на ділянках поверхні води, обумовлюють ефективність використання матеріалів багатозональної космічної зйомки для картографування водних об'єктів. Для візуалізації індексу NDWI застосовано технології крос-платформової геоінформаційної системи QGIS (Quantum GIS).

На основі візуалізації індексу NDWI створено еколого-картографічні моделі гідрографії Каховського водосховища. Використано з відкритого доступу різночасові космічні знімки, з мінімальним відсотком хмарності, отримані з супутників Landsat 4-5 TM, Landsat 7 ETM+ та Landsat 8 OLI, розміщених на сервісах Геологічної служби США.

Рівень води Каховського водосховища на гідрографічній карті, синтезованої на основі космознімку від 23 серпня 2020 р., взято за контрольний. На ідентифікованому космознімку від 13 липня 2023 р. спостерігається старе русло Дніпра та значна кількість не глибоких водойм, що залишилися після сходження води. Структурна цілісність дамби водойми-охолоджувача Запорізької АЕС не змінна, рівень води в водоймі-охолоджувачі впав не значно, порівняно з контрольною візуалізацією. Візуалізацією індексу NDWI з супутникових знімків періоду 2 жовтня 2023 р. згенеровано гідрографічну карту екосистемних трансформацій внаслідок осушення Каховського водосховища.

Спостерігається старе русло Дніпра без зміни форми берегів, пересихання більшості не глибоких водойм. Виявлено фрагментацію Каховського водосховища на 5-8 великих водойм, об'єднаних течією старого русла Дніпра, 15-20 середніх та великих водойм, що втратили прямий зв'язок із Дніпром. Чисельність і розміри ідентифікованих декількох сотень середніх і малих відокремлених водойм сезонно змінюються. Згідно отриманих та літературних даних спостерігається інтенсивне заростання рослинністю обезводнених ділянок Каховського водосховища.

Екологічна безпека зруйнованого Каховського водосховища визначається розміщенням в зоні його безпосереднього гідрогеодинамічного впливу промислового майданчика Запорізької АЕС, в межах якого поширені чутливі до осушення та гідрогеофільтраційної компресії пливуноздатні ґрунти. Наявні літературні дані інженерно-геологічних досліджень свідчать, що ці

грунти здатні до фільтраційного ущільнення з деформаціями земної поверхні, підгрунтя і фундаментів, розміщених на них споруд (реакторні відділення, градирні, водоводи та дамби ставка-охолоджувача та ін.). Екологічно, економічно і соціально сприятливий варіант відновлення ураженого регіону можливий лише на новій ідеологічній та технологічній основі, що виключає відомі проекти «самовідновлення природно-техногенних екосистем».

Висновки та перспективи подальших досліджень передбачають продовження космічного моніторингу екосистемних трансформацій для прогнозу довгострокових природно-техногенних загроз, що виникли внаслідок зміни гідрогеологічних умов та обґрунтування варіантів відновлення Каховського водосховища.

Assessing the Vulnerability of Ukraine's Water Resources During the War Using Satellite Data for Environmental Safety

Zahorodnia S., Radchuk I.

Institute of Telecommunications and Global Information Space,

National Academy of Sciences of Ukraine, Email:

Zagorodnya.s@gmail.com

The war in Ukraine has had a significant impact on the environment, particularly on river and lake ecosystems, as well as wetlands, which play a crucial role in water resource provision and the maintenance of ecological balance. Research indicates that the war's effects on these ecosystems include the destruction of hydraulic infrastructure, the contamination of water with toxic substances, and alterations to the water balance. The conflict has also hindered millions of people's access to water, and the environmental damage could have long-term consequences for public health and the country's food and environmental safety [1]. One of the global challenges today is the preservation of natural ecosystems, particularly wetlands and lake ecosystems, which serve as natural water reservoirs and have the capacity to mitigate the effects of natural disasters and climate change [2].

A current issue today is the study and development of methods for assessing the level of environmental threats to aquatic ecosystems during armed conflicts [3]. The use of remote sensing (RS) methods in the context of warfare is an important tool for analysing the state of hydrological resources and developing strategies for their protection. This approach contributes to achieving the Sustainable Development Goals (SDGs),

particularly SDG 6 (clean water and sanitation), SDG 13 (climate action), and SDG 15 (life on land) [4]. Studying the impact of war on water resources and implementing ecological restoration methods will help ensure ecosystem resilience and reduce environmental threats under conditions of intense anthropogenic pressure. The war in Ukraine has severely damaged aquatic ecosystems in many regions of the country. The most affected are the basins of the Siverskyi Donets and Dnipro rivers, especially in the Donetsk, Kharkiv, and Kherson regions [2], where military actions have led to the destruction of dams, water treatment facilities, and contamination by chemicals. The destruction of hydraulic structures has caused large-scale flooding or, conversely, droughts, leading to significant disruption of the water balance. It is important to highlight the following impacts:

- Water pollution: Using heavy machinery and ammunition can lead to spills of petroleum products and other harmful substances into aquatic ecosystems. The destruction of infrastructure, such as water channels and intakes, may cause leaks of pollutants.

- Reduced access to water: The destruction of water supply systems in cities and villages limits access to clean drinking water. Population migration due to war can increase pressure on available water resources in other regions.

- Ecosystem degradation: Military actions can disrupt the natural balance of aquatic ecosystems, affecting biodiversity and water quality. Altering river courses due to explosions or infrastructure destruction may have long-term environmental consequences.

- Impact on water management facilities: The destruction of hydroelectric power stations and dams can lead to changes in hydrological regimes, increasing the risk of floods or droughts.

For effective monitoring of Ukraine's water resources affected by the war, it is necessary to create comprehensive catalogues of satellite images. These will provide a multidimensional analysis of the ecological state of water bodies and assess the impact of anthropogenic factors and military actions. The main catalogues should include images of water pollution, shoreline changes, the condition of biodiversity, infrastructure facilities, water balance, as well as the consequences of hostilities. It is essential to document changes in the shape and position of river and lake shorelines, which may be caused by erosion, flooding, construction, or destruction of infrastructure during military actions. Landsat (NASA/USGS) can be used for analysing changes in water quality and shoreline dynamics. Sentinel-2 is suitable for assessing the condition of water bodies and surrounding areas, while Sentinel-1 provides radar images for monitoring water levels and flooding. MODIS (Aqua and Terra) is useful for observing surface water temperature and transparency. TerraSAR-X offers high-precision radar monitoring of changes

in water bodies. An integrated catalogue that combines various types of data is essential for a comprehensive analysis of the state of aquatic ecosystems. This will facilitate the accurate identification of issues such as infrastructure damage or toxic contamination. LiDAR data will be used to create three-dimensional models of shorelines. Historical images will assist in comparing and identifying trends in environmental changes.

The use of Geographic Information Systems (GIS) will enable spatial analysis and facilitate rapid responses to environmental challenges both in the short and long term. GIS will become an essential tool for monitoring and assessing the condition of Ukraine's water resources under anthropogenic pressure and the impacts of war. The creation of thematic catalogues and the use of GIS not only allow timely responses to environmental threats but also support effective planning of ecosystem restoration measures.

The analysis highlights the severe impact of Russian aggression on Ukraine's water resources, emphasizing the importance of using advanced remote sensing technologies and integrated data systems to monitor, assess, and mitigate environmental damage, particularly in the context of disrupted ecosystems and infrastructure. Addressing these challenges is critical for ensuring water security and ecosystem resilience in the affected regions.

References

1. Key consequences of Russian aggression for Ukraine's water resources [Electronic resource]. – Available at: <https://davr.gov.ua/news/klyuchovinaslidki-vid-rosijskoi-agresii-dlya-vodnih-resursiv-ukraini-za-1518-kvitnya-2022-roku> (accessed: 01.10.2024).

2. Official portal of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine [Electronic resource]. – Available at: <https://mepr.gov.ua/dajdzhest-klyuchovyh-naslidkiv-rosijskoyi-agresiyi-dlya-ukrayinskogo-dovkillya-za-2-8-lyutogo-2023-roku/> (accessed: 01.10.2024).

3. Trofymchuk, O., Vishnyakov, V., Sheviakina, N., Klymenko, V., & Zahorodnia, S. (2023). Detection of surface soil disturbance areas as a result of military actions in Ukraine by remote sensing methods. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 23(2.1), 153-161. DOI: 10.5593/sgem2023/2.1/s08.20.

4. Sustainable Development Goals [Electronic resource]. – Available at: <https://sdgs.un.org> (accessed: 03.10.2023).

Дистанційні методи дослідження оцінки впливу сільськогосподарських процесів на екологічну безпеку територій

Триснюк Т.В., Ющенко К.С.

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору

Національної академії наук України,

E - mail: taras24t@gmail.com

Анотація. Розроблені та впроваджені нові методи комплексного дослідження оцінки впливу сільськогосподарських процесів на екологічну безпеку територій. Удосконалено теоретичні основи інтегрованого аналізу різноманітних та різнорівневих екологічних, геолого-геофізичних, геохімічних даних і багатоканальних аерокосмічних геозображень для комплексного геоecологічного моніторингу природоохоронних об'єктів.

Ключові слова: сільськогосподарські території, агроecологічний моніторинг, геoінформаційні системи, дистанційне зондування землі, комплексний аналіз, математичне моделювання.

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) із застосуванням даних з космічних апаратів є важливим інструментом для моніторингу стану сільськогосподарських земель [1]. Космічні знімки відрізняються від всіх інших просторових даних різноманітністю інформації, яку можна отримати на їх основі, більшою доступністю і актуальністю за рахунок регулярності оновлення. Вони незамінні як основа для екстраполяції даних в регіональних і глобальних дослідженнях, а також у випадках, коли необхідно простежити зміну властивостей рослинного покриву в часі, в моніторингових дослідженнях і при аналізі загроз. Як наслідок, в останні роки з'являється все більше досліджень рослинного покриву та його окремих властивостей на основі даних ДЗЗ [2]. Для оцінки стану земель сільськогосподарського призначення запропоновано інформаційна технологія з використанням фрактального аналізу космічних знімків супутника Sentinel-2, які є у вільному доступі у мережі Інтернет. Інформаційна технологія складається з декількох рівнів. На першому рівні отримуються дані ДЗЗ, що є у відкритому доступі. Доступ до даних ДЗЗ здійснюється з використанням онлайн-сервісу Copernicus Open Access Hub, для чого переходять на сайт The European Space Agency "Copernicus Open Access Hub" та виконують реєстрацію для нового користувача або авторизацію для вже зареєстрованого користувача. На другому рівні проводиться попередня обробка космічних знімків супутників Sentinel-2 за допомогою хмарної геoінформаційної системи (ГІС) ArcGIS Online. Для цього космічні

знімки завантажуються у хмарну ГІС де проводиться їх підготовка до фрактального аналізу. На третьому рівні застосовується метод фрактального аналізу космічних знімків супутників Sentinel-2. При цьому користувач розраховує поля фрактальних розмірностей (ПФР) космічних знімків. Далі проводиться візуалізація з подальшим його аналізом.

Актуальні напрямки розвитку сучасних інформаційних технологій ДЗЗ/ГІС, які можуть ефективно підтримувати прийняття рішень у таких сферах:

1. Постійний моніторинг екологічного стану сільськогосподарських угідь, що належать певному суб'єкту господарської діяльності або адміністративній одиниці держави.

2. Виявлення сільськогосподарських угідь, які використовуються не за цільовим призначенням.

3. Ідентифікація ділянок, на які неправомірно видані документи на право власності або користування землею.

4. Сприяння у створенні загальнонаціональної системи охорони ґрунтів.

На сьогодні важливо впроваджувати новітні досягнення науки і техніки у таких сферах:

1. Програмне забезпечення. Використання сучасних програм для обробки даних та побудови геоінформаційних систем (ГІС) для земельних ділянок.

2. Апаратне забезпечення. Застосування новітньої сільськогосподарської техніки та приладів для контролю її роботи.

3. Агрохімія. Аналіз хімічного складу ґрунту на кожній окремій ділянці, підбір генетично вдосконалених зернових культур та відповідних добрив.

Висновки. Враховуючи вищесказане можна підбити підсумок, що найбільш важливим чинником сучасного підходу до планування с/г виробництва є методи ДЗЗ. Це обумовлено тим що жодна ГІС без постійного використання актуальних даних ДЗЗ не зможе існувати, технологія Machine Control також має здійснювати свої маніпуляції відповідно до оперативної актуальної інформації (яку раціонально отримувати від систем ДЗЗ).

Література

1 Триснюк В.М., Охарев В.О., Триснюк Т.В., Сметанін К.В., Голован Ю.М. Створення системи мобільного екологічного моніторингу. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-технічний журнал. Івано-Франківський національний технічний

університет нафти і газу (ІФНТУНГ); Івано-Франківськ: Симфонія форте. – 2018, №2 (18) – С. 116-123. URL: <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/7063>.

2. V. Trysnyuk, O. Demydenko, T. Trysnyuk, L. Horoshkova, Ie. Khlobystov, Y. Holovan. [21062]. GIS technologies for monitoring forest plantations. Conference Proceedings, Geoinformatics, 11-14 May 2021, Kyiv, Ukraine, Volume 2021. P.1-6.

Оцінка можливості використання результатів структурного дешифрування дистанційних даних у прогнозі торфових родовищ

Багрій І.Д.¹, Азімов О.Т.²

¹Інститут геологічних наук НАН України

²ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України»

¹info@igs-nas.org.ua, ²azimov@casre.kiev.ua

Робота присвячена використанню даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з метою встановлення імовірного просторово-генетичного зв'язку з зонами тектонічної активізації на сучасному етапі розвитку земної кори відомих родовищ торфу (на прикладі території досліджень в Житомирській). Фактографічну основу досліджень склали матеріали багатоспектральних космічних знімачів, представлені знімками із супутників Sentinel-2, та даними радіолокаційного космічного знімання SRTM з апарата Shuttle. Також у роботі застосовані середньомасштабні топографічні карти масштабу 1:100 000. Основним картографічним тематичним матеріалом щодо площового розташування торф'яних родовищ була «Карта сырьевых ресурсов твердых горючих ископаемых Украинской ССР. Масштаб 1:1 000 000».

Для процедур проблемно орієнтованого дешифрування даних ДЗЗ, просторового порівняння, поєднання та інтерпретації отриманих результатів із наявною геолого-геофізичною інформацією залучено технології географічних інформаційних систем (ГІС).

На території досліджень виділено лінійні та дугоподібні (ізометричні, кільцеві) утворення, що відповідно належать до об'єктів низьких і вищих порядків двох просторових класів: лінійних і площових. Особливу увагу звернуто на лінійні об'єкти. Їх згруповано в лінементи та їх зони. Вони утворюють закономірно розташовані

системи певних напрямків. Приблизно однаково виражені й просторово розподілені по території лініменти діагональної і ортогональної систем.

Лінеаментні зони інтерпретуються як активізовані на сучасному етапі тектогенезу структури диз'юнктивного походження, зони напружено-деформаційного стану гірських порід, зони інтенсифікації флюїдодинамічних процесів у земній корі. Більшість з дешифрованих зон лінеаментів нижчих рангів просторово збігаються з відомими за результатами геологічного картування порушеннями докембрійського фундаменту відповідних порядків.

За результатами аналізу складеної з використанням засобів ГІС картосхеми зіставлення лінеаментного поля з місцезнаходженнями родовищ і покладів торфу встановлено, що контури найбільших з родовищ, які були в розробці, опошуквані або вже відпрацьовані, у плані лежать всередині лінеаментних зон і відповідають їм за простяганнями. Причому спостерігається просторовий і ймовірно генетичний зв'язок місць закладання відкладень торфу з вузлами перетину лінеаментних зон різного простягання. Вочевидь ці вузли і локальні фрагменти власне зон лінеаментів напередодні та під час накопичення торфових відкладів у голоцені являли собою ділянки земної кори, що зазнавали відносно інтенсивних знакозмінних вертикальних і певною мірою горизонтальних рухів, значної дезінтеграції щільнісних властивостей геологічного субстрату в їх межах, виносу продуктів ерозійних процесів тощо. Унаслідок зазначеного на місцях подібних ділянок утворилися своєрідні міні грабени (з огляду на їх морфологічні особливості й геометричні параметри), які чітко вписуються в "тіла" зон лінеаментів, тобто в об'ємні "тіла" складнобудованих, довгоживучих зон диз'юнктивної природи.

За умов рівнинного, відносно слабкорозчленованого рельєфу території досліджень у голоцені перерозподіл поверхневих вод під дією гравітації та їх накопичення відбувалися у відповідності з геоморфологічними елементами земної поверхні, насамперед у межах відносно найопущеніших її ділянок. Вони ж на місцевості збігалися саме з районами зазначених мініграбенів унаслідок успадкованого їх розвитку як у просторі, так і за напрямком вертикальних рухів. Для таких ділянок було притаманне постійне або тривале періодичне перезволоження, низька дренажність, а наявність у профілі дерново-підзолистих ґрунтів щільного ілювіального горизонту, що є своєрідним водупором, стримувала тут перехід поверхневого стоку у внутрішньогрунтовий. Збіг охарактеризованих факторів привів до утворення на таких ділянках боліт. Трансформація боліт у торфові

осадів утворення і зрештою у торфовища відбувалася шляхом заростання водойм і перезволоження мінеральних ґрунтів.

Отже, дослідженнями з застосуванням ДЗЗ/ГІС-технологій встановлено просторово-генетичний зв'язок родовищ і покладів торфу району досліджень з вузлами перетину зон лінементів різного простягання. У межах відомих або прогнозованих зон розривних порушень земної кори ці вузли та локальні фрагменти власне лінементних зон являють собою своєрідні щільні мініграбени, які внаслідок просторово та геодинамічно успадкованого розвитку були тим тектонічним чинником, що сприяв утворенню боліт у голоцені, які з часом трансформувалися у торфовища.

Утворення зсувних полів на схилах з лесово-просадковими ґрунтами під впливом підтоплення

Яковлев С.О., Рогожин О.Г., Крета Л.Д.

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
Національної академії наук України.*

E-mail: yakovlevhydro@gmail.com

Результати аналізу регіональних змін інженерно-геологічних умов за період 1980-2020 рр. засвідчили, що їх головними факторами є активізація перезволоження і підтоплення лесово-породних масивів із зсувоутворенням на схилових територіях [1].

Лесові породи (ЛП) у природному стані мають пористість понад 45-50%, малу вологість, фільтраційну анізотропію (водопроникність здебільшого у вертикальному напрямі), значний вміст легкорозчинної солі, в гранулометричному складі переважання пилюватих часток над глинистою складовою. При замочуванні ЛП мають здатність давати додаткове ущільнення, як від власної ваги, так і при додатковому навантаженні, з одночасною зміною структури ґрунту.

Згідно з чинними СНиП 2.02.01-83, в залежності від можливості прояву просідання від власної ваги, ґрунтові умови майданчиків поділяються на два типи:

I тип – умови, коли можливе просідання ґрунтів від зовнішнього навантаження, але від власної ваги відсутнє, чи не перевищує глибину 5 см;

II тип – умови, коли, крім просідання ґрунтів від зовнішнього навантаження, можливе просідання від власної ваги, що перевищує глибину 5 см.

На території України лесові ґрунти поширені на площі 340,4 тис.км² (56% її території). З них леси і лесові породи з II типом ґрунтових умов за просіданням займають 47,5 тис. км² (8%), а з першим типом – 162,5 тис. км² (27%), решта – непросідаючі.

У загальному плані просідання є властивістю лесових порід ущільнюватись при замочуванні, яке на схилах призводить до просторового розушилення лесопородного масиву (ЛПМ) і погіршення інженерно-геотехнічного стану схилових ділянок, особливо у техногенно порушених умовах.

Як засвідчує наш аналіз, в останні десятиліття техногенне замочування схилових ділянок ЛПМ було переважно пов'язано з активним будівництвом ставків і водосховищ (до 52 тис. об'єктів) та регіональним підпором річкового стоку (до 160 тис.км. з 203 тис.км. загальної протяжності річок, тобто 78,8%).

В умовах аномального зарегулювання поверхневого стоку в Україні індикатором підпірного впливу великої кількості водосховищ та ставків на регіональну активізацію зсувного процесу на схилових ділянках ЛПМ припустимо вважати регіональне збільшення територій стійкого і тимчасового підтоплення у 1985-2020 рр. Їх площа за цей час зросла з 9,92 до 88,82 тис. км², тобто майже у 9 разів [1-3].

Крім того, беручи вищенаведене до уваги, слід відзначити, що в останні 4-5 десятиліть відбулося значне зростання водних втрат з водопровідно-каналізаційних та теплоенергетичних мереж у промислово-міських агломераціях [1, 2], що стало головним сучасним фактором розвитку підтоплення та погіршення інженерно-геотехнічних показників житлових і промислових масивів.

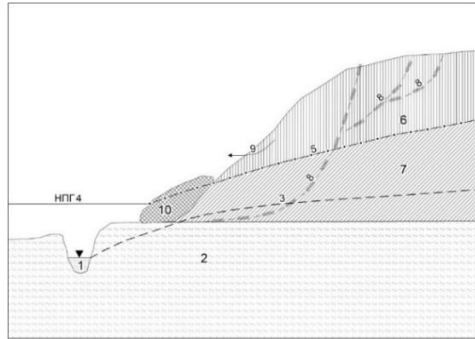
Виконані в ІТГП дослідження змін інженерно-геотехнічного стану схилів ЛПМ при їх підтопленні в сучасному процесі змін інженерно-геотехнічного стану схилів дають змогу виявити дві фази процесу просадково-зсувної деформації та утворення зсувного поля (рис. 1).

1) *I фаза – водонасичення* лесово-просадкового ґрунту підніжжя схилу з наступним зменшенням його міцності, зчіплення та розвитком тиксотропних прошарків;

експертний розрахунок висоти берегового уступу h за величиною зчіплення $C = 50-200$ кН/м² та об'ємної ваги лесових і лесово-суглинистих ґрунтів $Y_{об} = 15$ кН/м³ згідно з моделлю проф. М.О. Цитовича засвідчує, що його висота може досягати значення:

$$h = 2C/Y_{об} = (50-200 \text{ кН/м}^2)/(15 \text{ кН/м}^3) \approx 3,3\div 13,3 \text{ м;}$$

2) II фаза – фрагментація просадкового блоку ЛПМ та формування локальних зсувно-пливунних ділянок внаслідок переходу верхньої зони розуцільненого блоку у пливунно-тиксотропний стан (рис. 1, 2).



- 1 – річкове русло;
- 2- слабопроникний шар;
- 3- природний рівень ґрунтових вод;
- 4 – рівень підпору водосховищ (НПП);
- 5 – техногенний рівень ґрунтових вод;
- 6 – лесово-суглинистий ґрунт;
- 7 – водонасичений лесово-суглинистий ґрунт;
- 8 – звувні блоки схилу;
- 9 – напрям зміщення зсувних блоків;
- 10 – зсувна призма.

Рис.1. Схема утворення зсувного поля на лесово-суглинистому просадковому схилі

Ця фаза деформації схилу ЛПМ має довгостроковий характер розвитку з поступовим виполюванням схилової поверхні (рис. 2).

Під час інженерно-геологічних та гідромеліоративних зйомок в Дніпропетровській області було встановлено, що величина статичного напруження зрушення (СНЗ) перезволожених лесів становить $\alpha_{СНЗ} = 0,2-2,0 \text{ г/см}^2$, що робить їх пливуноздатними у підніжжі схилу (рис. 1). Це різко зменшує стійкість схилів з порушенням профілю рівноваги (у річкових долинах, балках, яругах) внаслідок наступного переходу ЛПМ у тиксотропний пливуноздатний стан (що спостерігається в містах Дніпро, Запоріжжя, Каменське, Херсон та інших).



Рис.2. Типове зсувне поле лесово-суглинистих просадкових ґрунтів (правобережний схил р. Сіверський Донець, м. Куп'янськ, 2010 р.)

Локалізація більшої частини території розвитку підтоплення та перезволоження в межах площ поширення просадкових лесових та лесово-суглинистих ґрунтів, за умови зміни коефіцієнту зчіплення лесово-просадкових ґрунтів схилу від $\tau_0 = 2,0 \text{ кг/см}^2$ до $K_{снз} = 0,5 \div 2,0 \text{ г/см}^2$ (пливунно-тиксотропний стан), обумовлює зміщення породних блоків вздовж схилу вниз із зменшенням стрімкості берегового уступу (рис. 1, 2). За таких змін гідрогеомеханічного стану схилу ЛПМ його стрімкість у фазі завершення зсувної деформації становитиме:

$$\varphi_i = \varphi_0 / (K_{снз} / \tau_0). \quad (1)$$

Розрахунки за залежністю (1) з використанням фактичних геомеханічних параметрів лесово-суглинистих порід цілком збігаються з фактичними даними щодо зростання випадків сучасного зсувоутворення в межах промислово-міських агломерацій на схилах зі стрімкістю 5° - 7° , а також суфозійних осідань поверхні біля будівель, місць скупчення транспорту, каналізаційних колодязів, де має місце інтенсивна техногенна інфільтрація та активні динамічні зміни порового тиску, геомеханічного та фізико-хімічного стану порід підґрунтя будівель і верхньої зони геологічного середовища міст та селищ в цілому [1-3].

Таким чином, нерівномірний характер напружень схилового породного масиву та розподілу значень зчіплення і об'ємної ваги в умовах перезволоження або підтоплення ЛПМ обумовлює виникнення каскадного зсувного поля і порушення лінійної структури схилів навіть із малим ухилом у 5° - 7° .

Використані джерела

1. Яковлев Є.О., Рогожин О.Г. (2018) Фактори і можливі наслідки регіональних змін інженерно-геотехнічного стану лесів та лесово-суглинистих порід України // Екологічна безпека та природокористування. – 2018. – № 3(27). – С. 5-23.

2. Інформаційний щорічник щодо активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів за даними моніторингу ЕГП (2021). – Київ: Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2021. – 78 с.

3. Рогожин О.Г., Яковлев Є.О., Крета Д.Л. (2024) ГІС-аналіз регіональних інженерно-геологічних загроз на території України за наявними картографічними матеріалами / Актуальні проблеми та інноваційні технології у сфері цивільного захисту та екологічної безпеки для повоєнного відновлення України: Збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції, 28-30 травня 2024 року: НУХТ, 2024 р. – с. 106-110.

Вивчення сучасного підтоплення в межах Зони відчуження дистанційними методами

*Кіреєв С.І.¹, Андреев А.А.², Томченко О.В.², Триснюк В.М.³,
Азімов О.Т.²*

*¹Державне спеціалізоване підприємство «Екоцентр»,
kireev@ecocentre.kiev.ua*

*²ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН
України»; artem.a.andreev@gmail.com, tomch@i.ua,
azimov@casre.kiev.ua*

*³Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного
простору НАН України, trysnyuk@ukr.net*

Моніторингові дослідження території Чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ) і прилеглих до неї ділянок комплексом наземних

гідрологічних, радіоекологічних методів і технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) активно почали проводитися приблизно через 10 років після аварії на ЧАЕС у 1986 р., тобто з середини 1990-х рр. Зокрема, це повною мірою стосується важкодоступного, заболоченого, значною мірою радіонуклідно забрудненого району в межах Прип'ятської лівобережної осушувальної системи: міждамбової площі (між «старою» та «новою» лівобережними дамбами) та ділянки північно-східніше від неї. Після проведення у 2001-2015 рр. ряду гідротехнічних заходів у цьому районі загалом встановлено незначне обводнення та заболочення. Таким чином, ситуація що склалася на той період, відображала відносну стабілізацію концентрації ^{90}Sr у поверхневому стоці досліджуваного району ЧЗВ.

Подібна гідролого-радіоекологічна обстановка на вказаній території спостерігалася до кінця 2022 р. На підставі досліджень з залученням новітніх матеріалів, отриманих із космічних апаратів WorldView-2 та Sentinel-2, прогнозувалося, що наприкінці 2022 р. вірогідне настання багатоводної фази водності в рамках повного гідрологічного циклу, причому для басейну р. Прип'ять загалом [1–3]. Адже якщо раніше за космічними знімками були встановлені факти відносно незначного обводнення ділянки між старою та новою лівобережними дамбами, то дані космічного знімання супутником Sentinel-2 від 02.05.2023 р. і 09.04.2024 р. засвідчують зростання обводнення території як міждамбової ділянки, так і району, що розташований північно-східніше старої дамби.

Зокрема, на ділянці між старою і новою дамбами за матеріалами знімання від 09.04.2024 р. закартована площа відкритої водної поверхні у $3,279 \text{ км}^2$ (рис. 1), що близько до аналогічної, встановленої станом на 02.05.2023 р. ($3,379 \text{ км}^2$). Проте на ділянці північно-східніше старої дамби на початку квітня 2024 р. виявлено істотне ($3,385 \text{ км}^2$), порівняно із станом на 06.04.2022 р. ($1,536 \text{ км}^2$, див. рис. 8 у [2] та рис. 1 у [3]), збільшення площі, що зайнята водою. Тобто весняні показники 2024 р. збільшилися тут в 1,47 рази порівняно з такими ж за 2022 р., який ми охарактеризували як відносно маловодний у регіоні [1–3]. Виявлене зростання обводнення території підтверджує продовження формування багатоводної фази водності в межах лівобережної системи.

Ознака формування багатоводної фази, вірогідно, підкреслюється даними із сумарної кількості атмосферних опадів у межах усієї території лівобережної частини водозбірного басейну р. Прип'ять за 2023 р., що надаються платформою ERA5 [4]. Вони продовжують визначати тренд їх зростання у холодний період року протягом листопада-грудня (174 мм шару води, що випала).

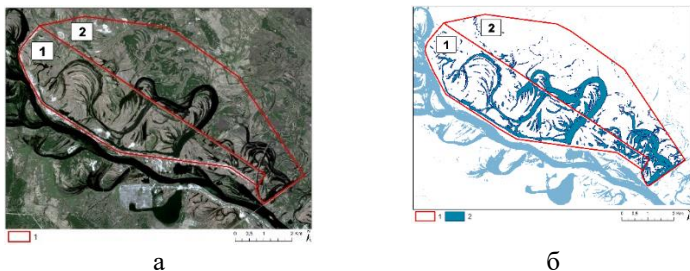


Рисунок 1 – Територія лівобережної Прип'ятської осушувальної системи: (1) міждамбова ділянка, (2) ділянка на північний схід від старої дамби; (а) космічний знімок, отриманий з супутника Sentinel-2 09.04.2024 р., (б) створена на основі його застосування картосхема водної поверхні. 1 – межі ділянок дослідження, 2 – площі, що зайняті відкритою водною поверхнею

З даними стосовно зростаючих масштабів затоплення й обводнення досліджених ділянок водозборів лівобережжя р. Прип'ять чітко, у прямій залежності корелюють дані щодо збільшення показників винесення з цієї території радіонукліда ^{90}Sr . Так розрахункові обсяги активності ^{90}Sr , які могли бути винесеними зі стоком у 2022 і 2023 рр., фахівцями Державного спеціалізованого підприємства (ДСП) «Екоцентр» оцінені відповідно в 0,02 та 0,034 ТБк [5] і вказують на тенденцію їх зростання. Порівняно з 2021 р. у 2023 р. це винесення зросло у 6,4 раза, а порівняно з 2020 р. – у 34 раза (!).

Таким чином, зроблений на підставі даних ДЗЗ прогноз [1, 2], що встановлена гідрологічна і метеорологічна ситуація призведе у 2023 р. до зростання обсягів активності ^{90}Sr зі стоком з району лівобережного польдера, підтвердився на підставі розрахунків фахівців ДСП «Екоцентр» [5]. Це засвідчує відповідний Висновок про підтвердження від 19.09.2024 р. Отже, нами передбачається [1–3] подальше погіршення радіоекологічної обстановки на території досліджень. Принаймні збереження такої тенденції цілком імовірне у 2024-2026 рр.

Список використаних джерел

1. Азімов О.Т., Томченко О.В., Шевченко О.Л., Триснюк В.М., Андреев А.А., Кіреєв С.І. Аналіз процесів підтоплень в межах Зони відчуження на підставі застосування ДЗЗ/ГІС-технологій. *Інформаційно-комунікаційні технології для перемоги та відновлення: колективна монографія за матеріалами 22-ї Міжнар. наук.-практ. конф. «Інформаційно-комунікаційні технології та сталий розвиток»* (Київ,

14-15 листоп. 2023 р.); за заг. ред. С.О. Довгого. Київ: ТОВ «Вид-во «Юстон», 2023. С. 202–205. DOI: 10.37321

2. Азімов О.Т., Томченко О.В., Шевченко О.Л., Кіреєв С.І. Моніторинг гідроресурсів радіаційно забруднених осушувальних систем за комплексом даних космічних знімів і наземних спостережень (у контексті регіональних змін клімату). *Космічна наука і технологія*. 2024. Т. 30, № 2. С. 69–92. <https://doi.org/10.15407/knit2024.02.069>

3. Азімов О.Т., Андреев А.А., Кіреєв С.І., Томченко О.В., Триснюк В.М. Космічний моніторинг природних і техногенних подій на Прип'ятській лівобережній меліоративній системі Зони відчуження. *Актуальні проблеми та інноваційні технології у сфері цивільного захисту та екологічної безпеки для повоєнного відновлення України: зб. наук. пр. Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 28-30 трав. 2024 р.)*. Київ: НУХТ, 2024. С. 52–60. ISBN 978-966-612-335-3

4. ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=overview>

5. Інформаційний звіт про результати радіаційно-екологічного моніторингу зони відчуження за 2023 рік. Чорнобиль: ДСП «Екоцентр», 2024. 30 с.

Розвиток дистанційних технологій в оцінці екологічних ризиків під час видобутку нетрадиційних вуглеводнів

Азімов О.Т.

ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі

ІГН НАН України»

azimov@casre.kiev.ua

Видобуток нетрадиційних вуглеводнів (ВВ) в Україні (зокрема, сланцевого газу) аналітики пов'язують з досить високими екологічними ризиками. Насамперед це стосується забруднення основних горизонтів прісних підземних вод, які є стратегічним ресурсом гарантованого питного водопостачання в державі. Тому на етапах планування та проведення експлуатаційних робіт з видобутку цього типу ВВ від їх виконавців слід вимагати дотримання високих технологічних та екологічних стандартів. Зокрема, необхідно виконати прогнозне комп'ютерне моделювання розповсюдження розчинів гідророзриву в

пластах ущільнених гірських порід типу сланцевих з використанням матеріалів багатоспектральних космічних зйомок з метою виявлення проникних розломних зон як шляхів вертикальних перетоків, що зумовлюють забруднення питних водоносних горизонтів.

Подібні дослідно-експериментальні роботи передусім слід проводити на 2-3 типових за геологічними умовами ділянках-полігонах, вибраних у межах ліцензійних площ, на яких ведеться або планується відповідна гірнича діяльність. На цих полігонах, використавши матеріали космічних зйомок, геолого-геофізичних, геохімічних робіт та комп'ютерного моделювання геофільтрації з урахуванням фізико-хімічної сумісності гідророзривних та порових розчинів і гірських порід (для цього слід визначити їх хімічний склад), доцільно випробовувати або ж удосконалити особливості технології видобутку нетрадиційних ВВ у типових умовах України. Зокрема, це стосується вибору місць оптимального розташування нагнітальних свердловин, враховуючи положення проникних диз'юнктивних зон. Тільки після виконаного аналізу за одержаними на полігонах матеріалами можна робити компетентні та надійні висновки щодо подальшого розвитку подій, пов'язаних з видобутком нетрадиційних ВВ в Україні. Зокрема, висновки щодо величини їх запасів.

Для підвищення ефективності та оперативності зазначених робіт до них необхідно залучити вітчизняних фахівців, що мають відповідний досвід у вирішенні подібних завдань (зокрема, задач при захороненні промислових стоків у надра [1]). Наприклад, українських фахівців, що мають багаторічний досвід практичного використання сучасних гідродинамічних, хімічних, інформаційних та космічних технологій при вирішенні завдань пошуків й експлуатації нафтогазових покладів та захоронення промислових стоків у надра [1–3 та ін.]. Це також сприятиме підтримці науково-дослідного потенціалу країни загалом.

Так з допомогою моделювання з застосуванням комп'ютерів вирішена задача захоронення стічних вод у нижньопермсько-кам'яновугільні (P_1-C) піщаники у Дніпровсько-Донецькій западині (ДДЗ) [1]. У результаті були побудовані прогностичні гідродинамічні сітки, за якими визначені витрати нагнітальних систем та радіуси їх впливу. За гідродинамічними картами можна також визначати швидкість фільтрації в будь-якій ланці, положення контакту стоків, які захоронюють, із пластовими водами, що під час цього процесу витісняються. І таким чином можна спостерігати гідродинамічну “перебудову” регіональних областей живлення. Сумарна продуктивність нагнітальних систем при стаціонарному режимі, за оцінками [1] для вказаних умов ДДЗ, складає приблизно 10 млн м³/рік.

У результаті аналізу гідрогеологічних даних було запропоновано [1] Західномихайлівську структуру ДДЗ, як приклад полігону для підземного захоронення стічних вод Кременчуцького нафтопереробного заводу. Як пласт-колектор рекомендувалися проникні породи середньо- і ранньокам'яновугільного віку (C_1-C_2). Розрахунок масопереносу при захороненні стічних вод у надра виконано з допомогою комп'ютерних засобів. Як показали лабораторні дослідження [1], промислові стоки і пластові води мають добру фізико-хімічну сумісність.

Отже, не можна широко вводити в дію проекти з видобутку нетрадиційних ВВ в Україні, не виконавши комплексу попередніх дослідно-експериментальних полігонних робіт із залученням сучасних інформаційних та космічних технологій з метою виявлення та оцінки впливу на екологію довкілля процесів, пов'язаних з їх видобутком. У межах ДДЗ це передовсім стосується питних водоносних горизонтів у відкладах сеноман-юра (K_{2cm-J}).

Список використаних джерел

1. Моделирование гидрогеологических условий охраны подземных вод / Кол. авторов. Киев: Наук. думка, 1980. 192 с.
2. Лялько В.І., Азімов О.Т., Яковлев Є.О. Прогнозне оцінювання потенційного забруднення підземної гідросфери у зв'язку з видобутком нетрадиційних вуглеводнів (з використанням дистанційних даних). *Укр. журн. дистанційного зондування Землі*. 2017. Вип. 14. С. 12–16. <https://doi.org/10.36023/ujrs.2017.14.107>
3. Сучасні методи дистанційного пошуку корисних копалин; за ред. В.І. Лялька і М.О. Попова. Київ: ЦАКДЗ ІГН НАН України, 2017. 221 с. ISBN 978-966-02-8295-7

Результати оцінки ефективності застосування методів комп'ютерної кластеризації для регіоналізації даних з розподіл урану в підземних водах та в надрах України

Азімов О.Т.

ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України», azimov@casre.kiev.ua

Наразі Україна належить до країн, що відчувають дефіцит водних ресурсів [1]. Ця проблема особливо загострилася після руйнації російськими окупантами 06.06.2023 р. греблі Каховського водосховища. У цьому контексті підземні води відіграють важливе значення в забезпеченні населення ресурсами питних вод. Разом з цим існує гостра необхідність у контролі якості підземних вод та у запобіганні міграції до відповідних горизонтів різноманітних токсикантів, що мають як техногенне, так і природне походження, наприклад, урановмісних сполук.

Зокрема, на території України є родовища урану, які можуть чинити негативний вплив на якість підземних вод. Найбільша концентрація урану в надрах держави пов'язана з урановою провінцією Українського щита, де містяться найбільші промислові родовища цієї сировини. Також перспективними є провінції Волино-Подільська і Донецька. Остання приурочена до Донецької складчастої споруди. Інша частина території України характеризується слабкою концентрацією урану. Таким чином, щодо забруднення питних водоносних горизонтів сполуками урану з відповідних покладів зоною ризику насамперед є центральна та південно-східна частини території України з відносно високою щільністю населення й низькою забезпеченістю водними ресурсами.

У зв'язку з зазначеним дослідження екологічного впливу урану на питні властивості та характеристики підземних вод нашої держави є важливою науковою проблемою. Частково до розуміння, як на ці процеси, поряд зі значеннями концентрації урану в надрах за даними Казенного підприємства «Кіровгеологія», впливають геологічні (тектонічні), кліматичні (кількість атмосферних опадів) і деякі геохімічні (гумусність ґрунту, твердість поверхневих вод, концентрації в них F, Fe, SO₄ і As) фактори регіонального масштабного рівня підійшли автори публікації [2]. Ці фактори представлено було відповідними параметрами, названими "екологічними". Їх пов'язаність з ураном у підземних водах досліджувалася за допомогою декількох методів просторової статистики та неконтрольованої класифікації.

Натомість для визначення однорідних регіонів підвищеної концентрації урану в підземних водах в Україні було застосовано декілька алгоритмів машинного навчання, що контролюється.

У результаті спільний вплив геологічних, кліматичних і геохімічних факторів на розподіл урану дозволив дослідникам [2] отримати прогностні просторові моделі, що описують як зв'язки між параметрами, так і зони потенційного перевищення допустимих характеристик якості підземних вод. Отож, було виділено три основні зони з різними умовами накопичення урану в підземних водах (рис. 1).

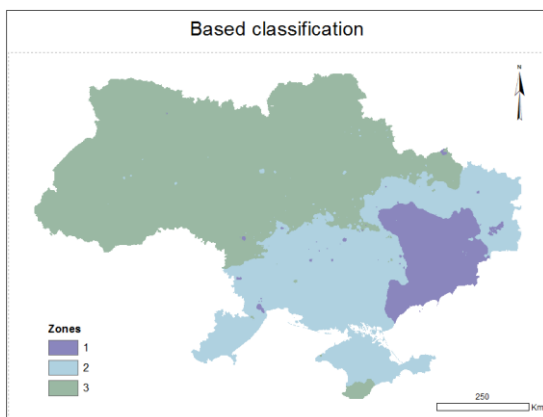


Рисунок 1 – Основні зони з різними умовами накопичення урану в підземних водах в Україні [2].

На наш погляд, враховуючи апіорні дані й відомі нам з досвіду багаторічних геоecологічних робіт по території України свідчення з її структурно-тектонічної будови, з речовинного складу вмісних гірських порід, з гідрогеологічних особливостей, з ландшафтно-кліматичних умов (клімат, ґрунти, гідрологія, рослинний покрив тощо), а також деякі інші матеріали, вважаємо, що наведена на рисунку 1 картосхема адекватніше відображала б реальну ситуацію, якщо була б уточнена таким чином. А саме:

- увесь Карпатський регіон повинен являти собою самостійну область;
- увесь північ України (Полісся) також необхідно представити як самостійну область;
- регіон Закарпаття потрібно виокремити в самостійну підобласть, щоб він не зливався в єдиний клас зі складчастими Карпатами;

- у південно-східній частині Дніпровсько-Донецького авлакогену (регіон складчастого Донбасу) також необхідно виділити окрему підобласть.

Отже, під час застосування методів комп'ютерної кластеризації для об'єктивної регіоналізації даних з розподіл урану в надрах та підземних водах з метою контролю якості останніх як у регіональному, так і зональному плані в подальшому необхідно враховувати більшу кількість ландшафтно-геологічних параметрів по регіонах території досліджень. Зокрема, серед них – це різноманітні геохімічні бар'єри на шляхах масопереносу урановмісних сполук до горизонтів питних підземних вод, рН і Eh та ін. характеристики ґрунтів, підземних, насамперед ґрунтових, вод тощо. Зважаючи на позитивний досвід впровадження технологій дистанційного зондування Землі з метою ідентифікації розривних порушень земної кори як шляхів вертикального масоперенесення (проникнення) різноманітних флюїдів [3], вважаємо що є аргументована потреба у використанні відповідних даних у процесі вирішення означеної проблеми.

Також необхідно ретельніше виконувати регресійний аналіз взаємозв'язків між даними різної фізичної природи, використовувати ширший спектр математичного апарату, алгоритмів машинного навчання та програмного забезпечення тощо.

Список використаних джерел

1. Рекомендації Всеукраїнської науково-практичної конференції «Рациональне використання водних ресурсів як фактор забезпечення національної безпеки України». *Матеріали VII Пленуму Спілки економістів України та Всеукр. наук.-практ. конф. (вересень 2012 р.)*. Київ: Спілка економістів України, 2012. С. 260–275.

2. Govorov M., Gienko G., Putrenko V. Supervised machine learning for regionalization of environmental data: Distribution of Uranium in groundwater in Ukraine. *Proc. of the ICA, May 2018*, p. 1-4. <https://doi.org/10.5194/ica-proc-1-50-2018>

3. Азімов О.Т. Дослідження диз'юнктивних дислокацій земної кори аерокосмічними методами (на прикладі регіонів України): автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Київ: ІГН НАН України, 2008. http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe

On Prospects for Small Hydropower during the War and in the Post-War Recovery of Ukraine

Stefanyshyn D. V.

*Institute of Telecommunications and Global Information Space of
NASU, Kyiv, E – mail: d.v.stefanyshyn@gmail.com*

Energy generation and transmission became a crucial and topical problem in Ukraine during the war and will remain a major challenge in our country's post-war recovery. Wide discussion about how during the war and the post-war recovery to reform the energy sector began almost immediately after the full-scale invasion of the country by russian troops, despite the intensification of hostilities and the uncertainty of all the social, economic and environmental consequences of the war [1]. The war exacerbated existing problems and revealed several new ones in the country's energy sector, which became impossible to ignore during the war and in the post-war period. The energy sector becomes crucial to launching processes of living space revitalization within the country, individual cities and communities, and the restoration of critical infrastructure.

The domestic energy sector renovation has now to occur concerning novel conditions including decentralization in the country and the importance of humanitarian engineering implementation when solving local social and environmental problems. In many cases, using renewable energy and applying distributed generation are discussed as a unique chance and the only possibility to tackle local energy problems [2]. Localised distributed renewable energy generation is believed to support humanitarian engineering and the sustainability of communities in the best way. However, in any case, appropriate resources and opportunities should be analysed before decision-making. Choosing an option to develop a local energy generation portfolio should include a comprehensive feasibility analysis of projects accounting for key incentives and barriers and a full-fledged holistic environmental impact analysis of proposed technologies. Simultaneously, we should exclude unworthy speculations that touch people suffering, especially from investors interested in the feed-in tariff (FIT) profits.

This report analyses prospects for small hydropower (SHP) during the war and in Ukraine's post-war recovery in the context of the feasibility of SHP development to solve problems of decentralization of energy generation in the country including possible environmental impact challenges. The work became possible thanks to the kind invitation to be a contributing author for the United Nations Industrial Development Organization and International

Centre on Small Hydro Power publication The World Small Hydropower Development Report 2022 (WSHPDR 2022) [3, 4].

When assessing Ukraine's unused SHP potential, many experts mention small and medium-sized rivers, often mostly untouched Carpathian Rivers. This already narrows our possibilities. On the whole, Ukraine's SHP potential is poor because of the relatively low and uneven river runoff, and the country's geographic peculiarities including climate change effects [3-5]. There are also questions about the feasibility of SHP development because of the small installed capacity utilization rate (ICUR) values despite being eligible to benefit from the FIT [3, 4, 6]. In particular, our analysis of small hydropower development after FIT implementation shows that between 2013 and 2020 the ICUR of SHP in Ukraine decreased from approximately 44 % to 20 % [3, 4]. Small values of the ICUR may indicate insufficient reliability of domestic SHP as a stable energy producer in local power grids. For comparison, in 2019, the domestic wind energy industry reached the similar ICUR's value of 20% [3]. In the Ukrainian case, it is also unclear if the impact of SHP on the environment is acceptable when comparing different adverse social and ecological consequences with energy possibilities [5].

At the same time, Ukraine has a so-called "hidden" small hydropower potential. It stands to present in existing non-powered dams, thousands of municipal and industrial reservoirs and ponds, and the widespread sewage and wastewater treatment infrastructure. This hidden potential has not yet been thoroughly studied in the country although it could boost the implementation of successful SHP projects while reducing their potential adverse environmental impacts [4].

References

1. Відбудова України: принципи та політика. За ред. Ю. Городніченка, І. Сологуб, Б. Ведер ді Мауро. Паризький звіт 1, Centre for Economic Policy Research, 2022.
2. Kostenko, G., and Zgurovets, O. (2023). Current State and Prospects for Development of Renewable Distributed Generation in Ukraine. System Research in Energy, 2 (73), 4-17. <https://doi.org/10.15407/srenergy2023.02.004>.
3. World Small Hydropower Development Report 2022. Eastern Europe. D. Stefanyshyn, "Ukraine". UNIDO, Vienna, Austria; ICSHP, Hangzhou, China, 2022, 72-82. Available at www.unido.org/WSHPDR2022.
4. World Small Hydropower Development Report 2022. Case Studies. D. Stefanyshyn, and A. Petrosian, "Unlocking the hidden hydropower potential of wastewater treatment facilities (Ukraine)". UNIDO, Vienna,

ICSHP, Hangzhou, 2022, 58-62. Available at www.unido.org/WSHPDR2022.

5. Stefanyshyn, D. V. (2018). On peculiarities of hydropower development in the world and in Ukraine. *Env. Safety and Nat. Resources*, Vol. 25 (1), Kyiv, KNUBA, ITGIP NASU, 12-23.

6. Stefanyshyn, D. V. (2019). Feasibility analysis of construction of new hydropower plants in Ukraine taking into account the risk of unused possibilities. *Env. Safety and Nat. Resources*, Vol. 31 (3), Kyiv, KNUBA, ITGIP NASU, 33-45.

**До питання обчислення коефіцієнта
гідралічного опору за допомогою ансамблю штучних
нейронних мереж**

Ходневич Я.В., Стефанишин Д.В.

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
НАН України*

E – mail: ya.v.khodnevych@gmail.com, d.v.stefanyshyn@gmail.com

Штучні нейронні мережі (ШНМ, нейронні мережі, нейронні обчислення) є однією з найбільш популярних і швидкозростаючих областей наближених обчислень, забезпечують гнучкий і високоєфективний інструмент для математичного моделювання і прогнозування в різних сферах людської діяльності. Найбільш широко ШНМ використовуються в умовах неповних наборів даних та за відсутності чітких алгоритмів або правил, яких слід дотримуватися при розв'язанні поставлених завдань [1, 2].

Існує два основних підходи у машинному навчанні, які перевершують традиційні алгоритми при застосуванні ШНМ: глибоке навчання і ансамблевий підхід. Нейронні обчислення на основі глибокого навчання (Deep Learning) можуть масштабувати та вирішувати складні завдання і суттєво підвищувати точність прогнозування в широкому діапазоні областей їх застосування. Втім, головною проблемою глибокого навчання є те, що для налаштування оптимальних гіперпараметрів моделей поряд з належними знаннями, що стосуються предметної області досліджень [3], необхідно мати значні знання і досвід власне в області нейромережових технологій. Налаштування оптимальних гіперпараметрів часто потребує проведення тривалих випробувань, що в сукупності може суттєво

ускладнювати розв'язання прикладних завдань [4], оскільки нейронні мережі відзначаються нестабільністю алгоритмів навчання [5]. При цьому більш складні (глибокі) ШНМ є більш схильними до перенавчання (overfitting) [2, 4].

Ансамблевий підхід ґрунтується на ідеї об'єднання (інтеграції) [4, 6] кількох базових (традиційних) моделей машинного навчання в одну структуру для створення більш потужної комбінованої моделі, яка за ефективністю може перевершити окремі її складові і здатна суттєво підвищити точність прогнозування. Водночас ансамблеве навчання сприяє підвищенню стійкості моделі і зменшенню ризику перенавчання завдяки різноманітності вихідних базових моделей [4, 6].

У цій доповіді розглядається задача обчислення наближеного значення коефіцієнта гідравлічного опору Шезі \tilde{C} за допомогою такого ансамблю ШНМ:

$$\tilde{C}(x_1, x_2) = C_A \pm \varphi, \quad x_1 \in \{n, \Delta, S_f, B\}, \quad x_2 \in \{h, R\}, \quad (1)$$

де $C_A = f(x_1, x_2)$ – значення коефіцієнта Шезі в першому наближенні, що обчислюється за допомогою базової ШНМ, яка була апробована в попередніх дослідженнях [2, 3], що включали в себе вивчення предметної області, уточнення необхідних наборів даних, розробку базової моделі з врахуванням ускладнення архітектури ШНМ шляхом збільшення кількості її шарів та нейронів; $\varphi = f(x_1, x_2)$ – величина уточнення, яка встановлюється за допомогою двох додаткових ШНМ, що будуються на основі базової моделі мережі; n – коефіцієнт шорсткості Гоклера-Меннінга; Δ – висота виступів шорсткості; S_f – гідравлічний ухил; B, h – середні ширина та глибина потоку; R – гідравлічний радіус.

Ідея ансамблю подібного до (1) була запропонована Дж. Тьюкі (Tukey) ще в кінці 1970-х [6]. Для створення необхідного різноманіття серед базових класифікаторів при розв'язанні завдання обчислення значення коефіцієнта гідравлічного опору згідно моделі (1) застосовувалась стратегія формування однорідного ансамблю з однотипних класифікаторів та стратегія використання незалежних наборів даних для кожного класифікатора [4]. Підмножини навчальних прикладів для окремих ШНМ, які формували ансамбль, створювалися згідно з методом пакетування (Bagging) [4]. Відповідно, для навчання окремих ШНМ ансамблю (з використанням методу зворотного поширення похибки [2, 3]) застосовувалася паралельна ансамблева техніка [4, 6]. Об'єднання вихідних даних учасників ансамблю в один

вихідний результат прогнозування згідно моделі (1) здійснювалось за методом голосування [4].

Література

1. Soft computing approach for mathematical modeling of engineering problems. (2022). Ed. by A. Ahmadian, and S. Salahshour. Taylor & Francis Group, London, N.Y., 203 p.
2. Khodnevykh, Y., Stefanyshyn, D. (2023). Do we need a more sophisticated multilayer artificial neural network to compute roughness coefficient? Екологічна безпека та природокористування, 48 (4), 170-182.
3. Khodnevykh, Y., Stefanyshyn, D., Korbutiak, V. (2023). The Chezy Roughness Coefficient Computing Using an Artificial Neural Network to Support the Mathematical Modelling of River Flows. In: Dovgyi, S., Trofymchuk, O., Ustimenko, V., Globa, L. (eds) Information and Communication Technologies and Sustainable Development. ICT&SD 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, Vol. 809. Springer, Cham., 444-458.
4. Mohammed, A., and Kora, R. (2023). A comprehensive review on ensemble deep learning: Opportunities and challenges. Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences, 35, 757-774.
5. Breiman, L. (1996). Stacked regressions. Machine Learning, 24 (1), 49-64.
6. Rokach, L. (2010). Ensemble-based classifiers. Artificial Intelligence Review, 33, 1-39.

Дослідження змін екосистеми району Оскільського водосховища під впливом антропогенних факторів у 2022–2023 роках за даними супутникового моніторингу

*Андрєєв С.М. *, Афанасьєв Ю.В.**., Ларінцев К.Ю. **

**Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», E-mail: s.andreev@khai.edu*

***Харківський національний університет радіоелектроніки*

Широкомасштабна військова агресія росії проти України несе суттєві збитки у всіх сферах життя людини, інфраструктури. Порушення стану екосистеми регіонів є однією з основних проблем, яку необхідно досліджувати для визначення змін стану екосистеми та

прогнозу її відновлення. Для вирішення стану екосистеми Оскільського водосховища були вирішені наступні задачі:

1. Оцінка стану Оскільського водосховища до 24.02.2022. (*EO Browser / Sentinel-2*)

2. Отримання космічних знімків району дослідження (*EO Browser / Sentinel-2* / канали: B3, B4, B8, B12)

3. Створення синтезованого супутникового зображення в штучних кольорах (рис.1).

4. Візуальне порівняння знімків

5. Розрахунок водного індексу NDWI для знімків. Визначення порогового значення індексу NDWI

6. Створення карти зміни екосистеми району Оскільського водосховища під впливом антропогенних факторів.

7. Оцінка змін екосистеми на основі порівняння даних ДЗЗ за 2022 та 2023 рока (рис.2).

За результатами дослідження наслідків підриву дамби Оскільського водосховища систему негативних факторів та їх вплив на екосистему Харківського регіону було визначено наступне:

1. За даними космічних знімків, визначено, що затоплення території почалось 1 квітня 2022 року.

В районі н.п. Оскіл ширина затоплення збільшилась з 30 м до 250 м. Активна фаза підйому води спостерігалась 1–4 квітня 2022.

2. Визначено, що процес обміління водосховища (зниження рівня води) відбувався два рази – на початку квітня та на початку жовтня.

3. За результати дослідження зміни вегетаційного індексу (NDVI) визначено його збільшення у серпні 2022 року в порівнянні з минулими роками.

4. Дослідження нормалізованого диференційного індексу води (NDWI) дозволило визначити подальше зменшення рівня води, що впливає на вегетаційні процеси. Перевірка дааного впливу підтверджена розрахунком вегетаційного індексу (NDVI) за 2021, 2022, 2023 роки.

5. Аналіз поточних даних свідчить про те, що прогнози щодо відновлення рівня води не відтворилися. Прогнозування відновлення екосистеми регіону потребує ретельних досліджень на основі нових даних.

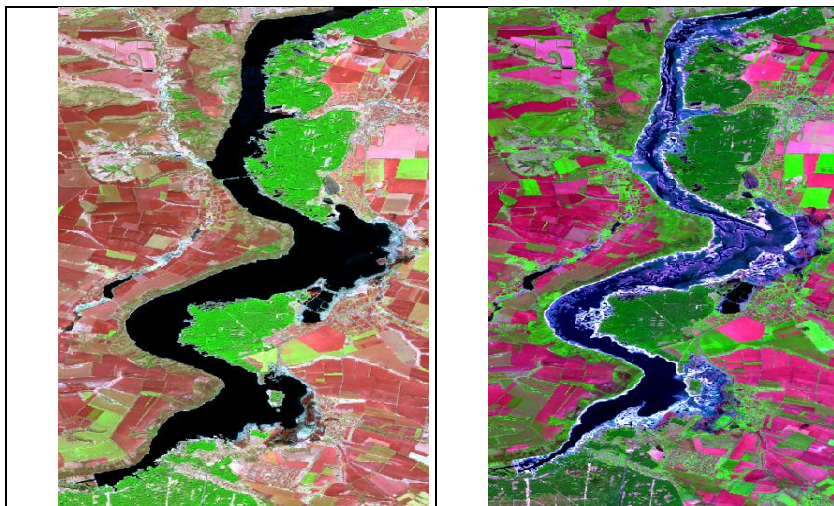


Рис.1 Формування синтезованого супутникового зображення

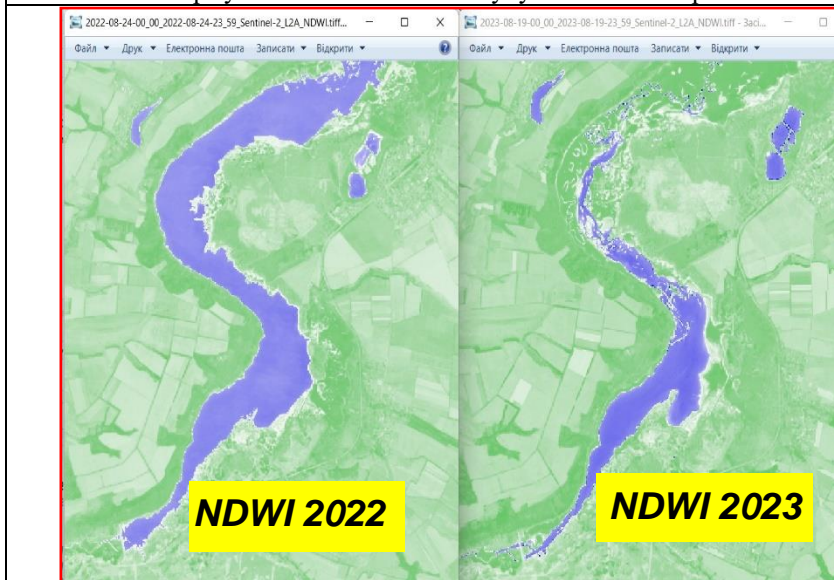


Рис.2 Різниця індексів NDWI за 2021 та 2023 роки.
(NDVI 2023-NDVI 2021)

Комплексне застосування засобів ГС дозволяє підвищити якість контролю стану довкілля та прийняття обґрунтованих рішень щодо його відновлення та збереження.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1) Моніторинг навколишнього середовища з використанням космічних знімків супутника NOAA. Монографія. / Довгий С.О., Пащенко Р.Е., Красовський Г.Я., Андрєєв С.М. та інш. / Під ред. Довгого С.О./ -К.: «НПП «Интерсервис», 2013. – 313 С.

Інформаційна технологія визначення тематичних точок на підстильній поверхні Землі із використанням даних дистанційного зондування Землі, отриманих з різних джерел

Вишняков В.Ю.¹, Глуган Ф.В.², Просянкіна-Жарова Т. І.¹

¹Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України,

²Управління інституційного розвитку та процесного менеджменту Міністерства оборони України,

E - mail: wishnyu_dzz@ukr.net, arr55005@gmail.com, t.pruyman@gmail.com

Ситуація військового конфлікту продемонструвала надзвичайну важливість забезпечення ефективного космічного спостереження. Враховуючи особливості отримання матеріалів космічної зйомки (далі - КОКС), завдяки участі комерційних операторів космічних систем, з'явилась можливість в повному обсязі бачити зображення руйнувань, жертв, екологічних наслідків, техногенних катастроф, тощо, спричинених військовою агресією.

Одним з джерел інформації про стан ситуації є використання супутникової зйомки, яка здійснюється на території України в зонах особливої зацікавленості. В свою чергу ці зони визначаються замовниками з врахуванням аналітичних висновків, гіпотез та припущень з метою їх підтвердження або спростування.

Метою роботи є розроблення інформаційної технології спеціалізованого моніторингу території України з отриманням тематичної інформації про стан підстильної поверхні з використанням даних дистанційного зондування Землі. На даний час існує багато різних методик, але всі вони не призначені для використання в умовах

військового конфлікту. Тому, тема дослідження є актуальною, має наукове та практичне значення.

В роботі запропоновано модуль обробки даних моніторингу підстильної поверхні території України та певних її точок, найбільш цікавих для замовників інформації із використанням даних дистанційного зондування Землі КОКС. Розробка призначена для використання у системах спеціального динамічного моніторингу, які забезпечують повне охоплення певної досліджуваної території, отримання тематичної інформації за визначеним набором показників та виявлення змін на ній, а також формування набору часових рядів даних спостережень достатньої щільності та достовірності, тощо.

Для досягнення мети, було розв'язано низку часткових задач. Перш за все, це задача створення наборів даних, призначених для подальшої інтерпретації часової послідовності зображень. Було побудовано систему сіток шестикутників, унікально класифікованих по всіх областях України (рис. 1а); векторний шар зон зйомки, що здійснювалися КОКС за визначений проміжок часу (рис. 1б).



Рисунок 1 – Розташування сітки та векторного шару зйомки

Наступним етапом є виконання робіт із збору та оброблення великих обсягів даних дистанційного зондування Землі, в тому числі отриманих різними методами, їх підготовки до подальшого аналізу. Для вирішення цієї задачі застосовані методи інтелектуального аналізу даних, оптимальної фільтрації, кластерний аналіз, візуалізація результатів на різних етапах дослідження.

За результатами аналізу даних, для визначення чисельних характеристик зацікавленості запропоновано коефіцієнт, який враховує площу покриття (кількість чарунок); загальну площу зйомки; кількість знімків зроблених по областях; кількість відзнятих чарунок по області; сумарна вага відзнятих чарунок по областях.

$$K_i = N_i * P_i * S_i, \quad (1)$$

де N_i - частка відзнятих чарунок до загальної кількості чарунок по області; P_i - частка відзнятої території області від відзнятої території по Україні; S_i - частка площі покриття зйомкою від загальної площі зйомки області (P).

Оскільки знімання території здійснюється не рівномірно, для покращення якості прогнозів для всієї території, запропоновано показник інтенсивності знімання ділянки у відсотках (2):

$$K_i \% = \frac{(K_i)}{\sum K_i} \quad (2)$$

Результати тематичного аналізу представлені у вигляді схеми та на графіку (рис.2), що описує інтенсивність супутникової зйомки КОКС у певних зонах точок зацікавленості областей України та таблиця кількості знімків за період часу та відсотку відзнятої території області.

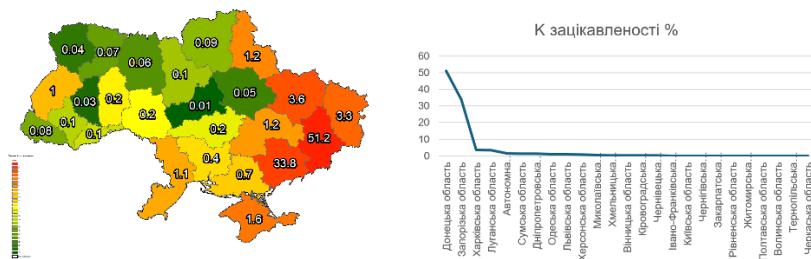


Рисунок 2 – Візуалізація результатів дослідження

В подальшому розробка може бути розширена за рахунок використання методів ймовірнісного моделювання та штучного інтелекту та використовуватись як технологія подвійного використання.

Список використаних джерел

1. Білгородов О.О., Жилков А.О., Ілючок О.М. Тенденції розвитку орбітального сегменту національної системи забезпечення інформацією дистанційного зондування землі структур національної безпеки та оборони. *Вісник Східноукраїнського Національного Університету імені Володимира Даля*. 2022 № 3 (273). С. 58-65. <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2022-273-3-58-65>

2. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 28 серпня 2013 р. № 657-р «Про схвалення концепції проекту Закону України “про державне регулювання у сфері дистанційного зондування землі”». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/657-2013-p#Text>

3. Космічний домен в інтересах збройного протидіювання. URL: <https://armyinform.com.ua/2023/03/02/kosmichnyj-domen-v-interesah-zbrojnogo-protyborstva/>

4. Моніторинг навколишнього середовища з використанням космічних знімків супутника NOAA / Пашенко Р.Е., Радчук В.В., Красовський Г.Я. та ін. // Під ред. С.О. Довгого. Київ: ФОП Пономаренко Є. В., 2013.– 316 с.

5. Zhu Z., Qiu S., Ye S. Remote sensing of land change: A multifaceted perspective *Remote Sensing of Environment*. 2022. Vol. 282. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.113266>

Створення геопорталу моніторингу лісових втрат Харківської області

Горелик С.І., Саул-Гоце Д.К.

Національний аерокосмічний університет ім.М.Є.Жуковського «ХАІ», d.k.saulhoze@student.khai.edu

Розвиток постійно зростаючих потреб людства у відновлюваних та невідновлюваних біоресурсах диктує створення комплексних додатків для моніторингу та підрахунку їх кількості та якості. Одним з таких відновлюваних за досить довгий час є лісові ресурси. За даними Державного агентства лісових ресурсів обсяги лісовтрат досягають десятки, а іноді тисячі кубометрів деревини на рік.

Актуальність дослідження полягає у прогресуючій кількості полігонів знеліснення через активні бойові дії на території України внаслідок збройної агресії РФ та розрахунку кількості показників актуальних полігонів лісовтрат за 2023-2024 рік.

Об'єктом дослідження є процес створення геопорталу моніторингу полігонів знеліснення на території Харківської області.

Предмет дослідження – методика створення Геопорталу моніторингу лісовтрат на території Харківської області.

За допомогою геоінформаційних технологій хмарного зберігання із залученням даних ДЗЗ можна створювати комплексні WEB-додатки (геопортали) для візуалізації, збереження, розповсюдження та обробки інформації зон знеліснення, що виникли внаслідок антропогенного навантаження або несприятливих погодних умов. Геопортал із зазначенням картографічної основи, що досягнена за допомогою кодової обробки та цифрової обробки зображення даних супутникового

знімання Sentinel-2, може бути універсальним рішенням для поширення та актуалізації масштабів полігонів лісовирубування або територій лісових пожеж, що за досягнення незначних часових та матеріальних затрат може видавати бажану точність дослідження.

Геопортал було створено за допомогою активних бібліотек наборів геоданих лісового покриву на основі індексів вегетації та комплексних тематичних растрів у Google Earth Engine та програмних застосунків ArcGIS Desktop Pro та ArcGIS Online.

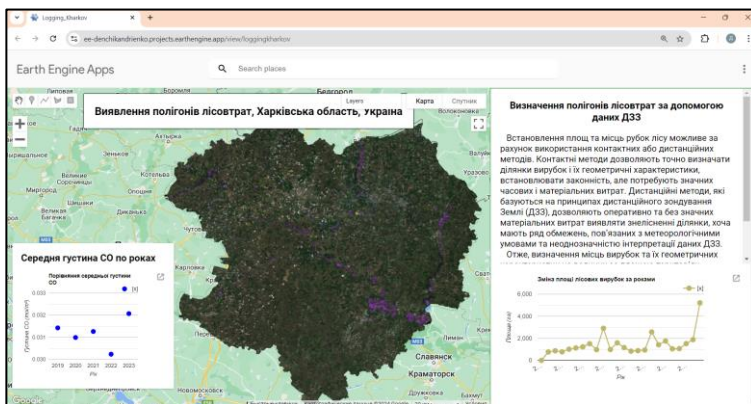


Рис.1 – Фрагмент Геопорталу моніторингу лісовтрат Харківської області, Україна

Рішення зі створення геопорталу моніторингу лісовтрат на території Харківської області було впроваджено методом комбінованої кодової обробки та обчислювальних потужностей комплексів програмних WEB-додатків Google Earth Engine (GEE) та ArcGIS Online.

Комплексна основа сайту для геопорталу створена на основі ПЗ Microsoft Visual Studio Code мовами програмування .HTML та мовою формальної стилізації .CSS. Розроблення коду та використання наборів просторових геоданих з прив'язкою координат проведена мовою програмування JavaScript.

Створено мультисторінковий лендінг з пов'язаною картографічною інформацією, що має тематичний аналітичний супровід з площинних розрахунків території лісовтрат Харківської області.

Перелік літератури

1. Відкритий Реєстр Дозвільних документів на заготівлю деревини (2022) / [електронний ресурс]. URL: <https://lk.ukrforest.com/forest-tickets/index>;
2. Copernicus Open Access Hub (2022) / [електронний ресурс], URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>;
3. NASA Global Precipitation Measurement (GPM) / [електронний ресурс], URL: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/NASA_GPM_L3_IMERG_V06;
4. NASA Global Precipitation Measurement (GPM) / [електронний ресурс], URL: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/NASA_GPM_L3_IMERG_V06;
5. Hansen, M.C., et al. (2023). Global Forest Change (Version 1.11) / [електронний ресурс], URL: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/UMD_hansen_global_forest_change_2023_v1_11.

Локалізація зон негативного впливу твердого стоку на водні екосистеми з використанням ГІС технологій

Гребень О.С., Мацегор Д.М.

Національний аерокосмічний університет ім.М.Є.Жуковського «ХАІ», a.greben@khai.edu

Полтавська область має 146 річок загальною протяжністю 5100 км, серед яких Дніпро та Псел є найбільшими водними артеріями. Забруднення цих річок твердим стоком, що надходить з поверхневого стоку, є серйозною екологічною проблемою. Тверді стоки можуть включати різні забруднюючі речовини: осади, сміття, хімікати та інші частинки, що потрапляють у водні екосистеми внаслідок людської діяльності.

Зростання потреб у ресурсах та інтенсифікація сільськогосподарської та промислової діяльності збільшують обсяг забруднень, що надходять до річок через стоки. Вода з дощів і танення снігів змиває ці забруднення з поверхні, включаючи агрохімікати, добрива та відходи, і вони потрапляють до водних об'єктів, особливо в менші річки та струмки, яких у регіоні налічується близько 1600.

Для ефективного моніторингу забруднення та управління водними ресурсами необхідно застосовувати геоінформаційні технології. Створення спеціалізованих веб-додатків та геопорталів на базі

супутникових даних, таких як Sentinel-2, може сприяти візуалізації та аналізу рівнів забруднення. Такі інструменти дозволяють зменшити екологічний вплив та покращити управління водними ресурсами, забезпечуючи точність даних за відносно низьких витрат часу і ресурсів.

Актуальність дослідження: Забруднення водних екосистем твердим стоком є однією з ключових екологічних проблем Полтавської області, оскільки стоки з аграрних і промислових територій спричиняють значне погіршення якості води в річках і водосховищах. Зростання антропогенного навантаження на водні об'єкти диктує необхідність впровадження сучасних технологій моніторингу забруднень для збереження екосистем.

Об'єкт дослідження: Кременчуцьке водосховище, що піддається впливу твердого стоку.

Предмет дослідження: Методики моніторингу та оцінки забруднення водних екосистем твердим стоком із використанням геоінформаційних технологій, супутникових даних та цифрових інструментів для візуалізації і аналізу забруднень.

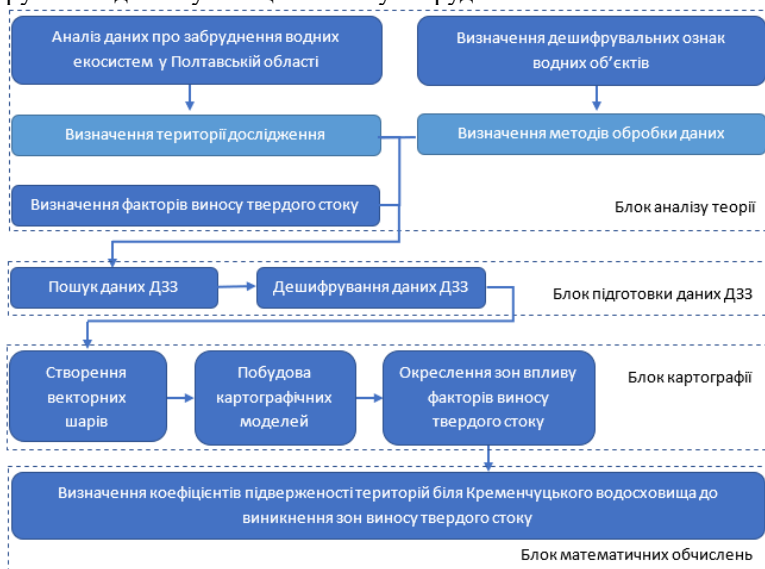


Рис.1 – Структурна схема процесу моніторингу забруднення водних екосистем твердим стоком

За допомогою геоінформаційних технологій хмарного зберігання із залученням даних ДЗЗ можна створювати комплексні WEB-додатки

(геопортали) для візуалізації, збереження, розповсюдження та обробки інформації зон забруднень, що виникли внаслідок природного чи антропогенного впливу прокання процесів виникнення твердого стоку до водних екосистем. Геоінформаційна система із зазначенням картографічної основи, що буде створена за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення та цифрової обробки зображення даних супутникового знімання Sentinel-2, може бути універсальним рішенням для поширення та актуалізації масштабів полігонів забруднення водних екосистем, що за досягнення незначних часових та матеріальних затрат може видавати бажану точність дослідження.

Перелік літератури

1. Виявлення та локалізація небезпечних зон негативного впливу підтоплень з використанням ГС технологій : пояснюв. зап. до диплом. проекту (роботи) бакалавра : 193 - геодезія та землеустрій / Д. Мацегор; керівник О. Бутенко. - Харків, 2023. - 62 с.

2. Greben, O. Features of reservoirs eutrofication by elements of agrochemical fertilizers / O. Greben, O. Trofimchuk // Екологічна безпека та природокористування. – 2018. – Випуск 4 (28). – С.65-70;

3. O. Trofymchuk, V. Trysnyuk, A. Greben and G. Krasovskiy, "Interpretation of Remote Sensing Data for Ecological Tasks," 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW), Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 772-775;

4. Рішення Полтавської обласної ради «Про затвердження регіональної схеми формування екологічної мережі Полтавської області» / [електронний ресурс], URL: https://oblrada-pl.gov.ua/sites/default/files/field/docs/11_6.pdf.

ГС-моделювання для прогнозування впливу рішень у сфері управління землекористуванням

Підсадній С.Г.

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
Національної академії наук України,
E-mail: conference.itgis@gmail.com*

Зміни в землекористуванні мають багатосторонній вплив на стан та функціонування соціально-екологічних систем [1,2]. Рішення

як місцевого, так і національного рівня мають довгостроковий вплив на різні аспекти життя людей та стан природного середовища. Наприклад рішення щодо зміни цільового призначення земельної ділянки для будівництва автодороги (розширити площу транспортної розв'язки для більш ефективного руху транспорту чи ні) може змінити транспортні потоки та вплинути на місцеву логістику, збільшити чи зменшити викиди парникових газів. На національному рівні закон щодо зміни повноважень територіальних громад в прийнятті земельних рішень значно вплинув на збільшення розораності та руйнацію залишків природних екосистем, стан забруднення хімічними речовинами, зменшив можливості сільських домогосподарств для розвитку тваринництва, збільшив корупційні ризики [3]. Тобто, важливість рішень щодо управління землекористуванням вимагає як розробку механізмів що забезпечують прозорість прийняття рішень та залучення максимальної кількості зацікавлених сторін, з іншого боку розробку ГІС-моделей для прогнозування впливу земельних рішень на стан соціально-екологічної системи, що буде розглянуто далі.

ГІС-моделювання у даній сфері базується на використанні інтегрованих підходів та системної інтеграції (зокрема цифровізація, розробка порталів, автоматизованих сервісів), які поєднують просторові дані, прогнозне моделювання стану соціально-економічних та технічних систем, залучення зацікавлених сторін тощо. На основі аналізу літератури визначено основні підходи щодо застосування ГІС-моделювання для прогнозування впливу земельних рішень на стан соціально-екологічних систем:

1. Оцінка сценаріїв змін землекористування

Моделі LULC (*Land Use and Land Cover*) використовуються для аналізу змін землекористуванні в контексті змін клімату, впливу на водні ресурси тощо. Такі моделі дозволяють прогнозувати вплив змін у землекористуванні на екологічні системи та інфраструктуру, а також вплив кліматичних та інші природних і соціальних факторів на динаміку землекористування [4,5]. Зокрема цікавими є моделі землекористування (*IMAGE* та *MagPIE*), які аналізують соціально-економіко-кліматичні сценарії (наприклад, *SSP1(Shared Socioeconomic Pathway 1)-RCP2.6 (Representative Concentration Pathway 2.6)*), щоб зрозуміти потенційний вплив на біорізноманіття та управління ресурсами. Також слід зазначити наявність невизначеність у прогнозах землекористування, що зростає з більшою просторовою роздільною здатністю особливо для сільськогосподарських угідь на що впливають соціально-економічні фактори та вибір моделі [6].

2. Моделювання взаємодії змін землекористування та поверхневих вод.

Методологія включає використання просторових моделей для представлення складних взаємодій між землекористуванням та гідрологічними системами, аналізу викидів забруднюючих речовин та впливу управлінських рішень на якість води та відповідно динаміку екосистем [7,8,9]. Зокрема, важливими є просторово-деталізовані моделі (SWAT (Soil and Water Assessment Tool), Hydrological Simulation Program - Fortran (HSPF) тощо) для підтримки прийняття рішень щодо сталого управління землею та водними ресурсами, бо дають можливість оцінити вплив різномасштабних земельних рішень на стан гідросистем та якість поверхневих вод, хоч враховуючи складність систем значним є вплив нелінійності та невизначеності.

Головною особливістю ГІС-моделювання є можливість надати просторово-деталізовану інформацію про стан певної території та з певною долею ймовірності змодельовати зміни в екосистемі, гідросистемі чи соціальній системі внаслідок зміни режиму землекористування на різних масштабних рівнях. Проте слід зазначити що ГІС-моделювання в більшості своєму є лише середовищем для аплікації просторових аспектів більш абстрактних гідрологічних, екологічних, економічних моделей або інтегрованих моделей, що взаємодії та міждисциплінарного підходу для розробки якісних моделей впливу рішень по зміні режиму землекористування на соціально-екологічні системи.

Список літератури:

1. Scheffer, M. (2009). *Critical transitions in nature and society*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv173f1g1>
2. Karki, S., Thandar, A. M., Uddin, K., others. (2018). Impact of land use land cover change on ecosystem services: A comparative analysis on observed data and people's perception in Inle Lake, Myanmar. *Environmental Systems Research*, 7(25). <https://doi.org/10.1186/s40068-018-0128-7>
3. Василюк, О. (2019). Охоронна діяльність в Україні. Українська природоохоронна група (UNCG). <https://uncg.org.ua/oranka/>
4. Bhat, C. R., Dubey, S., Alam, M. J. B., Khushefati, W. H. (2015). A new spatial multiple discrete-continuous modeling approach to land use change analysis. *Journal of Regional Science*. <https://doi.org/10.1111/jors.12201>

5. Wang, J., Ding, J., Ge, X. (2023). Spatial simulation and prediction of land use/land cover in the transnational Ili-Balkhash Basin. Remote Sensing. <https://doi.org/10.3390/rs15123059>

6. Edna, J., Molina, B., Stevanović, M., Bodirsky, B. L., Doelman, J., Chini, L., Volkholz, J., Frieler, K., Reyer, C. G. C., Hurtt, G., Humpenöder, F., Karstens, K., Heinke, J., Müller, C., Dietrich, J. P., Lotze-Campen, H., Stehfest, E., Popp, A. (2024). Future land-use pattern projections and their differences within the ISIMIP3b framework. EGU sphere. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-2441>

7. Scott, T., Larned, T., Snelder, H. (2023). Meeting the growing need for land-water system modelling to assess land management actions. Environmental Management. <https://doi.org/10.1007/s00267-023-01894-x>

8. Haniyeh, S., Gil-García, L., González-López, H. (2024). Integrating hydrological and economic modeling to assess the impacts of adaptation policies. EGU sphere. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-8661>

9. Поліщук, В. В. (2012). Перспективи використання ГІС технологій та гідрологічних моделей для оцінки величини площинного змиву та формування якості вод річкового басейну. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, (1), 34-42.

Розробка геопорталу ділянок самозаліснення Каховського водосховища

Горелик С.І., Сич Р.С

*Національний аерокосмічний університет ім.М.Є.Жуковського
«ХАІ»*

r.s.sych@student.khai.edu

У контексті зміни клімату та антропогенного впливу використання дистанційного зондування для спостереження за змінами в покриві Землі стає все більш важливим.

У червні 2023 року російські загарбники замінували і підірвали дамбу Каховського водосховища. Постраждало не лише населення, але й екосистеми, такі як водні ресурси та лісові насадження. За рік, що минув після руйнації, багато з цих водоносних територій перетворилися на ділянки самозаліснення. Дослідження таких змін є важливим для вивчення впливу на навколишнє середовище та управління природними ресурсами.

Метою цього дослідження є оцінка зміни лісонасаджень та змін у землекористуванні на водні ресурси та лісові екосистеми Каховського водосховища після руйнування ГЕС.

Самозаліснена ділянка – земельна ділянка будь-якої категорії земель (крім земель лісгосподарського призначення, природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення) площею понад 0,5 гектара, вкрита частково чи повністю лісовою рослинністю, заліснення якої відбулося природним шляхом.

Задля реалізації створення геопорталу території Каховського водосховища буде використовуватись програмне забезпечення Microsoft Visual Studio Code з використанням мов програмування HTML та CSS, де буде створена головна сторінка та онлайн-платформа Google Earth Engine з використанням JavaScript, де буде виконано розрахунки та візуалізацію даних. Також у ході роботи використовуються супутникові знімки отримані з ресурсу Planet у високій роздільній здатності (3 матри/піксель) для виконання комбінованого дешифрування ділянок та отримання даних необхідних для розрахунків.

У якості практичної реалізації розробленої методики обрано Каховське водосховище. Для визначення даних супутникового знімання ми можемо використовувати різноманітні Інтернет сервіси, які надають супутникові знімки та дозволяють виконувати безпрецедентний обсяг аналізу супутникових даних. У нашому випадку для виконання візуалізації змін лісового стану та розрахунків площі нових ділянок самозаліснення буде виконуватись онлайн-платформу Google Earth Engine за допомогою даних з супутників Landsat-8 та Sentinel-2 та тематичних наборів даних.

У результаті реалізації додатка створеного за допомогою Google Earth Engine визначено, що площа самозаліснених ділянок зазнала значних змін, наразі площа ділянок самозаліснення території Каховського водосховища складає близько 131 943 гектарів, тоді як станом на початок червня 2023 року площа ділянок лісу складала 15 804 гектарів.

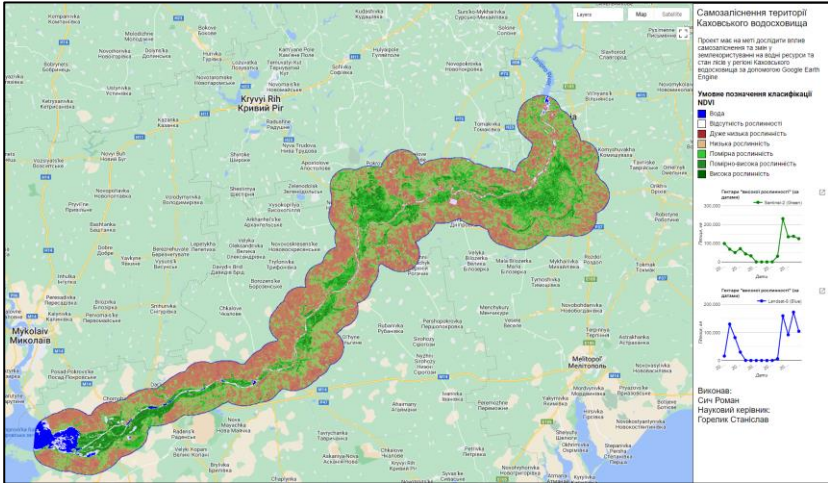


Рис. 1 – Візуалізація ВЕБ-потрапу ділянок самозаліснення Каховського водосховища

Перелік літератури:

1. ЗАКОН УКРАЇНИ Про внесення змін до деяких законодавчих актів щодо збереження лісів
2. Mariushko M. The methodology of obtaining free multispectral remote sensing data of the Earth in problems of studying the status of land cover [Text] / M. Mariushko, R. Pashchenko // Polish Journal of Science, 2021. – Vol. 2, No. 39. – pp. 23 – 29.c.
3. Каховська ГЕС – стійкий розвиток та підтримка регіону / [електронний ресурс], URL: https://uhe.gov.ua/media_tsentr/novyny/kakhovska-ges-stiykiy-rozvitok-ta-pidtrimka-regionu

Метод пошуку можливих джерел забруднення атмосферного повітря на основі аналізу аномалій

Шмундяк Д.О.

Вінницький національний технічний університет,

E - mail: dimashmund@gmail.com

Атмосферне повітря це – компонент природного середовища, який має один з найбільших впливів не тільки на життя та здоров'я людей, але на усі інші живі організми, що проживають на Землі. Протягом останніх десятиліть з багатьох причин спостерігається значне погіршення якості повітря через все більший викид шкідливих речовин та сполук, що безумовно погано впливає на здоров'я населення, особливо на його найбільш вразливі верстви: діти, літні люди, люди з хронічними захворюваннями тощо. Також, варто зазначити, що Україна, як кандидат на вступ до ЄС, буде повинна дотримуватися відповідних директив ЄС щодо контролю за станом атмосферного повітря. Все це робить боротьбу з джерелами забруднення надзвичайно важливим процесом. Особливу увагу варто приділяти тим джерелам, які спричиняють аномальне забруднення, без відома відповідних контролюючих органів.

Отже, метою дослідження є пошук аномальних впливів на стан атмосферного повітря та їх локалізації у просторі і часі, що в подальшому дозволить розробляти управлінські рішення, спрямовані на їх усунення чи мінімізацію.

В статті [1] було запропоновано метод, який дозволяє шукати моменти максимальних значень приросту, що виявляє можливі моменти, коли на річці з'явився новий стаціонарний скид вод. Метод полягає у використанні моделі Prophet для пошуку тренду часового ряду та його подальшій обробці [2]. У моделі Prophet встановлюється значення зміни тренду на початок кожного року і вона повертає початковий тренд k_0 ряду до першої точки зміни d_0 і m приростів $\Delta k_i, i = \overline{1, m}$ тренду між наступними m точками [1]:

$$\hat{y}_i = (k + \Delta k_i) d_i, i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

де \hat{y}_i – стандартизоване значення тренду в i -й точці зміни d_i .

Для виявлення імпульсів отриманого тренду необхідно знайти S суми приростів тренду з накопиченням [1]:

$$S = \sum_{i=1}^m \Delta k_i \quad (2)$$

Важливим, також, є виділення саме суттєвих значень приросту тренду, тому для цього беруться значення більші, ніж на 5% від

максимального значення. Цікавим є саме той вплив, який продовжує наростати, тому необхідно здійснити ще одне інтегрування [1]:

$$J = \sum_{j=i}^m S_i = \sum_{q=j}^m \sum_{j=i}^m \Delta k_{qj}, \quad (3)$$

Останнім кроком є знаходження точок, після яких J продовжує монотонно зростати. Застосувавши формулу (3), отримаємо прирости з накопиченням (рис. 1).

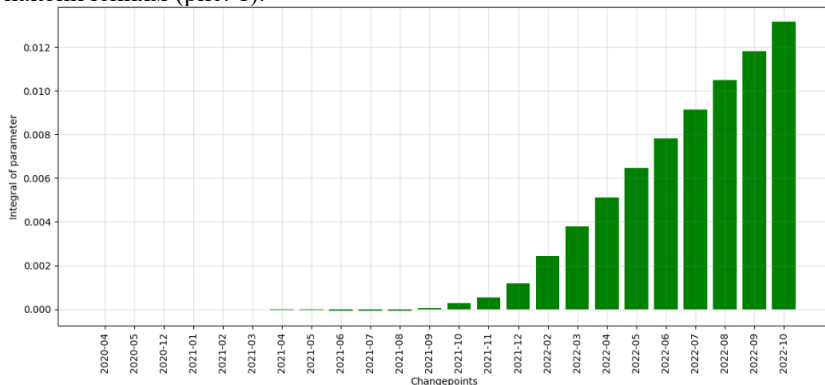


Рис. 1. Значення сум J приростів тренду з накопиченням

Даний метод було успішно перевірено на даних забруднення річкових вод (див. [1]), проте, пропоную його застосовувати і для інших типів даних - показників моніторингу якості атмосферного повітря. Для цього дослідження було використано дані показника пилу PM2.5 від мережі громадського моніторингу EсоCity, отримані з декількох станцій моніторингу атмосферного повітря, розташованих у Вінницькій області (рис. 2).

З рисунку видно, що на станції № 1596 (м. Хмільник), починаючи з 4-го кварталу 2021 року, розпочався сталий вплив забруднення, що продовжувався місяцями. Отримані результати можуть бути передані в Держекоінспекцію у Вінницькій області для порівняння з інформацією про дозволи на викиди та прийняття відповідних рішень.

Отже, метод пошуку можливих джерел забруднення на основі аналізу аномалій є ефективним інструментом, який можна успішно застосовувати для різних типів та джерел забруднення.

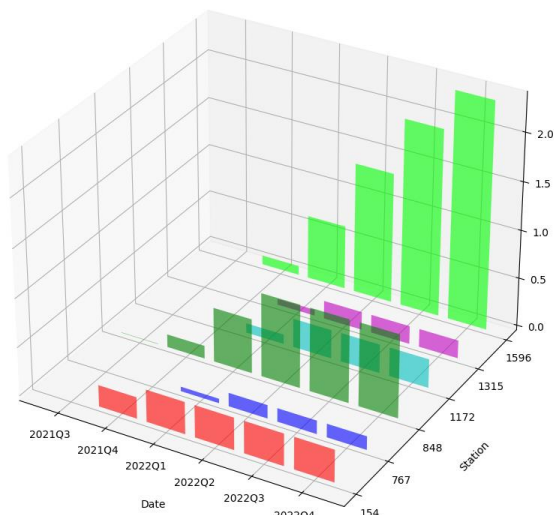


Рис. 2. Результат пошуку аномальних впливів у часі у Вінницькій області за середньоквартальними даними 2020-2022 рр.

Список використаних джерел

1. В. Б. Мокін, О. В. Слободянюк, О. М. Давидюк, і Д. О. Шмундяк, «Інформаційна технологія пошуку можливих джерел підвищеного забруднення річки з використанням моделі Prophet», *Вісник ВПІ*, вип. 4, с. 15–24, Верес. 2020.

2. Taylor SJ, Letham B. 2017. Forecasting at scale. *PeerJ Preprints* 5, <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.3190v2>

Аналіз методів дослідження антропогенного навантаження на річки з використанням моделей інформаційних потоків

Подорожко К. Д.

Національний аерокосмічний університет

ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», e-mail: k.d.buriak@khai.edu

Відповідно до глобальних цілей сталого розвитку ООН однією з концептуальних засад є досягнення мети збалансованого використання водних ресурсів. Можливим шляхом вирішення цієї задачі стає досягнення балансу між антропогенним навантаженням на річки та їх здатністю до відновлення та саморегуляції. Саме тому, питання аналізу

існуючих методів досліджень антропогенного навантаження на річки є надзвичайно актуальним.

Наявні методи оцінювання антропогенного навантаження базуються на сукупності підходів і методів. Основними серед них є:

1. Гідрологічний метод, основним джерелом отримання знань про стан річки якого є моніторинг гідрологічних показників для аналізу водного балансу.

2. Хімічний і фізико-хімічний методи, що базуються на періодичному аналізі якості води та визначенні рівня евтрофікації.

3. Морфологічні методи, що аналізують зміни русла річки та здійснюють моніторинг опадонакопичення.

4. Метод, застосований на використанні даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) і ГИС-моделюванні, основу якого складають космічні знімки та їх аналіз.

Незалежно від методу дослідження процес оцінювання антропогенного навантаження – це інформаційний процес, пов'язаний зі збором, обробленням і використанням потоку даних із різних джерел. Тому, подамо його у вигляді теоретико-множинної моделі інформаційних потоків.

$$I_Pr = (V, Z, \varphi, A, O, \psi), \quad (1)$$

де V – множина вхідних даних процесу;

Z – множина нормативно-правових документів, які регламентують процес;

O – множина вихідних даних процесу;

A – множина операцій, що реалізують процес;

φ – функція оновлення, внаслідок виконання якої уточнюють вхідні дані залежно від вимог нормативно-правових документів множини Z ;

ψ – функція, що визначає правила формування вихідних даних процесу.

Множина $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}$ складається з елементів: v_1 – супутникові знімки русла річки, v_2 – дані аерофотографічного знімання, v_3 – топографічні дані, v_4 – дані щодо витрат води річки, v_5 – дані річкового режиму.

Множина нормативно-правових документів, які регламентують процес I_Pr , $Z = \{z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6\}$ поєднує z_1 – рамкову водну директива Європейського Союзу (2000/60/ЄС), z_2 – водний кодекс України, z_2 – закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», z_3 – норми використання водних ресурсів, z_3 – державні санітарні норми і правила щодо якості води, z_4 – регіональні плани управління водними ресурсами, z_4 – програми поводження з водними ресурсами, z_5 – місцеві екологічні норми та правила, z_6 – рішення

місцевих органів самоврядування щодо водокористування та природоохоронних заходів, які враховують специфіку конкретного регіону або річки.

Множина вихідних даних процесу $O = \{o_1, o_2, o_3, a_4, a_5, a_6\}$, поєднує o_1 – гідрограф режиму річки, o_2 – картографічну модель сільськогосподарської освоєності басейну річки, o_3 – картографічну модель просторово-часової динаміки форми русла, o_4 – індексаторні коефіцієнти факторів антропогенного навантаження, o_5 – комплексну карту русла річки, o_6 – графіки кореляції зміни характеристик русла річки залежно від антропогенних факторів впливу на неї.

Множину $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9, a_{10}\}$ формують операції, пов'язані з обробленням даних дистанційного зондування Землі. Отже, a_1 – отримання супутникових знімків, a_2 – геоприв'язка, a_3 – атмосферна корекція (видалення впливів атмосфери), a_4 – калібрування зображень (нормалізація даних для забезпечення однакових характеристик при порівнянні різних знімків), a_5 – моніторинг змін русла річки (використання багатотемпоральних супутникових знімків для відстеження змін русла річки з часом), a_6 – виявлення ерозійних процесів, a_7 – ідентифікація штучних споруд, a_8 – оцінка якості води, a_9 – моніторинг змін землекористування, a_{10} – просторовий аналіз і картографічне відображення змін.

Виконання функції оновлення вихідних даних – відображення виду:

$$\varphi: V \times Z \rightarrow V, \quad (2)$$

пов'язано з уточненням вхідних даних залежно від вимог регламентуючих документів, тобто елементи множини V при надходженні вимог множини Z можуть змінюватися, оновлюватися і коригуватися в межах процесу (1).

Після уточнення вхідних даних при виконанні функції φ реалізацію процесу I_Pr задає відображення

$$\psi: A \times V \rightarrow O, \quad (3)$$

яке однозначно задає послідовність виконання операцій множини A і дає змогу сформувати виходи процесу I_Pr залежно від входів.

Складена модель інформаційних потоків може бути основою забезпечення інформаційної підтримки при оцінці антропогенного навантаження на річки.

Вдосконалення декодування LDPC-кодів в сучасних системах мобільного зв'язку 5G та космічного зв'язку

*Василенко В.М., кандидат технічних наук, докторант
Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України*

*Зайцев С.В., доктор технічних наук, професор
Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України*

*University of Technology (Politechnika Świętokrzyska), Kielce, Poland
Національний університет «Чернігівська політехніка»*

*Зайцева Л.І., аспірант, Руденок О.А., аспірант, Курбет П.М.,
аспірант*

Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України

Основними каналними кодами з виправленням помилок (або коригувальними кодами) є: коди перевірки на парність з низькою щільністю LDPC (Low-density parity-check code), турбокоди (Turbo codes), полярні коди (polar codes) [1]-[4].

Коди LDPC були прийняті стандартами DVB-S2 (супутниковий зв'язок) і ITU-T G.hn (домашня мережа). Вони також використовуються для 10GBASE-T (Ethernet), DVB-T2 (ефірне телебачення), DVB-S2 (супутник), 802.11n (Wi-Fi), мобільний 5G і Mars Relay Network [5,6]. Mars Relay Network складається з ряду супутників на орбіті навколо Марса, які отримують дані від «марсоходів» на поверхні Марса та повторно передають ці дані на Землю [7]. Наукова лабораторія Марса (або марсохід Curiosity) має можливість передавати свої вимірювання безпосередньо на Землю або через мережу ретрансляції Марса. Прямі канали передачі на Землю використовують турбо-код CCSDS із швидкістю кодування $R = 1/6$ і X-діапазон частот [8]. Частина Марс-орбітальна мережа ретрансляції Марса використовує коди LDPC [9,10] з використанням протоколу космічного зв'язку CCSDS Proximity-1 та несучої UHF.

Коди перевірки парності з низькою щільністю було запропоновано Робертом Г. Галлагером у 1963 р. Але вони були реалізовані, як алгоритми декодування, які в них використовувалися, були надто складними на той час. У 1997 році коди LDPC були наново відкриті Д. Маккеєм та М. Нілом. При повторному вивченні алгоритму, вони виявили, що коди LDPC наближаються до межі Шеннона і можуть працювати краще, ніж турбокоди, але за певних швидкостей кодування.

Коди LDPC є лінійними блоковими кодами з розрідженою парністю перевіреної матриці та мінімальної кількості одиниць. Матриця перевірки парності представлена графічно графом Таннера. Граф Таннера для LDPC-коду є дводольним, контрольні вузли в якому, представляють рядки, а бітові вузли є стовпцями. Кожен контрольний вузол вказує єдиний код перевірки парності. Кількість одиниць поспіль або стовпець матриці називається вагою. У звичайних кодів LDPC вага є постійною для рядків та стовпців. Для нерегулярних кодів рядки та стовпці мають кілька варіантів ваги. Це потужна опція для прямого виправлення помилок. Для фіксованої швидкості мінімальна відстань між цими кодами лінійно залежить від довжини блоку.

Коригуюча властивість LDPC-кодів виправляти помилки визначається алгоритмами декодування, розмірами генеруючих/перевірочних матриць та кількістю ітерацій декодування.

Для декодування LDPC-кодів використовуються такі основні алгоритми: алгоритм декодування з «жорсткими» рішеннями Bit-flipping decoding algorithm, алгоритм декодування з «м'якими» рішеннями Sum-product decoding algorithm.

Для Bit-flipping decoding algorithm двійкове (жорстке) рішення щодо кожного отриманого біта приймається детектором і передається в декодер. Для алгоритму перевертання бітів повідомлення, що передаються вздовж вузлів графа Таннера, також є двійковими: бітовий вузол надсилає повідомлення, вказуючи, чи є він одиницею чи нулем, а кожен контрольний вузол надсилає повідомлення кожному підключеному бітовому вузлу, оголошуючи значення біт базується на інформації, доступній контрольному вузлу. Контрольний вузол визначає, що його рівняння перевірки парності задовольняється, якщо сума за модулем 2 значень вхідних бітів дорівнює нулю. Якщо більшість повідомлень, отриманих бітовим вузлом, відрізняються від отриманого значення, бітовий вузол змінює (перевертає) своє поточне значення. Цей процес повторюється до тих пір, поки не будуть виконані всі рівняння перевірки парності, або доки не пройде деяка максимальна кількість ітерацій декодера, і декодер зупиниться.

Sum-product decoding algorithm подібний до алгоритму перевертання бітів Bit-flipping decoding algorithm, але в якості повідомлень, що представляють кожне рішення (перевірка виконана або значення біта дорівнює 1), тепер імовірності. У той час як бітове декодування приймає початкове жорстке рішення щодо отриманих вхідних бітів даних, алгоритм сумарного добутку є алгоритмом м'якого прийняття рішень, який приймає ймовірність кожного отриманого біта як вхідні дані.

Ймовірності вхідних бітів називаються апіорними ймовірностями для отриманих бітів, оскільки вони були відомі заздалегідь до запуску декодера LDPC. Ймовірності бітів, які повертає декодер, називаються апостеріорними ймовірностями. У разі декодування Sum-product ці ймовірності виражаються як логарифм правдоподібності.

Формула розрахунку апостеріорного логарифмічного відношення функцій правдоподібності (ЛВФП) для оновлення перевірючих вузлів

$$LLR_e(CN_{ab}) = 2 \tanh^{-1} \left(\prod_{b' \in S(a)/b} \tanh\left(\frac{1}{2} L_{ab'}\right) \right), \quad (1)$$

де a – індекс строки $a \in \overline{1, A}$ матриці L_{AB} , b – індекс стовця $b \in \overline{1, B}$ матриці L_{AB} , $S(a)$ – масив ненульових значень апіорних ЛВФП, окрім поточного обчислювального перевірючого вузла b .

Для кожного кодового вузла відбувається розрахунок апіорного значення ЛВФП, яке буде використовуватись у наступних ітераціях декодування. Цим самим оновлюємо матрицю апіорних значень

ЛВФП L_{AB}

$$L_{ab} = LLR_a(CBN_{ab}) = L_{ab}^{old} + \sum_{a' \in S(b)/a} LLR_e(CN_{a'b}), \quad (2)$$

де a – індекс строки $a \in \overline{1, A}$ матриці LLR_e , b – індекс стовця $b \in \overline{1, B}$ матриці LLR_e , $S(b)$ – масив ненульових значень апостеріорних ЛВФП, окрім поточного обчислювального кодового вузла a .

Розрахунок вихідного ЛВФП для прийняття рішення про переданий біт визначається наступним чином

$$L_i^{aux} = LLR_a(y_i) + \sum_{a' \in S(b)} LLR_e(CN_{a'b}), \quad (3)$$

де $i \in \overline{1, N}$, N – кількість біт у блоці, a – індекс строки $a \in \overline{1, A}$ матриці LLR_e , b – індекс стовця $b \in \overline{1, B}$ матриці LLR_e , $S(b)$ – масив ненульових значень апостеріорних ЛВФП.

Пропонується підвищити надійність декодування LDPC-кодів даних шляхом врахування додаткової апіорної інформації, яка характеризує

стан каналу передачі даних. Параметр каналної «надійності» визначається таким виразом:

$$L_c = \frac{2 \cdot E_s}{\sigma^2} = \frac{2 \cdot E_s}{\frac{N_0}{2}} = \frac{4 \cdot E_s}{N_0} = \frac{4 \cdot E_b \cdot R \cdot \log_2 M}{N_0}, \quad (4)$$

де $E_s = E_b \cdot R \cdot \log_2 M$ – енергія сигналу, E_b – енергія біта, R – швидкість кодування, M – позиційність сигналу, $\sigma^2 = \frac{N_0}{2}$ – дисперсія шуму, N_0 – спектральна щільність потужності шуму.

Отримаємо вираз для дисперсії шуму, використовуючи відношення сигнал-завада. Для цього припустимо, що енергія сигналу є постійною величиною і дорівнює одиниці, тобто $E_s = E_b \cdot R \cdot \log_2 M = 1$:

$$\sigma^2 = \frac{N_0}{2} = \frac{N_0}{2 \cdot 1} = \frac{N_0}{2 \cdot E_s} = \frac{1}{2 \cdot \frac{E_s}{N_0}} = \frac{1}{2 \cdot \frac{E_b \cdot R \cdot \log_2 M}{N_0}} \quad (5)$$

Отримаємо вираз для середньо-квадратичного відхилення, який можна врахувати для нормального розподілу випадкових величин:

$$\sigma = \sqrt{\frac{N_0}{2}} = \sqrt{\frac{N_0}{2 \cdot E_s}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \frac{E_s}{N_0}}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \frac{E_b \cdot R \cdot \log_2 M}{N_0}}}.$$

З урахуванням каналної надійності вихідне ЛВФП для прийняття рішення про переданий біт визначається наступним чином:

$$L_i^{mux} = LLR_a(y_i) + \sum_{a \in S(b)} LLR_e(CN_{a'b}) + L_c(y_i) =$$

$$L_i^{mux} = LLR_a(y_i) + \sum_{a \in S(b)} LLR_e(CN_{a'b}) + L_c \cdot y_i = \quad (7)$$

$$L_i^{mux} = LLR_a(y_i) + \sum_{a \in S(b)} LLR_e(CN_{a'b}) + \frac{4 \cdot E_b \cdot R \cdot \log_2 M}{N_0} \cdot y_i.$$

Далі відбувається прийняття рішення про переданий біт.

$$y_i = \begin{cases} 1, & L_i^{mux} < 0 \\ 0, & L_i^{mux} \geq 0 \end{cases}, \quad (8)$$

І на наступному кроці здійснюється перевірка критерію зупинки алгоритма декодування. Для цього потрібно розрахувати синдром s за формулою:

$$s = YH^T, \quad (9)$$

де Y – вектор переданих біт, H^T – транспонована перевірна матриця.

Якщо поточна ітерація декодування дорівнює максимально заданій ітерації I_{max} або синдром s є нульовим вектором, то зупиняємо декодування. Інакше – переходимо до наступної ітерації декодування. І так поки не виконається одна із умов зупинки процесу декодування.

Висновки:

1. В роботі представлений метод вдосконалення декодування LDPC-кодів за алгоритмом декодування з «м'якими» рішеннями Sum-product decoding algorithm за рахунок врахування додаткової апріорної інформації.

2. В якості додаткової апріорної інформації використовується параметр каналної «надійності», який є функцією від відношення сигнал/шум в каналі.

3. Параметр каналної «надійності» враховується при розрахунку вихідного логарифмічного відношення функцій правдоподібності про переданий біт даних, що підвищує надійність прийняття рішення при декодуванні.

Список використаних джерел

1. Gallager R. Low-density parity-check codes / R. Gallager // IRE Transactions on Information Theory. – 1966. – Vol. 8, no. 1. – P. 21–28. DOI: 10.1109/TIT.1962.1057683
2. MacKay D. J. C. Near Shannon limit performance of low density parity check codes / D. J. C. MacKay, R. M. Neal // Electron. Lett. – 1996. – Vol. 32, no. 18. – P. 457–458.
3. Berrou C. Codes and Turbo Codes / Berrou C. – Springer, 2010. – 415 p.
4. S. Shao, P. Hailes, T.-Y. Wang, J.-Y. Wu, R. G. Maunder, B. M. AlHashimi and L. Hanzo, "Survey of Turbo, LDPC, and Polar Decoder ASIC Implementations," IEEE Communications Surveys Tutorials, vol. 21, no. 3, pp. 2309-2333, 2019.
5. Adebusola J.A. An Overview of 5G Technology / J. A. Adebusola, A. A. Ariyo, O. A. Elisha, A. M. Olubunmi, O. O. Julius // 2020 International Conference in Mathematics, Computer Engineering and Computer Science (ICMCECS). – 2020. – P. 1-4. DOI: 10.1109/ICMCECS47690.2020.240853.

6. Assessment of Potential Mars Relay Network Enhancements. In Proceedings of the IEEE Aerospace Conference, Big Sky, MT, USA, 3–10 March 2018; pp. 1–8.

7. Edwards, C.; Bell, D.J.; Gladden, R.E.; Ilott, P.A.; Jedrey, T.C.; Johnston, M.D.; Maxwe, J.L.; Mendoza, R.; McSmith, G.W.; Potts, C.L.; et al. Relay Support for the Mars Science Laboratory Mission. In Proceedings of the IEEE Aerospace Conference, Big Sky, MT, USA, 2–9 March 2013; pp. 1–14.

8. Makovsky, A.; Pott, P.; Taylor, J. Mars Science Laboratory Telecommunications System Design; Article 14, DESCANSO Design and Performance Summary Series, Deep-Space Communications and Navigation Systems Center of Excellence; Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology: Pasadena, CA, USA, 2009.

9. Bursalioğlu, O.; Caire, G.; Divsalar, D. Joint Source-Channel Coding for Deep-Space Image Transmission Using Rateless Codes. IEEE Trans. Commun. 2013, 61, 3448–3461.

10. Chamberlain, N.; Allen, S.; Andrews, K.; Elliott, H.; Gladden, R.; Hamkins, J.; Kuperman, I.; Men, R. Implementing Low-Density Parity-Check Codes in the Mars Relay Network. In Proceedings of the IEEE Aerospace Conference, Big Sky, MT, USA, 5–12 March 2022; pp. 1–15.

Використання рекомендаційної системи для підтримки прийняття рішень у системі кібербезпеки об'єкта критичної інфраструктури

Халигов¹ А.А., Просянкіна-Жарова¹ Т. І., Гуськова² В. Г.
¹Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, ²КПІ ім. Ігоря Сікорського
khalygovartem@gmail.com, t.pruman@gmail.com, guskovavera2009@gmail.com

Розвиток інформаційних технологій, що супроводжуючи формування шостого технологічного укладу сприяє охопленню новими інформаційними технологіями все більшої кількості сфер життєдіяльності, розширення меж Інтернет-простору. Однак, й створює потенційні можливості до виникнення нових ризиків та загроз. Адже злочинці можуть задіювати інструменти штучного інтелекту для здійснення більш масштабних та вразливих атак, які важко виявити та запобігти. Кіберпростір в багатьох державах вже визнаний одним із пріоритетних напрямів національної безпеки [1]. Питома вага

кіберзагроз і системі загроз національній безпеці зростає щороку. За рейтингом Оксфордського університету Україна входить у 10 країн з найвищим «Індексом кіберзлочинності». Все частіше, як зазначається у Cyber digest [2], зловмисне програмне забезпечення використовують для атак на саме критичну інфраструктуру.

Питання кібербезпеки об'єктів критичної інфраструктури України особливо загострилось з початком повномасштабної агресії. Кібератаки стали регулярними, масштабними та високотехнологічними, їх наслідки, як правило, створюють каскадні ефекти та охоплюють декілька галузей. Система кіберзахисту критичної інфраструктури у нашій країні активно розбудовується [3-6]. Лише протягом останніх п'яти років розроблено низку нормативно-правових актів, які регламентують функціонування загальнодержавної системи виявлення кібератак, протидії актам кібертероризму і кібершпигунства, створено Державну службу захисту критичної інфраструктури та забезпечення національної системи стійкості України, виконуються роботи, запроваджуються державні та міжнародні стандарти в сфері кіберзахисту та оцінки ризиків об'єктів критичної інфраструктури, тощо. Важливим аспектом побудови дієвої системи кіберзахисту критичної інфраструктури, як це передбачено у Плані заходів з реалізації Стратегії кібербезпеки України на 2023—2024 роки, є провадження досліджень і розробок у сфері кібербезпеки з урахуванням тенденцій розвитку новітніх інформаційно-комунікаційних технологій [3-6].

Актуальною є задача розроблення інформаційних технологій, моделей та методів накопичення великих обсягів інформації про поведінку користувачів мережі Інтернет, потенційні загрози, мережеву активність, атаки та їх наслідки. Важливо не лише виявляти потенційні загрози, а й накопичити практичний досвід протидії та реагування на них, сформувавши рекомендації щодо подолання можливих кризових ситуацій та наслідків, що можуть виникнути у зв'язку з припиненням надання чи погіршенням якості важливих для життєдіяльності країни послуг або припиненням здійснення функцій об'єктами критичної інфраструктури. Одним із шляхів розв'язання вказаних задач є розроблення спеціалізованих рекомендаційних систем. Їх використання є звичайною практикою у багатьох сферах [7-10]. Рекомендаційні системи на основі колаборативної фільтрації, фільтрації на основі контенту і гібридні використовуються досить давно в торгівлі та маркетингу, освіті, тощо. Розвиток штучного інтелекту дозволив подолати основні недоліки і традиційних рекомендаційних систем: проблему «холодного запуску», масштабування, обмежень стосовно

персоналізації, відсутність різноманіття, розріженість даних, проблеми інтерпретації, і що особливо корисно, використовувати у рекомендаційних системах динамічні та розмовні взаємодії, мультимодальні рекомендації та контекстну обізнаність, тощо.

Алгоритм роботи рекомендаційної системи кібербезпеки об'єкта критичної інфраструктури представлений на рис 1.

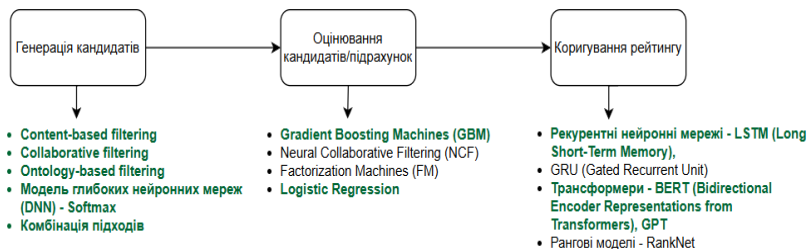


Рисунок 1 – Алгоритм роботи рекомендаційної системи

Особливістю даної рекомендаційної системи є використання штучного інтелекту на всіх етапах генерування рекомендацій (рис. 2).

Зокрема, на етапі генерації кандидатів система відбирає підмножину кандидатів із великого набору елементів. Для цього використовуються декілька генераторів, кожен з яких формує свою підмножину, виконуючи фільтрацію на основі контенту, онтологій, знань, або моделі глибоких нейронних мереж (наприклад модель Softmax). На етапі оцінки і ранжування (скорінгу) з множини елементів вибирають елементів для відображення користувачу використовуючи більш точні моделі, так, як градієнтний бустинг, нейронний колаборативний фільтр або моделі нечіткої логіки. На етапі зміни рейтингу (переоцінки) система враховує додаткові фактори, такі як виключення непопулярних елементів або підвищення оцінки новішого контенту, щоб забезпечити різноманітність і неупередженість. На даному етапі можуть бути застосовані рекурентні нейронні мережі або трансформери, а також рангові моделі.

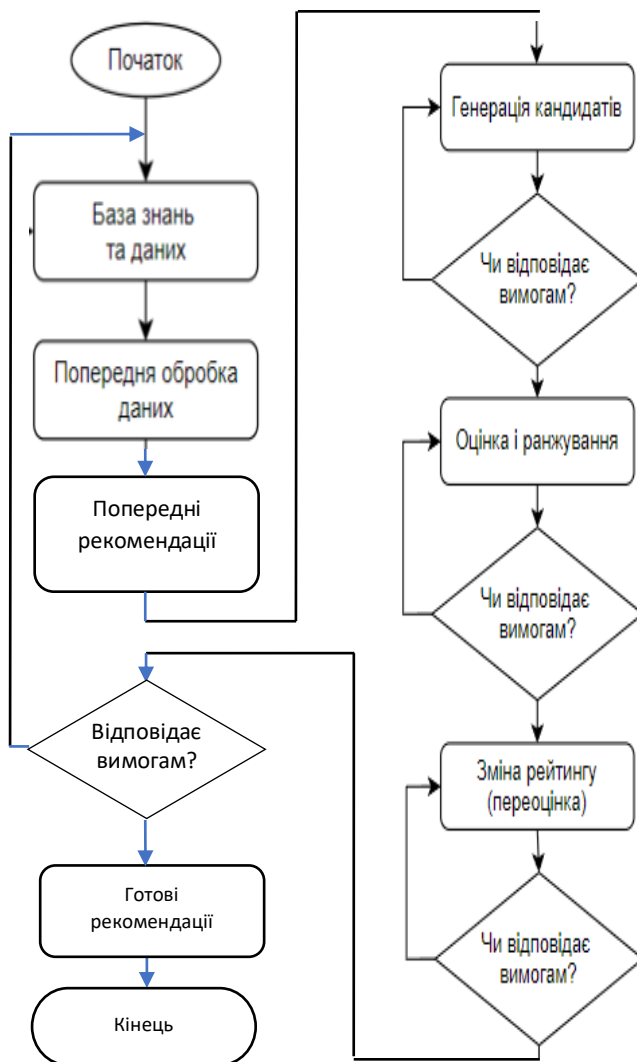


Рисунок 2 – Використання штучного інтелекту для генерування рекомендацій

Таким чином, використання засобів штучного інтелекту дозволяє швидко виявляти аномальні або недостовірні дані про стан та функціонування об'єкту, що забезпечує раннє виявлення загроз, вчасне реагування на них, користуючись рекомендаціями системи, що знизить вплив людського фактору та підвищить ефективність системи кіберзахисту об'єктів критичної інфраструктури. В подальшому пропонується рекомендаційна система може бути удосконалена за рахунок розширення набору використовуваних математичних моделей та текстової аналітики.

Список використаних джерел

1. Cyber digest. Огляд подій в сфері кібербезпеки. URL: https://www.rnbo.gov.ua/files/2024/NATIONAL_CYBER_SCC/20240916/2024%2008%20Cyber%20digest_UKR.pdf
2. World-first “Cybercrime Index” ranks countries by cybercrime threat level. URL: <https://www.ox.ac.uk/news/2024-04-10-world-first-cybercrime-index-ranks-countries-cybercrime-threat-level>
3. Закон України «Про критичну інфраструктуру» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text>.
4. Постанова Кабінету Міністрів від 12 липня 2022 р № 787 «Про утворення Державної служби захисту критичної інфраструктури та забезпечення національної системи стійкості України» ві URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/787-2022-%D0%BF#Text>
5. Постанова Кабінету Міністрів України від 19 червня 2019 р. № 518 «Загальні вимоги до кіберзахисту об'єктів критичної інфраструктури». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/518-2019-п#Text>
6. Kondratov S., Bobro D., Horbulin V. Developing the critical infrastructure protection system in Ukraine. Kyiv: National Institute for Strategic Studies, 2017. 184 с. URL: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2017-11/niss_Engl_findruk-0e9af.pdf
7. Parris C. What is the Industrial Internet of Things (IIoT)? URL: <https://www.ge.com/digital/blog/what-industrial-internet-things-iiot>.
8. Palantir Foundry. The Ontology-Powered Operating System for the Modern Enterprise. URL: <https://www.palantir.com/platforms/foundry/>.
9. Trofymchuk, O., et al. Decision Support Systems for Modelling, Forecasting and Risk Estimation, Riga: LAP Lambert Academic Publishing, 2019.
10. Rand Analysis. Artificial Intelligence and Critical Infrastructure. URL: <https://www.rand.org/pubs.html>

Лесово-породний масив України як джерело регіональних інженерно-геологічних небезпек

Трофимчук О.М.¹, Рудько Г.Р., Яковлев С.О.¹

¹ Інститут телекомунікації і глобального інформаційного простору Національної академії наук України,

² Державна екологічна академія Міндовкілля України

Лесовидні породи, які мають просадкові властивості, розвинені на 65% території України, де вони є основою інженерних споруд і визначають формування регіональних інженерно-геологічних та інженерно-геотехнічних умов будівництва у більшості регіонів України. В загальному плані лесовими відкладами є породи, які мають характеристики, представлені у відомих роботах [1, 2].

Типовою ускладнюючою інженерно-геологічною властивістю лесових ґрунтів є здатність при замочуванні давати додаткове ущільнення як від власної ваги, так і при додатковому навантаженні з одночасною зміною структури ґрунту. Ця властивість називається просадковістю. В цілому величини просідання мають залежність від потужності, стану, структури і властивостей лесових порід, величини навантаження, характеру, умов замочування [1-3]. З урахуванням цього у більшості будівельних нормативів умови майданчиків на лесових ґрунтах підрозділяються на два типи в залежності від можливості прояву їх просідання від власної ваги:

I тип – ґрунтові умови, в яких можливе просідання ґрунтів від зовнішнього навантаження, а від власної ваги відсутнє, або не перевищує 5 см;

II тип – ґрунтові умови, в яких крім просідання від зовнішнього навантаження, можливе просідання ґрунтів від власної ваги, яке перевищує 5 см.

Широке розповсюдження та просадкові властивості лесових ґрунтів характеризують їх як один із небезпечних компонентів геологічного середовища (часто визначальний для інженерно-геологічних рішень), що дуже чутливий до зовнішніх змін.

Виконаний в ІТГП комплексний аналіз сучасних змін інженерно-геологічного стану лесово-породного масиву України засвідчив динамічний вплив чотирьох провідних груп факторів:

1) порушення водо-енергообміну зони аерації (ненасиченої фільтрації) лесових товщ внаслідок регіонального зарегулювання поверхневого стоку (до 70%) і підйому рівнів ґрунтових вод;

2) зростання водно-техногенного навантаження на лесові товщі в межах промислово- міських агломерацій за умови значних водно-теплових втрат водопровідно-каналізаційних та тепло-енергетичних мереж (до 30-45%);

3) збільшення інфільтраційного живлення та волого – теплопереносу у зоні аерації лесових товщ за умови глобального потепління(скорочення часу промерзання ґрунтів, збільшення зливових опадів та водонасичення);

4) некеруєме затоплення шахт і кар’єрів з наступним розвитком процесів підтоплення і затоплення прилеглих територій внаслідок впливу військових дій.

Враховуючи, що повосенне відновлення значної кількості промислово-міських агломерацій, гірничо-добувних районів, транспортних систем буде відбуватися на територіях критичного погіршення інженерно-геологічних умов лесово-порідного масиву (Придніпров’я, Донбас, Кривбас та ін.) можна рекомендувати:

1.Комплексне обстеження територій регіонального підтоплення лесово-порідного масиву.

2.Удосконалення екзо-геодинамічного моніторингу лесово-порідного масиву у промислово-міських агломераціях з розвитком небезпечних екзогенних геологічних процесів.

3.Розробку Державної програми щодо зменшення кількості водосховищ і ставків та підвищення дренальної здатності річкової мережі.

4. Уточнення карт сейсмо-інженерно-геологічного районування міст та селищ з урахуванням зниження геотехнічної стійкості лесово-порідного підґрунтя при підтопленні, руйнуванні будівель після бомбардувань, за впливом природних та техногенних землетрусів.

5. Збільшення використання ресурсів питних підземних вод у якості засобу попередження підтоплення промислово-міських агломерацій (міста Київ, Харків, Херсон і ін.).

Література

1.А.Н.Трофимчук, В.Г. Черный, Г.И. Черный. Надёжность системы ”сооружение- грунтовое основание” в сложных инженерно-геологических условиях. Киев,”Полиграфконсалтинг”,2006,248с.

2.Яковлев С.О. (ред.) Інформаційний бюлетень “Регіональні інженерно-геологічні умови території України” (випуск 1); Держкомгеології України,1997,91с.

З.Рудько Г.И., Осюка В.А. (ред.) *Инженерная геодинамика Украины и Молдовы (оползневые геосистемы, том1, Киев-Черновцы), "Букрек", 2012, 591с.*

Застосування методу сингулярного розкладання у задачі аналізу електронних звернень громадян до Пенсійного фонду України

Зарудний О.Б., Коваль Р. Г.

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору

Національної академії наук

e-mail: oleksii.zarudnyi@gmail.com, roman.koval.science@gmail.com

Розбудова Єдиної інформаційної системи соціальної сфери [1] передбачає створення єдиного інформаційно-довідкового середовища для отримувачів соціальної підтримки. Важливе місце в якому посідає підсистема роботи із зверненнями громадян, адже тільки за січень-вересень 2024 року, Пенсійним фондом України було зареєстровано 504856 звернень громадян з питань, з них 229537 (або 45,5 відсотки) – електронні звернення [2]. Тому питання автоматизації обробки звернень громадян, виявлення питань, що є найбільш важливими для отримувачів підтримки є актуальним, має практичне значення.

У роботі пропонується методика використання сингулярного розкладання для побудови аналітичної моделі класифікації текстової інформації у задачі аналізу звернень громадян до Пенсійного фонду України.

Вхідною інформацією є електронні звернення громадян, які надійшли до вебпорталу електронних послуг Фонду та державну установу “Урядовий контактний центр [2]. На першому етапі дослідження виконаний попередній аналіз текстів звернень, в результаті якого сформовано корпус текстів, фрагмент якого наведений в табл. 1.

Для вирішення проблеми зменшення розмірності та розрідженості частотної матриці корпусу текстів було використано метод сингулярного розподілу (SVD) [3-5]. Адже зазвичай, в документах використовується досить невеликий набір термів, які описують певну предметну область.

Таблиця 1 - Частотна матриця термів для корпусу текстів, побудована на основі корпусу текстів, сформованого із електронних звернень громадян

Позначення	Терм	Кількість згадувань у документі:									
		d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10
t1	суд	1	0	0	0	0	0	1	2	0	0
t2	надбавки	1	0	1	1	0	0	1	0	2	0
t3	військово-службовці	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0
t4	грошове забезпечення	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0
t5	пенсія	0	1	0	1	2	2	1	0	1	1
t6	правоохоронців	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
t7	колишніх	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
t8	аварія	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
t9	ЧАЕС	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1
t10	Україна	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
t11	отримувала	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
t12	вислуга	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0

Отже, якщо в діагональній матриці сингулярних значень (S) залишити рівно k перших діагональних елементів, а решті присвоїти значення нуль, то використання методу SVD дає оптимальне наближення. В діагональній матриці сингулярних значень S, значення впорядковані, а саме $s_1 \geq s_2 \geq \dots \geq s_k$, тобто якщо залишити перші два значення то іншим присвоїти значення нуль. На основі отриманої матриці S можна обчислити, яку кількість у процентах вносить в пояснення даних вимір, що описується відповідним сингулярним значенням В такому випадку всі документи можна розташувати у двовимірному просторі і визначити кластери, які вони утворюють за ступенем подібності та приналежності до певної теми (рис. 1).

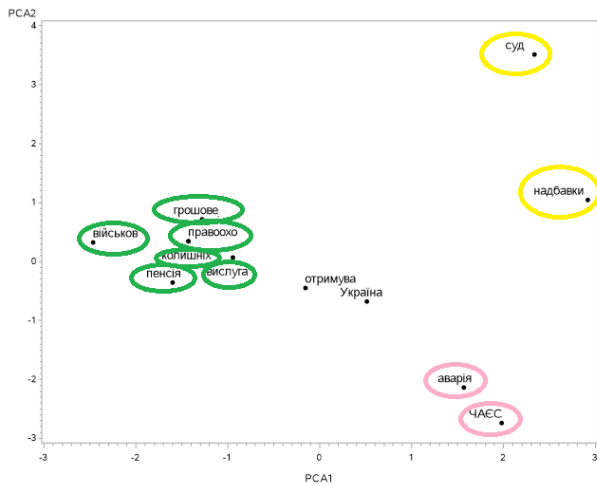


Рисунок 1 - Розташування термів у двовимірному просторі

Як видно з рис. 1, перший вимір пояснює 45,61% варіабельності даних, другий вимір пояснює 20,55% варіабельності даних. В результаті сформовано три тематичних кластери, до яких увійшли документи за подібністю використання термів [6-9].

Отже, використання інтелектуального аналізу великих обсягів текстових даних, дозволяє виявити найбільш вагомі проблеми, які потребують першочергового вирішення, з'ясувати, для яких категорій населення вони найбільш актуальні [10, 11]. Отримані результати можуть бути в подальшому використані під час планування соціальних видатків бюджетів різних рівнів.

Література

1. Про затвердження Положення про Єдину інформаційну систему соціальної сфери. Постанова Кабінету Міністрів України від 14 квітня 2021 р. № 404. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/404-2021-p#Text>
2. Звіт про звернення громадян за 9 місяців 2024 року. UR:; <https://www.pfu.gov.ua/2167929-zvit-pro-zvernennya-gromadyan-za-9-mislyatsiv-2024-roku/>
3. Шкурко О. В. Види лінгвістичного аналізу тексту: навч. посіб. Дніпро: Ун-т ім. Альфреда Нобеля, 2018. 119 с.

4. Sharma S., Jain R. Role of sentiment analysis in social media security and analytics. WIREs Data Mining and Knowledge Discovery: Vol. 10, Issue 5. <https://doi.org/10.1002/widm.1366>
5. Find the information that matters using natural language processing (NLP). URL: https://www.sas.com/ru_ua/software/visual-text-analytics.html
6. Survey of Text Mining I: Clustering, Classification, and Retrieval / Ed. by M. W. Berry. Springer, 2003. 261 p.
7. Aggarwal C. C., Zhai C. Mining Text Data. Springer, 2012. 527 p.
8. Text Cluster Node Results. URL: <https://documentation.sas.com/?docsetId=tmref&docsetTarget=n1d7r58qg6sefn162cu6cq40nq4.htm&docsetVersion=14.3&locale=en>
9. Emerging Technologies of Text Mining: Techniques and Applications / Ed. by H. A. Do Prado, E. Ferneda. Idea Group Reference, 2007. 358 p.
10. Valls Martínez, M.d.C., Santos-Jaén, J.M., Amin, F.-u., Martín-Cervantes, P.A. Pensions, Ageing and Social Security Research: Literature Review and Global Trends. Mathematics 2021, №9, 3258. <https://doi.org/10.3390/math9243258>
11. Social Protection Systems. Ed. E. Schüring, M. Loewe. Elgar Publishing, 2021. 776 p. <https://doi.org/10.4337/9781839109119>

Підходи щодо виявлення підозрілих транзакцій в децентралізованій мережі TON

Литвиненко В.І.

Херсонський Національний технічний університет.

immun56@gmail.com

Вступ

Кросплатформений месенджер Telegram з'явився у 2013 році, яким на сьогодні користується більше 950 мільйонів осіб у світі. У 2018 році було розроблено децентралізований блокчейн першого рівня TON (The Open Network). Основна ідея полягала в інтеграції месенджера Telegram з TON, з метою створення максимально анонімного та безпечного додатку, захищеного власним проксі-сервером. У зв'язку із проблемами, що виникли з комісією по цінних паперах США, проект було передано вільній спільноті TON Foundation, яка в результаті запустила мережу TON із власним крипто-токеном, з під назвою

TONCOIN (тікер на біржах TON), у червні 2021 року. Загальний обіг TON, станом на листопад 2024 року [2], становить 2,54 мільярдів токенів,

Розвиток фінансової екосистеми TON призвів до появи зловмисників, які використовуючи можливості щодо створення власних контрактів в мережі TON займаються шахрайством та операціями з відмивання коштів. Саме ця проблематика і стала причиною вибору даного дослідження.

Методика дослідження.

Для накопичення транзакцій з децентралізованої мережі TON пропонується використовувати сервіс TONVIEWER (<https://tonviewer.com/>). Цей провідник досить новий інструмент, що має власні унікальні особливості, як то функцію Trace, що дозволяє вам бачити усю послідовність транзакцій між смарт-контрактами, навіть якщо наступні транзакції не містять вашої адреси.

За посиланням, можна подивитися приклад підозрілої транзакції, що маркується як **“Suspicious”** в мережі TON? дивись рис. 1.:

<https://tonviewer.com/transaction/c83791fdbcd95792d6d7b37387a725b888cfc8a54401c171b0f463c2327120a7>

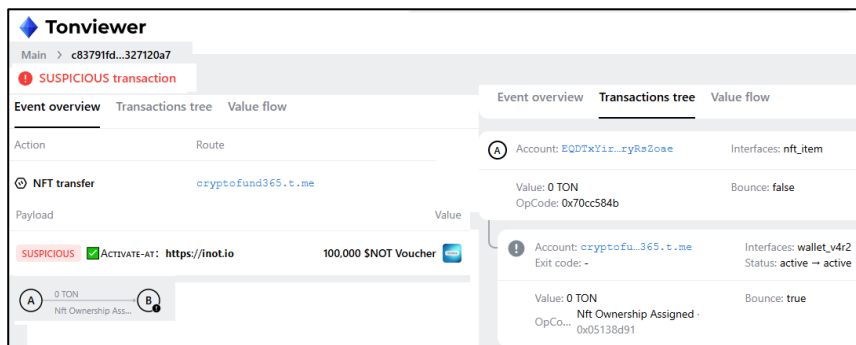


Рис. 1. Скріншот прикладу підозрілої транзакції отриманої в системі TONVIEWER

Кожна така транзакція має наступні метадані:

- 1) Account A – аккаунт відправник.
- 2) Account B – аккаунт отримувач.
- 3) Value – значення транзакції (наприклад сума в монетах TON).
- 4) Forward Fee – комісія мережі TON. за транзакцію.
- 5) Created at - дата та час транзакції.
- 6) Payload – текстовий опис (маркування) транзакції, якщо транзакція підозріла, то помічається **“Suspicious”**.

Окрім наведених метаданих, можна отримати ще додаткові як то: (1) номер блоку транзакції, (2) програмний код, якщо це контракт, що викликається, (3) тип транзакції – криптоактив або NFT-токен та багато інших метаданих, що можуть бути використані IT-фахівцями для розслідування.

Після того, як накопичена достатня база транзакцій розмічених на підозрілі та нормальні, починається процес вирішення задачі побудови математичної моделі щодо класифікації транзакцій в автоматичному режимі. Така модель в режимі реального часу на основі виявлених закономірностей з навчальної вибірки, буде класифікувати транзакції на підозрілі та звичайні. Окрім цього формуються довідники адресів-гаманців, які були задіяні в підозрілих та зловмисних транзакціях.

Зазначимо що сервіс TONVIEWER не єдиний, для накопичення даних та перехресної перевірки можуть також використовуватися додаткові платформи аналізу транзакцій, такі як TON Whales (<https://tonwhales.com/explorer/>), TON NFT EXPLORER (<https://explorer.tonnft.tools/>), TonStat (<https://www.tonstat.com/>) та інші [3].

Висновки

Ця робота представляє опис підходу щодо накопичення даних підозрілих та шахрайських транзакцій в блокчейн першого рівня TON, з метою формування навчальної вибірки даних, що будуть використані для побудови моделей машинного навчання для класифікації та виявлення нових шахрайських транзакцій.

Список літератури

3. Опис токена TONCOIN від компанії CoinMarketCap. – <https://coinmarketcap.com/currencies/toncoin/> (дата звернення: 06.11.2024).
4. Сайт крипто-біржи Binance. – <https://www.binance.com/en/price/toncoin> (дата звернення: 06.11.2024).
5. Стаття Explorers in TON. – <https://docs.ton.org/v3/concepts/dive-into-ton/ton-ecosystem/explorers-in-ton> (дата звернення: 06.11.2024).

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Математичне моделювання та інформаційно-комунікаційні технології для зміцнення та відновлення

Колективна монографія

за матеріалами

XXIII Міжнародної науково-практичної конференції

(Київ, 12-13 жовтня 2024 р.)

Друкується в авторській редакції з оригінал-макетів авторів.
Відповідальність за синтаксис і орфографію включених до колективної
монографії матеріалів несуть автори. Науково-організаційний комітет
та редакційна колегія конференції
не завжди поділяє погляди авторів робіт.

Надруковано в ТОВ “Видавництво “Юстон”
01034, м. Київ, пр. Перемоги, 62-Б, оф. 2 тел.: (044) 360-22-66,
www.yuston.com.ua

Свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої справи до державного реєстру видавців,
виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції
серія ДК № 4973 від 09.09.2015 р.

Підписано і здано до друку 06.11. 2024. Формат 60X84 1/16.
Папір офсетний. Гарнітура Таймс. Офсетний друк.
Умовн. друк. арк. 9,42. Обл.-вид. арк. 10,13
Тираж 300. Замовлення №061124

КИЇВ 2024