

**МЕТОДИ І ПРАКТИКИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ ТИПІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ І НАУКИ ПРО ДАНІ ДЛЯ РІШЕННЯ ПРОБЛЕМ У ВОДНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ****Левщанов С.В.**

devops8me@proton.me, ORCID: 0009-0004-6624-0928

*ФЛП Позаштатний консалтинг*

вул. Оболонська, 7, м. Київ, 04071, Україна

**Анотація.** Предметом дослідження в даній статті була практика впровадження та методика застосування різних типів штучного інтелекту, науки про дані для виявлення витоків з водопровідних мереж, моніторингу станів прісної води та виявлення забруднень, очищення прісних водойм від відходів з підприємств промисловості та видобутку корисних копалин, контроль витрати прісної води та розробка ефективніших методів фільтрації води.

Були визначені переваги та недоліки практики впровадження та застосування технологій різних типів штучного інтелекту та науки про дані для автоматизації традиційних методів виконання робіт з моніторингу, контролю та супутніх робіт в індустрії водного господарства. У статті вирішуються такі завдання: обґрунтування ефективності впровадження технологій різних типів штучного інтелекту та методів науки про дані та їх практичне застосування з програмними та апаратними технологіями для автоматизації традиційних методів виконання робіт у галузі водного господарства.

Для вирішення поставлених завдань була використана методика із застосуванням загальнонаукових та спеціальних методів досліджень – теоретичних (аналіз, пояснення, узагальнення, порівняння).

Використання такого підходу дозволило отримати такі результати: встановлені особливості, що впливають на точність аналізу зібраних даних, що застосовується технологіями різних типів штучного інтелекту та методів науки про дані. Відображено практики та методи більш ефективного та точного застосування даної технології.

Проаналізовано наукові дані. Проведене дослідження дозволило визначити практичні можливості та проблеми, що є в даній технології.

Розроблені рекомендації щодо ефективного використання цієї технології. Виявлені чинники, що впливають ефективно використання цієї технології у промисловості.

**Ключові слова:** штучний інтелект, наука даних, якість води, виявлення витоків, контроль витрати води.

**Вступ.** Однією з метою сталого розвитку ООН за номером 6 є «Чиста вода та санітарія». Ця мета передбачає забезпечення вільного доступу до чистої питної води всім людям планети. Туди також входить: підвищення якості води, розширенням доступу до джерел чистої води, вирішення проблем, пов'язаних із браком і забрудненням води. Що має на увазі зміцнення громадського здоров'я, скорочення захворювань, що передаються через воду, та сприяння загальному сталому розвитку [1]. Вода – це важливий природний ресурс для життєдіяльності людської цивілізації, обсяг цього ресурсу обмежений. Запобігання витоку в системах розподілу води важливо для ефективного користування водними ресурсами [2].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Дефіцит води, що розширюється, у всьому світі зачіпає чотири мільярди осіб населення [1]. Внаслідок значного зростання населення світу важливість раціонального управління водними ресурсами зростає через виснаження природних ресурсів як наслідок високого попиту [2]. У середньому близько 30% води, що подається комунальними підприємствами до міських районів, втрачається внаслідок множинних витоків

із труб у процесі розподілу [3, 4]. Тому дуже важливо постійно моніторити якість поверхневих вод [5-7]. Безліч країн у всьому світі мають проблеми з раціональним використанням прісної води через витоки [8]. Безконтрольний видобуток корисних копалин призводить до забруднення річкових водойм прилеглих до кар'єрів та шахт [9]. В останні десятиліття якість води в річках зазнала значного впливу забруднюючих речовин і відходів, що надалі може призвести до серйозних негативних наслідків для людей, водних організмів та навколишнього середовища в цілому [10]. Якість води є необхідною умовою для комфортного проживання як міських, так і сільських жителів, у зв'язку із зростанням глобального забруднення покращення якості водного середовища є пріоритетним напрямом [11]. Забруднення річкових вод нітратами погіршує здоров'я водних екосистем, сприяючи цвітінню водоростей, втраті водного біорізноманіття, а також ризикам для здоров'я та життя людини [12]. Карстові вододіли схильні до впливу як антропогенної, так і природної діяльності, яка впливає на процес стоку та перенесення забруднюючих речовин, а також змінює природний гідрологічний та поживний цикл. На жаль фізичні станції моніторингу є дорогими і трудомісткими, що обмежує їх використання для моніторингу якості води у великому масштабі [13]. Точне прогнозування забруднення води є основою контролю якості водного середовища. Невизначеність вхідних змінних та нестаціонарні та нелінійні характеристики рядів забруднення води перешкоджають точності прогнозування забруднення води [14]. Водні ресурси є основою життя та економічного розвитку людства. Точне прогнозування якості води є ключем до ефективного управління водними ресурсами [15].

**Мета завдання дослідження.** Галузь має низку проблем у зв'язку з відсутністю широкого впровадження нових технологій та методів. У зв'язку з цим існує необхідність аналізу практик впровадження та застосування нових технологій у різних країнах світу для порівняння з традиційними методами та розуміння специфіки використання нових технологій, їх переваг та проблем. Що надалі допоможе дослідникам та практикам у їх теоретичних та практичних роботах з даної тематики.

**Методи дослідження.** Для вирішення завдань застосовувалася методологія, що включає використання загальнонаукових та спеціалізованих методів дослідження, таких як теоретичні методи (аналіз, інтерпретація, узагальнення, зіставлення).

**Основний матеріал.** Вода є головною потребою всіх живих істот планети. Через не раціональне використання прісних водних ресурсів, різні країни світу стикаються з проблемою нестачі води, і ця проблема зростає з кожним роком. Значним чинником цієї проблеми є спосіб життя людей, їх непоінформованість, а також недолік знань [2, 8]. Забезпечення чистою водою споживачів у всьому світі є необхідною умовою для збереження навколишнього середовища та сприяння економічному зростанню [1, 2]. У зв'язку зі зростаючою урбанізацією та індустріалізацією в усьому світі значно збільшилася кількість води, що споживається. Неналежне поводження з природними водними ресурсами спричинило зростання забруднення води [5]. Можливість відстеження забруднення водних джерел є важливим елементом управління навколишнім середовищем, необхідним для забезпечення безпечного водопостачання, підтримки екологічного балансу, сприяння соціальному розвитку [6, 7].

**Аналіз проблем.** У деяких регіонах втрати води з несправних труб внаслідок витоку можуть досягати 50% від постачання, що призводить до суттєвих соціальних та фінансових втрат. У фінансові втрати входить вартість сирової води, її обробка та доставка. Більше того, витоки погіршують стан мережі труб через корозію та розрив труб, що в подальшому може призвести до пошкодження доріг та фундаментів будівель розташованих поряд з місцями витоків. Більше того, комунальні служби в деяких країнах виставляють рахунки споживачам з урахуванням втрат внаслідок витоків [3, 4].

Наприклад, у такій інфраструктурно розвиненій країні як США, середня сім'я може витратити близько 100 літрів на день через витік води [8].

Витіки так само викликають забруднення джерел води, що надалі має серйозні наслідки, оскільки призводить до спалаху захворювань, що передаються через воду, таких як

холера, дизентерія та черевний тиф, що створює глобальну загрозу для цивілізації [1].

Відомо, що синтетичні забруднювачі, які виникають внаслідок утилізації відходів виробництва в найближчі водні джерела, такі як річки, можуть бути виявлені в питній воді по всьому світу в різних концентраціях [5-7].

З факторів, що впливають на щоденний обсяг використовуваної води, варто виділити такі: регіон люди, які живуть на Близькому Сході, використовують більше води, ніж люди в Америці, Європі, Азії, Африці та Австралії. Клімат – у країнах, де літо є основним сезоном, витрата води більша, ніж у регіонах, де літо не є таким. Розташування – споживачі у містах використовують більше води, ніж споживачі у сільській місцевості [8].

У традиційні методи, які широко використовуються для виявлення витоків, входять акустика, інфрачервона термографія, сигнали датчиків тиску і витрати води, а так само георадари є точковими і ґрунтуються на попередніх припущеннях про місця витоків. Внаслідок цього вони обмежені у своїй здатності ефективно керувати водопровідними мережами. А через високу залежність від використання даних, зібраних датчиками тиску і витрати води, цей підхід схильний до неточностей. Незважаючи на впровадження електронної системи, що допомагає у віддаленій передачі даних про тиск на основі протоколів глобальних систем мобільного зв'язку. Ця система значно обмежена мережами малого масштабу. Чи не були проведені інші дослідження, із застосуванням даного методу у водопровідних мережах великого масштабу [4].

Здебільшого традиційні методи виявлення витоків використовують пасивні підходи, які зазвичай вимагають, щоб обслуговуючий технічний персонал обстежував певну ділянку у пошуках витоків. Що потребує значного часу та ресурсів [3].

На жаль, незважаючи на технологічний прогрес, традиційні методи, як і раніше, широко використовуються для контролю якості води. Незважаючи на те, що ці методи дуже неефективні, внаслідок високої вартості, тривалості та відсутності можливості надання інформації про якість води у режимі реального часу [1, 5].

Вони також вимагають великого збору даних та лабораторного аналізу, що робить їх ще й ресурсомісткими. Більш того, ручні обчислення та лабораторні аналізи великих даних якості води є до того ж трудомістким процесом [6].

У сфері управління водними ресурсами традиційні методи призводять до нерационального розподілу та використання води [9].

Незважаючи на те, що в багатьох розвинених країнах створено технічно просунуті системи моніторингу якості води, ці системи часто стикаються з такими проблемами, як недостатня стабільність моделей та високі вимоги до технічної експертизи. Такі системи відстеження забруднення води включають ручну ідентифікацію, ізотопне відстеження гідрохімічне моделювання. Метод ручного дослідження включає такі процедури, як відбір проб і моніторинг для точного визначення джерел забруднення, але цей метод часто не дає чітких результатів. Гідрохімічне моделювання, засноване на розробці гідрологічних та гідродинамічних моделей, призначене для визначення розташування джерел забруднення, проте цей підхід часто спирається на моделі, які можуть неточно відображати складну динаміку міграції та трансформації забруднюючих речовин [7].

Використання технологій штучного інтелекту та науки про дані дозволяє ефективніше знаходити витоків. Наприклад моделі машинного навчання – локального фактора викиду (LOF) і географічно зваженої регресії (GWR), впроваджені в ГІС-систему виявлення витоків води, окремо показали загальний збіг 80% у наборі даних, що вказує на їх ефективність для визначення витоків [4].

Значну ефективність також показує метод визначення витоків акселерометри і датчики зміни тиску для обробки отриманих даних, що використовує для збору даних у водопровідних мережах використовувалася модель штучної нейронної мережі (ANN). Після ряду поліпшень збільшення кількості джерел даних, точність досягла 86,5% і 86,2%. Це свідчить про ефективність інтеграції кількох джерел даних поліпшення можливостей виявлення витоків. Аналогічно, для петльової конфігурації після об'єднання функцій

точність досягла 82,1% і 82,0%, що підкреслює цінність об'єднання функцій для більш надійного виявлення витоків у складних конфігураціях мереж [2].

Наступний метод використовує для дослідження трубу загальної довжини 42,6 км, що складається з 782 вузлів. Для збору даних використовуються один датчик рівня в баку, три датчики витрати та 33 датчики тиску і модель GNN для обробки даних. Даний метод показує високий результат виявлення витоків, але має неточності через помилкових позитивних результатів, що виникають через ефект витoku, що поширюється по досліджуваній мережі [3].

Технології штучного інтелекту та науки про дані так само ефективно застосовуються для контролю якості води. Наприклад, інтернет речей (IoT) технології якого раніше застосовувалися без технології ШІ не показував постійне поліпшення якості води. Оскільки для ефективного покращення якості води дані, зібрані за допомогою пристроїв IoT, мають бути проаналізовані та інтерпретовані. Для цього етапу необхідно використовувати моделі машинного навчання ML, дозволяючи аналізувати дані в режимі реального часу. Що дає можливість на ранній стадії виявляти та своєчасно реагувати на проблеми з якістю води. Наприклад, застосування алгоритмів машинного навчання як SVR, Xgboost, MLP, LR довело свою ефективність для контролю якості води [1].

Моделі машинного навчання дозволяють аналізувати та моделювати застосування MXenes у технологіях очищення води. У зв'язку з тим, що MXenes – це новий клас графеноподібних двовимірних з'єднань перехідних металів з вуглецем. Його потенціал у сфері очищення води ще повністю не вивчений. Тому моделі машинного навчання відіграють вирішальну роль у точному прогнозуванні властивостей MXenes та керівництві їхньою функціоналізацією для підвищення ефективності очищення води [5].

Моделі машинного навчання необхідно покращувати, для цього застосовується методи ХАІ, які можуть аналізувати моделі двома способами: незалежно від моделі чи специфічно для моделі. Цей підхід дозволяє отримати більш достовірні дані від моделей та підвищити інтерпретованість та прозорість моделей машинного навчання. Як приклади використовуються три моделі машинного навчання: RF, XGBoost та LightGBM. Дослідження показало, що XGBoost показав кращі результати, в той час як RF і LightGBM показали хороші результати, що свідчить про застосування ML у сфері якості води [6].

Моделі машинного навчання також успішно застосовуються для прогнозування потреби людини у воді в день залежно від регіону, сезону, температури, місця розташування, роду занять, релігійних факторів та їх підрозділів. Наприклад, такі моделі ML як Decision Tree і LightGBM показують відмінний результат працюючи спільно з датчиками витрати води та соленідами, що вдалося змоделювати в Tinkercad. для виконання цього завдання в порівнянні з моделями Linear, Ridge, Lasso, ElasticNet, Random Forest, XGBoost (Extreme Gradient Boosting), KNN (K-Nearest Neighbors), SVR (Support Vector Regression), MLP (Multilayer Perceptron), CatBoost, Deep Neural Network, показники яких не показали ефективність у виконанні цієї задачі [8].

Технології штучного інтелекту та науки про дані можуть не лише контролювати забруднення води, а й здійснювати її відновлення з використанням передових технологій. Ефективні методи на основі ШІ дозволяють оптимізувати використання різних технологій очищення, таких як адсорбція, іонний обмін, електрокінетичні процеси, хімічне осадження, фітобіоальна рекультивация та мембранна технологія для ефективного видалення забруднюючих речовин із постраждалих водойм. Ці методи в основному використовуються в районах активного видобутку корисних копалин. Для захисту та очищення довколишніх водних джерел [9].

Для ефективного моніторингу та управління водним середовищем спільно з технологіями ШІ застосовуються різні програмні та апаратні компоненти. Як уже було зазначено вище, цей інтернет речей, а також технології ГІС, дистанційного зондування та БПЛА. Їхня спільна робота дозволяє швидко і точно виконувати поставлені завдання [7].

Навчена модель машинного навчання SVR може прогнозувати нітрати в сільських та міських річкових системах на основі загальних та легковимірваних гідрохімічних змінних [12].

Модель XGBoost може будувати нелінійну картографічну залежність між даними з кількох джерел про концентрації шкідливих речовин. Що дозволяє забезпечити точне передбачення концентрацій на неконтрольованих ділянках річкової мережі [13].

Гібридна модель RF-CEEMD-LSTM може точно прогнозувати тенденції забруднення води із середньою абсолютною відсотковою помилкою (MAPE) менше ніж 8%, що дозволяє прогнозувати нелінійні та нестационарні послідовності забруднення води [14].

Таблиця 1 – Застосування різних типів технології штучного інтелекту на вирішення різних завдань у галузі водного господарства

Тип	Модель	Застосування	Посилання
MLR		Оцінка процесів адсорбції забруднених водойм	[9]
DL	ANN	Виявляти та локалізувати витoki в системах розподілу води; оцінка процесів адсорбції забруднених водойм; регулювання іонного складу води для видалення важких токсичних; відокремлює небажані матеріали від вихідних розчинів для чищення води або стримування її забруднення; виявлення матеріалів для іоноселективних мембран; прогнозування якості води	[2, 9, 10 ]
	ANFIS	Оцінка процесів адсорбції забруднених водойм; регулювання іонного складу води для видалення токсичних важких металів	[9]
	GNN	Виявляти та локалізувати витoki в системах розподілу води	[3]
	DNN	Прогнозування якості води	[10]
ML	LOF	Виявлення витоків	[4]
	GWR	Виявлення витоків	[4]
	SVR	Моніторинг якості води; прогнозування якості води	[1, 11, 12]
	MLP	Моніторинг якості води	[1]
	LR	Моніторинг якості води	[1]
	XGBoost	Моніторинг якості води; оцінка та прогнозування якості води	[1, 6, 13]
	RF	Оцінка та прогнозування якості води; прогнозування якості води	[6, 14, 15]
	LightGBM	Оцінка та прогнозування якості води; контроль розподілу води	[6, 8]
	Decision tree	Контроль розподілу води	[8]
	SVM	Виявлення матеріалів для іоноселективних мембран; прогнозування якості води	[9, 10]
		Машинне навчання ефективно взаємодіє з MXene для очищення води	[5]
		Визначення розташування та відстеження забруднення води	[7]

Використовуючи гібридні моделі XGBoost та RF, які використовують метод шумоподавлення даних – повну ансамблеву емпіричну модову декомпозицію з адаптивним

шумом (CEEMDAN). Такий метод дозволяє прогнозувати шість показників якості річкової води. Результати показують, що: CEEMDAN-RF найкраще підходить для прогнозування температури, розчиненого кисню та питомої провідності, а CEEMDAN-XGBoost найкраще підходить для прогнозування значення рН, мутності та флуоресцентної розчиненої органічної речовини [15].

Як видно з табл. 1 найбільш універсальною технологією ШІ, що застосовується для вирішення різних завдань у галузі, є модель штучної нейронної мережі – ANN. Так само варто відзначити ANFIS яка те ж саме як і ANN відноситься до глибокого навчання, XGBoost і LightGBM – моделі є під типами машинного навчання. Вони менш затребуваними ніж ANN, але мають більше функціональність ніж інші моделі, що розглядаються в даному дослідженні.

**Результати досліджень.** Результати даного дослідження мають наукову новизну, оскільки були визначені переваги та недоліки використання різних типів ШІ за останні чотири роки для різних завдань у галузі водного господарства.

Результати дослідження мають наукове та практичне значення, у зв'язку з виявленням наступної інформації, яка буде корисна як для практикуючих фахівців у їх проектах, так і для дослідників у їх майбутніх роботах. Різні моделі ШІ ефективні для певних завдань, як видно в таблиці 1. Витоку в мережах водопостачання є серйозною проблемою для підприємств водопостачання. Отже, потрібно комплексний підхід що дозволяє своєчасно виявляти коливання у системі, які вказують на виток. Такими методами є технології штучного інтелекту, що взаємодіють з іншими програмними та апаратними компонентами. Таким як інтернет речей є ефективним в управлінні якістю води внаслідок точності, швидкості та безперервності моніторингу, аналізу та прогнозування якості води. Здатність машинного навчання прогнозувати та контролювати витрату води спільно з мікроконтролером. Доводить ефективність застосування цієї технології для вирішення таких завдань.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Незважаючи на всю корисність застосування технологій штучного інтелекту та науки про дані в галузі, у цього методу ще є суттєві недоробки. Набори даних для аналізу повинні бути точні і включати всі необхідні дані, щоб врахувати як найбільше факторів, і зробити прогнозоване значення більш точним, але це, на жаль, не завжди можливо. Тому вкрай важливо покращити методологію збору та обробки великих обсягів даних.

В даний час не існує єдиної технології, яка могла б ефективно і повною мірою вирішувати всі види забруднень. Внаслідок постійного моніторингу та обслуговування пристроїв IoT для забезпечення довговічності та ефективності систем потрібне регулярне калібрування датчиків, заміна зношених компонентів та оновлення програмного забезпечення є важливими методами обслуговування для оптимального функціонування пристроїв IoT та ШІ.

Ця стаття має перспективи подальших наукових досліджень, де потрібно буде вивчити застосування всіх моделей ШІ з великою кількістю наборів даних. Також необхідно буде розробка більш складних моделей ШІ, здатних обробляти великі дані з різних джерел, що підвищить точність та надійність систем виявлення витоків. А, впровадження моделей, що самонавчаються, допоможе системам розвиватися і реагувати на нові моделі витоків з часом більш злагоджено і точно. Дослідження та розробка моделей машинного навчання, здатних ефективно обробляти відсутні або неповні дані, вирішить значну частину існуючих проблем.

## References

- [1] I. Essamlali, H. Nhaila, M. El Khaili, "Advances in machine learning and IoT for water quality monitoring: A comprehensive review", *Heliyon*, vol. 10, no. 6, pp. e27920, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27920>.
- [2] N.M. Mahdi, A.H. Jassim, S.A. Abulqasim, A. Basem, A.A.F. Ogaili, L.A. Al-Haddad, "Leak detection and localization in water distribution systems using advanced feature

- analysis and an Artificial Neural Network", *Desalination and Water Treatment*, vol. 320, p. 100685, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100685>.
- [3] G.Ö. Garðarsson, F. Boem, L. Toni, "Graph-Based Learning for Leak Detection and Localisation in Water Distribution Networks", *IFAC-PapersOnLine*, vol. 55, no. 6, pp. 661–666, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.07.203>.
- [4] D. Elshazly, R. Gawai, T. Ali, M. Mortula, S. Atabay, L. Khalil, "An Automated Geographical Information System-Based Spatial Machine Learning Method for Leak Detection in Water Distribution Networks (WDNs) Using Monitoring Sensors", *Applied Sciences*, vol. 14, no. 13, p. 5853, 2024. DOI: [10.3390/app14135853](https://doi.org/10.3390/app14135853).
- [5] A. Kour, V. Vidyasagar, M.L. Suresh, Y.A. Baker El-Ebiary, R. Mothukuri, S. Rawat, S.P. Dehankar, M.S. Al Ansari, "Enhancing water purification efficiency through machine learning-driven mxene functionalization", *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 102, no. 14, pp. 5500–5524, 2024.
- [6] R.K. Makumbura, L. Mampitiya, N. Rathnayake, D.P.P. Meddage, S. Henna, T.L. Dang, Y. Hoshino, U. Rathnayake, "Advancing water quality assessment and prediction using machine learning models, coupled with explainable artificial intelligence (XAI) techniques like shapley additive explanations (SHAP) for interpreting the black-box nature", *Results in Engineering*, vol. 23, p. 102831, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102831>.
- [7] Q. Duan, Q. Zhang, X. Quan, H. Zhang, L. Huang, "Innovations of water pollution traceability technology with artificial intelligence", *Earth Critical Zone*, vol. 1, no. 1, p. 100009, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecz.2024.100009>.
- [8] A.M. Nakib, Y. Luo, J.H. Emon, S. Chowdhury, "Machine learning-based water requirement forecast and automated water distribution control system", *Computer Science & IT Research Journal*, vol. 5, no. 6, pp. 1453–1468, 2024. DOI: [10.51594/csitrj.v5i6.1227](https://doi.org/10.51594/csitrj.v5i6.1227).
- [9] E.K. Nti, S.J. Cobbina, E.E. Attafuah, L.D. Senanu, G. Amenyeku, M.A. Gyan, D. Forson, A.-R. Safo, "Water pollution control and revitalization using advanced technologies: Uncovering artificial intelligence options towards environmental health protection, sustainability and water security", *Heliyon*, vol. 9, no. 7, p. e18170, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18170>.
- [10] S. Cojbasic, S. Dmitrasinovic, M. Kostic, M. Turk Sekulic, J. Radonic, A. Dodig, M. Stojkovic, "Application of machine learning in river water quality management: a review", *Water Sci Technol*, vol. 88, no. 9, pp. 2297–2308, 2023. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2023.331>.
- [11] X. Su, X. He, G. Zhang, Y. Chen, K. Li, "Research on SVR Water Quality Prediction Model Based on Improved Sparrow Search Algorithm", 2022. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/7327072>.
- [12] Y. Yang, X. Shang, Z. Chen, K. Mei, Z. Wang, R.A. Dahlgren, M. Zhang, X. Ji, "A support vector regression model to predict nitrate-nitrogen isotopic composition using hydro-chemical variables", *Journal of Environmental Management*, vol. 290, p. 112674, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112674>.
- [13] G. Xu, H. Fan, D.M. Oliver, Y. Dai, H. Li, Y. Shi, H. Long, K. Xiong, Z. Zhao, "Decoding river pollution trends and their landscape determinants in an ecologically fragile karst basin using a machine learning model", *Environmental Research*, vol. 214, pt. 4, p. 113843, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113843>.
- [14] J. Ruan, Y. Cui, Y. Song, Y. Mao, "A novel RF-CEEMD-LSTM model for predicting water pollution", *Scientific Reports*, vol. 13, art. no. 20901, 2023. DOI: [10.1038/s41598-023-48409-6](https://doi.org/10.1038/s41598-023-48409-6).
- [15] H. Lu, X. Ma, "Hybrid decision tree-based machine learning models for short-term water quality prediction", *Chemosphere*, vol. 249, p. 126169, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126169>.

**METHODS AND PRACTICES FOR IMPLEMENTING AND APPLYING DIFFERENT TYPES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DATA SCIENCE TO SOLVE PROBLEMS IN WATER INFRASTRUCTURE**

**Levshchanov S.V.,**

devops8me@proton.me, ORCID: 0009-0004-6624-0928

*FLP Freelance consulting*

7 Obolonska St., Kyiv, 04071, Ukraine

**Abstract.** The subject of the study in this article was the practice of implementing and applying various types of artificial intelligence and data science to detect leaks from water supply networks, to monitor freshwater conditions and to detect pollution, clean freshwater bodies from waste from industrial and mining enterprises, control freshwater flow and develop more efficient water filtration methods.

The article identifies the advantages and disadvantages of the practice of introducing and applying various types of artificial intelligence and data science technologies to automate traditional methods of monitoring, control and related work in the water industry. The article addresses the following objectives: to substantiate the effectiveness of implementation of various types of artificial intelligence technologies and data science methods and their practical application with software and hardware technologies to automate traditional methods of performing work in the water industry.

To solve the tasks set, the methodology used was based on general scientific and special research methods, such as theoretical methods (analysis, explanation, generalisation, comparison).

The use of this approach allowed us to obtain the following results: the features that affect the accuracy of the analysis of collected data used by technologies of various types of artificial intelligence and data science methods were identified. Practices and methods for more efficient and accurate application of this technology are reflected.

Scientific data are analysed. The study allowed identifying the practical opportunities and problems of this technology.

Recommendations for the effective use of this technology have been developed. The factors that influence the effective use of this technology in industry are identified.

**Keywords:** artificial intelligence, data science, water quality, leakage detection, water flow control.

Стаття надійшла до редакції 12.09.2024