



УДК: 351:620.9:004.6

[https://doi.org/10.52058/3041-1254-2026-1\(23\)-829-844](https://doi.org/10.52058/3041-1254-2026-1(23)-829-844)

Коцюбинський Олег Володимирович аспірант за спеціальністю публічне управління та адміністрування. Карпатський національний університет імені Василя Стефаника. м. Івано-Франківськ, <https://orcid.org/0009-0008-9817-1102>

ВЕЛИКІ ДАНІ ТА ПРЕДИКТИВНА АНАЛІТИКА В ПУБЛІЧНОМУ УПРАВЛІННІ ЕНЕРГЕТИЧНИМ СЕКТОРОМ: ІНСТРУМЕНТИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

Анотація. Великі дані та предиктивна аналітика в публічному управлінні енергетичним сектором України формуються на перетині критичних технологічних, інституційних і безпекових викликів. Повномасштабна війна та руйнування енергетичної інфраструктури загострили проблему стійкості енергосистеми й підвищили ціну управлінських помилок, що зумовлює потребу переходу від реактивного диспетчерування до прогнозно-орієнтованого управління на основі даних. У цьому контексті ключовим завданням публічного управління стає розбудова аналітичної інфраструктури, здатної забезпечити своєчасне прогнозування попиту та генерації, оптимізацію балансування і підвищення надійності енергопостачання.

Інтеграція України до європейського енергетичного простору та виконання зобов'язань щодо прозорості даних актуалізують впровадження сучасних підходів до управління енергосектором, зокрема використання відкритих даних і стандартизованих платформ на зразок ENTSO-E Transparency Platform. Водночас зростання частки ВДЕ з їх природною погодною варіативністю, а також складна сезонно-гідрологічна динаміка генерації ГЕС і дискретно-регульований характер роботи теплової генерації в кризових умовах формують багаторівневу невизначеність, яку неможливо адекватно опрацювати традиційними методами планування на основі середніх профілів та екстраполяції.

У статті обґрунтовано, що застосування методів машинного навчання та предиктивної аналітики, інтегрованих із метео- та гідропрогнозами й оперативними даними генерації, створює практичні передумови для зменшення небалансів, оптимізації резервів і підвищення стійкості енергосистеми. Показано, що ключовими бар'єрами цифрової трансформації залишаються фрагментованість даних, обмежене впровадження інтелектуального обліку, дефіцит компетенцій у сфері аналітики даних та відсутність цілісної національної платформи енергетичних даних. Зроблено висновок, що сталий розвиток енергетичного сектору України потребує вдосконалення механізмів публічного управління із широким





застосуванням Big Data-підходів, які підвищують прозорість, оперативність і обґрунтованість управлінських рішень.

Ключові слова: публічне управління; енергетичний сектор; великі дані; предиктивна аналітика; цифрова трансформація; Індустрія 4.0; відновлювані джерела енергії; управлінські рішення.

Kotsiubynskyi Oleh Volodymyrovych PhD student in Public Administration. Vasyl Stefanyk Carpathian National University. Ivano-Frankivsk, <https://orcid.org/0009-0008-9817-1102>

BIG DATA AND PREDICTIVE ANALYTICS IN PUBLIC ENERGY SECTOR MANAGEMENT: TOOLS FOR MANAGERIAL DECISION- MAKING

Abstract. Big Data and predictive analytics in the public governance of Ukraine's energy sector are emerging at the intersection of critical technological, institutional, and security challenges. Full-scale military aggression and the destruction of energy infrastructure have significantly increased system vulnerability and the cost of managerial errors, necessitating a shift from reactive dispatching to data-driven, forecast-oriented decision-making. In this context, a key task of public governance is the development of an analytical infrastructure capable of providing timely forecasts of electricity generation and demand, optimizing system balancing, and enhancing the resilience of energy supply.

Ukraine's integration into the European energy space and the implementation of data transparency obligations emphasize the importance of modern governance approaches based on open data and standardized platforms such as the ENTSO-E Transparency Platform. At the same time, the growing share of renewable energy sources with inherent weather-driven variability, the pronounced seasonal and hydrological dynamics of hydropower generation, and the discretely regulated operation of thermal power plants under crisis conditions create a multi-level uncertainty that cannot be adequately addressed by traditional planning methods relying on historical averages and static profiles.

The paper substantiates that the application of machine learning methods and predictive analytics, integrated with meteorological and hydrological forecasts and operational generation data, provides practical opportunities to reduce imbalances, optimize reserve capacities, and improve the overall stability of the energy system. It is shown that the main barriers to digital transformation include data fragmentation, limited deployment of smart metering, shortages of data analytics competencies, and the absence of a comprehensive national energy data platform. The study concludes that the sustainable development of Ukraine's energy sector requires the modernization





of public governance mechanisms through the wide adoption of Big Data-driven approaches, which enhance transparency, responsiveness, and the evidence-based nature of managerial decisions.

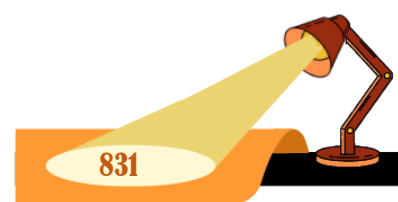
Keywords: public administration; energy sector; big data; predictive analytics; digital transformation; Industry 4.0; renewable energy sources; managerial decision-making.

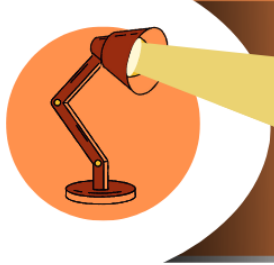
Постановка проблеми. Енергетичний сектор України функціонує в умовах безпрецедентних викликів, зумовлених руйнуванням значної частини генеруючих потужностей і мережевої інфраструктури внаслідок воєнних дій, а також необхідністю забезпечення стабільного електропостачання в режимі обмежень і аварійних відключень. Паралельно реалізується стратегічний курс на збільшення частки відновлюваних джерел енергії, які характеризуються природною варіативністю виробітку та високою залежністю від погодних умов, що додатково ускладнює управління енергосистемою.

За таких обставин традиційні підходи до планування і диспетчеризації, засновані на екстраполяції історичних даних із урахуванням сезонних коефіцієнтів, виявляються недостатньо ефективними. Вони формувалися в умовах домінування теплової та атомної генерації з відносно стабільними графіками роботи і не враховують різких змін структури генерації. Зокрема, суттєві коливання частки сонячної та вітрової енергетики між літнім і зимовим періодами призводять до зростання похибок прогнозування та ускладнюють балансування енергосистеми.

Додатковим фактором трансформації системи управління є інтеграція України до європейського енергетичного простору. Синхронізація з ENTSO-E передбачає дотримання стандартів прозорості та оперативного обміну даними, зокрема щодо генерації та навантаження в наближеному до реального часу режимі. У цьому контексті впровадження технологій великих даних і предиктивної аналітики в систему публічного управління енергетичним сектором набуває характеру практичної необхідності, оскільки саме вони забезпечують підвищення точності управлінських рішень, адаптивності планування та стійкості енергосистеми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В наукових працях як вітчизняних, так і зарубіжних фахівців тематика великих даних у публічному секторі набуває дедалі більшої уваги. Зокрема, M. Hossin, J. Du та L. Mu [1] здійснили систематичний огляд застосування Big Data у публічній політиці за період понад двадцять років і дійшли висновку про формування нової парадигми “розумного врядування”, де рішення ґрунтуються на об’єктивних даних. L. Hirth та співавтори [2] детально дослідили функціонування платформи ENTSO-E Transparency Platform як найбільш масштабного проекту відкритих енергетичних





даних у Європі. А. Nadeem та співавтори [3] систематизували досвід застосування алгоритмів машинного навчання для прогнозування генерації сонячної та вітрової енергії. Міжнародне енергетичне агентство [4] визначило розподілені енергетичні ресурси та цифрові технології як ключові елементи відновлення енергосистеми України.

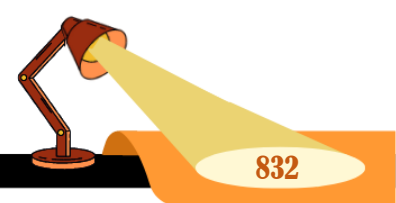
Серед українських досліджень слід виділити аналітичну доповідь О. М. Суходолі [5], де систематизовано напрями застосування штучного інтелекту в енергетиці та визначено перешкоди для впровадження цих технологій в Україні. С. Квітка, В. Корсун та Ю. Магиляс [6] окреслили перспективні напрями досліджень цифрової трансформації публічного управління. В. Кучменко та М. Ватульєв [7] проаналізували особливості цифровізації державного управління в умовах воєнного стану. А. Чечель та М. Ангелін [8] виділили ключові стратегічні технології для публічного сектору України.

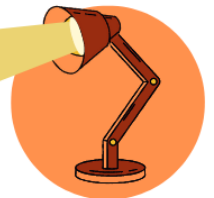
Формулювання цілей статті (постановка завдання). Мета статті полягає в обґрунтуванні ролі технологій великих даних і предиктивної аналітики як інструментів підтримки управлінських рішень у публічному управлінні енергетичним сектором України в умовах зростання частки змінної генерації та підвищеної невизначеності, а також у визначенні напрямів їх практичного впровадження з урахуванням європейських стандартів прозорості даних.

Виклад основного матеріалу. Сучасне управління енергетичним сектором функціонує в умовах постійного зростання обсягів інформації, що генерується учасниками енергоринку. Розумні лічильники, датчики на генеруючих об'єктах, системи моніторингу мереж щодня продукують терабайти даних, які потребують обробки та аналізу для прийняття обґрунтованих управлінських рішень. За оцінками фахівців, до 2023 року у світі було встановлено понад мільярд розумних лічильників, а кількість підключених пристроїв в енергетичних системах перевищила 13 мільярдів [9].

Великі дані в енергетиці характеризуються не лише значним обсягом, але й високою швидкістю надходження та різноманітністю форматів. Дані про генерацію електростанцій оновлюються щохвилини, метеорологічна інформація для прогнозування роботи відновлюваних джерел надходить кожні п'ятнадцять хвилин, а показники споживання агрегуються з різною періодичністю залежно від типу споживача. Така специфіка вимагає застосування спеціалізованих аналітичних інструментів, здатних обробляти потокові дані в режимі, близькому до реального часу.

На відкритих даних добової генерації ВДЕ (3220 спостережень за 2014-01-02 – 2022-10-28, одиниці виміру – МВт*год) часовий ряд демонструє одночасно високий тренд і різку варіативність, що робить традиційне планування на основі простих середніх або “лінійної екстраполяції” методологічно недостатнім. Діапазон значень становить 240-48 668 МВт*год, середнє – 10 584.9 МВт*год за





добу при медіані 5 760.5 МВт*год і стандартному відхиленні 9 789.6 МВт*год ($CV \approx 0.93$), що вказує на сильну асиметрію та наявність режимів із різною дисперсією.

Порівняння періодів засвідчує структурний злам після 2018 р.: середній рівень генерації у 2019-2021 рр. ($\approx 19\,949$ МВт*год/добу) приблизно у 5.2 разу перевищує середній рівень 2014-2018 рр. ($\approx 3\,846$ МВт*год/добу), а характерні добові “стрибки” зростають майже втричі ($\text{mean}|\Delta|: \approx 1\,173 \rightarrow \approx 3\,926$ МВт*год). Ряд також має виражену сезонність (для 2014–2021 рр. середні місячні значення зростають від ≈ 6.3 тис. МВт*год у січні до ≈ 12.2 тис. МВт*год у серпні) та високу інерційність ($ACF(1)=0.93$), тоді як тест стаціонарності на рівнях не підтверджує стаціонарність ($p \approx 0.39$), що обґрунтовує застосування предиктивної аналітики з урахуванням тренду/сезонності/зламів і використанням екзогенних змінних (насамперед метеоданих) для підвищення точності прогнозів і якості управлінських рішень у балансуванні енергосистеми.

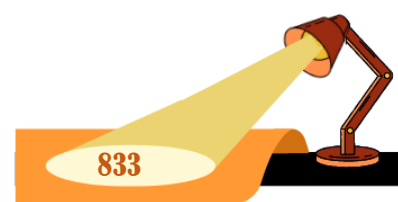
У науковій літературі для характеристики великих даних традиційно використовують модель “трьох V”: Volume (обсяг), Velocity (швидкість) та Variety (різноманітність). В енергетичному секторі до цих характеристик додається четверта – Veracity (достовірність), оскільки якість даних безпосередньо впливає на надійність прогнозів та, відповідно, на стабільність енергопостачання [9].

Помилки у вхідних даних можуть призводити до хибних управлінських рішень із потенційно серйозними наслідками для функціонування енергосистеми.

Предиктивна аналітика як складова роботи з великими даними дозволяє переходити від реактивного до проактивного управління енергосистемою. Якщо традиційні методи оперували історичними даними для констатації того, що вже відбулось, то предиктивні моделі спрямовані на передбачення майбутніх станів системи.

Це принципово змінює логіку прийняття управлінських рішень: замість реагування на проблеми після їх виникнення з’являється можливість запобігати їм або мінімізувати негативні наслідки завчасно.

Порівняння традиційних та предиктивних підходів до управління енергосистемою дозволяє наочно продемонструвати переваги застосування аналітики великих даних. Ключові відмінності проявляються у часовому горизонті аналізу, точності прогнозів та швидкості реагування на зміни в системі (табл. 1).





Таблиця 1.

Порівняння традиційних та предиктивних методів управління в енергетиці

Критерій	Традиційні методи	Предиктивна аналітика
Часовий горизонт	Аналіз минулих подій	Прогноз на 1-72 години
Точність прогнозування генерації ВДЕ	70-75%	88-92%
Швидкість реагування	Години-дні	Хвилини-години
Основа рішень	Експертні оцінки	Алгоритми машинного навчання
Потреба в резервних потужностях	Висока (15–20%)	Знижена (8–12%)

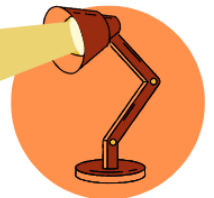
Джерело: складено автором на основі [1; 3]

Як видно з таблиці, застосування предиктивної аналітики дозволяє суттєво підвищити точність прогнозування генерації відновлюваних джерел енергії – з 70-75% до 88-92%. Це має безпосередній вплив на ефективність управління енергосистемою, оскільки зменшує потребу у резервних потужностях майже вдвічі. Крім того, перехід від експертних оцінок до алгоритмів машинного навчання скорочує час реагування на зміни в системі з годин до хвилин, що є критично важливим для забезпечення стабільності енергопостачання в умовах високої частки непередбачуваної генерації.

Європейський досвід демонструє ефективність централізованих платформ енергетичних даних для забезпечення прозорості ринку та підтримки прийняття рішень. Платформа ENTSO-E Transparency Platform, запущена у 2015 році відповідно до Регламенту ЄС № 543/2013, акумулює інформацію від операторів систем передачі з понад тридцяти європейських країн [2]. Платформа публікує дані за 49 категоріями, що охоплюють генерацію за типами джерел, транскордонні перетоки, ціни на балансуєчому ринку та прогнози навантаження.

Для України питання доступу до якісних енергетичних даних набуло особливої гостроти після синхронізації з європейською мережею ENTSO-E у березні 2022 року. Ця синхронізація, здійснена в екстремальних умовах перших тижнів повномасштабного вторгнення, стала не лише технічним досягненням, але й політичним сигналом про європейський вектор розвитку української енергетики. Виконання вимог європейського законодавства щодо прозорості передбачає не лише публікацію відповідних даних, але й забезпечення їхньої достовірності та своєчасності оновлення [4]. Зокрема, Регламент ЄС № 543/2013 встановлює чіткі терміни публікації інформації: дані про фактичну генерацію





мають оприлюднюватися не пізніше ніж через годину після завершення відповідного періоду, а прогнози навантаження – щонайменше за дві доби [2].

Досвід країн Балтії та Польщі, які раніше інтегрувались до європейського енергетичного простору, засвідчує, що процес адаптації до вимог ENTSO-E займає від трьох до п'яти років і потребує значних інвестицій у цифрову інфраструктуру. Зокрема, оператори цих країн впровадили спеціалізовані системи автоматизованого збору даних, що забезпечують передачу інформації до центральної платформи у форматах, визначених європейськими стандартами. Литва та Естонія, наприклад, модернізували свої диспетчерські центри та запровадили єдині протоколи обміну даними ще до формального приєднання до синхронної зони континентальної Європи. Україна, попри складні умови воєнного часу, вже розпочала відповідну роботу: НЕК “Укренерго” публікує оперативні дані про стан енергосистеми та здійснює регулярний обмін інформацією з європейськими партнерами.

Важливим аспектом функціонування платформ енергетичних даних є забезпечення їх доступності для різних категорій користувачів. Окрім професійних учасників ринку, що використовують дані для торгових операцій та планування, споживачами інформації виступають дослідники, аналітики, журналісти та громадські організації. За даними ENTSO-E, платформа Transparency Platform щомісяця обслуговує понад 9000 унікальних користувачів, що свідчить про високий попит на відкриті енергетичні дані [2]. Така відкритість сприяє підвищенню довіри до енергетичного сектору та створює передумови для громадського контролю за діяльністю його учасників. В українському контексті це набуває особливого значення, оскільки прозорість є одним із ключових критеріїв оцінки прогресу у виконанні вимог Енергетичного Співтовариства та підготовки до членства в ЄС.

Ефективне застосування великих даних у публічному управлінні енергетикою потребує побудови цілісної системи, що охоплює всі етапи роботи з інформацією – від збору до прийняття рішень. Архітектура такої системи передбачає інтеграцію різнорідних джерел даних, їх обробку на єдиній платформі та надання аналітичних інструментів для різних категорій користувачів (рис. 1).

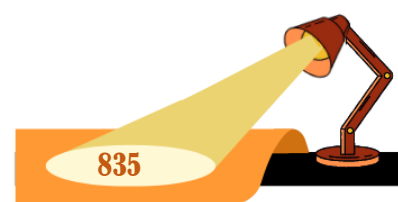


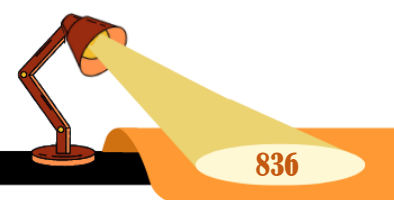


Рисунок 1. Архітектура системи підтримки прийняття рішень на основі великих даних в енергетичному секторі

Джерело: Розроблене автором

Представлена архітектура відображає логіку руху даних від первинних джерел до кінцевих споживачів інформації. На нижньому рівні розташовані джерела даних – розумні лічильники, датчики генеруючого обладнання, метеорологічні станції та ринкові системи. Платформа обробки великих даних виконує функції агрегації, зберігання та аналітичної обробки із застосуванням алгоритмів машинного навчання. На верхньому рівні знаходяться інструменти підтримки прийняття рішень: прогнозування, оптимізація балансування та моніторинг із функцією раннього попередження. Така структура забезпечує взаємодію між регулятором, оператором системи та учасниками ринку.

Застосування предиктивної аналітики в енергетиці охоплює декілька ключових напрямів. Прогнозування генерації ВДЕ є найбільш затребуваним, оскільки виробіток сонячних та вітрових станцій залежить від погодних умов. Сучасні моделі на основі нейронних мереж досягають точності 88-92% для горизонту до 24 годин [3]. Прогнозування попиту дозволяє оптимізувати завантаження генеруючих потужностей та планувати режими роботи енергосистеми.





Таблиця 2.

Напрями застосування предиктивної аналітики в публічному управлінні енергетикою

Напрямок застосування	Вхідні дані	Результат для управління
Прогнозування генерації ВДЕ	Методані, історія виробітку	Планування балансування системи
Прогнозування попиту	Дані споживання, календар, погода	Оптимізація диспетчеризації
Виявлення аномалій	Показники обладнання в реальному часі	Запобігання аваріям
Аналіз ринкових цін	Історичні ціни, обсяги торгів	Формування тарифної політики
Оцінка втрат у мережах	Дані SCADA, топологія мережі	Планування модернізації

Джерело: складено автором на основі [5; 9]

Впровадження технологій великих даних в енергетиці України стикається з низкою викликів: застаріла інфраструктура обліку (лише 10% побутових споживачів охоплено інтелектуальним обліком), втрата частини даних внаслідок руйнування інфраструктури та недостатній рівень кваліфікації персоналу у сфері аналітики [10].

Водночас війна стала каталізатором цифровізації енергетичного сектору. Дорожня карта розвитку розумних мереж, затверджена Міністерством енергетики у травні 2024 року, передбачає поетапне впровадження технологій Smart Grid на всіх рівнях енергосистеми.

Для емпіричної ілюстрації ролі прогнозової аналітики в публічному управлінні енергетичним сектором сформовано та проаналізовано добові часові ряди генерації електроенергії з ВДЕ та гідроелектростанцій (МВт*год). В обох випадках погодинні значення потужності агреговано у добові суми шляхом підсумовування кожних 24 послідовних годин, що відповідає горизонталі добового планування та диспетчерського управління в об'єднаній енергосистемі [11].

Добова генерація з ВДЕ поєднує довгострокове зростання виробітку з високою варіативністю, зумовленою погодною залежністю сонячної та вітрової генерації. Зі збільшенням частки ВДЕ в енергобалансі зростають амплітуда коливань і частота екстремумів, що ускладнює балансування та знижує ефективність традиційних підходів, заснованих на екстраполяції історичних даних і фіксованих сезонних коефіцієнтах. Виражена сезонність (літні максимуми та зимові мінімуми) і структурні злами у кризові періоди підсилюють нестационарність та вимоги до адаптивності аналітичних інструментів.



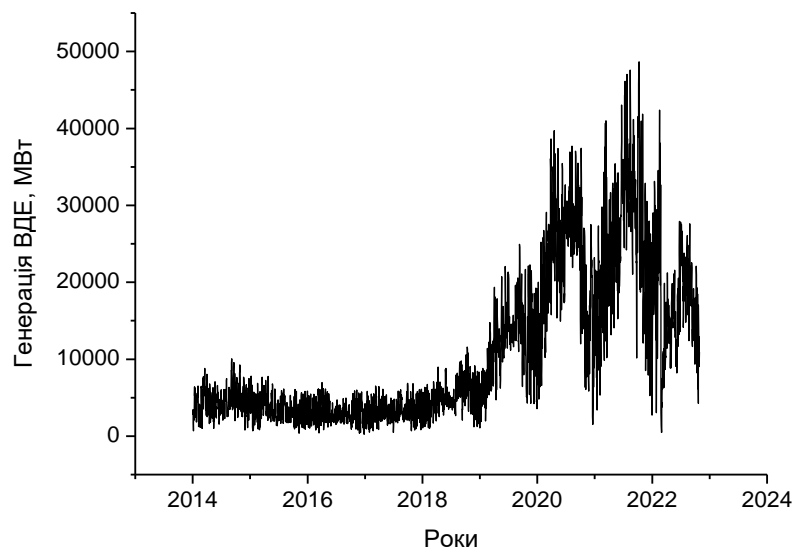
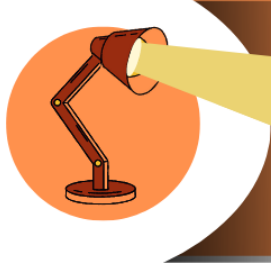


Рисунок 2 часовий ряд потужності отриманої з ВДЕ з 2014-2022рр.
Джерело: сформоване автором на основі [11]

Добовий часовий ряд генерації ГЕС демонструє іншу часову структуру: короткострокова волатильність тут є менш різкою, що пояснюється інерційністю гідрологічних процесів і можливістю оперативного регулювання навантаження гідроагрегатів. Водночас для гідрогенерації характерні виражена сезонність і міжрічна мінливість, зумовлені режимами водності річкових басейнів, притоками та умовами експлуатації водосховищ. Піки виробітку відповідають періодам підвищеної водності, тоді як маловодні сезони супроводжуються системним зниженням генерації, що обмежує можливості статичного планування на основі середніх профілів.

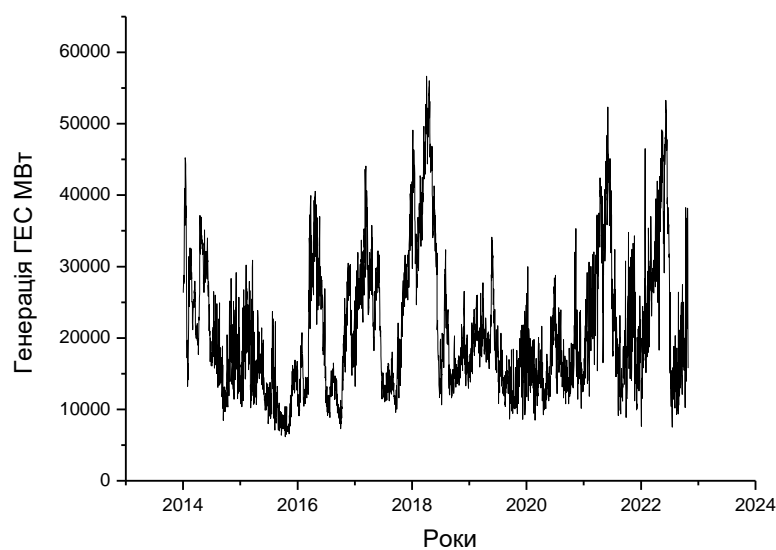
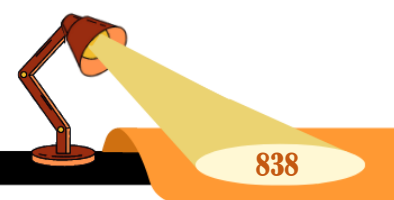


Рисунок 3 часовий ряд потужності отриманої з ГЕС з 2014-2022рр.
Джерело: сформоване автором на основі [11]





Порівняльний аналіз обох рядів показує, що хоча ВДЕ та ГЕС формують різні типи часової динаміки, для них характерна спільна управлінська проблема – зростання невизначеності та нестаціонарності даних, особливо в умовах зовнішніх кризових впливів. У цьому контексті застосування Big Data-підходів набуває принципового значення, оскільки дозволяє інтегрувати гетерогенні джерела інформації – оперативні дані генерації, метеорологічні та гідрологічні прогнози, календарні фактори й дані про обмеження – у єдину аналітичну систему.

У прикладному вимірі прогнозування добової генерації ВДЕ та ГЕС на горизонті до 24 годин є ключовим інструментом публічного управління енергетикою. Для ВДЕ воно спрямоване на зменшення небалансів і оптимізацію резервів, тоді як для ГЕС – на ефективне використання гідроресурсів і компенсацію флуктуацій змінної генерації. Поєднання прогнозів для обох типів генерації створює аналітичну основу для підвищення стійкості енергосистеми, обґрунтованого прийняття управлінських рішень і переходу від реактивного до прогнозно-орієнтованого публічного управління енергетичним сектором.

Для доповнення емпіричного аналізу змінної та напівкерованої генерації розглянуто часовий ряд генерації електроенергії Бурштинською теплоелектростанцією за період з 1 січня по 27 жовтня 2022 року (МВт*год). Досліджуваний інтервал охоплює критичний етап функціонування енергосистеми в умовах воєнних дій, що робить дані репрезентативними для аналізу кризових режимів роботи традиційної генерації в системі публічного управління.

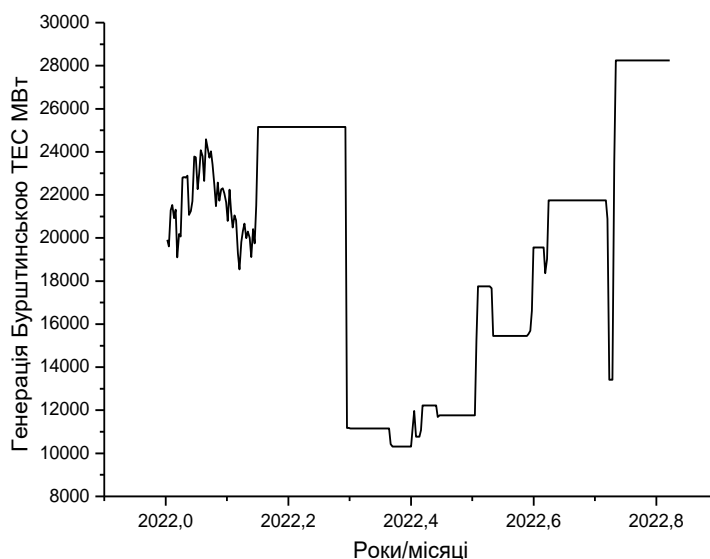
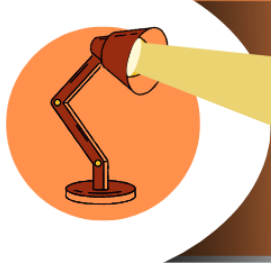


Рисунок 4 часовий ряд потужності отриманої з Бурштинської ТЕС за 2022р.

Джерело: сформоване автором на основі [11]

На відміну від ВДЕ та ГЕС, часовий ряд Бурштинської ТЕС має дискретно-регульований характер, що проявляється у вигляді відносно стабільних плато з





різкими переходами між рівнями генерації. Така ступінчаста структура відображає управлінські рішення щодо зміни режимів роботи блоків, ремонтні кампанії, обмеження паливного забезпечення та реакцію на потреби балансування енергосистеми.

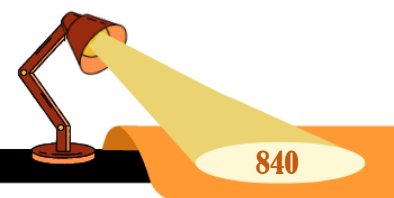
Впродовж 2022 року спостерігаються різкі зниження та подальші відновлення рівнів генерації, що свідчить про підвищену нестаціонарність і фрагментацію режимів роботи ТЕС у кризових умовах. У контексті статті це підкреслює обмеженість традиційного нормативного планування та необхідність використання предиктивної аналітики для оперативного прогнозування доступної потужності, оцінювання ризиків простоїв і планування резервів. Зокрема, різкі зміни рівнів генерації є критичними для диспетчерського управління та потребують завчасного прогнозування на короткострокових горизонтах.

Порівняння цього ряду з часовими рядами ВДЕ та ГЕС дозволяє сформулювати цілісне уявлення про багаторівневу природу невизначеності в енергосистемі: якщо ВДЕ характеризуються високою погодною волатильністю, а ГЕС – сезонною та гідрологічною мінливістю, то ТЕС у 2022 році демонструють управлінсько зумовлену дискретну динаміку, пов’язану з кризовими обмеженнями. Усі три типи генерації формують різні, але взаємопов’язані виклики для публічного управління.

Публічне (державне) управління енергетичним сектором в умовах цифровізації набуває нових характеристик, пов’язаних із застосуванням аналітики великих даних як інструменту підтримки рішень. Взаємозв’язок основних компонентів такого управління можна представити у вигляді структурної схеми, що демонструє роль аналітичної складової у забезпеченні координації між регуляторними та операційними функціями (рис. 2).



Рисунок 5. Взаємозв’язок компонентів публічного управління енергетичним сектором в контексті застосування великих даних
Джерело: розроблено автором



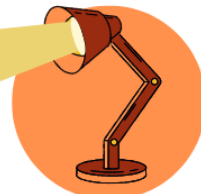


Схема ілюструє, що аналітична складова виступає сполучною ланкою між регуляторними та операційними функціями публічного управління. Концепція стійкості, що об'єднує всі компоненти, передбачає прийняття рішень на основі даних та забезпечення прозорості для всіх стейкхолдерів.

Для ефективного впровадження аналітики великих даних у публічне управління енергетикою необхідне формування відповідної інституційної бази. Це передбачає визначення стандартів обміну даними між учасниками ринку, встановлення вимог до якості та достовірності інформації, створення механізмів захисту персональних даних споживачів. Європейський досвід свідчить, що успішна цифрова трансформація енергетики потребує координації зусиль регуляторів, операторів мереж та учасників ринку.

Особливої актуальності інструменти предиктивної аналітики набувають в умовах воєнного часу, коли енергетична інфраструктура України зазнала безпрецедентних руйнувань. Систематичні ракетні та дроніві атаки призвели до критичного скорочення доступних генеруючих потужностей, що суттєво ускладнює балансування енергосистеми (табл. 3).

Таблиця 3.

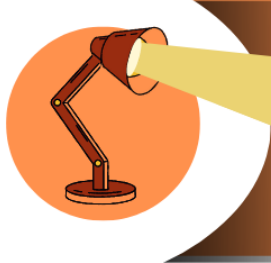
Динаміка доступної генеруючої потужності в Україні внаслідок воєнних дій, ГВт

Тип генерації	До 2022 р.	Квітень 2023 р.	Травень 2024 р.	Втрати, %
Атомні електростанції	13,8	7,7	7,7	44
Теплові електростанції	17,1	6,0	2,5	85
Гідроелектростанції	6,6	4,7	3,5	47
Відновлювані джерела енергії	9,6	7,7	7,0	27
Загальна доступна потужність	47,1	26,1	20,7	56

Джерело: складено автором на основі даних [4]

Наведені дані засвідчують, що найбільших втрат зазнала теплова генерація – 85% довоєнної потужності, тоді як відновлювані джерела енергії виявилися відносно більш стійкими завдяки розподіленому характеру розміщення. В умовах скорочення загальної потужності більш ніж удвічі здатність точно прогнозувати попит та генерацію, оптимізувати завантаження наявних потужностей





та мінімізувати втрати стає критичним фактором забезпечення енергетичної безпеки.

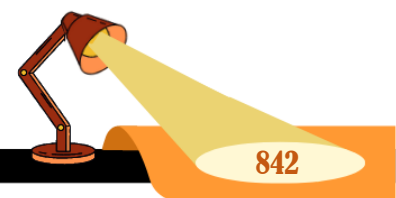
Висновки. Проведене дослідження дозволяє зробити висновок, що великі дані та предиктивна аналітика в сучасних умовах перестають бути допоміжними інструментами і набувають статусу ключових компонентів системи публічного управління енергетичним сектором. Емпіричний аналіз добових часових рядів генерації електроенергії з відновлюваних джерел, гідроелектростанцій та теплової генерації засвідчив зростання нестаціонарності та багаторівневої невизначеності, що суттєво обмежує ефективність традиційних методів планування і диспетчеризації.

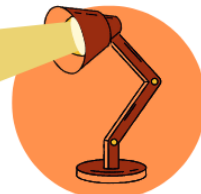
Дослідження показало, що ВДЕ формують часові ряди з високою погодною волатильністю та вираженою сезонністю, які потребують короткострокового прогнозування на горизонті до 24 годин для зменшення небалансів і оптимізації резервів. Генерація ГЕС, хоча й характеризується нижчою короткостроковою мінливістю, демонструє істотну сезонну та міжрічну залежність від гідрологічних умов, що вимагає інтеграції гідрометеорологічних прогнозів у системи управління. Водночас аналіз часових рядів теплової генерації, зокрема Бурштинської ТЕС у 2022 році, виявив дискретно-регульований характер динаміки, зумовлений організаційно-технічними та кризовими обмеженнями, що підкреслює необхідність прогнозування доступної потужності навіть для традиційних джерел енергії.

Аналіз європейського досвіду засвідчує, що функціонування платформи ENTSO-E Transparency Platform створює інституційну та інформаційну основу для прийняття обґрунтованих управлінських рішень на основі відкритих даних. Застосування методів машинного навчання для прогнозування генерації, особливо ВДЕ, дозволяє підвищити точність прогнозів з 70-75% до 88-92%, що безпосередньо впливає на ефективність балансування енергосистеми та зниження потреби в резервних потужностях.

Для України впровадження аналітики великих даних є критично важливим в умовах воєнних дій, втрати значної частини генеруючих потужностей та підвищених вимог до стійкості енергосистеми. Точне прогнозування генерації та попиту, оптимізація режимів роботи наявної інфраструктури й інтеграція різно-рідних даних стають ключовими факторами енергетичної безпеки. Водночас низький рівень охоплення інтелектуальним обліком, відсутність національної платформи енергетичних даних та дефіцит фахівців з аналізу даних залишаються суттєвими бар'єрами цифрової трансформації галузі.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою інтегрованих моделей прогнозування, що поєднують дані ВДЕ, ГЕС і ТЕС у єдиній аналітичній системі, а також з обґрунтуванням архітектури національної платформи енергетичних даних, сумісної з європейськими стандартами ENTSO-E.





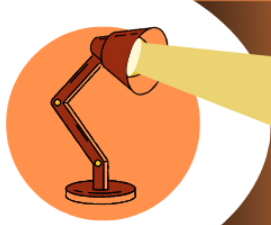
Література:

1. Hossin M. Z., Arafat Y., Hossain M. S. Big data analytics in public policy and governance: A systematic review. *Government Information Quarterly*. 2024. Vol. 41. P. 101–118.
2. Hirth L., Mühlenpfordt J., Bulkeley M. The ENTSO-E Transparency Platform: A review of Europe’s unprecedented electricity data. *Applied Energy*. 2018. Vol. 225. P. 1–16.
3. Nadeem A., Zafar A., Sohail M. Application of machine learning in solar and wind energy forecasting: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2023. Vol. 178. P. 113–129.
4. IEA. Ukraine Energy Profile 2024: Decentralisation and resilience. Paris: International Energy Agency, 2024. 86 p.
5. Суходоля О. М. Штучний інтелект в енергетиці: перспективи та виклики для публічного управління. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2023. № 2. С. 45–58.
6. Квітка С. А., Соколовська О. О., Новіков О. В. Цифрова трансформація публічного управління: теоретико-методологічний аналіз. *Аспекти публічного управління*. 2020. Т. 8, № 4. С. 6–15.
7. Кучменко В. О. Цифровізація енергетичної інфраструктури в умовах воєнного стану: виклики та можливості. *Економіка та держава*. 2023. № 11. С. 89–94.
8. Чечель А. О. Стратегічні технології цифрової трансформації енергетичного сектору України. *Державне управління: удосконалення та розвиток*. 2022. № 3. URL: <http://www.dy.nauka.com.ua/?op=1&z=2648>
9. Zhou K., Fu C., Yang S. Big data driven smart energy management: From big data to big insights. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 56. P. 215–225.
10. Міністерство енергетики України. Дорожня карта розвитку інтелектуальних мереж в Україні до 2035 року. Київ, 2024. 42 с.
11. Hourly electricity balance of the IPS of Ukraine [Електронний ресурс] // Energy Map. – Режим доступу: <https://energy-map.info/en/datasets/8998f2ed-379f-4fa9-9076-88782b32ee4f> (дата звернення: 10.01.2026).
12. Передача і диспетчеризація. НЕК «Укренерго» : вебсайт. URL: <https://ua.energy/peredacha-i-dyspetcheryzatsiya/> (дата звернення: 10.01.2026).

References:

1. Hossin, M. Z., Arafat, Y. and Hossain, M. S. (2024), “Big data analytics in public policy and governance: A systematic review”, *Government Information Quarterly*, vol. 41, pp. 101–118.
2. Hirth, L., Mühlenpfordt, J. and Bulkeley, M. (2018), “The ENTSO-E Transparency Platform: A review of Europe’s unprecedented electricity data”, *Applied Energy*, vol. 225, pp. 1–16.
3. Nadeem, A., Zafar, A. and Sohail, M. (2023), “Application of machine learning in solar and wind energy forecasting: A systematic review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 178, pp. 113–129.
4. IEA (2024), *Ukraine Energy Profile 2024: Decentralisation and resilience*, International Energy Agency, Paris, 86 p.
5. Sukhodolia, O. M. (2023), “Artificial intelligence in energy: prospects and challenges for public administration”, *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia*, no. 2, pp. 45–58.
6. Kvitka, S. A., Sokolovska, O. O. and Novikov, O. V. (2020), “Digital transformation of public administration: theoretical and methodological analysis”, *Aspekty publichnoho upravlinnia*, vol. 8, no. 4, pp. 6–15.
7. Kuchmenko, V. O. (2023), “Digitalization of energy infrastructure under martial law: challenges and opportunities”, *Ekonomika ta derzhava*, no. 11, pp. 89–94





8. Chechel, A. O. (2022), “Strategic technologies of digital transformation of Ukraine’s energy sector”, *Derzhavne upravlinnia: udoskonalennia ta rozvytok*, no. 3, available at: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=2648>

9. Zhou, K., Fu, C. and Yang, S. (2016), “Big data driven smart energy management: From big data to big insights”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 56, pp. 215–225.

10. Ministry of Energy of Ukraine (2024), *Roadmap for Smart Grid Development in Ukraine until 2035*, Kyiv, 42 p.

11. Hourly electricity balance of the IPS of Ukraine [Electronic resource] // *Energy Map*. – Available at: <https://energy-map.info/en/datasets/8998f2ed-379f-4fa9-9076-88782b32ee4f> (accessed: 10 January 2026).

12. Transmission and dispatching. NPC "Ukrenergo" : website. URL: <https://ua.energy/peredacha-i-dyspetcheryzatsiya/> (accessed: 13.01.2026).