

Андрій Климовський, Михайло Паславський*

¹ магістр кафедри комп'ютерних наук НЛТУ України, Львів, Україна

² асистент кафедри комп'ютерних наук НЛТУ України, Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1635-4340> mykhailo.paslavskyi@nltu.edu.ua

Розроблення інтелектуальної системи прогнозування генерації електроенергії вітроелектростанції

Анотація. У роботі проведено аналіз даних великої електростанції, що виробляє електроенергію з використанням вітроенергетичних установок. Використовуючи мову програмування Python та бібліотеки Pandas, отримано інформацію про типи та структуру даних, здійснено перейменування та форматування стовпців. Застосовано візуалізацію для аналізу взаємозв'язку активної потужності, швидкості вітру та інших параметрів. Окрім цього, проведено аналіз сезонної динаміки, обчислено сумарну активну потужність для кожного місяця. Результати дають змогу визначити ключові фактори, що впливають на електрогенерацію та розкривають складність взаємодії між параметрами.

Ключові слова – машинне навчання, Python, Pandas, вітромоніторинг.

Енергія вітру є одним із найрозвиненіших відновлювальних джерел енергії. Виробництво електроенергії залежить від таких параметрів, як швидкість вітру, зміна клімату, розмір турбіни, потік вітру на певній ділянці та на висоті цієї ділянки. Натомість в інший сезон через менший потік вітру та зміни клімату кількість виробництва електроенергії буде меншою. Щоб уникнути цих проблем, необхідно передбачити її виробництво. Якщо передбачити вихідну електроенергію, тоді можна співпрацювати з її постачальниками для виробництва постійної кількості енергії протягом усього часу.

Матеріали і методи дослідження. Основною причиною виникнення вітру є нерівномірне нагрівання сонцем земної поверхні. Для опису вітру як джерела електроенергії використовують сукупність його енергетичних характеристик: середньорічну швидкість вітру, річний і добовий хід вітру, повторюваність швидкостей та напрямів вітру, його максимальна швидкість, питому потужність та питому енергію [1]. Дані про середньорічні швидкості вітру є вихідною характеристикою загального рівня його інтенсивності.

Річний хід вітру – це сезонна зміна середніх швидкостей вітру. Добовий хід вітру – це зміна середніх швидкостей вітру протягом доби. Найбільш чітко він простежується влітку і мало проявляється взимку. В умовах зниження загального рівня інтенсивності вітру в літню пору денний максимум швидкостей вітру є сприятливим для ефективного використання енергії вітру, оскільки саме в денні години спостерігається підвищена потреба в енергії з боку споживача. Повторюваність напрямів вітру показує, яку частину часу протягом місяця чи року дули вітри того чи іншого напрямку. Визначення максимальної швидкості вітру базується на результатах спостережень за минулий час і є прогнозом на майбутнє. Середньорічна питома енергія вітру є інтегральною характеристикою і залежить від повторюваності швидкостей вітру, тобто від того, яку частку річного часу дув вітер із тією чи іншою швидкістю. Маючи в своєму розпорядженні дані про середньорічні швидкості вітру, вертикальний його профіль та повторюваність швидкостей вітру, можна дати енергетичну характеристику вітрового потоку будь-якої місцевості і на будь-якій висоті.

В роботі використано три бібліотеки для роботи з даними та візуалізацією графіків на мові програмування Python: Numpy, Pandas, Matplotlib. Для проведення аналізу було використано набір даних з такими ознаками: Date/Time – дата та час, LV ActivePower – активна потужність, Wind Speed – швидкість вітру, Theoretical Power Curve – теоретична потужність, Wind Direction – напрям вітру [2].

Результати. Для візуалізації даних використано бібліотеку Matplotlib. На рис. 1 подано гістограму швидкості вітру, показано розподіл частот його швидкості в наборі даних, вона знаходиться у діапазоні від 3 до 12 м/с.

На рис. 2 представлена гістограма, яка представляє розподіл активної потужності у датафреймі. Як видно, більшість часу виробляється низький об'єм потужності. Гістограма може допомогти візуально зрозуміти розподіл даних та ідентифікувати характеристики набору даних з активною потужністю.

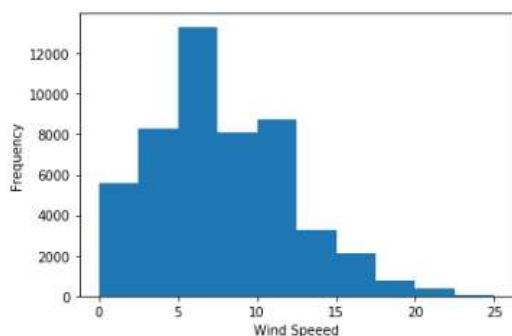


Рисунок 1. Гістограма розподілу швидкості вітру

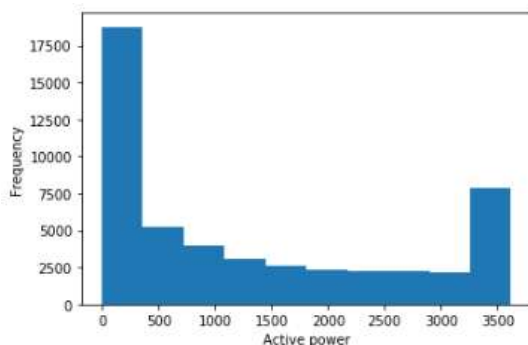


Рисунок 2. Гістограма активної потужності турбін вітроелектростанції

На рис. 3 представлено графіки, які відображають залежність активної та теоретичної потужностей від швидкості вітру, кожна точка відповідає певній комбінації значень швидкості вітру та потужності. Теоретична потужність залежить від швидкості вітру [3]. Ці два графіки дають змогу оцінити цю залежність та виявити можливі тенденції.

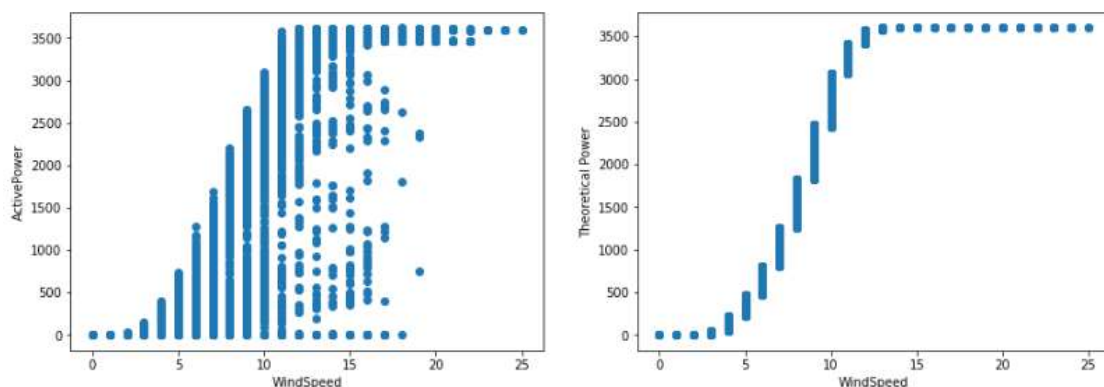


Рисунок 3. Залежності активної та теоретичної потужності вітроелектростанції від швидкості вітру

Отримано сумарну активну потужність вітроелектростанції для кожного місяця (рис. 4). Це використовується для аналізу сезонної варіації активної потужності та виявлення тенденцій у виробництві енергії протягом року.

Для побудови лінійного графіка використано бібліотеку Matplotlib, він відображає залежність загальної потужності від місяця. З його допомогою можна візуально оцінити сезонні варіації у виробленій потужності протягом року. Якщо графік вказує на якусь залежність між місяцем та потужністю, це може бути корисно для аналізу тенденцій чи планування дій в майбутньому.

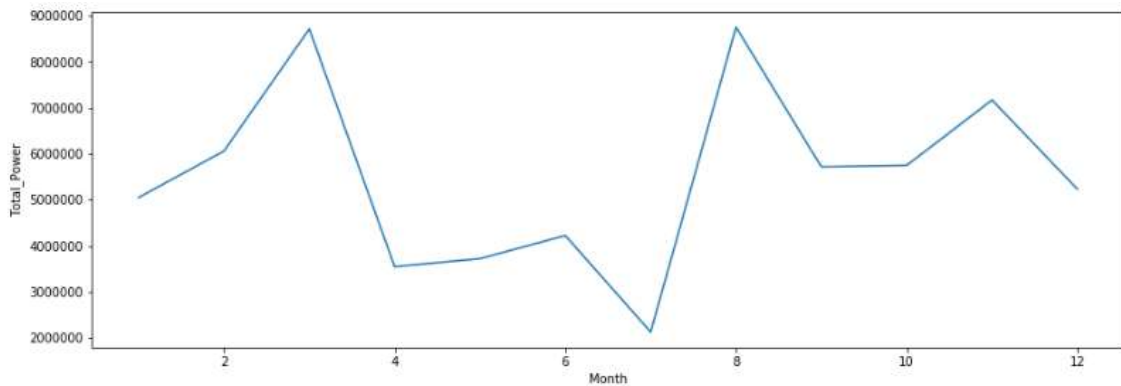


Рисунок 4. Залежність загальної потужності вітроелектростанції від місяця

Висновок. Проведено аналіз залежності теоретичної та активної потужності вітроелектростанції від швидкості вітру та його напрямку для визначення розподілу цих параметрів. Проведено розрахунок сумарної активної потужності для кожного місяця, її подальший аналіз може виявити сезонні та місячні тенденції. Аналіз цих даних підтверджує, що активна потужність вітроелектростанції має складний характер та залежить від різних факторів, таких як швидкість та напрям вітру. Результати дають змогу визначити ключові фактори, що впливають на електрогенерацію та розкривають складність взаємодії між цими параметрами.

Список використаних літературних джерел

- [1] Dupre, A., Drobinski, P., Alonzo, B., Badosa, J., Briard, C., & Plougonven, R. (2020). Sub-hourly forecasting of wind speed and wind energy. *Renewable Energy*, 145, 2373-2379.
- [2] Gupta, Y. (2018). Selection of important features and predicting wine quality using machine learning techniques. *Procedia Computer Science*. 125, 305–312.
- [3] Lahouar, A., & Slama, J. (2017). Hour-ahead wind power forecast based on random forests. *Renewable Energy*, 109, 529–541.

Development of an intelligent system for predicting wind power generation

The paper analyzes the data of a large power plant that produces electricity using wind power plants. Using the Python programming language and the Pandas library, information about data types and structure was obtained, columns were renamed and formatted. Visualization was applied to analyze the relationship between active power, wind speed and other parameters. In addition, an analysis of seasonal dynamics was carried out, and the total active power was calculated for each month. The results make it possible to determine the key factors affecting electricity generation and reveal the complexity of the interaction between parameters.