

*Мищук Олександра Сергіївна,*

<https://orcid.org/0000-0001-6823-985X>

аспірант, асистент кафедри інформаційних

технологій видавничої справи

Національний університет «Львівська політехніка»,

м. Львів, Україна

## **ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛІНІЙНИХ НЕЙРОПОДІБНИХ СТРУКТУР**

Забруднення повітря не лише негативно впливає на різні компоненти екосистеми та здоров'я людини, а й веде до значних економічних втрат. Тому контроль за забрудненням навколишнього середовища має велике значення для всього світу. Спеціальна комісія ООН реалізує програму по контролю за забрудненням повітря (UNECE ICP Vegetation), котра спрямована на визначення найбільш неблагополучних областей, створення регіональних карт і поліпшення розуміння природи довгострокових транскордонних забруднень [1].

Україна також не відстає від країн Європи і Азії, та докладає своїх зусиль до моніторингу забруднення навколишнього середовища. Державною гідрометеорологічною службою (МНС) здійснюються спостереження за забрудненням атмосферного повітря у 53 містах України на 162 стаціонарних, двох маршрутних постах спостережень та двох станціях транскордонного переносу [2]. Для досліджень щодо прогнозування параметрів забруднення повітряного середовища були взято дані спостережень за забрудненням атмосферного повітря в м. Києві центральною геофізичною обсерваторією імені Бориса Срезневського [3].

У м. Києві систематичні спостереження за вмістом шкідливих речовин в атмосферному повітрі проводяться на 16 стаціонарних постах (ПСЗ) з періодичністю відбору проб 6 днів на тиждень, 3-4 рази на добу. Для досліджень було обрано дані зі стаціонарного пункту №7 – Бесарабська площа. Опубліковані параметри забруднення повітря з вказаного стаціонарного посту включають п'ять із семи забруднюючих речовин з програми обов'язкового моніторингу якості атмосферного повітря: пил, двоокис азоту ( $\text{NO}_2$ ), двоокис сірки ( $\text{SO}_2$ ), оксид вуглецю, формальдегід ( $\text{H}_2\text{CO}$ ). Додатково публікуються показники забруднення повітря фтористим воднем та хлористим воднем [3].

Більшість задач прогнозування можна звести до прогнозу часового ряду за допомогою процедури занурення ряду в багатовимірний простір, тобто до вирішення задачі інтерполяції функції багатьох змінних. Нейромережу можна використовувати для відновлення цієї невідомої функції по набору прикладів, заданих історією даного часового ряду.

У дослідженні для прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря використано лінійну нейроподібну структуру моделі послідовних геометричних перетворень (МППП) [4]. Хоча, виходячи з принципу мінімуму витрат, не має сенсу будувати складні математичні моделі для прогнозування. Адже, для отримання простого і швидкого прогнозу на кілька спостережень вперед можна використовувати прості математичні методи. Також, варто зазначити, що більш складні математико-статистичні моделі не завжди дають більш точні прогнози. Тому на противагу методу прогнозування за допомогою нейроподібної структури МППП, для визначення оптимального методу прогнозування, було використано метод наївного прогнозу (найкращим прогнозом на  $k$  кроків вперед є значення, рівне фактичному, отриманому на останньому спостереженні) [5].

Завдання підготовки даних полягає в приведенні всіх значень часового ряду  $x$  до «спільного знаменника», тобто застосування до кожного з них такого перетворення, в результаті якого область можливих значень обмежиться відрізком  $[0;1]$  [6]. При цьому нульове значення перетворених даних має відповідати мінімальному значенню вихідної вибірки, а одиничне – максимальному. Після цих перетворень отримаємо часовий ряд в діапазоні, обмеженому відрізком  $[0;1]$ . Далі для кожного параметру будуюмо матрицю із заданим часовим вікном  $t_{iw} = n$ , та в результаті отримуємо сім матриць.

Першим кроком у прогнозуванні параметрів забруднення атмосферного повітря за допомогою лінійної нейронної структури МППП відбувається розподіл досліджуваних матриць на навчальну і тестову, де перші  $n$  чисел рядка  $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$  є вхідними значеннями нейронної мережі, а останнє число ( $Y$ ) – бажаний вихід нейронної мережі, значення якого дублюється з останнього значення входу ( $x_n$ ). Наступним кроком досліджень, після виділення однієї головної компоненти, проводиться навчання нейроподібної структури МППП та подальше її застосування з виділеною однією головною компонентою. Далі, прогнозовані виходи знову підлягають розподілу з часовими вікнами  $t_{iw} = n$ . Сформовані матриці знову аналогічно розділяються на навчальну і тестову. Але цього разу навчання нейроподібної структури відбувається з тією кількістю головних компонент, скільки у матриць входів. Останнім кроком відбувається

однокрокове прогнозування для кожного параметру для різної кількості часових вікон.

Описаний метод прогнозування був виконаний для всіх параметрів з часовим вікном  $t_{iv} = 5$ . Також для даних було застосовано метод найвісного прогнозу. Результати прогнозування двома методами наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

### Похибки прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря

Похибки MAPE	Пил	Діоксид сірки	Діоксид азоту	Фтористий водень	Хлористий водень	Формальдегід	Оксид вуглецю
Навчальні	1,59%	3,535%	10,05%	19,038%	9,633%	20,68%	3,453%
Тестові	1,15%	2,645%	10,76%	15,116%	14,722%	18,51%	16,031%
Найвісного прогнозу	1,74%	4,142%	41,91%	25,439%	61,809%	95,53%	30,16%

Також, результати порівняння методів прогнозування параметрів забруднення повітряного середовища зображені на рисунку 1.

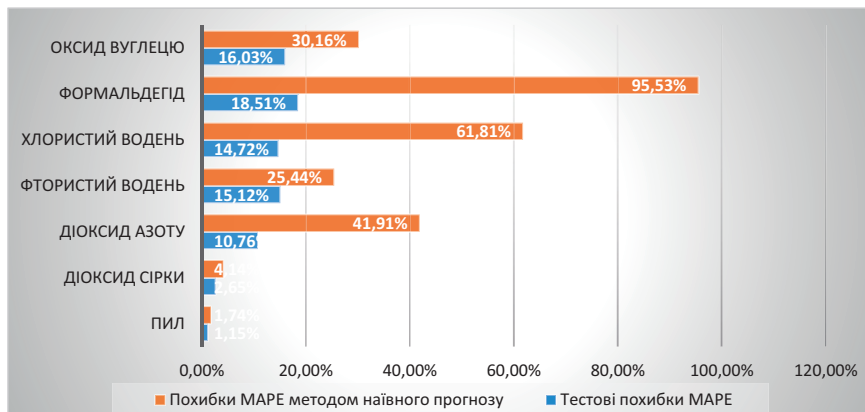


Рис. 1. Порівняння методів однокрокового прогнозування забруднення повітря

Отже, після порівняння двох методів прогнозування параметрів забруднення атмосферного повітря, визначено що метод прогнозування за допомогою лінійної нейроподібної структури МППП є кращим за найпростіший метод найвісного прогнозу, оскільки результує з меншими похибками.

Отримані результати дослідження, можна використовувати в якості локальних прогнозів концентрацій шкідливих речовин в районах вимірювань стаціонарних і мобільних постів спостереження.

Для підвищення точності прогнозу в майбутньому доцільно прив'язати значення концентрацій шкідливих речовин до метеопараметрів, днів

тижня, періоду року, кількості автотранспорту на вулицях міста та інших параметрів, від яких залежить концентрація шкідливих речовин в атмосфері.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сніжко С.І. Оцінка сучасного рівня забруднення атмосферного повітря у м. Києві / С.І. Сніжко, О.Г. Шевченко, Д.П. Складенко // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Географія. – 2005. – № 51. – С. 28-30.
2. Harmens H. Air Pollution: Deposition to and impacts on vegetation in (South)-East Europe, Caucasus, Central Asia (EECCA/SEE) and South-East Asia / H. Harmens, G. Mills // ICP Vegetation Programme Coordination Centre, Centre for Ecology and Hydrology. – Bangor, UK. – 2014. – 72 p.
3. Спостереження за забрудненням атмосферного повітря в м. Києві [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://cgo-sreznevskiy.kiev.ua/index.php?fn=lsza&f=lsza>
4. Ткаченко Р.О. Методы предварительной обработки изображений на основе нейропарадигмы Модель геометрических преобразований / Р.О. Ткаченко, П.Р. Ткаченко, И.В. Изонин, Д.А. Батюк // Управляющие системы и машины. – 2017. – № 1 (267). – С. 59-67.
5. Міщук О.С. Методи оброблення та заповнення пропущених параметрів у даних екологічного моніторингу / О.С. Міщук, Р.О. Ткаченко // Науковий вісник НЛТУ України. —2019. – №29(6).— С. 119-122. <https://doi.org/10.15421/40290623>