

**МЕРЕЖЕВИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ПОЛЯ ЗАБРУДНЕННЯ НА ПРИЛЕГЛИХ
ДО АВТОМАГІСТРАЛЕЙ ТЕРИТОРІЯХ****Данчук В. Д., Олійник Р. В., Тарабан С. М.**

Рассматривается проблема качества атмосферного воздуха крупных городов, которая связана с функционированием транспортных потоков улично-дорожной сети города. На основе выявленных корреляционных зависимостей в закономерностях течения кинетических характеристик автотранспортных потоков и концентраций в атмосфере ингредиентов сгорания предложен сетевой метод экспресс-оценки загрязнения атмосферного воздуха на территориях, прилегающих к автомагистралям улично-дорожной сети города. Полученные в рамках данного метода значения оценок уровня загрязнения хорошо согласуются с результатами соответствующих эмпирических наблюдений. Это дает основания считать, что предложенный метод может найти свое применение для контроля и управления функционированием транспортных систем по экологическим показателям.

Розглядається проблема якості атмосферного повітря великих міст, яка пов'язана з функціонуванням транспортних потоків вулично-дорожньої мережі міста. На основі виявлених кореляційних залежностей в закономірностях перебігу кінетичних характеристик автотранспортних потоків та концентрацій в атмосфері інгредієнтів відпрацьованих газів запропоновано мережесий метод експрес-оцінки забруднення атмосферного повітря на територіях, прилеглих до автомагістралей вулично-дорожньої мережі міста. Отримані в рамках даного методу значення оцінок рівня забруднення добре узгоджуються з результатами відповідних емпіричних спостережень. Це дає підстави вважати, що запропонований метод може знайти своє застосування для контролю та управління функціонуванням транспортних систем за екологічними показниками.

The problem of air quality in large cities, which is related to the operation of traffic road network of the city is being considered. Based on the identified correlation dependencies in the course of the kinetic characteristics of the transport flow and exhaust gas ingredients' concentration in the atmosphere, networking method of express-estimation for the air pollution in areas adjacent to the city highway network is proposed. Obtained results in the frameworks of this method are agreed with empirical observations. Thus, suggested method can find application for control and steering of operation transportation systems on ecological indicators.

Данчук В. Д.

д-р физ.-мат. наук, проф., зав. кафедрой «НТУ

Олейник Р. В.

канд. физ.-мат. наук, доц. НТУ

Тарабан С. Н.

аспирант НТУ

taraban777@meta.ua

УДК 656.13: 504

Данчук В. Д., Олійник Р. В., Тарабан С. М.

МЕРЕЖЕВИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ПОЛЯ ЗАБРУДНЕННЯ НА ПРИЛЕГЛИХ ДО АВТОМАГІСТРАЛЕЙ ТЕРИТОРІЯХ

Автомобілізація суспільства призвела до гострої проблеми якості атмосферного повітря великих міст. Природно-кліматичним умовам мегаполісу, незалежно від пори року, характерний надлишок накопичених забруднюючих речовин (ЗР) в приземному шарі атмосфери. В умовах слабкої природної вентиляції забруднене атмосферне повітря чинить прямий негативний вплив на здоров'я населення і становить сьогодні найбільш актуальну екологічну проблему, яка вимагає невідкладного рішення [1].

Моделювання розсіювання ЗР від рухомих джерел, дозволить побудувати розподіли полів концентрації цих величин для всієї селітебної частини міста. При моделюванні поля забруднення (ПЗ) необхідно опиратися на прямі вимірювання, які необхідно проводити в об'ємі основних транспортних потоків міста. Основні труднощі при складанні достатньо точних прогнозів рівня забруднення, полягають в тому, що ПЗ характеризується просторово-часовою неоднорідністю, яка визначається розташуванням джерел емісії ЗР, їх потужністю, зміною кліматичних умов, рельєфом місцевості та забудовою придорожньої зони. Існуючі на теперішній час методики розрахунку рівня забруднення [2, 3], як показують результати їх практичного застосування, дають великі похибки, оскільки базуються на використанні моделей, які в більшості випадків не відображають реальних даних про поширення забруднюючих домішок в атмосфері та орієнтовані на екстремальні метеорологічні умови [4]. Пошук нових методів прогнозування рівня забруднення на основі емпіричних даних, що дозволяють уникнути недоліків, які властиві існуючим методикам, обумовлює актуальність проведення подальших досліджень в цьому напрямку.

Метою даної роботи є створення методу експрес-оцінки рівня ПЗ атмосферного повітря на територіях, прилеглих до автомагістралей, що базується на спільному використанні електротехнічної моделі аналізу розподілу інтенсивності автотранспортних потоків у вулично-дорожніх мережах міста [5] та математичного апарату нейронних мереж (НМ) для моделювання ПЗ. Коректність такого спільного використання ґрунтується на експериментально виявленій в даній роботі кореляції між рівнем загазованості атмосферного повітря CO речовиною на прилеглих до автомагістралей територіях та інтенсивностями автотранспортних потоків на однорідній ділянці автомагістралі.

Оскільки інфраструктуру транспортної мережі центральних районів міста змінити практично неможливо, то один із дієвих засобів покращення екологічної ситуації – це регулювання транспортних потоків та їх оптимальний перерозподіл у гілках мережі. Рішення подібних задач передбачає використання математичних моделей, в яких задані параметри транспортних потоків, що функціонують у мережі. Оскільки, існуючі моделі транспортних потоків [6] не дозволяють адекватно описувати розподіл транспортних засобів на окремих гілках мережі міста, то актуальною виявилася задача створення динамічної моделі транспортного потоку, яка б дозволяла управляти та встановлювати оптимальний розподіл транспортних засобів у вулично-дорожній мережі міста.

Для моделювання ПЗ на територіях прилеглих до автомагістралей, необхідно спиратися на прямі вимірювання концентрації ЗР, які потрібно проводити в об'ємі основних транспортних потоків міста, щоб встановити просторово-часовий розподіл концентрацій у повітряному басейні об'єкту дослідження.

Емпіричні систематизовані дослідження інтенсивності транспортних потоків та рівня загазованості придорожньої зони автомагістралей CO (газоаналізатор 603 EX01-3М), дозволили створити відповідний інформаційний банк даних. Експериментально встановлена помірна

кореляційна залежність (0,52) рівня забруднення атмосферного повітря на прилеглих до автомагістралей територіях та інтенсивності автотранспортного потоку на однорідній ділянці автомагістралі. Кінетичні залежності рівня забруднення атмосфери CO, в даній координатній точці, та інтенсивність транспортного потоку мають типовий часовий розподіл (рис. 1).

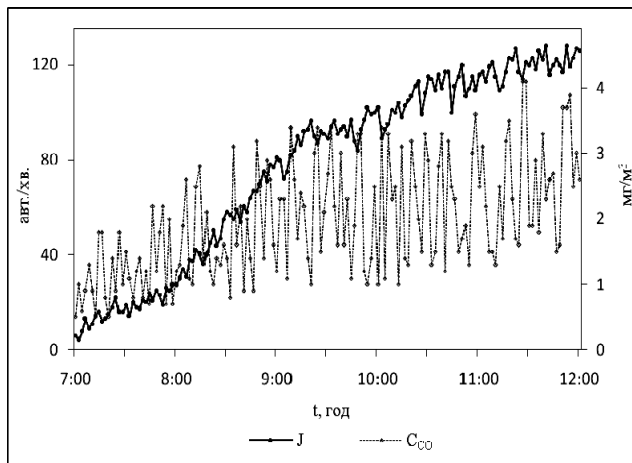


Рис. 1. Кінетичні залежності інтенсивності транспортного потоку та концентрації CO на однорідній ділянці вулично-дорожньої мережі

Прогноз інтенсивності розподілу транспортних засобів у гілках автотранспортної мережі відбувався на основі розробленої електротехнічної моделі дослідження транспортних потоків [5]. Розраховані значення інтенсивності, використовувалися як вхідні дані при подальшому аналізі в НМ, для моделювання ПЗ.

Топологія поля задавалася у вигляді наступних характеристик [7]:

- число шарів k ;
- число вхідних змінних m ;
- число вихідних змінних n ;
- число вихідних змінних у прихованому шарі n' ;
- число пар векторів p .

Змінні, які виступають в ролі вхідних \tilde{I} та вихідних векторів \tilde{C}_{CO} , являють собою експериментальні дані, які накопичені в інформаційному банку. ПЗ з нелінійними функціями активації дає на виході неперервне відображення C_{CO} входу, яке адекватне істинному значенню. Із множини вхідних і вихідних змінних формуються пари векторів p :

$$\tilde{I} = \begin{Bmatrix} \tilde{I}_1 \\ \tilde{I}_2 \\ \dots \\ \tilde{I}_m \end{Bmatrix} \Rightarrow \tilde{C} = \begin{Bmatrix} \tilde{C}_1 \\ \tilde{C}_2 \\ \dots \\ \tilde{C}_n \end{Bmatrix} \Rightarrow C = \begin{Bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \dots \\ C_{n'} \end{Bmatrix} .$$

Кількість пар p вибирається в залежності від умов постановки задачі моделювання ПЗ. Набір пар тестування, за якими проводилася перевірка адекватності моделі ПЗ до роботи в масштабі реального часу, була меншою за кількість пар на яких будувався алгоритм ПЗ. Вибір числа змінних у прихованому шарі n' є складною задачею, оскільки це впливає на ефективність створеної моделі ПЗ. При визначенні n' необхідно враховувати швидкість навчання та похибку представленої інформації НМ; n' не повинно перевищувати свого

максимального значення, оскільки це призводить до збільшення похибки. З іншого боку, n' не повинно бути значно меншим свого максимального значення, тому що це призведе до різкого зменшення швидкості навчання НМ, оскільки значення вагових коефіцієнтів прихованого шару несе в собі інформацію про зв'язок входу та виходу.

Розробку моделі ПЗ для прогнозування рівня забруднення атмосферного повітря можна розглядати як процедуру структурної та параметричної оптимізації емпіричного ПЗ. Тобто модель ПЗ повинна налаштувати вагові коефіцієнти за емпіричною вибіркою.

Вхідний інформаційний масив склали проекції вектора I_i та \tilde{C}_{CO} :

$$I_1(t), I_2(t), \dots, I_m(t);$$

$$\tilde{C}_1(t); \tilde{C}_2(t); \dots, \tilde{C}_n(t),$$

де $I_1(t)$ – інтенсивність транспортного потоку на момент часу $t = t_1$; $I_m(t)$ – інтенсивність транспортного потоку на тій же скінченній ділянці автомагістралі на момент часу $t = t_m$ (рис. 1). $\tilde{C}_1(t)$ – значення концентрації в i -ій точці контролю на момент часу $t_1 \in (t_1; t_n)$, яка знаходиться на фіксованій відстані (x_i, y_i) від джерела ЗР на заданій ділянці автомагістралі; $\tilde{C}_n(t)$ – значення концентрації ЗР в тій же координатній точці на момент часу $t_n \in (t_1; t_n)$.

При вирішенні задач прогнозування головне завдання НМ полягає в передбаченні майбутніх реакцій системи по її попередній поведінці.

В якості вхідних даних обрані розрахункові значення інтенсивності транспортного потоку, отримані за допомогою електротехнічної моделі $I_i(t)$. На виході – значення концентрації CO отримані на підставі емпіричних досліджень на заданій відстані (x_i, y_i)

Таким чином, модель має вигляд $C_{CO}(x_i, y_i, t_i) = f(I(t))$.

Побудовано та здійснено навчання низки НМ, з яких обрано ту, що має найменшу похибку навчання – MLP 1:9-11-7-1:1 (рис. 2).

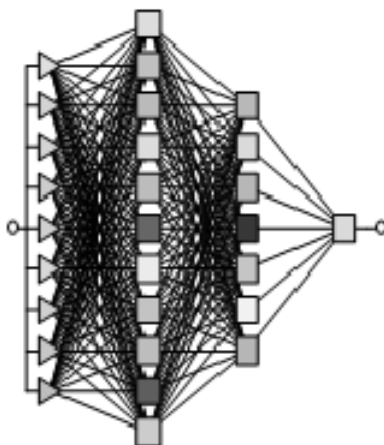


Рис. 2. Оптимальна архітектура НМ (MLP 1:9-11-7-1:1, похибка навчання – 0,057346)

Для оцінки точності та адекватності результатів прогнозування, а також структури НМ обчислено наступні статистичні показники (табл. 1).

Отримані прогнозні значення концентрації CO залежно від інтенсивності автотransпортного потоку (рис. 3).

Таблиця 1

Статистичні показники MLP 1:9-11-7-1:1

Середнє значення даних	2,031690
Стандартне відхилення даних	0,868491
Середнє значення похибки	0,001077
Стандартне відхилення похибки	0,258053
Середнє значення абсолютної похибки	0,209209
Відношення стандартного відхилення	0,297127
Кореляція	0,954896

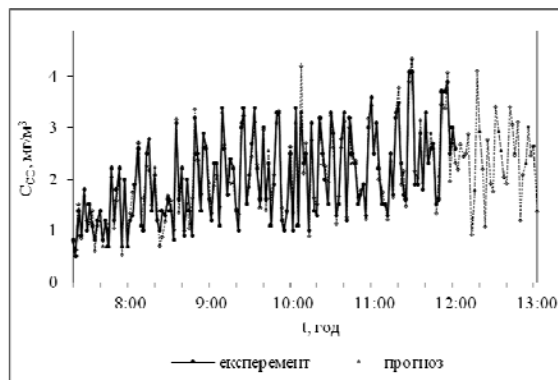


Рис. 3. Прогноз концентрації CO

ВИСНОВКИ

Запропоновано метод експрес-оцінки рівня поля забруднення шкідливими речовинами атмосферного повітря на територіях, прилеглих до автомагістралей, що базується на спільному використанні електротехнічної моделі аналізу розподілу інтенсивності автотранспортних потоків у вулично-дорожніх мережах міста та математичного апарату НМ для моделювання поля забруднення. Коректність такого спільного використання ґрунтується на експериментально виявленій в даній роботі кореляції між рівнями загазованості атмосферного повітря CO речовиною на прилеглих до автомагістралей територіях та інтенсивностями автотранспортних потоків на однорідній ділянці автомагістралі.

Достатня точність відтворення поля забруднення атмосферного повітря за допомогою НМ, отримання якої було обумовлено використанням в навчанні НМ коректних прямих емпіричних даних (рівень загазованості повітря CO на конкретних прилеглих до автомагістралей територіях), дозволило отримати відносно точні оцінки прогнозу, перевіривши при цьому в латентні ландшафтні особливості, а також часто стохастичні, і тому важко контрольовані, метеорологічні чинники досліджуваних територій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дьяков А. Б. Экологическая безопасность транспортных потоков / А. Б. Дьяков, А. В. Неймарк, А. В. Рузский; под. ред. А. Б. Дьякова. – М. : Транспорт, 1989. – 128 с.
2. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86). – Л. : Гидрометеоздат, 1987. – 92 с.
3. Методика розрахунку впливу викидів автомобільного транспорту на забруднення повітря міст України. – К., 1993. – 22 с.
4. Актуальные проблемы современной экологии. Мониторинг атмосферного воздуха: аналитические материалы / Б. М. Брохозовский, В. В. Мартынов, С. Я. Приказчиков, И. А. Яцлык. – Саратов : СГТУ, 1997. – 44 с
5. Електротехнічна модель дослідження транспортних потоків / В. Д. Данчук, В. І. Кривенко, Р. В. Олійник, С. М. Тарабан // Вісник НТУ. – 2011. – № 21.
6. Семенов В. В. Математическое моделирование транспортных потоков мегаполиса / Семенов В. В., 2004. – 45 с. – (Препринт № 34 : Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН).
7. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский; пер. с польского И. Д. Рудинского. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

Стаття надійшла до редакції 10.11.2011 р.