

С. Д. Штовба, д-р техн. наук, проф.; А. В. Нагорна, студ.

РЕГРЕСІЙНІ МОДЕЛІ ВПЛИВУ ВИКИДІВ АВТОТРАНСПОРТУ НА ЧАСТОТУ ЗАХВОРЮВАНЬ ОРГАНІВ ДИХАННЯ У ВІННИЦЬКІЙ ОБЛАСТІ

Побудовано лінійні регресійні моделі впливу забруднення атмосферного повітря автотранспортом на частоту виникнення хвороб органів дихання у населення Вінницької області.

Вступ

Вивчення впливу екологічних факторів на здоров'я населення є актуальним та пріоритетним напрямком сучасних наукових досліджень. В Україні до цього часу такі екологічно-гігієнічні дослідження зосереджувались в районах із надзвичайним антропогенним навантаженням (Київ, Донбас та Придніпров'я) [1, 2, 3], тоді як вплив забруднень довкілля на здоров'я населення в інших регіонах вивчався в поодиноких роботах [4, 5].

З кожним роком в Україні спостерігається тенденція збільшення автомобілів, кількість яких вже перевищує 8 млн. За останні 10 років обсяг викидів шкідливих речовин від автотранспорту збільшився на 76 % [6]. Одночасно кількість викидів від інших джерел не зазнала таких стрімких змін. У зв'язку з цим актуальною проблемою є виявлення впливу викидів саме від автотранспорту на стан здоров'я населення. *Метою роботи* є побудова математичних моделей залежності впливу викидів від автотранспорту на частоту захворювань органів дихання, які в першу чергу потерпають від цих забруднень. Дослідження проводилось стосовно районів Вінницької області.

Постановка задачі та початкові дані

Статистичні дані про кількість викидів від автотранспорту та частоту захворювань органів дихання за кожним районом Вінницької області наведено в [7, 8]. Враховуючи, що площі різних районів Вінницької області суттєво відрізняються, замість абсолютних величин викидів використовуватимемо відносні, а саме масу викидів на 1 кв. км. Відповідні початкові дані зведемо у табл. 1 та 2.

Таблиця 1

Щільність викидів від автотранспорту (т/кв. км)

№	Район	2005 р.	2006 р.	2007 р.	2008 р.	2009 р.	2010 р.
1	Барський	1,67	1,77	2,22	2,31	2,19	2,27
2	Бершадський	2,39	2,55	3,05	3,37	3,29	3,09
3	Вінницький	2,38	2,56	3,42	3,56	3,31	3,49
4	Гайсинський	2,29	2,39	3,22	3,08	2,75	2,85
5	Жмеринський	0,73	0,73	1,40	1,57	1,44	1,48
6	Іллінецький	1,85	1,86	2,38	2,51	2,25	2,34
7	Калинівський	2,25	2,35	3,06	3,14	2,81	2,81
8	Козятинський	1,17	1,17	2,06	2,16	1,85	1,83
9	Крижопільський	2,11	2,27	2,83	3,32	2,96	3,02
10	Липовецький	1,45	1,47	2,05	2,29	2,05	2,09
11	Літинський	1,43	1,54	1,96	1,91	1,82	1,88
12	Могилів-Подільський	0,92	0,97	1,57	1,68	1,60	1,67
13	Мурованокучиловський	0,91	0,96	1,41	1,49	1,47	1,44
14	Немирівський	1,68	1,72	1,97	2,06	1,94	1,92
15	Оратівський	1,17	1,19	1,76	1,85	1,71	1,78
16	Піщанський	1,15	1,25	1,64	1,69	1,61	1,62
17	Погребищенський	1,05	1,10	1,62	1,65	1,61	1,61
18	Теплицький	1,31	1,43	1,94	2,07	1,89	1,94
19	Тиврівський	1,72	1,87	2,36	2,59	2,32	2,38

Продовження табл. 1

№	Район	2005 р.	2006 р.	2007 р.	2008 р.	2009 р.	2010 р.
20	Томашпільський	2,30	2,26	2,90	2,86	2,78	2,78
21	Гростянецький	1,59	1,69	2,20	2,28	2,17	2,25
22	Тульчинський	2,73	2,75	2,55	2,65	2,47	2,57
23	Хмільницький	0,62	0,66	1,56	1,70	1,53	1,65
24	Чернівецький	0,97	1,02	1,92	1,92	1,84	2,0
25	Чечельницький	0,98	1,06	1,34	1,40	1,34	1,39
26	Шаргородський	1,68	1,71	2,58	2,59	2,33	2,46
27	Ямпільський	1,92	1,92	2,56	2,69	2,56	2,71

Таблиця 2

Частота захворювань органів дихання (випадків на 10 тис. осіб)

№	Район	2005 р.	2006 р.	2007 р.	2008 р.	2009 р.	2010 р.
1	Барський	2800	2830	3100	3130	3100	2992
2	Бершадський	4000	4050	3975	3975	3880	3976
3	Вінницький	4735	4781	4786	4780	4720	4760,4
4	Гайсинський	4700	4750	4750	4700	5050	4790
5	Жмеринський	3500	3550	3075	2850	3065	3208
6	Іллінецький	2800	2950	3100	3150	3950	3190
7	Калинівський	5800	6000	5750	5700	5750	5800
8	Козятинський	4400	4350	4400	4450	4750	4470
9	Крижопільський	3950	4000	4050	4075	4100	4035
10	Липовецький	5000	5050	5050	4850	4900	4970
11	Літинський	5700	5750	5850	5850	5900	5810
12	Могилів-Подільський	3650	3750	3950	3750	3930	3806
13	Мурованокуриловецький	3900	4000	3900	4000	4000	3960
14	Немирівський	4000	4100	4250	4400	4425	4235
15	Оратівський	3900	4000	4075	4650	5200	4365
16	Піщанський	4000	4100	4150	4850	4800	4380
17	Погребищенський	4250	4300	4800	4300	4700	4470
18	Теплицький	4900	5000	5750	4950	5850	5290
19	Тиврівський	3400	3500	3750	3700	3750	3620
20	Томашпільський	3850	3900	4050	4450	4500	4150
21	Гростянецький	3400	3500	4000	4000	4650	3910
22	Тульчинський	3450	3600	3750	4000	4050	3770
23	Хмільницький	4950	5000	5150	4450	4800	4870
24	Чернівецький	3625	3800	3800	3800	4500	3905
25	Чечельницький	2100	2300	2400	2600	2900	2460
26	Шаргородський	5000	5200	5250	5000	5000	5090
27	Ямпільський	3000	3200	3900	3500	3850	3490

Вибірку даних з табл. 1 та 2 запишемо таким чином:

$$(x_i^t, y_i^t), i = \overline{1, 27}, t = \overline{2005, 2010}, \quad (1)$$

де x_i^t та y_i^t — щільність викидів від автотранспорту та частота захворювань органів дихання в i -му районі в t -му році.

Задача ставиться таким чином: знайти регресійну модель $y = f(x)$, для якої середня квадратична нев'язка на вибірці (1) є мінімальною.

Регресійні моделі

За типовим регресійним аналізом отримано лінійну та квадратичну моделі з великими нев'язками $RMSE = 812,1$ та $RMSE = 811,7$. Нев'язки майже однакові, тому підвищувати по-

рядок полінома немає сенсу.

За розподілом експериментальних даних (рис. 1) евристично виявлено розшарування на 2 кластера з візуально помітною корельованістю між щільністю викидів та частотою захворювань. Відповідно з 27 районів сформуємо 2 групи (A і B), для кожної з яких визначимо свою регресійну залежність. В групу A включимо усі райони, для яких середнє відношень частоти захворювань до щільності викидів за 2005–2010 рр. менше за деякий поріг T . Усі інші райони сформують групу B . Математично це розбиття запишемо таким чином:

$$\left\{ \begin{aligned} A &= \left\{ i: \frac{1}{6} \sum_{t=2005}^{2010} \frac{y_i^t}{x_i^t} < T, i = \overline{1, 27} \right\}; \\ B &= \left\{ i: \frac{1}{6} \sum_{t=2005}^{2010} \frac{y_i^t}{x_i^t} \geq T, i = \overline{1, 27} \right\}. \end{aligned} \right.$$

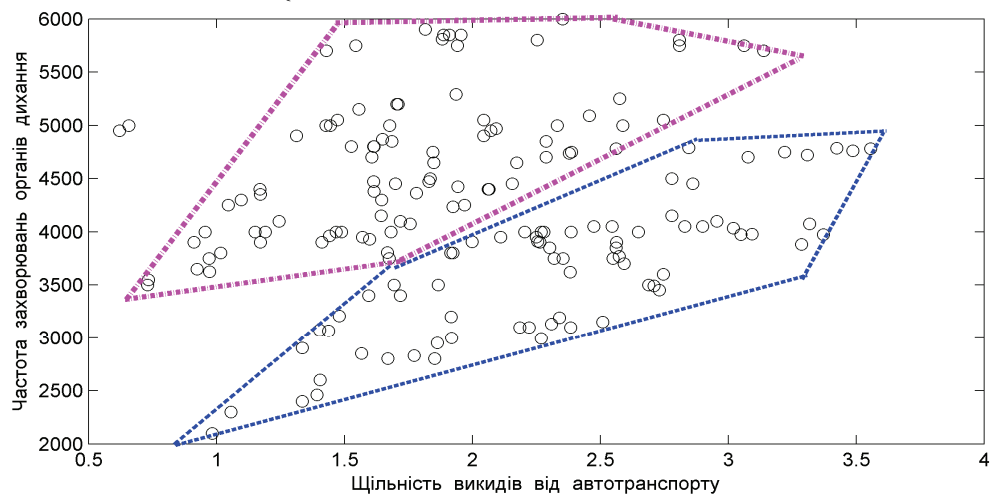


Рис. 1. Евристична кластеризація експериментальних даних

Після цього, для кожної із груп побудуємо лінійні регресійні моделі. Поріг T оберемо таким чином, щоб нев'язка $RMSE$ на усій вибірці (1) була б мінімальною. В результаті вирішення цієї задачі (рис. 2) райони розбито на такі групи: $A = \{1, 2, 3, 4, 6, 9, 19, 20, 21, 22, 25, 27\}$ та $B = \{5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 23, 24, 26\}$. Регресійні моделі є такими:

- для групи A – $y = 1593,3 + 897x$;
- для групи B – $y = 3224,3 + 801,7x$.

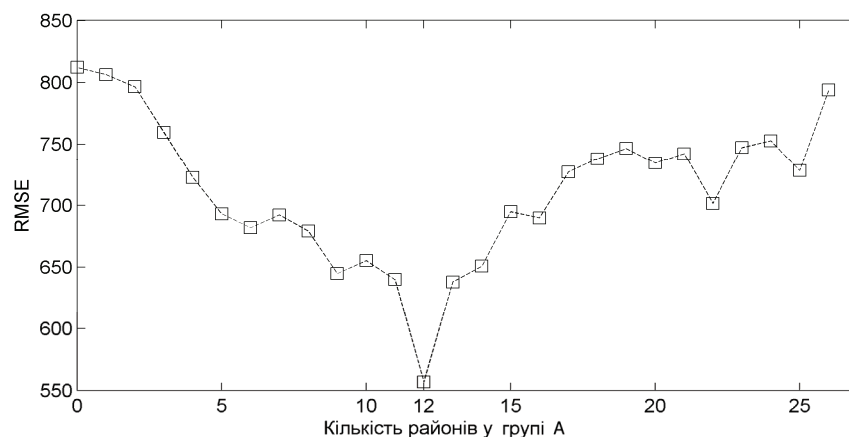


Рис. 2. Оптимальне розбиття районів на групи

Результати моделювання добре збігаються з експериментальними даними (рис. 3 та 4) з нев'язкою $RMSE = 556,8$. З рис. 4 випливає, що для обох груп районів збільшення щільності викидів від автотранспорту майже однаково відбивається на прирості захворювань органів дихання. Але в районах групи B приблизно в 2 рази вище фоновий рівень таких захворю-

вань, який можна визначити за отриманими регресійними моделями за відсутності забруднень від автотранспорту.

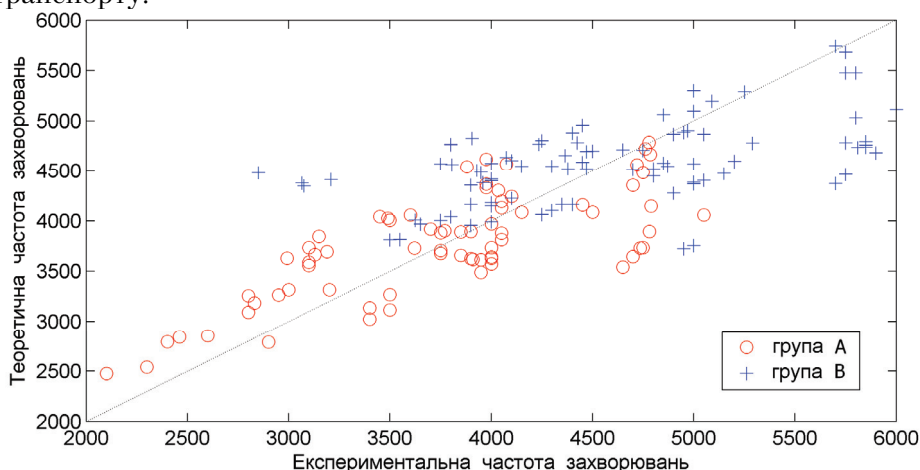


Рис. 3. Зіставлення експериментальних даних та результатів моделювання

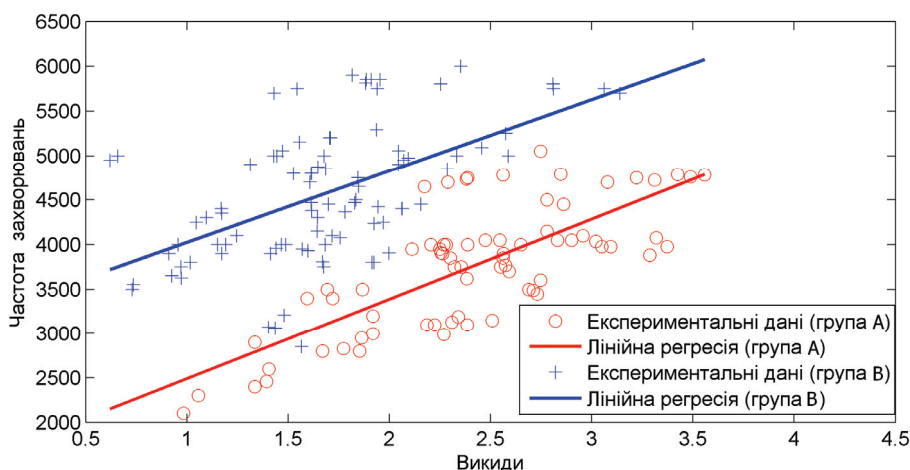


Рис. 4. Теоретичні та експериментальні досліджувані залежності

Висновки

У Вінницькій області вплив забруднень від автотранспорту на частоту захворювань органів дихання населення добре описується лінійними регресійними моделями. В роботі вперше встановлено, що за рівнем цього впливу райони Вінницької області доцільно поділити на 2 групи, в яких приблизно вдвічі різняться фонові показники захворювань органів дихання. Проте, для усіх районів приріст щільності викидів від автотранспорту на 1 т/кв. км збільшує частоту захворювань органів дихання в середньому на 800–900 випадків на 10 тис. осіб. Розбиття районів Вінницької області на 2 групи з різними фоновими показниками захворювань органів дихання може бути зумовлено такими чинниками:

- 1) впливом інших екологічних факторів;
- 2) різним рівнем дисципліни під час реєстрації захворювань органів дихання населення;
- 3) похибками у вимірюванні викидів від автотранспорту. Визначення найвпливовішого чинника потребує додаткових наукових досліджень.

Запропонований підхід можна використовувати і в інших регіонах України для побудови математичних моделей впливу забруднень від автотранспорту на частоту захворювань органів дихання населення. На основі узагальнення таких моделей та даних про середні витрати на лікування захворювань органів дихання можна кількісно оцінити відповідну складову екологічних ризиків від використання автотранспорту. Це дозволить, наприклад, обгрунто-

вано визначити ставку екологічного податку з продажу палива для транспортних засобів та ефективно вирішувати низку інших задач екологічного менеджменту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Петров С. Б. Эколого-эпидемиологическое исследование по оценке влияния взвешенных веществ в атмосферном воздухе городской среды на развитие болезней органов дыхания / С. Б. Петров, Е. Н. Онучина, Б. А. Петров // Успехи современного естествознания. — 2011. — № 11. — С. 346—349.
2. Умрихіна Л. М. Роль і значення забруднення атмосферного повітря, метеорологічних факторів та соціально-побутових умов у формування показників захворюваності дитячого населення м. Києва / Л. М. Умрихіна // ДУ ІГМЕ. — 2010. — № 56. — С. 64—69.
3. Сигора Г. А. Применение метода регрессионного анализа к количественному описанию степени влияния загрязнения на здоровье населения / Г. А. Сигора, О. Н. Кучеренко // Вісник СевДТУ. Вип. 97 : Механіка, енергетика, екологія : зб. наук. пр. — 2008—2009. — С. 188—191.
4. Климчук М. А. Стан навколишнього середовища та його вплив на здоров'я населення Львівської області // Докілля та здоров'я. — 2005. — № 3 (34). — С. 43—48.
5. Скорина Л. М. Вплив викидів автотранспорту на розвиток хвороб органів дихання у Вінницькій області / Л. М. Скорина, А. В. Нагорна // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2011. — № 6. — С. 20—23.
6. Нагорна Н. В. Екологія та патологія органів дихання у дітей: медико-соціальні аспекти / Н. В. Нагорна, Г. В. Дубова // Здоров'я ребенка. — 2009. — № 4(19). — С. 37—39.
7. Основні показники діяльності установ охорони здоров'я Вінницької області за 2009 рік / Головне управління статистики у Вінницькій області. — Вінниця, 2010. — 231 с.
8. Статистичний щорічник Вінниччини за 2006—2010 рр. / Головне управління статистики у Вінницькій області. — Вінниця, 2011. — 653 с.

Рекомендована кафедрою комп'ютерних систем управління

Стаття надійшла до редакції 1.10.12
Рекомендована до друку 3.10.12

Штовба Сергій Дмитрович — професор кафедри комп'ютерних систем управління;
Нагорна Анастасія Володимирівна — студентка Інституту магістратури, аспірантури та докторантури.
Вінницький національний технічний університет, Вінниця