

Вирішення цих проблем дозволить не тільки покращити аналіз основних причин виробничого травматизму, але й зменшити кількість нещасних випадків в цілому. Адже, кожен нещасний випадок чи професійне захворювання, це не лише певні цифри у звітах страхового експерта з охорони праці. Насправді це втрата здоров'я чи життя працівника.

### Література

1. Відомості про стан виробничого травматизму [Електронний ресурс] / Державна служба гірничого нагляду та промислової безпеки України. – Режим доступа: [http://www.dnopr.kiev.ua/index.php?option=com\\_content&task=category&sectionid=32&id=166&Itemid=225](http://www.dnopr.kiev.ua/index.php?option=com_content&task=category&sectionid=32&id=166&Itemid=225) (дата звернення 03.08.2012).
2. Аналіз стану виробничого травматизму в Україні за 9 місяців 2011 р. / Л.О. Мітюк, Т.М. Таїрова, А.О. Луц, С.Ю. Богущкий // Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: збірник матеріалів шостої науково-методичної конференції, Київ, 10–11 листопада 2011 р. – К.: НТУУ КПІ, 2011. – С. 54–57.
3. Про регулювання містобудівної діяльності: закон України: [прийнято Верховною Радою від 17 лютого 2011 р.]: [за станом на 22 березня 2012 р.] // Голос України. – 2011. – № 45 від 12 березня. – С. 14–18.
4. Полукаров Ю.А. Анализ травматизма в строительстве и рекомендации по его снижению / Ю.А. Полукаров, А.С. Карась // Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: збірник матеріалів шостої науково-методичної конференції, Київ, 10–11 листопада 2011 р. – К.: НТУУ КПІ, 2011. – С. 76–78.
5. Аналіз страхових нещасних випадків на виробництві та профзахворювань за 2011 рік [Електронний ресурс] / Фонд соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України. – Режим доступа: <http://www.social.org.ua/view/2470>. – (Дата звернення 03.08.2012).

Надійшла 5.9.2012 р.  
Рецензент: к.т.н. Нестер А.А.

УДК 504.75.05

С.Д. ШТОВБА, А.В. НАГОРНА  
Вінницький національний технічний університет

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ВПЛИВУ ВИКИДІВ ВІД АВТОМОБІЛІВ НА ЧАСТОТУ ЗАХВОРЮВАНЬ ОРГАНІВ ДИХАННЯ

*Розроблено математичні моделі, що дозволяють проаналізувати та виявити залежність впливу викидів автотранспорту на частоту виникнення хвороб органів дихання у Вінницькій області.*

*The mathematical models that can analyze and detect dependency of the emissions impact from vehicles on the frequency of respiratory diseases in Vinnytsia region were elaborated.*

Ключові слова: викиди, захворювання органів дихання.

### Вступ

Ідентифікація впливу екологічних факторів на здоров'я населення, тобто побудова відповідних математичних моделей за результатами спостережень, є актуальним та пріоритетним напрямком сучасних наукових досліджень. В Україні до цього часу такі еколого-гігієнічні дослідження зосереджувались в районах із надзвичайним антропогенним навантаженням (Київ, Донбас та Придніпров'я) [1–3], 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]. В той же час кількість викидів від інших джерел не зазнала таких стрімких змін. В зв'язку з цим актуальною проблемою є оцінювання та здійснення прогнозу ступеню впливу викидів від автотранспорту на стан здоров'я населення. Метою роботи є побудова математичних моделей залежності впливу викидів від автотранспорту на частоту захворювань органів дихання, що, в першу чергу, потерпають від цих забруднень. Ідентифікація цієї залежності проводиться для районів Вінницької області за статистичними даними з [7, 8].

### Постановка задачі та початкові дані

Замість абсолютних величин викидів використовуватимемо відносні, а саме масу викидів на 1 кв. км., враховуючи, що площі різних районів Вінницької області суттєво відрізняються. Відповідні початкові дані зведемо в табл. 1 та 2.

## 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	Мурованокуриловецький	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
20	Томашпільськ	2.30	2.26	2.90	2.86	2.78	2.78
21	Тростянецький	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.
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	Томашпільськ	3850	3900	4050	4450	4500	4150
21	Тростянецький	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

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

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.

Поставлена задача є такою: знайти регресійну модель  $y = f(x)$ , для якої середня квадратична нев'язка на вибірці (1) є мінімальною.

### Регресійні моделі

За типовим регресійним аналізом ми отримали лінійну та квадратичну моделі з великими нев'язками  $RMSE = 812.1$  та  $RMSE = 811.7$ . Оскільки нев'язки майже однакові, то підвищення порядку полінома немає сенсу.

Відповідно до розподілу 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 із 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  $B$ . Математичне це розбиття запишемо таким чином:

$$\begin{cases} A = \left\{ i: \frac{1}{6} \sum_{t=2005}^{2010} \frac{y_i^t}{x_i^t} < T, i = \overline{1, 27} \right\} \\ B = \left\{ i: \frac{1}{6} \sum_{t=2005}^{2010} \frac{y_i^t}{x_i^t} \geq T, i = \overline{1, 27} \right\} \end{cases} \quad (2)$$

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

- для групи  $A$  –  $y = 1593.3 + 897x$ ;
- для групи  $B$  –  $y = 3224.3 + 801.7x$ .

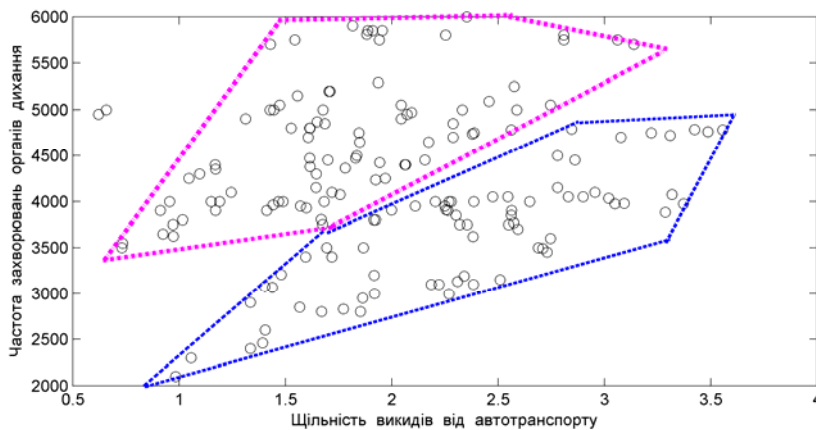


Рис. 1. Евристична кластеризація експериментальних даних

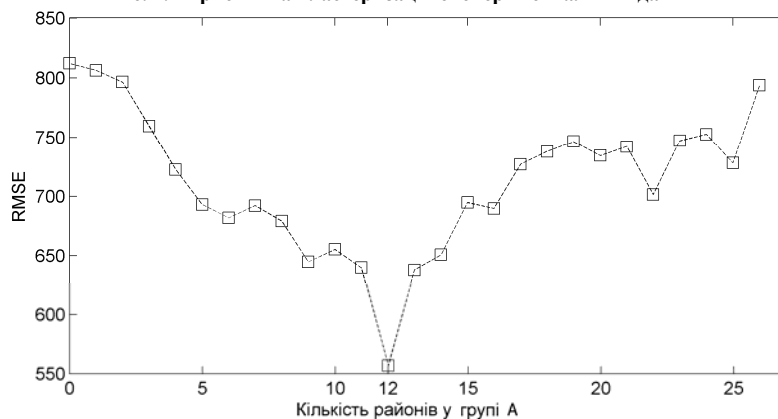


Рис. 2. Оптимальне розбиття районів на групи

Результати моделювання добре збігаються з експериментальними даними (рис. 3) з нев'язкою  $RMSE = 556.8$ . Для обох груп районів збільшення щільності викидів від автотранспорту майже однаково відбивається на прирості захворювань органів дихання, що видно з рис. 3. Але в районах групи В приблизно в 2 рази вище фоновий рівень таких захворювань, який можна визначити за отриманими регресійними моделями за відсутності забруднень від автотранспорту.

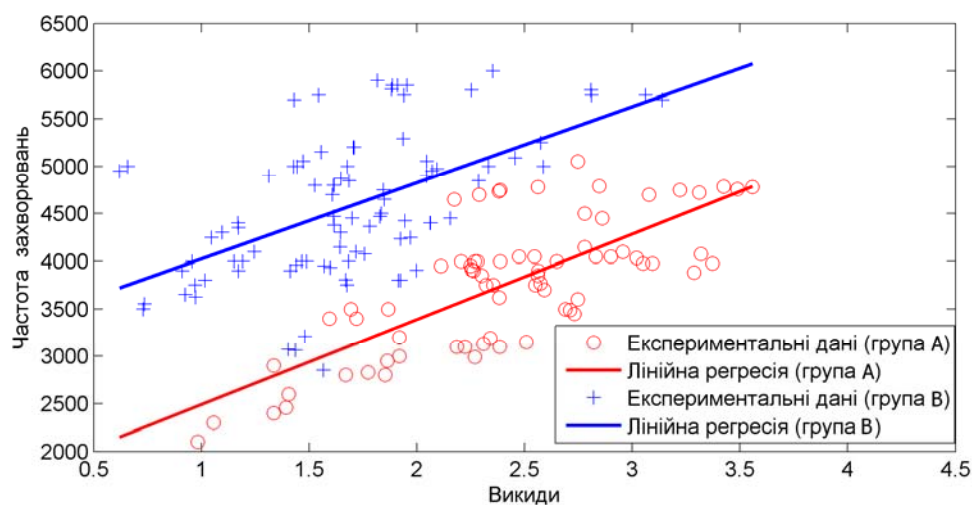


Рис. 3. Теоретичні та експериментальні досліджувані залежності

### Висновки

За допомогою лінійних регресійних моделей ідентифіковано вплив забруднень від автотранспорту на частоту захворювань органів дихання у населення Вінницької області. В ході дослідження встановлено, що за рівнем цього впливу райони Вінницької області доцільно поділити на 2 групи, в яких приблизно в 2 рази різняться фонові показники захворювань органів дихання. Водночас, для усіх районів області 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.

Вважаємо, що розвиток районів Вінницької області на 2 групи з різними фоновими показниками захворювань органів дихання може бути обумовлено: 1) впливом різноманітних сторонніх екологічних факторів; 2) недосконалістю організації системи моніторингу викидів від пересувних джерел; 3) недостатнім рівнем піклування населення щодо власного здоров'я, що призводить до реєстрації не усіх захворювань.

### Література

- 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.
- Умрихіна Л.М. Роль і значення забруднення атмосферного повітря, метеорологічних факторів та соціально-побутових умов у формуванні показників захворюваності дитячого населення м. Києва / Л.М. Умрихіна // *ДУ ІГМЕ*. – 2010. – № 56. – С. 64–69.
- 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.
- Климчук М.А. Стан навколишнього середовища та його вплив на здоров'я населення Львівської області // *Довкілля та здоров'я*. – 2005. – № 3 (34). – С. 43–48.
- 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.
- 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.
- Основні показники діяльності установ охорони здоров'я Вінницької області за 2009 рік / Головне управління статистики у Вінницькій області. – Вінниця, 2010. – 231 с.
- Статистичний щорічник Вінниччини за 2006–2010 рр. / Головне управління статистики у Вінницькій області. – Вінниця, 2011. – 653 с.

Надійшла 17.9.2012 р.  
Рецензент: д.т.н. Дубовой В.М.