

УДК 711.73 (656.13)

Толок О.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ МІСТОБУДІВНИМИ ФАКТОРАМИ І РІВНЕМ НЕБЕЗПЕКИ МІСЬКОГО РУХУ З ЗАСТОСУВАННЯМ КОРЕЛЯЦІЙНОГО АНАЛІЗУ

Постановка проблеми і наукового завдання. Почнемо з висловлення відомого німецького містобудівника Х.Б. Рейхова: «Хто хоче покласти кінець нескінченному потоку жертв автотранспорту, той не може не вважати важливим всебічне й глибоке вивчення проблеми безпеки руху і її відбиття в плануванні міст» [1]. Цій проблемі й присвячена дана стаття.

Головне завдання проектувальників-містобудівників при вирішенні проблеми безпеки міського руху на вулично-дорожній мережі (ВДМ) полягає в прийнятті таких рішень, які б забезпечували зниження значення *рівня небезпеки міського руху*¹. Для синтезу й наукового обґрунтування таких рішень проектувальникові необхідно надати інструмент у вигляді закономірностей, що відбивають причинно-наслідковий зв'язок між рівнем небезпеки міського руху і різними факторами. Тому виявлення таких закономірностей є важливим завданням містобудівної науки.

Аналіз попередніх досліджень. Виявленню позначених вище закономірностей приділяється величезна увага у всіх країнах світу. Однак здебільшого такі дослідження орієнтовані на великі адміністративні райони (наприклад, [2,3]) або країну в цілому [4,5], що робить сумнівним можливість і адекватність їхнього застосування в містах. Помітимо, що дотепер жодна з виявлених закономірностей не одержала достатнього визнання й широкого застосування на практиці. Багато вчених відзначають, що ця сверхактуальна тема ще не вийшла зі стадії накопичення статистичного матеріалу. Тому необхідно продовжувати дослідження з акцентом на виявлення закономірностей впливу різних факторів на рівень небезпеки руху в містах, так як (що характерно практично для всіх країн світу) більша частина дорожньо-транспортних пригод (ДТП) відбувається саме в містах.

Формулювання мети дослідження. Рівень небезпеки міського руху на ВДМ залежить від широкого спектра факторів, які умовно можна об'єднати в наступні групи: містобудівні, соціальні, природно-кліматичні умови, кваліфікація й психофізіологічні особливості водіїв і інших учасників міського руху. У цій

¹Для з'ясування цього, а також ряду інших понять, що використовуються у статті, автор рекомендує ознайомитися із циклом статей, присвячених термінології в сфері безпеки міського руху, підготовлених автором разом із проф. Рейценом Э.О. і опублікованих в 34 і 35 випусках збірника «Містобудування та територіальне планування».

роботі обмежимося дослідженням впливу на рівень небезпеки міського руху містобудівних факторів.

Містобудівні фактори, що впливають на рівень небезпеки міського руху – це комплекс факторів, що визначають обсяг міського руху, напрямки і розподіл міського руху по території міста й характеризують містобудівні умови, в яких цей рух здійснюється.

Традиційно для досліджень у сфері безпеки руху використовують статистичний підхід. І це дійсно найбільш надійний інструмент дослідження подібного роду проблем, що обумовлено, насамперед, неприйнятністю по етичних і економічних міркуваннях експериментального дослідження тих аспектів, які стосуються життя й здоров'я людей, значного збитку матеріальним цінностям і природним ресурсам.

Вся сутність статистичного підходу полягає у встановленні взаємозв'язків між різними факторами. Серед методів установлення таких взаємозв'язків, розроблених у математичній статистиці, найбільш широко застосовується кореляційний аналіз.

Отже, мета цієї роботи полягає в дослідженні зв'язку між містобудівними факторами і рівнем небезпеки міського руху з застосуванням кореляційного аналізу.

Відразу відзначимо, що автор усвідомлює те, що кореляційний аналіз є формальним методом, і наявність кореляційного зв'язку між факторами ще не дає підстави для висновку про існування причинного зв'язку між ними. Завдання встановлення причинного зв'язку ускладнюється тим, що зв'язок між факторами при дослідженні складних проблем, якою є й проблема безпеки міського руху на ВДМ, рідко буває простим і очевидним. Такий зв'язок нелегко зрозуміти й виявити. Але навіть незначне, часткове поліпшення розуміння цих зв'язків буде сприяти ефективному вирішенню дуже складних проблем. Тому розрахунок і вивчення кореляційних зв'язків між показниками рівня небезпеки міського руху й містобудівними факторами, на нашу думку, є виправданим.

Основна частина. Для забезпечення «чистоти» вивчення зв'язку між містобудівними факторами й рівнем небезпеки міського руху, дослідження будемо проводити для окремо взятого регіону, припускаючи, що показники соціальних факторів, природно-кліматичні умови, кваліфікація й психофізіологічні особливості водіїв у містах окремо взятого регіону перебувають приблизно на однаковому рівні.

Серед регіонів України найбільший інтерес для цього дослідження представляє Донецька область. Площа Донецької області — 26 517 км², її довжина з півночі на південь — 240 км, а з заходу на схід — 170 км. На цій території, що складає лише 4,4 % від усієї території України, зосереджено 52 міста

(11,4 % від їх загальної кількості в Україні), в яких мешкає 13,1 % всього міського населення країни. За класифікацією з ДБН 360-92** найзначнішим є одне місто, великих - 3, середніх - 12, малих - 36. Рівень урбанізованості території області складає 15,2 % проти 2,6 % загалом по Україні.

Область посідає перше місце в країні не тільки за кількістю міст, рівнем урбанізації і урбанізованості, але й за абсолютними показниками аварійності та динамікою зростання цих показників [6].

Для дослідження обрані міста Донецької області, у яких кількість ДТП становить не менш 1 % від загальної кількості ДТП в області: Донецьк (чисельність населення на 01.01.2004 - 995,7 тис. жит.), Маріуполь (481,1), Макіївка (377,8), Горлівка (281,3), Краматорськ (176,6), Слов'янськ (120,6), Єнакієве (99,2), Костянтинівка (90,8), Артемівськ (81,7), Торез (68,7), Харцизьк (62,6), Сніжне (55,4). На ці 12 міст доводиться близько 79 % всіх ДТП, що скоєні в містах області.

Вихідною інформацією для проведення дослідження були наступні дані по 12 містах Донецької області: N – чисельність населення міста, тис. жит.; N_{MP} – чисельність населення міськради, тис. жит; A - кількість зареєстрованих у місті легкових автомобілів, од.; n – частка легкових автомобілів від загального парку автомобілів у місті; S – площа території міста, км²; $S_{заб}$ – площа території міста під забудовою, км²; l – довжина найбільшої осі міста, км; L – довжина вулиць і доріг з удосконаленим покриттям (асфальтобетон або цементобетон), км; $L_{тран}$ – довжина вулиць у місті, по яких здійснюється транзитний рух через місто, км; $S_{ВДМ}$ - площа проїзної частини вулиць і доріг з удосконаленим покриттям, км²; $L_{ТР}$ – довжина пішохідних доріжок і тротуарів, км; $S_{ТР}$ – площа пішохідних доріжок і тротуарів, км².

Досліджувались наступні показники містобудівних факторів (табл. 1).

Таблиця 1

Показники містобудівних факторів

Показник	Найменування показника	Формула для визначення
1	2	3
X_1	частка транзитних автомобілів у потоці на ввідних у місто магістралях	визначали за методикою з [7]
X_2	частка населення міськради, що проживає в місті, %	$X_2 = 100N / N_{iD}$
X_3	частка вулиць із транзитним рухом від загальної довжини вулиць міста з удосконаленим покриттям, %	$\tilde{O}_3 = 100L_{оддai} / L$
X_4	щільність зв'язку між населеними пунктами в міськраді	$\tilde{O}_4 = \frac{N_{iD} \cdot S}{S_{iD} \cdot N}$

Продовження таблиці 1

1	2	3
X_5	чисельність населення міста	$X_5=N$
X_6	кількість зареєстрованих у місті легкових автомобілів	$X_6=A$
X_7	щільність населення міста	$\tilde{O}_7 = N/S$
X_8	рівень автомобілізації населення міста в легкових автомобілях	$\tilde{O}_8 = \dot{A}/N$
X_9	кількість легкових автомобілів на 1 км вулиць	$\tilde{O}_9 = \dot{A}/L$
X_{10}	кількість усіх автомобілів, що зареєстровані у місті, на 1 км вулиць	$\tilde{O}_{10} = \dot{A}/nL$
X_{11}	кількість легкових автомобілів на 1 км ² вулиць	$\tilde{O}_{11} = \dot{A}/S_{AAi}$
X_{12}	кількість усіх автомобілів, що зареєстровані у місті, на 1 км ² вулиць	$\tilde{O}_{12} = \dot{A}/nS_{AAi}$
X_{13}	кількість легкових автомобілів на 1 км ² площі міста	$\tilde{O}_{13} = \dot{A}/S$
X_{14}	площа міста	$X_{14}=S$
X_{15}	індекс форми території міста	$X_{15} = 4S/\pi l^2$
X_{16}	частка території міста під забудовою, %	$\tilde{O}_{16} = 100S_{\text{заб}}/S$
X_{17}	лінійна щільність ВДМ	$X_{17} = L/S$
X_{18}	квадратична щільність ВДМ, %	$X_{18} = 100S_{AAi}/S$
X_{19}	середня ширина проїзної частини вулиць із удосконаленим покриттям, м	$\tilde{O}_{19} = 1000S_{AAi}/L$
X_{20}	забезпеченість вулиць тротуарами, %	$\tilde{O}_{20} = 100L_{\text{тот}}/L$
X_{21}	середня ширина тротуару, м	$\tilde{O}_{21} = 1000S_{\text{тот}}/L_{\text{тот}}$
X_{22}	забезпеченість населення ВДМ	$X_{22} = L/N$
X_{23}	лінійна щільність тротуарів і пішохідних доріжок	$X_{23} = L_{\text{тот}}/S$
X_{24}	квадратична щільність тротуарів і пішохідних доріжок, %	$X_{24} = 100S_{\text{тот}}/S$

Серед можливих показників містобудівних факторів урахувалися тільки ті, які безпосередньо є в статистичних даних, або можуть бути отримані розрахунком на підставі цих даних, або визначені шляхом проведення вимірів на топографічних картах міст. Таким чином, серед численних показників виявило-

ся можливим урахувати лише невелику їхню кількість. Однак відкинуті показники часто виявляються відображеними в тих показниках, що були враховані. Так, наприклад, в [8] встановлено, що такий показник як частота пересувань населення: зростає в міру збільшення радіуса території міста; скорочується при збільшенні щільності населення в місті; розходження між містами в частоті пересувань пояснюється формою міста. Тому ми вважаємо, що застосування обмеженої кількості показників не знижує цінності цього дослідження.

Рівень небезпеки руху в містах вимірювали за допомогою наступних показників: кількість ДТП в розрахунку на 1000 легкових автомобілів, що зареєстровані у місті (Y_1 , $\text{ДТП}/1000 \text{ авт.}$); кількість ДТП в розрахунку на 10000 жителів міста (Y_2 , $\text{ДТП}/10000 \text{ ж.}$); кількість ДТП в розрахунку на 100 км ВДМ міста (Y_3 , $\text{ДТП}/100 \text{ км}$) - лінійна щільність ДТП.

З використанням програми STATISTICA виконані розрахунки коефіцієнтів парної кореляції (R) між показниками містобудівних факторів і показниками небезпеки руху в містах за період часу з 2002 по 2004 роки (табл. 2).

Таблиця 2

Матриця коефіцієнтів парної кореляції між досліджуваними показниками*

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
Y_1	-0,12	-0,39	-0,08	-0,51	0,34	0,30	0,48	-0,42	0,12	0,16	-0,31	-0,25
Y_2	-0,03	-0,13	-0,20	-0,33	0,57	0,56	0,48	0,09	0,49	0,54	0,10	0,17
Y_3	0,14	0,11	-0,21	-0,35	0,56	0,57	0,63	0,35	0,86	0,88	0,51	0,56
	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}	X_{19}	X_{20}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}
Y_1	0,32	0,17	-0,44	-0,17	0,35	0,61	0,73	-0,14	-0,13	-0,30	-0,03	0,13
Y_2	0,49	0,40	-0,36	-0,13	0,04	0,38	0,81	0,13	-0,09	-0,47	0,12	0,21
Y_3	0,70	0,35	-0,31	-0,08	-0,11	0,32	0,78	0,14	0,15	-0,77	0,11	0,06

* - курсивом виділені коефіцієнти кореляції, що істотні при рівні значущості $p < 0,05$

Отримані коефіцієнти кореляції вказують на наявність сильного кореляційного зв'язку показників небезпеки руху в містах з такими досліджуваними факторами: Y_1 з X_{18} ($R_{18-1}=0,61$), Y_1 з X_{19} ($R_{19-1}=0,73$), Y_2 з X_{19} ($R_{19-2}=0,81$), Y_3 з X_7 ($R_{7-3}=0,63$), Y_3 з X_9 ($R_{9-3}=0,86$), Y_3 з X_{10} ($R_{10-3}=0,88$), Y_3 з X_{13} ($R_{13-3}=0,7$), Y_3 з X_{19} ($R_{19-3}=0,78$), Y_3 з X_{22} ($R_{22-3}= -0,77$). Однак варто врахувати те, що коефіцієнти парної кореляції використовуються для виміру сили лінійних зв'язків різних пар ознак. Тому після обчислення кореляцій ми побудували діаграми розсіювання, які дозволили визначити можливість опису зв'язку між показниками нелінійни-

ми функціями. Таких залежностей нами виявлено не було.

Варто врахувати й те, що парний коефіцієнт кореляції потребує особливої обережності використання його в ролі критерію сили зв'язку між парами факторів, оскільки взаємозв'язок одних і тих самих факторів з урахуванням і без урахування впливу інших факторів може проявитися по різному. А парна залежність ігнорує дію інших факторів, приписуючи її повністю тільки одному. Тому найбільш методично обґрунтованим буде визначення не тільки парних, а й часткових коефіцієнтів кореляції (R^u), завдяки чому можна виділити чистий вплив конкретних причин на зміну величини результативної ознаки.

Наприклад, нами отриманий сильний кореляційний зв'язок між середньою шириною проїзної частини вулиць із удосконаленим покриттям (X_{19}) і показниками небезпеки руху в містах (Y_1, Y_2, Y_3), що вказує на прямий зв'язок між цими ознаками. Тобто, збільшення середньої ширини проїзної частини вулиць приведе до збільшення показників небезпеки руху. На перший погляд це парадоксально, але більш детальний розгляд цього питання привів до висунування гіпотези про те, що в містах з більш високою концентрацією руху по вулицях більша й середня ширина проїзної частини вулиць. Розраховані часткові коефіцієнти кореляції при виключенні впливу показників концентрації руху по ВДМ – $X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}$ (до речі, парна кореляція між якими перевищує 0,8), які вказують на слабкий зв'язок між середньою шириною проїзної частини вулиць (X_{19}) і показниками небезпеки руху (Y_1, Y_2, Y_3) при низьких рівнях значущості (табл.3).

Таблиця 3

Часткові коефіцієнти кореляції між X_{19} і Y_1, Y_2, Y_3 при виключенні дії показників концентрації руху по вулично-дорожній мережі

Показники небезпеки руху	Y_1	Y_2	Y_3
Частковий коефіцієнт кореляції	0,112	0,487	0,240
Рівень значущості, p	0,742	0,221	0,566

Таким чином, між середньою шириною проїзної частини вулиць і показниками небезпеки руху немає надійної залежності, якщо не враховувати показники концентрації руху по ВДМ.

Аналогічно шляхом розрахунків часткових коефіцієнтів кореляції перевірені наявність «несправжньої» кореляції кореляційні зв'язки між показниками: Y_1 з X_{18} , Y_3 з X_7 , Y_3 з X_9 , Y_3 з X_{10} , Y_3 з X_{13} , Y_3 з X_{19} , Y_3 з X_{22} . Так виявлено, що:

- між Y_1 і X_{18} (квадратична щільність ВДМ, %) немає надійної залежності, якщо не враховувати показники концентрації руху по ВДМ – $X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}$ ($R_{18-1}^+ = -0,04$);

- між Y_3 і X_7 (щільність населення міста) немає надійної залежності, якщо не враховувати рівень автомобілізації населення X_8 ($R_{7-3}^+ = 0,55$ при $p=0,08$);

- між показниками Y_3 і X_{22} (забезпеченість населення ВДМ) немає надійної залежності, якщо не враховувати показники концентрації руху ($R_{22-3}^+ = -0,05$); у той же час для показників концентрації руху X_9, X_{10}, X_{13} , які мали сильний кореляційний зв'язок з Y_3 , при виключенні впливу показника X_{22} , надійна залежність простежується лише між X_{10} і Y_3 ($R_{10-3}^+ = 0,68$ при $p < 0,05$).

У результаті проведеного кореляційного аналізу нами була отримана наступна математична залежність (рис. 1).

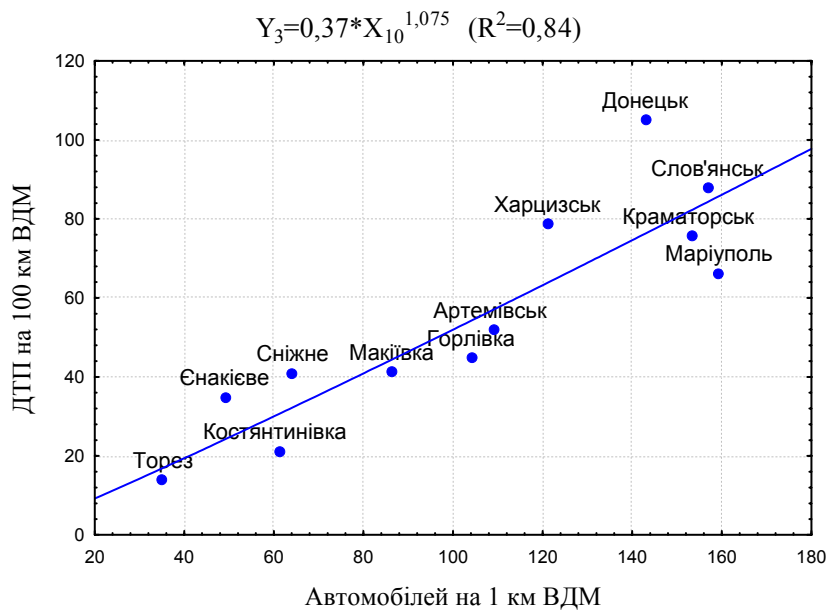


Рис. 1. Залежність лінійної щільності ДТП від кількості всіх автомобілів, що зареєстровані у місті, на 1 км вулиць з удосконаленим покриттям

Перевірку адекватності отриманої залежності проводили за коефіцієнтом детермінації R^2 і коефіцієнтом апроксимації $MAPE$ [9]. У результаті розрахунків отримані наступні значення критеріїв адекватності: $R^2=0,836$ – зв'язок достатньо сильний ($R^2 > 0,5$); $MAPE=20,04\%$ – точність задовільна ($20 < MAPE < 50$).

Для інших показників містобудівних факторів кореляційний зв'язок з показниками небезпеки руху в містах слабкий. Однак це не означає, що між цими показниками не існує причинного зв'язку. На стан аварійності впливають безліч факторів, які, як ми вже переконалися, діють взаємопов'язано і взаємозумовлено. І може бути так, що аналізовані показники містобудівних факторів несуть на собі дію низки інших умов, що якісно відрізняють міста, які досліджуються, і не враховані у дослідженні внаслідок неможливості або дорожнечі їхнього кількісного визначення. Тому ми продовжили дослідження зв'язку між показниками містобудівних факторів і показниками небезпеки руху в містах, результати якого наведені в статті, яка буде опублікована в наступному випуску.

Література

1. Рейхов Х. Б. Автомобильное движение и планировка городов / Х. Б. Рейхов. ; пер. с нем. К. Александера. – М. : Стройиздат, 1964. – 81 с.
2. Палшайтис Р. Э. Влияние на аварийность характеристик дорожной сети и ее загрузка движением на пригородных участках дорог Литовской ССР / Р.Э. Палшайтис // Пути повышения безопасности дорожного движения : материалы V Всесоюзной науч.-техн. конф. – Вильнюс, 1985. - С. 48 – 50.
3. Podkowicz С. Wplyw wybranych cech zagospodarowania przestrzenne I nechu na wypadki drogowe / С. Podkowicz // Drogownictwo. – No. 4–5. – С. 98–100.
4. Рейцен Е. А. Автомобилизация и безопасность городского движения / Е. А. Рейцен // В помощь проектировщику-градостроителю : Автомобилизация и проблемы градостроительства. – К. : Будівельник, 1975. – С. 26-30.
5. Організація дорожнього руху / [Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін.] – К. : Знання України, 2005. – 452 с.
6. Толок О.В. Містобудівний аспект проблеми безпеки руху в Донецькій області / О.В. Толок // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: Науково-виробничий збірник / АДІ ДонНТУ. – Горлівка, 2007. - № 2 (5). – С. 42 – 50.
7. Білятинський О. А. Математична модель визначення кількості транзитних автомобілів на підходах до міст / О. А. Білятинський, В. П. Старовойда // Безпека дорожнього руху України. - 1999. - №3 (4). - С. 59-62.
8. Мерлен П. Город. Количественные методы изучения / П. Мерлен ; пер. с фр. О. К. Парчевского. – М. : Прогресс, 1977. – 262 с.
9. Многомерный статистический анализ в экономике / под ред. В. Н. Тамашевича. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 598 с.

Анотація

Розраховані парні й часткові коефіцієнти кореляції між показниками містобудівних факторів і показниками небезпеки руху в містах Донецької області. Доведено, що жоден з містобудівних факторів не робить вирішального впливу на рівень небезпеки міського руху. Дія одних факторів може замінятися й спотворюватися іншими факторами.

Аннотация

Расчитаны парные и частичные коэффициенты корреляции между показателями градостроительных факторов и показателями опасности движения в городах Донецкой области. Доказано, что ни один из градостроительных факторов не оказывает решающего влияния на уровень опасности городского движения. Действие одних факторов может заменяться и искажаться другими факторами.

Abstract

The influence of traffic to the close correlation connection urban factors with level of danger of traffic has been established by means of cluster and correlation analysis.