

Толок О.В., інж., Василенко Т.Є., к.е.н., Закаблук О.О., студент

АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», м. Горлівка

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ БЕЗПЕКИ РУХУ В МІСТАХ

На прикладі Донецької області із застосуванням кластерного аналізу проведено порівняльний аналіз безпеки руху у містах. Розроблено метод комплексної кількісної оцінки безпеки руху у місті.

Вступ

Поряд з негативними екологічними наслідками, такими як збільшення шуму, загазованості повітряних басейнів міст, економічними проблемами внаслідок збільшення часу перевезень через зниження швидкості руху транспортних засобів, найсуттєвішими наслідками безперервного зростання автомобільного парку є зниження рівня безпеки дорожнього руху (БР), поява численних жертв і матеріальних збитків внаслідок дорожньо-транспортних пригод (ДТП).

Близько 60 % ДТП в Україні від їх загальної кількості відбуваються в містах [1]. Тому проблема попередження ДТП у містах має особливу актуальність. Щоб вирішити дану проблему необхідно виявити взаємозв'язок між аварійністю й факторами, що впливають на БР. Це згодом стане одним з важливих кроків у рішенні питань реконструкції міст.

Постановка проблеми

Одним з найбільш ефективних засобів наукового пізнання є порівняльний аналіз. Багато фізичних законів і явищ були відкриті, насамперед, за рахунок того, що при порівнянні результатів різних дослідів виявлялися розбіжності, що не пояснювалися теорією. Методами порівняльного аналізу широко користуються при проведенні досліджень соціальних систем. Методи порівняння мають велике значення й при аналізі БР.

Найважливіше питання при проведенні порівняльного аналізу БР у містах - вибір показників для порівняння. Порівняння міст за абсолютними показниками БР може привести до неправильних висновків, оскільки умови діяльності по забезпеченню БР у різних містах різні. До таких умов можна віднести: характеристики соціально-економічного розвитку міста (територія, населення, обсяг виробництва й т.д.), стан і розвиток парку транспортних засобів, стан і розвиток вулично-дорожньої мережі (ВДМ) міста. Тому для об'єктивного порівняння різних міст необхідно використовувати відносні показники аварійності, які є результатом зіставлення абсолютних показників з цими умовами діяльності.

На цей час існує велика кількість відносних показників для характеристики стану аварійності, ризику потрапити в ДТП і т.д. Однак жоден з них не є єдиним і загальноприйнятим. Найбільш часто у практиці порівняльного аналізу аварійності застосовують три відносних показники [2, 3], які ми й будемо використовувати для подальшого аналізу:

1. Кількість ДТП в розрахунку на 1000 легкових автомобілів, зареєстрованих у місті (Y_1 , $ДТП/1000$ *легк.авт.*) – характеризує ризик транспортного засобу (ТЗ) потрапити у ДТП (ризик руху);

2. Кількість ДТП в розрахунку на 10000 жителів міста (Y_2 , $ДТП/10000$ *жит.*) – характеризує ризик кожної окремої людини потрапити у ДТП (ризик здоров'ю);

3. Кількість ДТП в розрахунку на 100 км ВДМ міста (Y_3 , $ДТП/100$ *км*) – характеризує потенційну небезпеку руху по ВДМ, умови експлуатації транспорту (лінійна щільність ДТП).

Перевагою обраних показників є те, що їх складові містяться у встановлених формах статистичної звітності. Ця вимога обумовлена тим, що вартість збору відомостей про значення показників у більшості випадків настільки велика, що свідомо перебиває можливий ефект від збільшення точності аналізу. Наприклад, у багатьох дослідженнях стверджується, що для характеристики ризику потрапити в ДТП краще використовувати такий показник, як кількість ДТП в розрахунку на одиницю пробігу ТЗ, а не на кількість ТЗ. Однак формами статистичної звітності не передбачений збір відомостей про сумарний пробіг ТЗ по містах. Організація збору відомостей про сумарний пробіг зажадає таких витрат, які не покриваються уточненням значення ризику потрапити в ДТП [3].

Для проведення аналізу були використані статистичні дані про ДТП в містах Донецької області (ДО) за 2002 – 2005 рр. Розраховані середні значення наведених вище відносних показників аварійності (табл. 1), які свідчать про неоднаковий рівень БР в містах ДО. Отже, необхідний пошук і різних шляхів рішення проблеми аварійності.

Таблиця 1

Відносні показники аварійності в містах Донецької області

Місто	$Y_1,$ $\frac{ДТП}{1000ТЗ}$	$Y_2,$ $\frac{ДТП}{10000жит}$	$Y_3,$ $\frac{ДТП}{100км}$	Місто	$Y_1,$ $\frac{ДТП}{1000ТЗ}$	$Y_2,$ $\frac{ДТП}{10000жит}$	$Y_3,$ $\frac{ДТП}{100км}$
Донецьк	9,42	10,7	105,1	Єнакієве	8,77	7,2	35,11
Маріуполь	5,24	6,7	66,49	Костянтинівка	4,2	3,9	21,38
Макіївка	6,04	6,1	41,45	Артемівськ	5,74	6,9	52,13
Горлівка	5,08	6,3	45,04	Горез	4,78	5,4	14,09
Краматорськ	5,72	6,8	75,89	Харцизьк	7,96	7,9	78,89
Слов'янськ	7,44	8,5	87,92	Сніжне	7,54	7,6	41,15

Найбільші значення відносних показників спостерігаються в м. Донецьк. Однак виділити по показниках небезпеки наступне місто не представляється можливим, оскільки по показнику Y_1 найнебезпечніше із міст, що залишилися - м. Єнакієве, у той же час по Y_2 і Y_3 – м. Слов'янськ. По показнику Y_1 Слов'янськ займає тільки п'яту позицію.

Слід зазначити, що жоден з аналізованих нами відносних показників аварійності не є визначальним з погляду оцінки й порівняння БР у містах. Тому для подальшого аналізу необхідний комплексний підхід, за допомогою якого була б можливість оцінити рівень БР у місті.

Мета статті: на прикладі міст Донецької області розробити процедуру комплексної оцінки і порівняльного аналізу безпеки руху у містах.

Основна частина

Для розробки такої процедури всю сукупність досліджуваних міст ДО розділимо на однорідні групи так, щоб міста усередині кожної групи були подібні між собою за аналізованими показниками БР, а міста з різних груп відрізнялися одне від іншого. Для цього скористаємося методом кластерного аналізу, метою якого є утворення схожих між собою об'єктів – кластерів.

Автоматизація розрахунків відбуватиметься з використанням програмного пакета StatSoft Statistica 6.0.

Необхідною умовою проведення кластерного аналізу є забезпечення співвимірності та односпрямованості показників. Оскільки вхідні показники мають різні одиниці вимірювання, їх необхідно привести до єдиної основи, тобто попередньо стандартизувати. Стандартизовані значення показників розраховуємо за такою формулою [4]:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j}, \quad (1)$$

де x_{ij} — значення j -го показника для i -го міста;

\bar{x}_j — середнє значення j -го показника;

σ_j — середнє квадратичне відхилення j -го показника.

Отримані стандартизовані дані представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Стандартизовані значення відносних показників аварійності

Місто	Y_1	Y_2	Y_3	Місто	Y_1	Y_2	Y_3
Донецьк	1,82	2,31	1,88	Єнакієве	1,42	0,12	-0,77
Маріуполь	-0,78	-0,19	0,42	Костянтинівка	-1,43	-1,94	-1,28
Макіївка	-0,28	-0,56	-0,53	Артемівськ	-0,47	-0,06	-0,12
Горлівка	-0,88	-0,44	-0,39	Торез	-1,07	-1,00	-1,56
Краматорськ	-0,48	-0,12	0,77	Харцизьк	0,91	0,56	0,89
Слов'янськ	0,59	0,94	1,23	Сніжне	0,65	0,37	-0,54

Дендограма результатів кластерного аналізу приведена на рис. 1. При формуванні кластерів використовували метод Уорда, який дозволяє мінімізувати внутрішньогрупову дисперсію всередині кластерів. Поділ міст ДО на групи здійснювали на основі евклідової відстані.

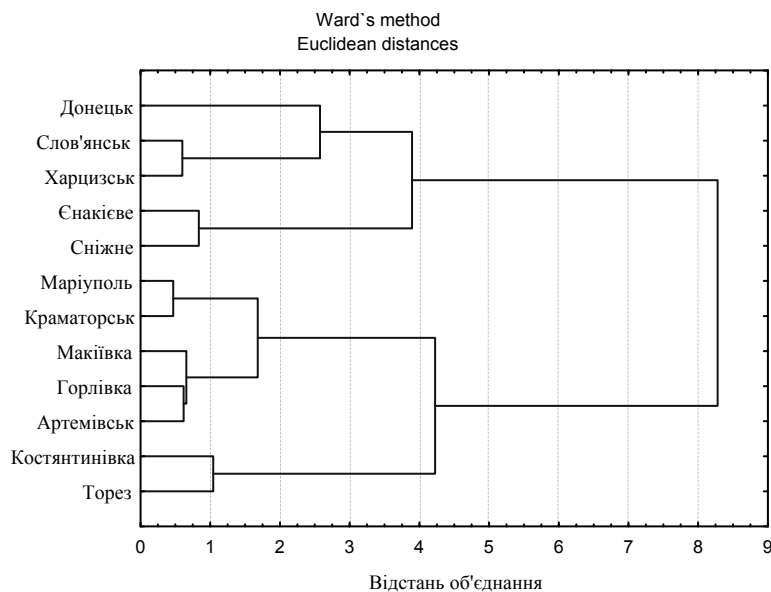


Рис. 1. Дендограма результатів кластерного аналізу міст ДО по БР

Після здійснення ієрархічної класифікації міст ДО по БР необхідно визначити оптимальну кількість кластерів. Це зробимо з використанням методики з роботи [5] шляхом побудови графіку списку об'єднання міст ДО у кластери (рис. 2). Відповідно до використовуваної методики оптимальною є така кількість кластерів, що дорівнює різниці кількості спостережень (у нашому випадку 12) і кількості кроків, після якої відстань об'єднання збільшується скачкоподібно (у нашому випадку – 7).

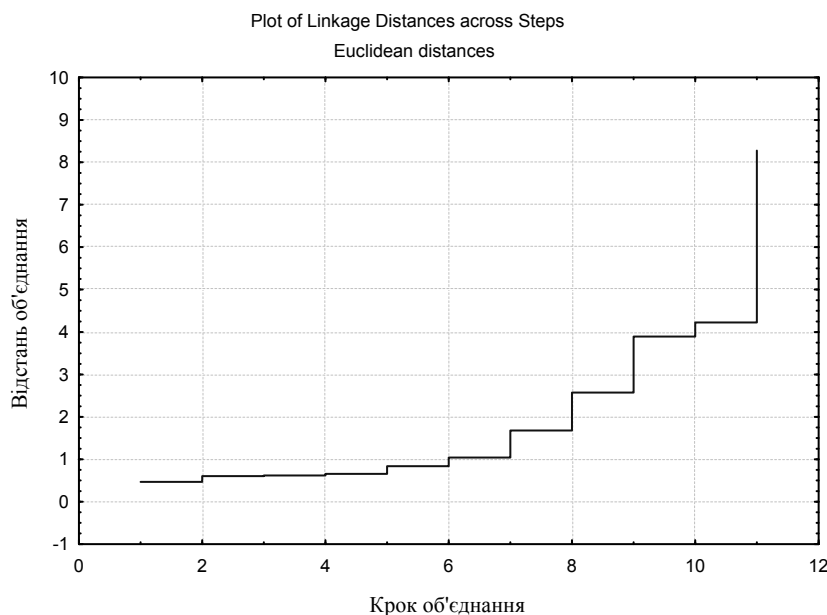


Рис. 2. Графік списку об'єднання міст ДО у кластери

Отже, міста ДО розподілено на 5 кластерів (табл. 3). До першого кластеру увійшли м. Костянтинівка і м. Торез. До другого увійшли п'ять міст: Маріуполь, Макіївка, Горлівка, Краматорськ, Артемівськ. Третій кластер складається з двох міст: Єнакієве і Сніжне. До четвертого кластеру увійшли міста Слов'янськ і Харцизьк. Донецьк увійшов до п'ятого кластеру.

Таблиця 3

Об'єднання міст Донецької області у кластери

Місто	Крок об'єднання	Кластер	DISTANCE	Місто	Крок об'єднання	Кластер	DISTANCE
Донецьк	1	5	0,00	Єнакієве	7	3	0,24
Маріуполь	2	2	0,26	Костянтинівка	8	1	0,30
Макіївка	3	2	0,40	Артемівськ	9	2	0,16
Горлівка	4	2	0,31	Торез	10	1	0,30
Краматорськ	5	2	0,44	Харцизьк	11	4	0,17
Слов'янськ	6	4	0,17	Сніжне	12	3	0,24

За допомогою методу к-середніх були обчислені середні значення стандартизованих показників для кожного з п'яти кластерів (рис. 3), на підставі яких можна зробити висновок, що найліпша ситуація з БР в першому кластері, у якому середні значення усіх відносних показників аварійності є меншими, ніж у інших кластерах (табл. 4).

Для міст, що увійшли до другого кластеру, характерним є невисокі значення відносних показників (нижче середніх в цілому по містах ДО).

У містах третього кластера ризик руху й ризик для здоров'я більше середніх для міст ДО, але щільність ДТП нижче середнього значення для міст області.

У групі міст четвертого кластеру усі відносні показники аварійності вище середніх.

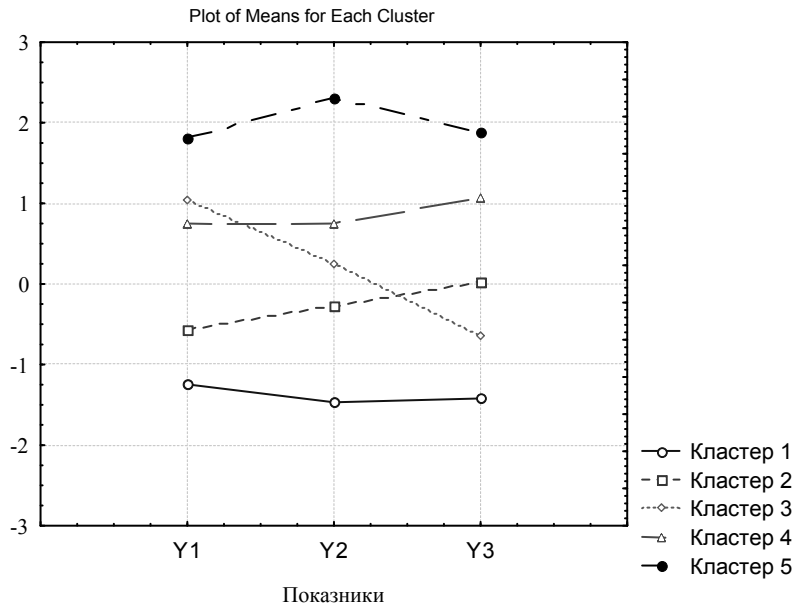


Рис. 3. Середні значення стандартизованих показників для кожного кластеру

Таблиця 4

Середні значення відносних показників аварійності у містах

Кластер	Показники		
	Y_1 , <i>ДТП/1000 ТЗ</i>	Y_2 , <i>ДТП/10000 жит.</i>	Y_3 , <i>ДТП/100 км ВДМ</i>
1	4,49	4,65	17,735
2	5,564	6,56	56,1
3	8,155	7,4	38,13
4	7,7	8,2	83,4
5	9,42	10,7	105,1

Найгірша ситуація в п'ятому кластері (м. Донецьк), де спостерігаються найбільші відносні показники аварійності.

Той факт, що окремі міста утворили кластери, дає нам підставу стверджувати, що й стан БР у містах з одного кластеру перебуває приблизно на одному рівні. Але це не означає, що всі фактори, які впливають на БР, у містах з одного кластеру однакові. Виявити такі однакові фактори, дати їм характеристику й порівняти з аналогічними факторами в містах з інших кластерів - завдання наступних досліджень. А виявлення загального, того, що повторюється в об'єктах, і того, що відрізняє їх, є важливим кроком на шляху до пізнання закону.

Після групування міст в кластери постає питання про кількісну оцінку БР в кластерах, що дасть нам змогу порівняти кластери по БР і кількісно визначити вплив окремих факторів на БР у містах. Для цього використовуємо метод ідеальної точки, який орієнтований на розв'язання багатокритерійних задач в умовах рівної значущості критеріїв вибору [6].

Надамо пояснення. Нехай на множині альтернатив A задано n критеріїв. В просторі векторних оцінок R^n знаходиться ідеальна точка (точка утопії) $w = \{w_1, w_2, w_j \dots, w_n\}$, де $w - min$ (при негативно орієнтованих критеріях), або max (при позитивно орієнтованих критеріях) $f_j(A_i)$. Таким чином, варіант $f_j(A_i) = w_j, j = 1, n$; був би ідеальним рішенням. Найкращим варіантом буде вважатися той, у якого координати в критерійному просторі мають найближчу векторну відстань від ідеальної точки. Таким чином, оцінка стану БР може бути визначена векторною відстанню до ідеальної точки. У якості ідеальної точки може бути прийнятий такий стан БР, коли усі прийняті нами для аналізу відносні показники БР мають значення «0».

Необхідною умовою використання методу ідеальної точки є приведення всіх критеріїв до безрозмірного вигляду. Таке приведення можна здійснити шляхом введення функції:

$$K^* = \frac{K}{K_{MAX} - K_{MIN}}, \quad (2)$$

де K^* — приведенне значення критерію; K — значення критерію для варіанта, що оцінюється; K_{MAX} , K_{MIN} — відповідно максимальне і мінімальне значення критерію для всіх варіантів, що оцінюються.

Для трьох критеріїв функція комплексної оцінки БР буде мати вигляд:

$$Y_{KO} = \sqrt{Y_1^{*2} + Y_2^{*2} + Y_3^{*2}}. \quad (3)$$

Розраховані по (3) комплексні оцінки БР у виділених нами раніше кластерах (табл. 5) дозволяють нам провести ранжування цих кластерів по БР.

Таблиця 5

Комплексна кількісна оцінка БР у виділених кластерах

Кластер	1	2	3	4	5
Комплексна оцінка Y_{KO}	1,2	1,7	2,1	2,3	2,9
Ранг	5	4	3	2	1

Розроблений нами показник комплексної кількісної оцінки БР можна застосовувати не тільки для порівняння міст за умовами БР, але й при розробці генеральних планів міст для оцінки альтернативних варіантів розвитку міста з позицій БР. При цьому необхідно вміти моделювати стан БР по показниках Y_1 , Y_2 , Y_3 залежно від містобудівної ситуації (планування міста, щільність ВДМ і т.д.). Такі багатофакторні моделі були отримані одним з авторів цієї статті в роботах [1, 7].

Висновки

Розроблено метод комплексної кількісної оцінки БР у місті, який можна застосовувати як для порівняння різних міст за умовами БР, так і для порівняння альтернативних варіантів розвитку міста по БР при проектуванні генерального плану міста.

Список літератури

1. Толлок О.В. Містобудівний аспект проблеми безпеки руху в Донецькій області // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: Науково-виробничий збірник / АДІ ДонНТУ. — Горлівка, 2007. — № 2 (5). — С. 42-50.
2. Романов А.Г. Дорожное движение в городах: закономерности и тенденции. — М.: Транспорт, 1984. — 80 с.
3. Волошин Г.Я., Мартынов В.П., Романов А.Г. Анализ дорожно-транспортных происшествий. — М.: Транспорт, 1987. — 240 с.
4. Опря А.Т. Статистика (з програмованою формою контролю знань). Математична статистика. Теорія статистики: Навчальний посібник. — К.: Центр навчальної літератури, 2005. — 472 с.
5. Мірошніченко О.Ю. Оцінка рівня життя населення країн СНД на основі кластерного аналізу // Статистика України. — 2006. — №3. — С.72-78.
6. Измайлова О.В. Методи прийняття багатокритерійних рішень в інформаційних системах: Навчальний посібник. — К.: КНУБА, 2002. — 112 с.
7. Рейцен Е.А., Толлок А.В. Влияние градостроительных факторов на безопасность движения в городах Донецкой области // Коммунальное хозяйство городов. — К.: Техніка, 2007. — Вып. 76. — С. 294-303.

Стаття надійшла до редакції 13.05.08

© Толлок О.В., Василенко Т.Є., Закаблук О.О., 2008