

Данчук В.Д., д-р ф.-м. наук, Олійник Р.В., канд. ф.-м. наук,  
Самойленко Є.С., Тарабан С.М.

## РАНЖУВАННЯ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНОЇ МЕРЕЖІ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНДЕКСНОГО МЕТОДУ

**Анотація.** Запропоновано метод визначення комплексної оцінки екологічної безпеки структурних елементів вулично-дорожньої мережі, за допомогою якого можна класифікувати однорідні ділянки за ступенем екологічної небезпечності. В якості критеріїв, за якими проводилася класифікація були прийняті територіальні індекси, які характеризують співвідношення геометричних параметрів у просторі.

**Ключові слова:** екологічної безпеки, індексний метод кластерів.

**Аннотация.** Предложен метод определения комплексной оценки экологической безопасности структурных элементов улично-дорожной сети, с помощью которого можно классифицировать однородные участки по степени экологической опасности. В качестве критериев, по которым проводилась классификация были приняты территориальные индексы, которые характеризуют соотношение геометрических параметров в пространстве.

**Ключевые слова:** экологической безопасности, индексный метод кластеров.

**Annotation.** The method for determining the integrated assessment of ecological safety of the structural elements of the road network, with which you can classify homogeneous areas according to the degree of environmental hazard. The criteria on which the classification was carried out were adopted territorial indices that characterize the ratio of geometric parameters in space.

**Key words:** ecological security index method clusters.

## **Вступ**

Вулично-дорожня мережа (ВДМ) міста – це система транспортних і пішохідних зв'язків між елементами планувальної структури міста та частинами його території, яка об'єднує місто в цілісний функціонально-планувальний комплекс[1]. Така система складається з мережі під'їздів до будинків, проїздів й житлових вулиць, що мають місцеве значення, та системи магістральних вулиць і доріг, що зв'язують житлові райони зі спеціалізованими центрами обслуговування.

Основні параметри ВДМ мегаполісу, на сьогоднішній день, не відповідають оптимальному функціонування автотранспортних потоків, що її наповнюють, і тому, експлуатація транспортної системи відбувається в умовах значних навантажень. Зокрема, це стосується екологічних вимог, без врахування яких функціонування ВДМ транспортної системи призводить до негативних наслідків для навколишнього середовища [1]. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають розробки різних адекватних методів екологічних оцінки об'єктів автотранспортного комплексу та елементів ВДМ. В основу одного з таких методів, наприклад, може бути покладений апріорний факт, що існує кореляція між рівнем потенціального забруднення повітряного басейна міста, з одного боку, та сукупністю просторових показників та показників, які характеризують проїзну частину однорідних ділянок ВДМ, з іншого. Тому, класифікація структурних елементів ВДМ, за цими показниками є важливою процедурою, оскільки дозволить встановити ступінь екологічної безпеки окремої ділянки мережі.

## **Основна частина**

ВДМ – детермінована система структурних елементів міста, яка розраховується на довготривалий період експлуатації без суттєвих структурних змін. Вулиці та дороги утворюють мережу наземних шляхів сполучення. Класифікація ВДМ здійснюється за основним призначенням вулиць та доріг (табл. 1) [2]. Призначення вулиць та доріг встановлюють, з огляду на величину й планувальну структуру міста, його зв'язок із приміською зоною, основні види транспорту, інтенсивності й швидкості руху транспортних засобів, пішохідного руху, характеру вуличної забудови, вимоги охорони навколишнього середовища.

**Таблиця 1 – Класифікація та параметри ВДМ міст**

Група поселень	Категорія вулиць і доріг	Розрахункові швидкості руху, км/год.	Ширина муги руху, м	Кількість смуг проїзної частини	Макс. поздовж. ухил, ‰	Мін. радіуси кривих у плані, м	Ширинатротуа ру, м
<b>Магістральні вулиці й дороги:</b>							
Мегаполіси	загальноміського значення (безперервний рух)	100	3,75	6-8	40	500	4,5
	загальноміського значення (регульований рух)	80	3,75	4-6	50	400	3,0
	районного значення	70	3,75	4-6	60	250	2,25
Великі міста	загальноміського значення	80	3,75	4-6	60	400	3,0
	районного значення	60	3,75	2-4	60	250	2,25
Середні, малі міста	Магістральні вулиці /дороги/	60	3,75	2-4	60	250	2,25
<b>Вулиці й дороги місцевого значення</b>							
Усі групи поселень	житлові вулиці	40	3,75	2	70	125	1,5
	дороги в промислових і комунально-складських зонах	40	3,75	2	60	250	1,5
	проїзди	30	3,5	1-2	80	30	0,75
	пішохідні вулиці і дороги	4	0,75	2-6	60	-	-
	велосипедні і доріжки	30	1,50	1-2	40	50	-

Кожна із ділянок ВДМ має низку індивідуальних характерних особливостей (характер та інтенсивність руху автотранспорту, геометричні характеристики вуличного каньйону, величина ухилу можливих підйомів та спусків, географічна прив'язка на місцевості тощо), що впливають на ступінь її екологічної безпеки. Екологічна оцінка однорідних ділянок ВДМ базується на врахуванні статичних та динамічних показників (індексів)[3]. Тут статичний індекс – це відносна характеристика зміни рівня будь-якої величини, явища чи процесу в просторі. Відповідні відносні характеристики будь-якої величини, що змінюються у часі, визначають динамічні індекси. При цьому зіставляються між собою числові значення однойменних показників, що мають однаковий фізичний зміст.

Обчислення загальних індексів (індексний метод), які надають можливість співвіднести між собою показники за складними сукупностями, являє собою особливий прийом дослідження. За його допомогою можна вивчати вплив окремих факторів на динаміку складного показника. При цьому фактори можна вивчати як ізольовано, абстрагуючись від дії інших параметрів, так і розглядати їх взаємопов'язано. Для побудови статистичного індексу необхідно мати вихідну інформацію про індексовану величину та пов'язану з нею величину, що використовують як постійну, - еліміновану величину (вагу). При вивченні окремих економічних районів міста використовують метод порівняння показників у розрізі окремих статистичних масивів. При побудові загальних територіальних індексів виникає питання вибору бази порівняння і району (об'єкта), на рівні якого слід зафіксувати вагу індексу. У кожному конкретному випадку його вирішують, виходячи з мети самого дослідження.

В даній роботі розглядається вплив саме статичних показників, які є початковою та обов'язковою складовою містобудівного проектування. В якості об'єкта дослідження обрана ВДМ Печерського району м. Києва. Побудована карта-схема району, яка дозволила всю множину вулиць даної мережі розбити на елементарні однорідні ділянки, з наступною ідентифікацією окремих елементів сформованих контурів. За елементарну однорідну ділянку було прийнято ділянку вулиці між найближчими перехрестями. Множина даної мережі, після відповідного розбиття на елементарні однорідні ділянки, склала 377 структурних елементів. Для проведення класифікаційного аналізу, були побудовані узагальнюючі індекси, які характеризують співвідношення в просторі деяких параметрів мережі, а саме:  $i_l = l/L$  – відношення середньої

довжини забудов до протяжності елементарної ділянки;  $i_2 = h/H$  – відношення середньозваженої висоти забудов до максимальної висоти забудов;  $i_3 = d/D$  – відношення ширини проїзної частини до середньої ширини елементарної ділянки. Тоді сукупність структурних елементів ВДМ можна представити як фазовий простір, при цьому величина елементарного фазового об'єму  $f_{Vnk}$ , що є атрибутом кожної однорідної ділянки, знаходиться за формулою:

$$f_{Vnk} = i_{n1} \cdot i_{n2} \cdot i_{n3} , \quad (1)$$

де  $i_{nk}$  – індекси відповідних однорідних ділянок;  $n$  – номер однорідної ділянки;  $k$ - факторна ознака.

Метод лінійної множинної регресії, застосований до всієї статистичної сукупності факторних ознак однорідних ділянок ВДМ (Табл.2), дозволив побудувати математичну регресійну модель фазового простору однорідної ділянки (2). Згідно  $t$ - критерію в модель не потрапила лише одна факторна ознака - максимальна висота забудови, значущий рівень якої не задовольняє вимозі  $p < 0,05$ . Близькі значення приведених коефіцієнтів регресії  $b$  вказують на рівну вагомість чинників, при цьому необхідно відмітити, що при зростанні їх значень, окрім протяжності однорідної ділянки  $L$  та її ширини  $D$ , елементарний фазовий простір зростає.

Рівняння лінійної множинної регресії для фазового простору однорідної елементарної ділянки ВДМ:

$$fv = (36,65 + 1,74 l - 0,86 L + 21,94 d - 4,92 D + 9,26 h) 10^{-4} \quad (2)$$

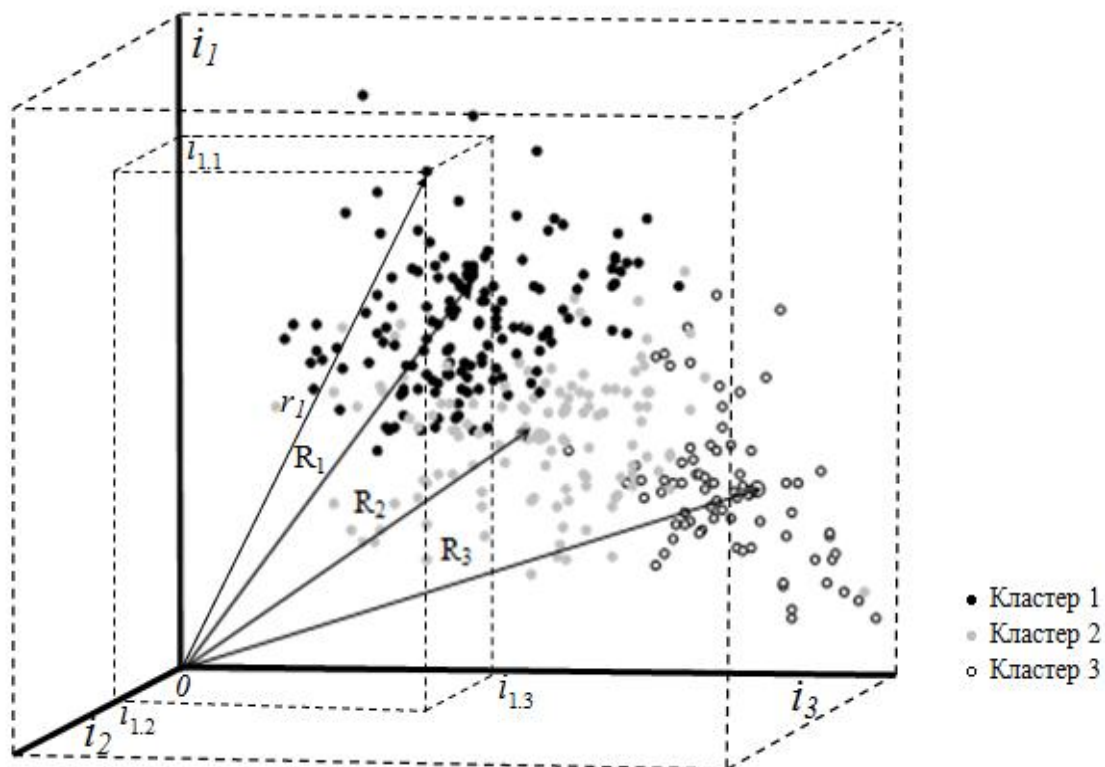
Відповідно, класифікація кластерів, з яких складається ВДМ в цілому, може бути здійснена за допомогою визначення модуля (довжини) відповідного  $k$ - вимірного вектора у фазовому просторі (Рис.1) за формулою:

$$R_j = \sqrt{i_{j1}^2 + i_{j2}^2 + i_{j3}^2}; \quad . \quad (3)$$

При цьому початок вектора пов'язаний з «ідеальною» точкою фазового простору, координати якої відповідають нульовим значенням факторних ознак.

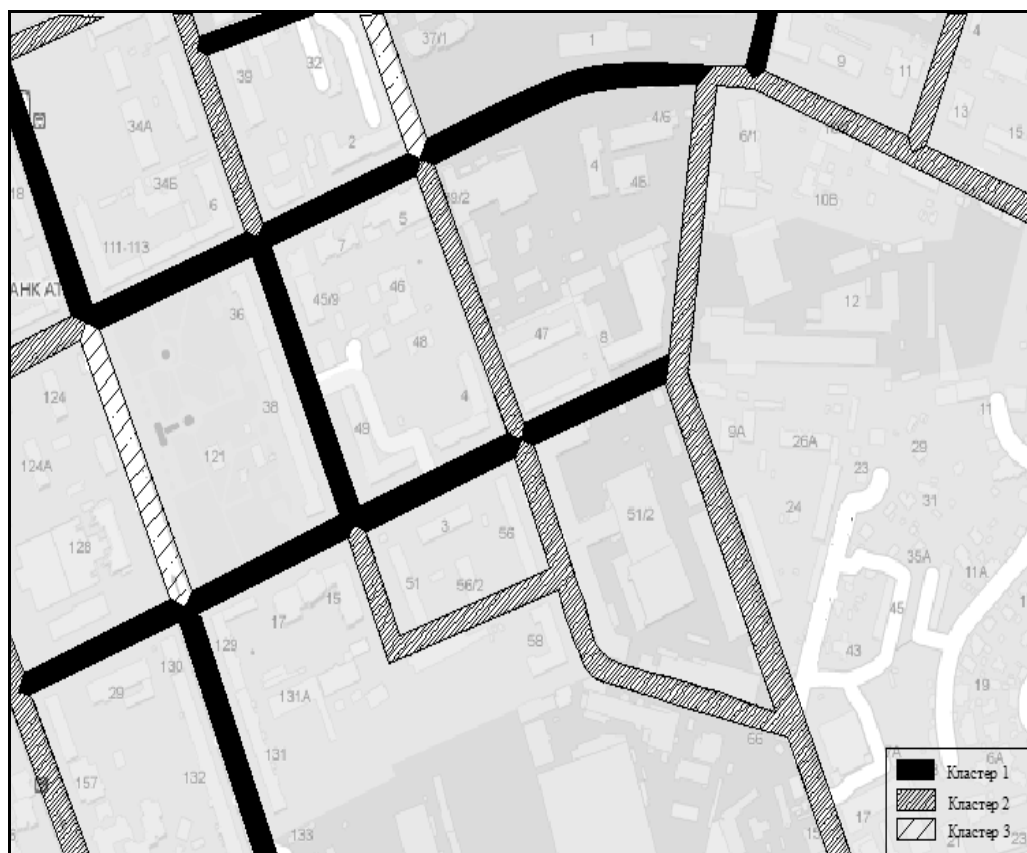
**Таблиця 2** – Результати регресії для залежної змінної фазовий простір (fv): коефіцієнт кореляції  $R=0,88785988$ ; коефіцієнт детермінації  $R^2=0,78829516$ ; критерій Фішера  $F(6,370)=229,62$ ; значущий рівень  $p<0,0000$ ; стандартна похибка розрахунків 0,01016

$N=377$	$b$	Ст.пох. для $b$	$B$	Ст.пох. для $B$	$t(370)$	$p$ -рівень
Вільн.член			0,003655	0,001356	2,6943	0,007375
$l$	0,599935	0,042216	0,000174	0,000012	14,2112	0,000000
$L$	- 0,491728	0,040447	- 0,000086	0,000007	- 12,1574	0,000000
$d$	0,631804	0,030684	0,002194	0,000107	20,5906	0,000000
$D$	- 0,464742	0,031016	- 0,000492	0,000033	- 14,9838	0,000000
$h$	0,427869	0,032079	0,000926	0,000069	13,3381	0,000000
$H$	0,047496	0,032789	0,000058	0,000040	1,4486	0,148306



**Рисунок 1** – Фазовий простір ВДМ ( $R_j$  –  $k$ -вимірний вектор  $j$ -го кластеру ВДМ у фазовому просторі;  $i_{jk}$  – індекси кластеру;  $r_{nk}$  –  $k$ -вимірний вектор  $n$ -ої однорідної ділянки ВДМ;  $i_{nk}$  – індекси ділянки)

Задача індексної класифікації ВДМ Печерського району, була вирішена за допомогою кластерного аналізу (метод k-середніх) [4]. Тут багатовимірною сукупністю вхідних даних згрупувалася у однорідні групи, при цьому об'єкти всередині групи подібні між собою згідно висунутих ознак на основі введення певної міри сумарної близькості за всіма ознаками класифікації. Розбиття всього масиву вихідних даних на групи проводилося в декілька етапів, поки не було досягнуто мінімальних розбіжностей між значеннями аналізованих факторних ознак в кожному кластері. Таким чином ВДМ Печерського району була приведена до трьох основних кластерів з відповідними центрами тяжіння. Перший кластер наповнили 45% однорідних ділянок від загального масиву, який якісно характеризується найбільшими індексами з трьох визначених кластерів. Другий кластер, з помірними показниками, склав 34%, тоді як до третього кластеру, з якісно найбільшими індексами увійшло лише 21% ділянок. Встановлено розподіл однорідних ділянок виявлених кластерів ВДМ Печерського району за індексним методом (Рис.2).



**Рисунок 2** – Розподіл виявлених за індексним методом кластерів ВДМ Печерського району (фрагмент)

Ранжирування виявлених кластерів за формулою (2) призвело до наступних результатів: для першого кластеру  $R$  склало 1,46, а для другого і третього кластерів 0,81 та 0,49 відповідно.

### **Висновки**

Таким чином, запропонований метод комплексної оцінки структурних елементів ВДМ, дозволяє провести ранжирування елементарних однорідних ділянок та кластерів мережі і може слугувати зручним інструментом для оцінок відповідних альтернативних варіантів при розробці генеральних планів розвитку міста. Такий підхід, на наш погляд, також може знайти своє застосування і при проведенні комплексних оцінок екологічної безпеки ВДМ, що є предметом наступних досліджень.

### **Література**

1. Любарський Р.Є. Проектування міських транспортних систем. – К.: будівельник, 1984. - 93 с.
2. ДБН 360-92\* «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень» -К.:Укрархбудінформ, 1993. – 107 с.
3. Тарасова В.В. Екологічна статистика. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 392 с.
4. Ковальова О.В., Олійник Р.В. Аналіз регіональної дорожньо-транспортної мережі методом ієрархічної кластеризації . Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, НТУ. - 2011.- №80.- С.82-89.