

УДК 711.5

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

КЛАСИФІКАЦІЯ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВУЛИЧНО - ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ МЕТОДАМИ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ

Анотація. Запропонована процедура класифікації вулично-дорожньої мережі мегаполісу з використанням методів кластерного аналізу. При цьому природа та кількість факторних ознак, за якими відбувається диференціювання вихідного масиву з подальшим об'єднанням в однорідні групи, практично не обмежена. Координати центрів тяжіння знайдених кластерів досить просто ідентифікуються в реальному масиві характеристик вулично-дорожньої мережі.

Ключові слова: координати центрів тяжіння, вулично-дорожня мережа.

Аннотация. Предложенная процедура классификации улично-дорожной сети мегаполиса с использованием методов кластерного анализа. При этом природа и количество факторных признаков, по которым происходит дифференцировка исходного массива с последующим объединением в однородные группы, практически не ограничена. Координаты центров тяжести найденных кластеров достаточно просто идентифицируются в реальном массиве характеристик улично-дорожной сети.

Ключевые слова: координаты центров тяжести, улично-дорожная сеть.

Annotation. The proposed classification procedure road network metropolis using the methods of cluster analysis. Thus the nature and amount of factor attributes for which there is a differentiation output array of further consolidation in homogeneous groups, virtually unlimited. Coordinates of the center of gravity of clusters found simply identifies a real array of characteristics of the road network.

Key words: coordinates of the center of gravity, the road network.

Вступ

Вулично-дорожня мережа (ВДМ) сучасного мегаполісу – це складна інженерно-архітектурна система, якій характерна велика сукупність зв'язаних між собою структурних елементів - однорідних ділянок [1]. Однорідні ділянки характеризується низкою специфічних показників. Якщо ВДМ розглядати як техногенну систему, то до її основних характеристик (факторів) можна віднести просторові характеристики (протяжність, географічна прив'язка на місцевості, забудова та ін.), а також характеристики проїзної частини (покриття, кількість смуг, тип перехресть, напрямок руху тощо). Розбиття ВДМ на елементарні однорідні ділянки та встановлення кількісних значень їх факторних ознак, дає можливість провести класифікаційний аналіз та створити однорідні групи структурних елементів з таким виявленням типових ділянок ВДМ, яким властиві характерні ознаки [2].

Основна частина

Об'єкт дослідження - ВДМ Печерського району м. Києва. За елементарні ділянки обиралися ділянки вулиць між найближчими перехрестям, що дозволило схематизувати ВДМ Печерського району та побудувати її карту-схему. Множина даної мережі, після відповідного розбиття на елементарні однорідні ділянки, склала 377 структурних елементів. Наступна ідентифікація окремого елемента дозволила присвоїти йому низку незалежних параметрів (в нашому випадку це: L_i - протяжність ділянки; l_{ij} , h_{ij} – протяжність та середньо зважена висота забудов з обох сторін; r_{ij} – середньо зважена відстань від забудов до проїзної частини; s - тип перехрестя, n - кількість смуг руху; α - кут між північним напрямком та напрямком проїзної частини). Класифікація

множини полягає в проведенні порівняння всіх її елементів за структурними показниками одночасно.

Задача класифікації ВДМ Печерського району, була вирішена шляхом застосування методів кластерного аналізу (КА). КА - це сукупність методів багатовимірної класифікації, які дозволяють множину досліджуваних об'єктів і ознак об'єднати в однорідні в деякому наближенні групи. Основна перевага КА полягає у тому, що об'єднання елементів множини проводиться не по одній факторній ознаці, а по низці параметрів, при цьому не накладаються ніякі обмеження на вид об'єктів та параметрів, що розглядаються. Це дозволяє досліджувати множини вихідних елементів різної природи. Ще однією перевагою КА від інших методів класифікації є відсутність навчальної вибірки.[2,3].

Основна задача КА полягає в тому, щоб на основі даних, які містяться в інформаційному масиві, провести групування елементів в кластери так, щоб кожний елемент множини належав тільки одній підмножині розбиття. Розв'язком задачі КА є розбиття, яке задовольняє критерію оптимальності. Весь масив досліджуваних параметрів вдалося поділити на однорідні групи таким чином, щоб всі однорідні ділянки вулиць в межах кожної групи були подібні між собою. При цьому ділянки різних груп суттєво відрізнялися одна від іншої за всіма представленими факторними ознаками. Розрахунок елементів матриці відстаней розбіжності відповідних параметрів проводився на основі евклідової відстані:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ik} - x_{jk})^2}, \quad (1)$$

де d_{ij} – відстань між i -им та j -им елементом,

x_{ik}, x_{jk} – значення k -го параметру відповідно для i -го та j -го елемента.

Оскільки однією з умов багатфакторного КА є забезпечення співмірності показників, тому була проведена стандартизація вихідних значень факторних ознак однорідних ділянок ВДМ, яка полягала у переведенні вихідного масиву даних змінних-критеріїв до єдиного діапазону значень.

Для формування однорідних груп, використовувався метод k-середніх, який дозволив побудувати мінімальну кількість кластерів, рознесених на максимальні відстані один від одного в k – мірному просторі (k=10). 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. Доведення числа кластерів до трьох (Рис. 1), на першому етапі кластеризації виявилось найбільш оптимальним, оскільки при цьому зберігся початковий склад факторних ознак ВДМ, та досягнуті максимальні значення міжгрупової дисперсії.

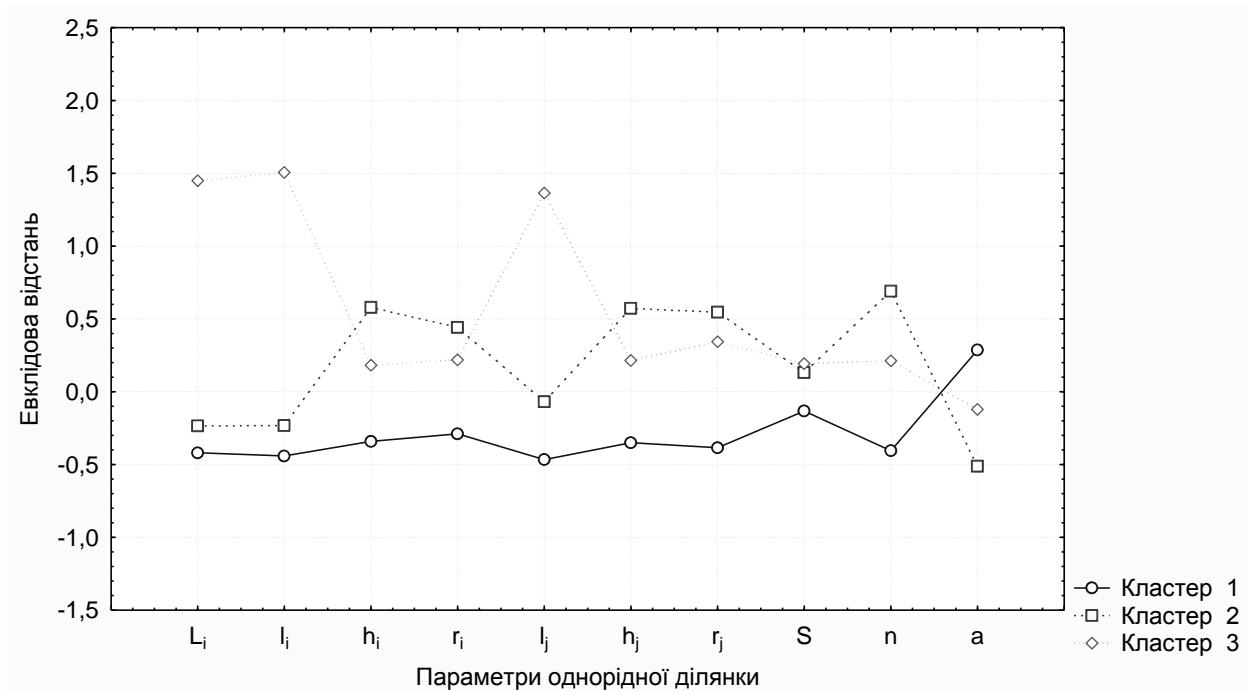


Рисунок 1 – Ефективні значення параметрів кластеру

В результаті повторної кластеризації методом k- середніх, масиви кластерів 2 і 3 розщепилися на відповідні однорідні групи (2.1, 2.2, 3.1 та 3.2), окрім першого кластеру. Оскільки в неоднорідних групах 1.1 та 1.2 не відбулося повного розщеплення за всіма факторними ознаками, тому проводився додатковий третій етап розбиття, в результаті якого утворилися однорідні самостійні кластери 1.1.1, 1.1.2, 1.2.1 та 1.2.2. Таким чином, ВДМ Печерського району, в результаті класифікаційних процедур, може бути приведена до восьми основних кластерів з відповідними центрами тяжіння. Оптимальну кількість кластерів елементарних однорідних ділянок при

поетапній класифікації було визначено за допомогою діаграми розмаху, яка дозволила встановити межі варіації кожної факторної ознаки сформованого кластера.

Наповнення елементами кожного з восьми кластерів виявилось неоднорідним, так до найбільш вагомому кластеру (2.2) увійшло близько 20% досліджуваних елементів, тоді як найменший кластер (3.2) містить лише 4,5% елементарних ділянок.

Усередненням кількісних значень відповідних факторних ознак, що наповнили даний кластер, знайдені ефективні параметри однорідної ділянки (центр тяжіння) i -го кластера. Повторна кластеризація досліджуваного масиву, в який додатково вводились вище знайдені ефективні значення, дозволила ідентифікувати реальні ділянки вулиць, параметри яких найкраще збігались з ефективними. Порівняння параметрів таких однорідних ділянок з ефективними значеннями кластерів здійснювалося за допомогою агломеративно-ієрархічного методу [3], де класифікація проводилася поетапно. Тут матриця відстаней є основою агломеративно-ієрархічного методу, ідея якого полягає в послідовному об'єднанні елементів ВДМ – спочатку найбільш близьких, а потім все більш віддалених один від одного. Процедура проведення класифікації передбачає послідовні кроки, на кожному із яких відбувається об'єднання двох найближчих елементів. На першому кроці процедури агломеративно-ієрархічного методу визначається пара елементів, відстань між якими мінімальна, ці елементи об'єднуються в спільний кластер, при цьому відстань до нового кластера та всіх інших кластерів вираховується як середнє значення із відстаней від елементів першого кластера до всіх інших. На кожному наступному кроці відбувається об'єднання двох елементів, що сформувалися на попередньому кроці, в один кластер, при цьому розмірність матриці зменшується, в порівнянні з розмірністю цієї матриці на попередньому кроці, на одиницю.

Застосування ієрархічних процедур (Рис.2) з метою порівняння показників однорідних ділянок ВДМ з ефективними значеннями кластерів, дало можливість ідентифікувати ділянки ВДМ, факторні ознаки яких найкраще співпали з центрами тяжіння сформованих кластерів.

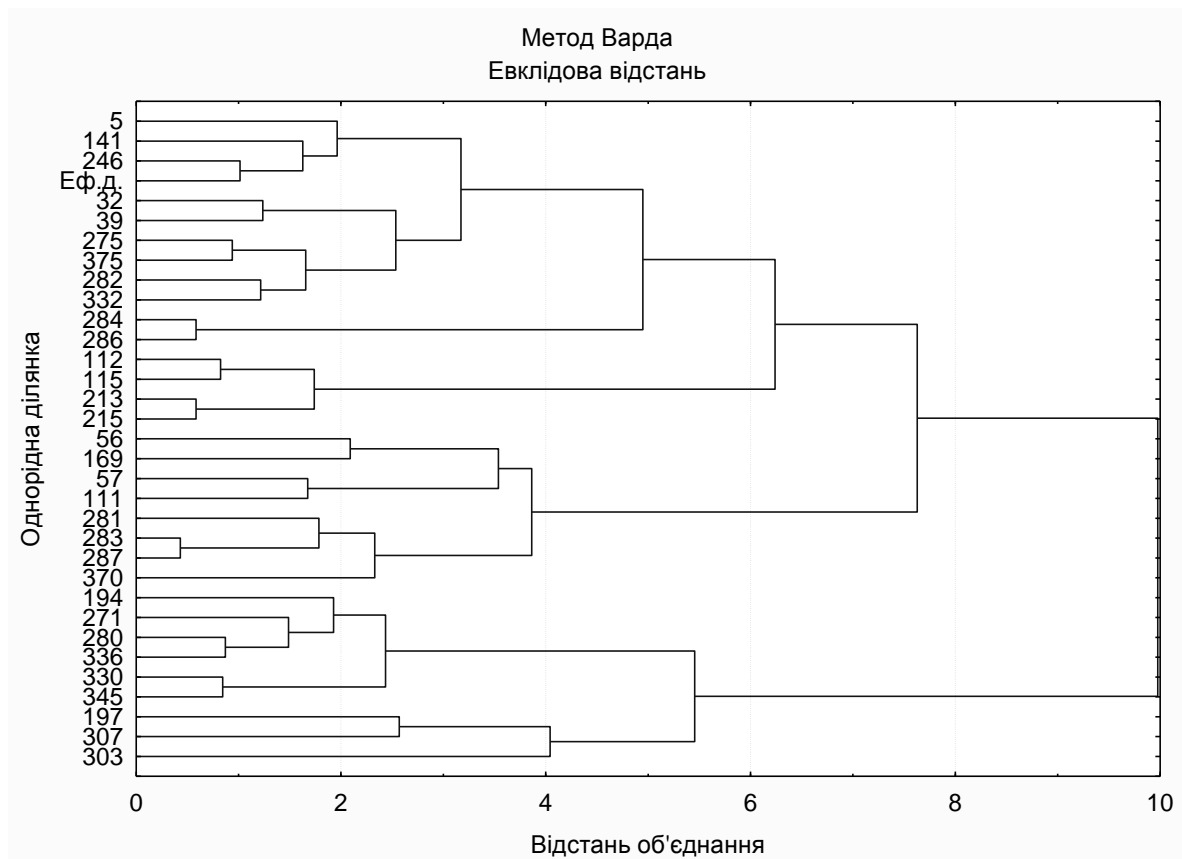


Рисунок 2 – Дендрограма стандартизованих значень факторних ознак однорідних ділянок ВДМ (Кластер 1.1.1)

Таким чином, завдяки методам кластерного аналізу вдалося провести класифікацію однорідних ділянок ВДМ. При цьому сформовані досить однорідні групи, в яких ідентифіковані ділянки обраної ВДМ (ВДМ Печерського району м. Києва), що за факторними ознаками найкраще збігаються з ефективними характеристиками кластерів (див. табл. 1).

Висновки

Вперше запропонована процедура класифікації ВДМ мегаполісу з використанням методів кластерного аналізу. При цьому природа та кількість факторних ознак, за якими відбувається диференціювання вихідного масиву з подальшим об'єднанням в однорідні групи, практично не обмежена. Координати центрів тяжіння знайдених кластерів досить просто ідентифікуються в реальному масиві характеристик ВДМ, що дозволяє суттєво зменшити розмірність відповідних систем при вивченні їх структурно-функціональних особливостей.

Таблиця 1 – Ідентифікація ділянок ВДМ за центрами тяжіння сформованих кластерів

Ділянка, №	Назва вулиці	L_b м	l_b м	h_b м	d_b м	l_j м	h_j м	r_j м	S	n	α , град.
Кластер 1.1.1											
246	Філатова	159	62	12,9	7,6	65	12,9	12,2	х;х	2	110
Кластер 1.1.2											
1	Липський пров.	155	100	18	5	110	12,8	6	т;т	2	135
Кластер 1.2.1											
327	Тимірязівська	141	39	4,8	18,1	23	4,7	1,6	т;т	2	120
Кластер 1.2.2											
310	Струтинського	141	71	9	8,4	77	9	15	т;х	2	90
Кластер 2.1											
230	І.Кудрі	200	113	19,5	30,5	156	14,9	13,6	т;х	4	60
Кластер 2.2											
46	М.Заньковецької	138	117	19,2	9,8	108	20,5	18,3	т;т	2	50
Кластер 3.1											
101	Предславінська	265	200	17,4	16,1	163	21,8	19,1	т;х	2	110
Кластер 3.2											
214	І.Кудрі	432	310	15,9	8,7	266	17,7	15,5	т;х	4	60

Література

1. Михайлов А.Ю. Головных И.М. Тенденции развития классификаций городских улиц и дорог //Вестник ИрГТУ. – Иркутск, 2004. – N 3. – С. 124 – 127.
2. Калинина В. Н., Соловьев В. И. Введение в многомерный статистический анализ: Учебное пособие / ГУУ. – М., 2003. – С.66 .
3. 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.