

ПОТЕНЦІЙНА ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА ВУЛИЧНИХ КАНЬЙОНІВ МІСТА

Бакуліч О.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Олійник Р.В., кандидат фіз.-мат. наук, Київський Національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

Самойленко С.С., Національний транспортний університет, Київ, Україна

POTENTIAL ENVIRONMENTAL HAZARDS OF STREET CANYONS

Bakulich O.O., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

Oliynik R.V., Ph.D., National University named after T. Shevchenko, Kyiv, Ukraine

Samoylenko E.S., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ УЛИЧНЫХ КАНЬОНОВ ГОРОДА

Бакуліч Е.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Олейник Р.В., кандидат физ.-мат. наук, Киевский Национальный университет имени Тараса Шевченка, Киев, Украина

Самойленко Е.С., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ. Аераційний режим міста зазнає найбільш сильних змін під впливом різних перешкод, таких як: планувальна схема вулично-дорожньої мережі, висота та щільність приміагістральної забудови, зелені насадження, водні об'єкти та інші перешкоди, що впливають на рух повітря в приземному шарі – шарі шорсткості. Архітектурно-планувальні чинники міста спонукають до виникнення специфічних мікрокліматичних особливостей. Зокрема, будівлі впливають на рух повітряних потоків, деформують їх при обтіканні, змінюючи турбулентний характер течій. Моделювання дивергентних полів вітру являє собою непросту задачу при наявності однієї забудови, при цьому вона стає надзвичайно складною для масштабу мікрорайону міста[1]. Задача ускладнюється ще й тим, що структура міської забудови є неоднорідною. У зв'язку з цим, доцільно представляти архітектурно-планувальний фрагмент міської забудови сукупністю елементарних фрагментів – вуличних каньйонів з відповідними просторово-геометричними характеристиками.

Метою роботи є класифікація елементарних архітектурно-планувальних фрагментів міської забудови (каньйонів) в масштабі мікрорайону міста за просторово-геометричними характеристиками.

Основна частина. Вуличний каньйон – це найпоширеніший архітектурно-планувальний елемент міста, який являє собою елементарну ділянку забудовану уздовж проїзної частини вулиці (автомагістралі). Простір між будовами – це елементарна екосистема рівень техногенного забруднення якої визначає рівень екологічної безпеки даного каньйону. У вуличному каньйоні виділяють наступні зони: навітряна сторона, для якої характерний мінімальний рівень забруднення, що обумовлено надходженням чистого повітря; внутрішня частина та підвітряна сторона, для якої спостерігається максимальний рівень забруднення[2,3]. При дослідженні умов повітрообміну над вулицею (магістраллю) використовується аеродинамічна характеристика – коефіцієнт ажурності забудови, який уявляє собою відношення площі проекції розривів між будинками до загальної площі проекції фронту забудов на лінію магістралі.

Вуличні каньйони міста мають різні просторово-геометричні характеристики: ширина, довжина, щільність та композиція забудови, що характеризується середнім кутом повороту будинків до осі вулиці (магістралі). Крім того, виділяють симетричні та асиметричні вуличні каньйони[4].

На сьогоднішній день існує декілька критеріїв, за допомогою яких класифікують вуличні каньйони, до основних відносять наступні:

– відношення середньозваженої висоти забудови (h) до ширини (D) вуличного каньйону та його довжини (L) до середньозваженої висоти. Дані показники характеризують співвідношення геометричних параметрів у просторі (табл.1);

- просторова орієнтація вуличного каньйону, задається кутом між лінією, що проходить з півночі на південь та головною віссю вулиці;
- показник відкритого неба (ПВН), тісно пов'язаний з відношенням ширини каньйону до висоти, так як він також описує поперечний переріз каньйону. Показник відкритого неба це частка небесного куполу, який видно з поверхні, або ж з певної точки, або інтегрований по всій площині вулиці.

Таблиця 1 – Класифікація вуличних каньйонів за геометричними параметрами[5]

Співвідношення параметрів	Класифікація
$h/D < 0,5$	Низький каньйон
$h/D = 1$	Помірний каньйон
$h/D > 2$	Глибокий каньйон
$L/h < 3$	Короткий каньйон
$L/h = 5$	Середній каньйон
$L/h > 7$	Довгий каньйон

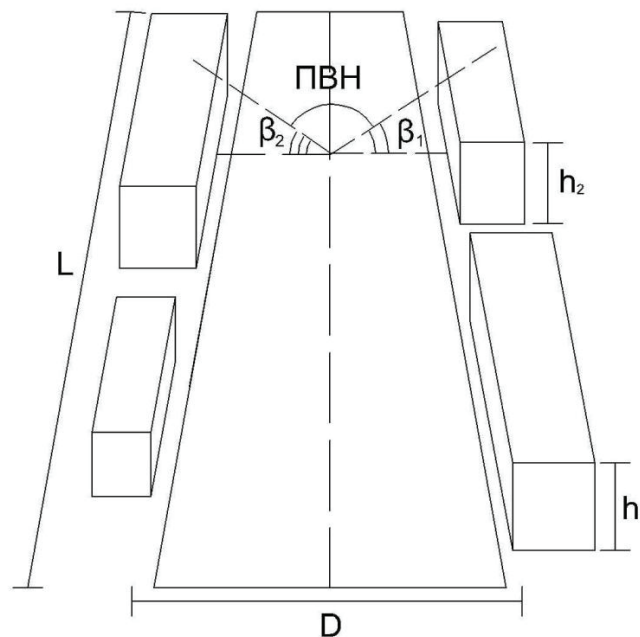


Рисунок 1 – Геометричні параметри вуличного каньйону

Показник відкритого неба може бути розрахований наступним чином:

$$\text{ПВН} = (\cos\beta_1 + \cos\beta_2)/2 \quad (1)$$

де $\text{tg}\beta_1 = (\bar{h}_1/0,5D)$; $\text{tg}\beta_2 = (\bar{h}_2/0,5D)$, де \bar{h}_1 і \bar{h}_2 – середньозважена висота забудов відповідно з кожної сторони, D – ширина вуличного каньйону.

Значення показника відкритого неба коливається між 0 та 1. Причому, коли даний показник дорівнює одиниці – забудови відсутні (повністю відкритий вуличний каньйон).

Потенційну екологічну безпеку вуличних каньйонів можна оцінити індексним методом[6]. Даний метод буде узагальнюючі індекси, що характеризують співвідношення в просторі деяких параметрів каньйону, а саме: $i_1 = l/L$ – відношення середньої довжини забудов до протяжності елементарної ділянки вулиці (магістралі); $i_2 = h/H$ – відношення середньозваженої висоти забудов

до максимальної висоти забудов; $i_3 = d/D$ – відношення ширини проїзної частини до середньої ширини вуличного каньйону.

Наведені вище методи були застосовані для класифікації вуличних каньйонів, що наповнюють вулично-дорожню мережу Печерського району м. Києва. За елементарний вуличний каньйон приймалася ділянка із забудовами вздовж вулиці між найближчими перехрестями[7]. Після розбиття даної множини утворилося 377 вуличних каньйонів, для яких були емпірично встановлені значення відповідних показників, на основі їх просторово-геометричних характеристик.

Таблиця 2 – Показники вуличних каньйонів Печерського району м. Києва

Вуличний каньйон	Індексний метод			Геометричні показники		Показник відкритого неба
	i_1	i_2	i_3	h/D	L/h	
1.Липський провулок	0,677	0,389	0,856	0,856	10,065	0,511
2. вул. Липська; буд. 15, 16	0,732	0,500	0,483	0,725	15,271	0,568
3. вул. Пилипа Орлика; буд. 3, 4	0,554	0,353	0,683	0,516	15,415	0,697
...						
365. вул. Мічуріна; буд. 50, 52	0,283	0,163	1	0,140	50,667	0,963
366. вул. Землянська; буд. 5, 6	0,230	0,255	0,575	0,252	85,217	0,893
377. вул. Пирятинська; буд. 12, 19	0,370	0,219	1	0,188	15,333	0,936

Для встановлення сили взаємозв'язку між показниками різних методів були розраховані парні коефіцієнти кореляції (табл.3). Слід відмітити, що для більшості пар показників сила зв'язку виявилася слабкою. При цьому індексний метод, серед наведених вище методів, виявився найбільш інформативним, оскільки містить показники, які корелюють з показниками інших методів (i_1 , h/D , та ПВН), так і некорельовані показники (i_2 , i_3) які несуть специфічну інформацію про геометрично-просторові характеристики вуличних каньйонів, яка недостатньо відображена в показниках інших методів. Це знайшло підтвердження при проведенні класифікації масиву вуличних каньйонів.

Таблиця 3 – Матриця парних кореляцій між показниками вуличних каньйонів

	i_1	i_2	i_3	h/D	L/h	ПВН
i_1	1	0,08	0,35	0,3	-0,47	-0,44
i_2	0,08	1	-0,04	0,2	-0,13	-0,24
i_3	0,35	-0,04	1	0,64	-0,48	-0,62
h/D	0,3	0,2	0,64	1	-0,44	-0,92
L/h	-0,47	-0,13	-0,48	-0,44	1	0,5
ПВН	-0,44	-0,24	-0,62	-0,92	0,5	1

Для встановлення статистичного зв'язку між показниками, будувалися кореляційні поля (рис. 2), які вказують на відсутність мультиколінеарності між індексами i_1 , i_2 та i_3 . Для пари індексів i_1 , i_3 спостерігається деяка лінійна тенденція – при збільшенні i_1 дещо збільшується i_3 , проте парний коефіцієнт кореляції – 0,35, вказує на наявність слабкого зв'язку. Таким чином, побудовані кореляційні поля, свідчать про незалежність показників індексного методу[6].

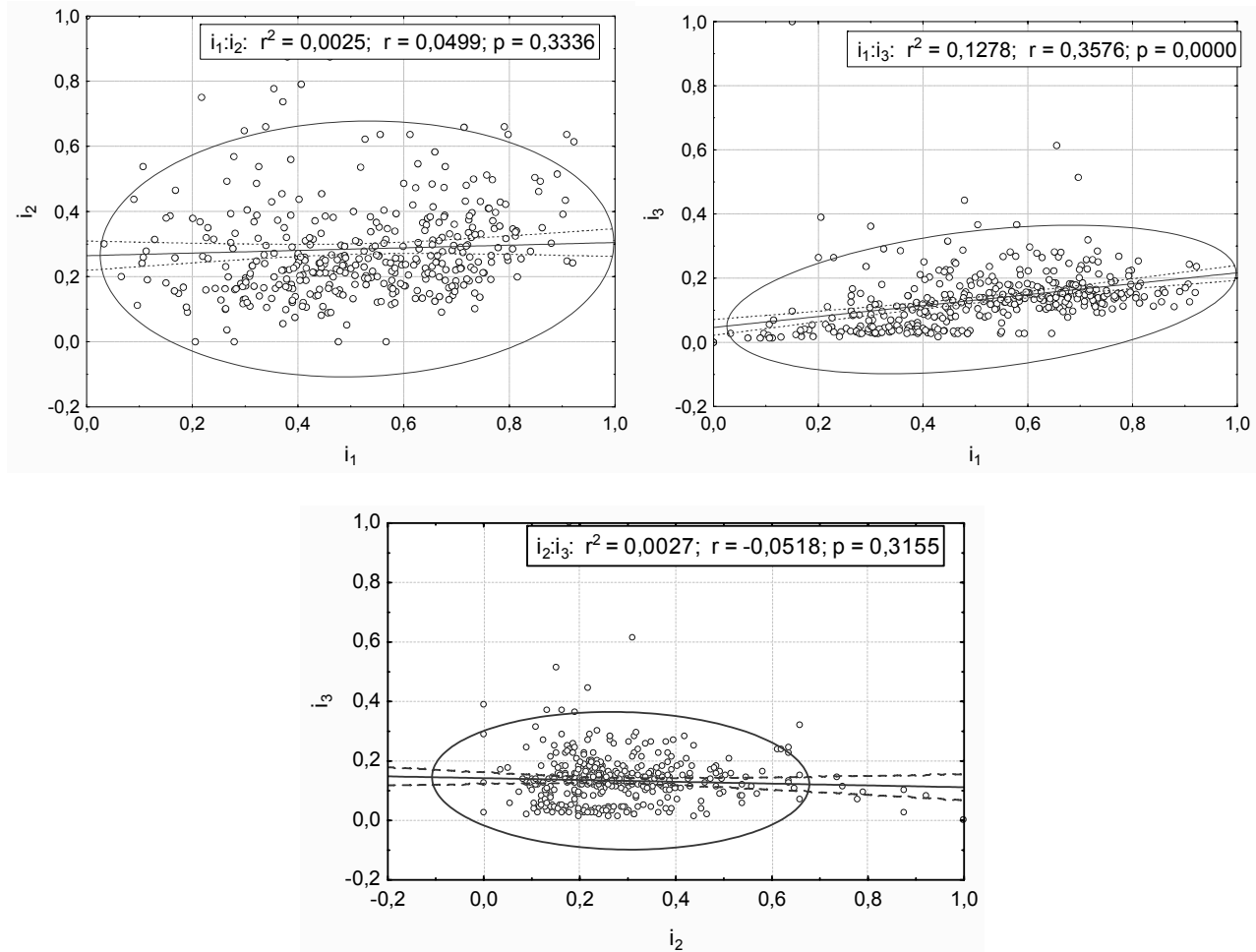


Рисунок 2 – Кореляційні поля показників індексного методу

Задача класифікації каньйонів Печерського району м. Києва за індексними показниками була вирішена на основі кластерного аналізу [8]. Для формування однорідних груп каньйонів, застосовувався метод k-середніх, який дозволив побудувати мінімальну кількість кластерів, рознесених на максимальні відстані в k-мірному просторі (k=4). Масив досліджуваних каньйонів вдалося поділити на однорідні групи, для яких значення індексних показників виявилися суттєво різними. Розбиття вихідного масиву проводилося в декілька етапів.

На першому етапі масив вуличних каньйонів розділювався на два кластери (рис. 3), при цьому, перший кластер наповнили вуличні каньйони з просторово-геометричними характеристиками, які свідчать про їх екологічну безпечність, відповідно другий наповнили потенційно небезпечні каньйони. На другому етапі розбиття, перший кластер розщепився ще на два (1.1; 1.2), а другий відповідно на три кластери (2.1; 2.2; 2.3). Таким чином, множина вуличних каньйонів Печерського району м. Києва була поділена за просторово-геометричними характеристиками на п'ять однорідних груп. В кожній групі був встановлений типовий каньйон з параметрами, що відповідають модальним значенням, які знайдені з ймовірнісного розподілу відповідних показників каньйонів, що увійшли до даного кластеру. Щільність розподілу показників вуличних каньйонів в межах кожного кластеру, виявилася близькою до нормального закону, що підтверджено критеріями узгодженості Колмогорова-Смирнова та Шапиро-Уилка (рис.4).

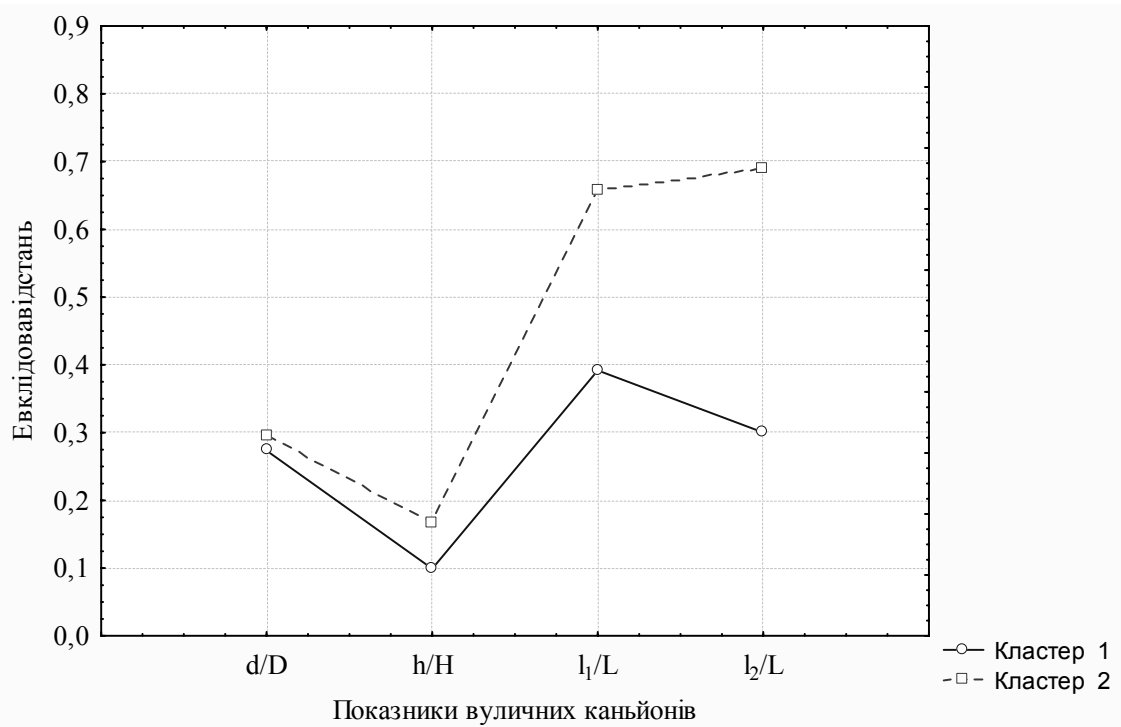


Рисунок 3 – Середні значення показників вуличних каньйонів

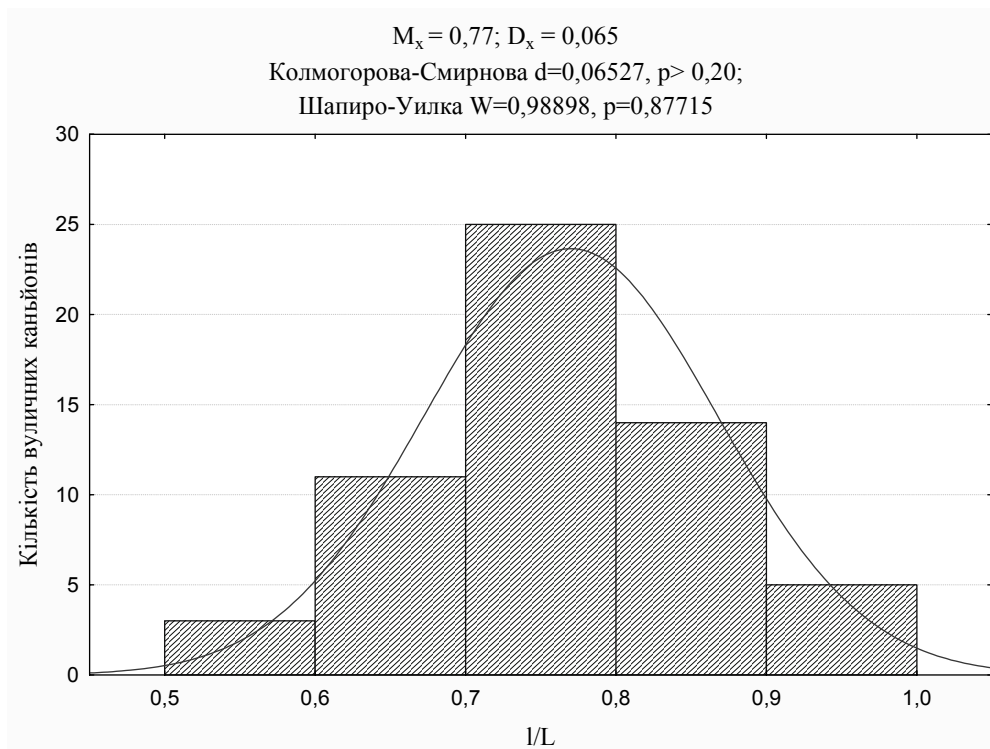


Рисунок 4 – Щільність розподілу вуличних каньйонів

За допомогою агломеративно-ієрархічного методу[8], здійснена повторна кластеризація досліджуваного масиву вуличних каньйонів, в який додатково були введені вище знайдені показники типових каньйонів. При формуванні дендограм кластерів використовувався метод Варда – метод оптимізації мінімальної дисперсії всередині кластерів (рис.5). Це дозволило ідентифікувати реальні вуличні каньйони, показники яких найкращим чином узгоджені з показниками типових каньйонів. Так, вуличний каньйон, що знаходиться на вулиці Інститутська, буд. 15, 20/8 виявився типовим для кластера 2.2. Аналогічно були ідентифіковані всі інші типи каньйонів для відповідних кластерів (табл.4).

Таким чином, в результаті класифікації вуличних каньйонів Печерського району м. Києва, вдалося сформуванати п'ять однорідних груп, в яких ідентифіковані типові вуличні каньйони за показниками побудованими на основі просторово-геометричних характеристик відповідних каньйонів (табл.4).

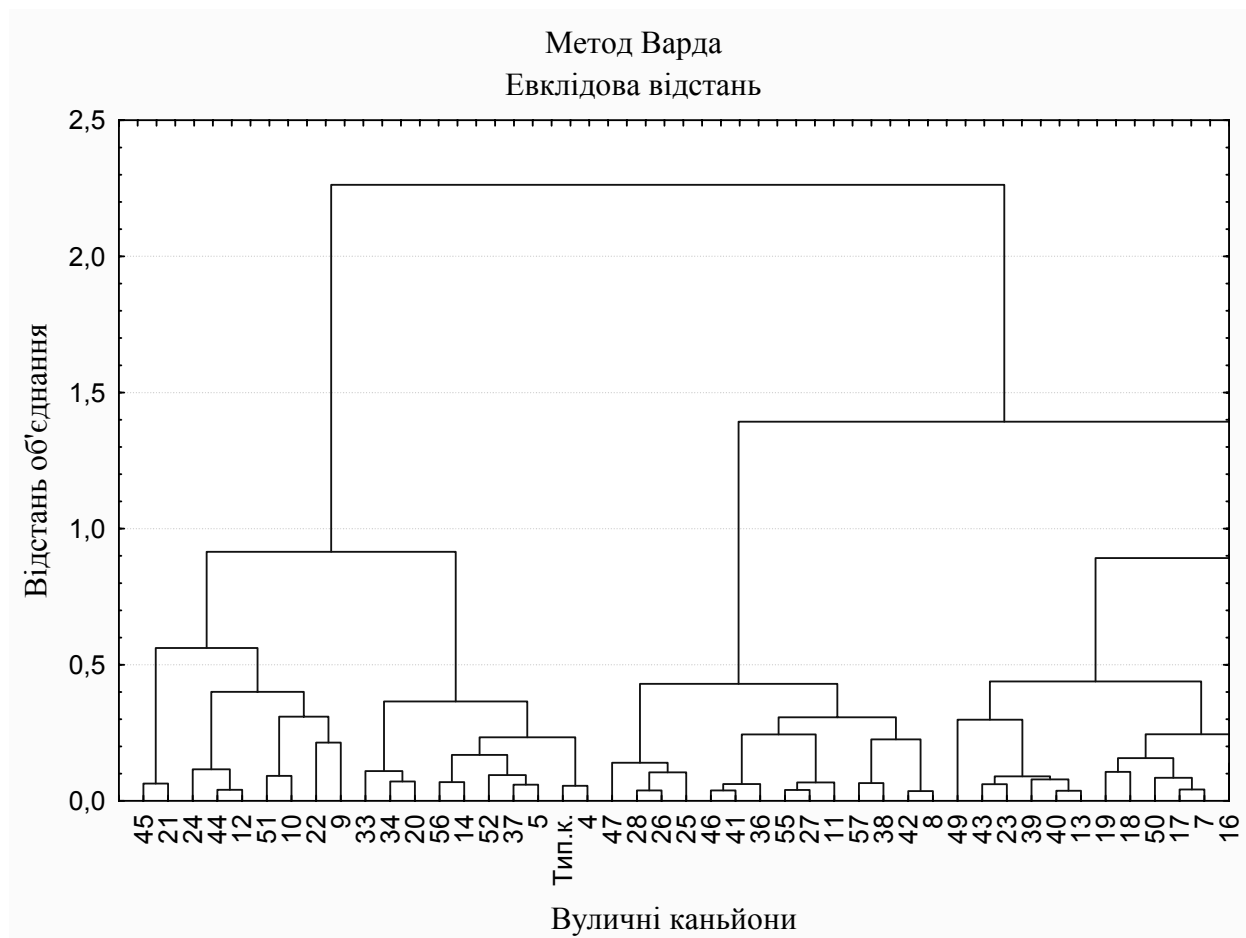


Рисунок 5 – Дендограма вуличних каньйонів (кластер 2.2)

Таблиця 4 – Типові вуличні каньйони Печерського району м. Києва

	<i>Типові вуличні каньйони</i>	i_1	i_2	i_3
Потенційно безпечні каньйони	вул. Грушевського; буд. 9, 32 (кластер 1.1)	0,316	0,368	0,119
	вул. Звіринецька; буд. 82, 73 (кластер 1.2)	0,355	0,199	0,038
Потенційно небезпечні каньйони	вул. Ольгінська; буд. 3, 6 (кластер 2.1)	0,625	0,248	0,167
	вул. Інститутська; буд. 15, 20/8 (кластер 2.2)	0,629	0,286	0,130
	вул. Мазепи; буд. 11,12 (кластер 2.3)	0,768	0,371	0,141

Висновок. Проведено аналіз методів класифікації вуличних каньйонів. Результати класифікації дозволяють стверджувати, що індексний метод найбільш інформативний, оскільки цей

метод містить як показники, що корелюють з показниками інших методів, так і некорельовані показники, які несуть додаткову інформацію про геометрично-просторові характеристики вуличних каньйонів, що невідображена в інших методах класифікації. Результати даної роботи можуть бути використані для оцінки аераційного режиму міст та для прогнозування полів забруднення міських екосистем.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Реттер Э. И. Архитектурно-строительная аэродинамика. – М.: Стройиздат, 1984. – 294 с.
2. Балакин В.В. Регулирование аэрационного режима уличных каньонов приёмами планировки и застройки. Весник. – М.: МГСУ – 2014. Вип.5
3. G. Wang, F. H. M. van den Bosch, M. Kuffer Modelling urban traffic air pollution dispersion. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B8. Beijing 2008
4. José Luis Santiago, Fernando Martín Modelling the air flow in symmetric and asymmetric street canyons. International Journal of Environment and Pollution, Volume 25, Number 1-4/2005., 145-154
5. Afiq W.M.Y., Azwadi C.S.N., K.M. Saqr Effects of buildings aspect ratio, wind speed and wind direction on flow structure and pollutant dispersion in symmetric street canyons. International Journal of Mechanical and Materials Engineering (IJMME), Vol. 7 (2012), No. 2, 158-165.
6. Данчук В.Д., Олійник Р.В., Самойленко Є.С., Тарабан С.М. Ранжування структурних елементів вулично-дорожньої мережі за допомогою індексного методу // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К.: НТУ, 2012. – Вип.85.
7. Бакуліч О.О., Олійник Р.В., Самойленко Є.С. Екологічна стійкість мегаполісу // Вісник Національного транспортного університету. – К.:НТУ, 2013. – Вип.28.
8. О.Ким, Ч.І. Мюллер, У.Р. Клекка, М.С. Олдендерфер Факторный, дискриминантный и кластерный анализ, М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

REFERENCES

1. Retter E.I. Architectural Building aerodynamics. – М.: Stroyizdat, 1984. – 294 p. (Rus)
2. Balakin V.V. Regulation of aeration regime street canyon techniques of planning and development. Visnyk. – М.: Civil Engineering – 2014 Vol.5. (Rus)
3. G. Wang, F. H. M. van den Bosch, M. Kuffer Modelling urban traffic air pollution dispersion. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B8. Beijing 2008.
4. José Luis Santiago, Fernando Martín Modelling the air flow in symmetric and asymmetric street canyons. International Journal of Environment and Pollution, Volume 25, Number 1-4/2005., 145-154.
5. Afiq W.M.Y., Azwadi C.S.N., K.M. Saqr Effects of buildings aspect ratio, wind speed and wind direction on flow structure and pollutant dispersion in symmetric street canyons. International Journal of Mechanical and Materials Engineering (IJMME), Vol. 7 (2012), No. 2, 158-165. (ENG)
6. Danchuk V.D., Oliynik R.V., Samoylenko E. S., Taraban S.M. Ranking the structural elements of the road network by means of the index method. Roads and road construction. NTU. – 2012. – № 86. – P.146-153. (Ukr)
7. Bakulich O.O., Oliynik R.V., Samoylenko E.S. Environmental sustainability of metropolis. Visnyk National Transport University. – Kyiv. National Transport University. 2013. – Vol. 28. (Ukr)
8. O.Kim, CH.I. Muller, U.R. Klekka, M.S. Oldenderfer Factor, diskriminantny and cluster analysis, М.: Finance and statistics, 1989-215 p. (Rus)

РЕФЕРАТ

Бакуліч О.О. Потенційна екологічна небезпека вуличних каньйонів / О.О. Бакуліч, Р.В. Олійник, Є.С. Самойленко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2015. – Вип. 1 (31).

Мета роботи: класифікація елементарних архітектурно-планувальних фрагментів міської забудови (каньйонів) в масштабі мікрорайону міста за просторово-геометричними характеристиками.

Аераційний режим міста зазнає найбільш сильних змін під впливом різних перешкод, таких як: планувальна схема вулично-дорожньої мережі, висота та щільність примігстральної забудови,

зелені насадження, водні об'єкти та інші перешкоди, що впливають на рух повітря в приземному шарі. Моделювання дивергентних полів вітру в містах являє собою надзвичайно складну задачу, оскільки структура міської забудови є неоднорідною. У зв'язку з цим, архітектурно-планувальний фрагмент міської забудови було представлено сукупністю елементарних фрагментів – вуличних каньйонів з відповідними просторово-геометричними характеристиками. Проведено аналіз методів класифікації вуличних каньйонів. В результаті класифікації вуличних каньйонів Печерського району м. Києва, сформовано п'ять однорідних груп, в яких ідентифіковані типові вуличні каньйони за показниками побудованими на основі просторово-геометричних характеристик відповідних каньйонів. Результати даної роботи можуть бути використані для оцінки аераційного режиму міст та для прогнозування полів забруднення міських екосистем.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВУЛИЧНИЙ КАНЬЙОН, АЕРАЦІЙНИЙ РЕЖИМ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, ІНДЕКСНИЙ МЕТОД, ПОКАЗНИК ВІДКРИТОГО НЕБА.

ABSTRACT

Bakulich O.O., Oliynik R.V., Samoilenko E.S. Environmental sustainability of metropolis. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2015. – Issue 1 (31).

Purpose: Classification of elementary architectural and planning elements of urban development (canyons) in the neighborhood of scale for spatial-geometric characteristics.

Aeration mode of experiencing the most severe changes under different obstacles such as planning scheme road network, height and density of road developments, green areas, water bodies and other obstacles that affect the movement of air in the surface layer. Simulation divergent wind fields in urban areas is an extremely difficult task, because the structure of urban development is uneven. In this regard, the architectural planning urban piece was presented a set of elementary fragments – street canyons with appropriate spatial and geometric characteristics. The analysis methods of classification street canyons. As a result, the classification of street canyons Pechersk district, formed five homogeneous groups, which identified typical street canyons on indices are based on spatial and geometric characteristics of the canyon. The results of this work can be used to assess aeration mode towns and fields to predict contamination of urban ecosystems.

KEY WORDS: STREET CANYON, AERATION MODE, ENVIRONMENTAL SAFETY, INDEX METHOD, SKY VIEW FACTOR.

РЕФЕРАТ

Бакулич Е.А. Потенциальная экологическая опасность уличных каньонов / Е.А. Бакулич, Р.В. Олейник, Е.С. Самойленко // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2015. – Вып. 1 (31).

Цель работы: классификация элементарных архитектурно-планировочных фрагментов городской застройки (каньонов) в масштабе микрорайона города за пространственно-геометрическими характеристиками.

Аэрационный режим города испытывает наиболее сильные изменения под влиянием различных препятствий, таких как: планировочная схема улично-дорожной сети, высота и плотность примагистральной застройки, зеленые насаждения, водные объекты и другие препятствия, влияющие на движение воздуха в приземном слое. Моделирование дивергентных полей ветра в городах представляет собой чрезвычайно тяжелую задачу, поскольку структура городской застройки является неоднородной. В связи с этим, архитектурно-планировочный фрагмент городской застройки был представлен совокупностью элементарных фрагментов – уличных каньонов с соответствующими пространственно-геометрические характеристики. Проведен анализ методов классификации уличных каньонов. В результате классификации уличных каньонов Печерского района г. Киева, сформировано пять однородных групп, в которых идентифицированы типичные уличные каньоны по показателям построенными на основе пространственно-геометрических характеристик соответствующих каньонов. Результаты данной работы могут быть использованы для оценки аэрационного режима городов и для прогнозирования полей загрязнения городских экосистем.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: УЛИЧНИЙ КАНЬОН, АЭРАЦИОННИЙ РЕЖИМ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ИНДЕКСНИЙ МЕТОД, ПОКАЗАТЕЛЬ ОТКРЫТОГО НЕБА.

АВТОРИ:

Бакуліч О.О., кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, декан факультету економіки, менеджменту і права, професор кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, e-mail: bakulich@rambler.ru, тел. +380937451421, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1.

Олійник Р.В., кандидат фіз.-мат. наук, доцент, Київський Національний університет імені Тараса Шевченка, доцент кафедри метеорології та кліматології, e-mail: rv_oliynyk@ukr.net, тел. +380955536561, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1.

Самойленко Є.С., Національний транспортний університет, аспірант кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, e-mail: sirius27@ukr.net, тел. +380988088008, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1.

AUTHOR:

Bakulich O.O. Ph.D., professor, National Transport University, Dean of the Faculty of Economics, Management and Law, professor department of transport systems and road safety, e-mail: bakulich@rambler.ru, tel. +380937451421, Ukraine, 01010 Kyiv, Suvorova str. 1.

Oliynyk R.V. Ph.D., assistant professor, National University named after T. Shevchenko, assistant professor department of meteorology and climatology, e-mail: rv_oliynyk@ukr.net, tel. +380955536561, Ukraine, 01010 Kyiv, Suvorova str. 1.

Samoylenko E.S., postgraduate, National Transport University, postgraduate department of transport systems and road safety, e-mail: sirius27@ukr.net, tel. +380988088008, Ukraine, 01010 Kyiv, Suvorova str.1.

АВТОРЫ:

Бакуліч Е.А., кандидат технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, декан факультета экономики, менеджмента и права, профессор кафедры транспортных систем и безопасности дорожного движения, e-mail: bakulich@rambler.ru, тел. +380937451421, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1.

Олейник Р.В., кандидат физ.-мат. наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры метеорологии и климатологии, e-mail: rv_oliynyk@ukr.net, тел. +380955536561, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1.

Самойленко Е.С., Национальный транспортный университет, аспирант кафедры транспортных систем и безопасности дорожного движения, e-mail: sirius27@ukr.net, тел. +380988088008, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Данчук В.Д., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри електроніки та обчислювальної техніки, Київ, Україна.

Пінчевська О.О., доктор технічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування, Київ, Україна.

REVIEWER:

Danchuk V.D, Ph.D, Professor, National Transport University, Head of Department of Electronics and Computer Science, Kyiv, Ukraine.

Pinchevska O.O., Ph.D, Professor, National University of Life and Environmental Sciences, Kyiv, Ukraine.