

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2021.59.215-231>

УДК 711.11

Осетрін Микола Миколайович,

кандидат технічних наук, професор кафедри міського будівництва

n.osetrin@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-7015-4679>

Тарасюк Володимир Петрович,

кандидат технічних наук, асистент кафедри міського будівництва

tarasyuk90@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4762-5668>

Беспалов Дмитро Олександрович,

асистент кафедри міського будівництва

dmitry.bespalov@me.com, <http://orcid.org/0000-0002-0778-5627>

Беспалова Валентина Сергіївна,

магістр,

Київський національний університет будівництва та архітектури

vs.bespalova@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-9785-8713>

Мирошніченко Оксана Євгенівна,

магістр,

Національний університет «Києво-Могилянська академія»

oksana.myroshnychenko@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4349-9289>

МУЛЬТИКРИТЕРІАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЯК МЕТОД ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ІНЖЕНЕРНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ ПЕРЕТИНІВ МІСЬКИХ МАГІСТРАЛЕЙ

Анотація: стаття спрямована на ознайомлення читачів із мультикритеріальним аналізом як одним із методів обґрунтування вибору інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістралей. Цей метод широко використовується за кордоном, оскільки дозволяє порівняти критерії за кількісними та якісними показниками з різними напрямками «позитивного рішення» (максимальне чи мінімальне).

Для врахування кількох критеріїв оцінки для кожного із планувальних рішень, доцільно, на відміну від суто експертного, використовувати кількісний метод знаходження оптимального варіанту за зваженими критеріями – метод мультикритеріального аналізу (Multiple criteria decision analysis - MCDA). У транспортному плануванні метод мультикритеріального аналізу оцінки планувальних рішень перетинів міських магістралей залежить від конкретних умов та обраної шкали оцінювання.

В роботі виконано опис одного із видів методів мультикритеріального аналізу – TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) та розглянуто алгоритм його розрахунку. В якості прикладу

розглянуто чотири варіанти планувальних рішень правобережних підходів до Подільсько-Воскресенського мостового переходу у місті Києві. В результаті отримано рейтинг проєктних сценаріїв планувальних рішень перетину міських магістралей згідно методу TOPSIS.

Ключові слова: мультикритеріальний аналіз; інженерно-планувальне рішення; перетин міських магістралей; метод TOPSIS; критерії оцінки.

Вступ. Магістральна вулично-дорожня мережа міста є каркасом його планувальної основи. Вона формується з перегонів, що представляють собою магістралі безперервного, регульованого руху та районного значення [1], а також їх взаємних перетинів.

Місцями максимальної концентрації транспортних потоків на магістральній мережі міст являються перетини міських магістралей. Ефективність їх функціонування, у значній мірі, визначається обґрунтованістю вибору інженерно-планувальних рішень, який не обмежується інженерно-технічними та планувальними задачами, а має враховувати організаційну, економічну, екологічну, соціальну складові, наявність земельних ресурсів, безпеку руху тощо.

Постановка проблеми. Чинне законодавство та галузева нормативна документація визначають склад та зміст проєктної документації, регламентують вимоги до проєктування і організації дорожнього руху на перетинах міських магістралей, проте не надають обґрунтованої оцінки вибору їх інженерно-планувальних рішень [2]. Однією з причин такої «невизначеності» є велика кількість різноманітних критеріїв, що впливають на остаточне рішення щодо доцільності прийняття того чи іншого планувального рішення перетину. В залежності від їх співвідношень, кількісних значень, комбінацій і т.д. змінюється пріоритетність використання різних критеріїв оцінки в конкретних умовах. Для упорядкування вагомості критеріїв оцінки може бути використаний мультикритеріальний аналіз як один із методів обґрунтування вибору інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістралей.

Об'єкт дослідження: перетин міських магістралей.

Предмет дослідження: обґрунтування вибору інженерно-планувального рішення перетину міських магістралей.

Метою роботи є дослідження мультикритеріального аналізу як одного із методів обґрунтування вибору інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістралей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При обґрунтуванні вибору інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістралей

використовуються різні методи, кожен з яких відрізняється основним напрямком фокусування їх ключових критеріїв оцінки.

Умовно основним показником при виборі планувального рішення перетину на основі методу техніко-економічної оцінки є мінімум приведених витрат. Даним напрямком наукових досліджень займалися Лобанов Є.М., Фішельсон М.С., Гохман В.А., Візгалов В.М., Поляков М.Ф. [3, 4, 5, 6] та інші дослідники. Перетин на вулично-дорожній мережі є важливим елементом, який регламентує сталий розвиток міста. Формування зручного середовища для життя людей як основний критерій організації руху транспорту у містах розглядав у свої роботах В. Вучик [7]. Метод екологічної оцінки перетинів міських магістралей розглядали у своїх працях Шилова Т.О., Солуха Б.В., Солуха І.Б., Фукс Г.Б. та інші [8, 9, 10].

Останнім часом при обґрунтуванні вибору інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістралей все ширшого застосування набуває використання методу транспортного моделювання. Даний метод ґрунтується на кількох наукових підходах, які включають теорію ймовірності, диференціальні рівняння, статистику та чисельні методи. На відміну від країн Західної Європи та Америки застосування даного методу в Україні ще не набуло широкого розповсюдження, але спостерігається зростання зацікавленості зі сторони як проєктувальників, так і науковців щодо його використання [11, 12, 13].

Ключовою проблемою існуючих підходів до обґрунтування вибору проєктних рішень перетинів міських магістралей в Україні є недостатнє фокусування на вплив інженерно-планувальних рішень перетинів на різні категорії зацікавлених сторін та за різними напрямками (соціальний, економічний, екологічний тощо). Часто причиною цього є відмінність шкал вимірювання подібних показників, які складно співвіднести та врахувати. Саме для таких випадків доречно використовувати мультикритеріальний аналіз.

Основна частина. Обґрунтування вибору інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістралей є складною багатофакторною задачею [3]. Для врахування кількох критеріїв оцінки для кожного із планувальних рішень, доцільно, на відміну від суто експертного, використовувати кількісний метод знаходження оптимального варіанту за визначеними і зваженими критеріями – метод мультикритеріального аналізу (Multiple criteria decision analysis - MCDA).

1) Опис методу

Метод мультикритеріального аналізу включає низку методів для оцінки і вибору рішень та дозволяє враховувати вплив багатьох факторів, які впливають на цей процес [14]. Дані методи широко використовуються в закордонній практиці при обґрунтуванні вибору інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістралей.

Ключовою відмінною рисою різних методологій при використанні методів мультикритеріального аналізу є: що сприймати за універсальну точку відліку, особливо в різноранжованих шкалах? У випадку методу TOPSIS, що є різновидом методу мультикритеріального аналізу, запропонованого Хвангом, Лай та Ліу [15], це питання пропонується вирішувати шляхом вирахування відстані до «ідеального позитивного рішення» (ІПР) та «ідеального негативного рішення» (ІНР). В такому разі оптимальним має бути рішення, що має найменшу відстань до ІПР та найбільшу відстань до ІНР відповідно.

Суть даного різновиду методу мультикритеріального аналізу TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution, Техніка для впорядкування уподобань за критерієм наближеності до ідеального рішення) полягає в тому, аби звести до єдиної шкали оцінювання та зібрати в єдину матрицю дані по різних критеріям альтернативних варіантів проєктних рішень з метою вирахування сумарної оцінки для кожної альтернативи по цим параметрам. Тобто по кожній з альтернатив збирається рівняння, де константи – ваги, а змінні – ранжовані значення кожного з критеріїв.

Для врахування ступеню важливості кожного з критеріїв, тобто розробки «ваги» для кожного з критеріїв, необхідно провести їх попередню оцінку. Для цього можна використати метод АНР (Analytic Hierarchy Process), що полягає в попарному порівнянні експертами кожного з критеріїв для кількісної оцінки їх важливості. Для отримання якісних відповідей від експертів, необхідно обмежити кількість критеріїв до 6-8 (оскільки кількість критеріїв зумовлює кількість пар для порівняння). Обрані критерії обов'язково мають бути вимірюваними – тобто мати змогу бути відображеними кількісно (числом) – частково подібні показники можуть бути отримані з мікро- чи макромодельовання проєктних сценаріїв. Критерії мають охоплювати різні напрямки, не обмежуватися лише інфраструктурними параметрами, а й враховувати параметри, що відображають вплив проєкту на загальноміську мобільність, соціальну, просторову, економічну, екологічну ситуацію тощо.

Для прикладу використання методу мультикритеріального аналізу TOPSIS при обґрунтуванні вибору інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістралей розглянуто чотири варіанти планувальних рішень правобережних підходів до Подільсько-Воскресенського мостового переходу у місті Києві.

2) Визначення та оцінка критеріїв

Методом мозкового штурму (або брейншторму) [16], що є класичним способом групового рішення задач, сенс якого полягає в тому, що в обмежений час учасники повинні запропонувати як можна більше варіантів, не орієнтуючись на їх якість і можливість реалізувати, згенеровано перелік критеріїв, які характеризують перетин та проведено оцінку кожного з них. При

цьому враховано однозначність, вимірюваність та реалістичність отримання кількісних показників усіх критеріїв для кожного з планувальних рішень. При цьому критерії мають враховувати інтереси усіх зацікавлених сторін, в тому числі проєктних та експлуатуючих організацій, маломобільних груп, пішоходів, користувачів громадського та індивідуального транспорту, мешканців прилеглих територій та оцінити незручності, до яких може призвести реалізація того чи іншого планувального рішення перетину.

Для однозначності критеріїв було проведено концептуалізацію понять – формулювання чіткого визначення для кожного критерію (табл. 1).

Паралельно з визначенням критеріїв проведено відбір експертів. Для здійснення оцінки планувальних рішень з використанням методу TOPSIS спочатку було обрано 6 експертів. Оскільки головною метою цього вибору було урівноваження оцінки різних критеріїв, то в якості експертів обирались представники кількох напрямків та шкіл проєктування елементів дорожньо-транспортної інфраструктури та містопланування. Крім цього, один експерт відмовився брати участь, інший не брав участь через заангажованість в самому проєкті. Отож, остаточно експертна група складалась з 4 експертів:

- два експерти «старої школи»: один теоретик-науковець (Експерт 1), інший – практик, який займається проєктною діяльністю (Експерт 2);
- два прихильники сучасних містопланувальних тенденцій – практик, який займається проєктною діяльністю і має успішно реалізовані проєкти, зокрема перетинів (Експерт 3), та урбаніст-теоретик, що більше спеціалізується на соціальному ефекті від проєктних рішень (Експерт 4).

Для оцінки критеріїв кожному з експертів було надіслано форму опитування зі стислим проясненням цілей дослідження та використаних методів, проте без конкретизації, про який саме перетин іде мова. Питання формулювалось наступним чином: «Для оцінки альтернативних проєктів організації вуличних розв'язок ми обрали 7 критеріїв. В даній формі ми просимо Вашої допомоги: оцінити важливість кожного з цих критеріїв. Для цього для кожної пари критеріїв оцініть, наскільки один важливіший за інший. Тобто в кожному рядку визначте наскільки, на Вашу думку, лівий критерій важливіший за правий (чи навпаки)». Результати оцінки критеріїв кожним із експертів заносились у форму згідно табл. 2.

За результатами цього етапу ключовою складністю, на яку вказували експерти 1 та 2 було ускладнення в порівнянні настільки різнопланових факторів. Втім, оскільки саме порівняння різнопланових та різновимірюваних факторів і є метою подібної оцінки – в подальших дослідженнях варто враховувати, що потребу більш детально пояснювати суть методу і причину його відбору для фахівців, що менш знайомі з міждисциплінарними підходами до досліджень.

3) Аналіз оцінок експертів методом АНР

З метою визначення індивідуальних «вагів» кожного критерію після отримання результатів опитування набір відповідей кожного із експертів оброблявся за алгоритмом, який наведений нижче.

1. Таблиця відповідей кожного експерта конвертується в матрицю.

Таблиця 3. - Порівняльна матриця відповідей

	C_1	C_2	C_3
C_1	1	c_{12}	c_{13}
C_2	$1/c_{12}$	1	C_{23}
C_3	$1/c_{13}$	$1/c_{23}$	1

2. Порівняльна матриця нормалізується – кожне значення ділиться на суму значень в стовпці. Відтак середнє значення по кожному рядку дасть коефіцієнт ваги відповідного критерію з точки зору окремого експерта.

Крім цього, в ході аналізу результатів необхідно провести перевірку узгодженості відповідей експерта, що показує наскільки схоже він оцінює один й той самий критерій в співвідношенні до інших. Якщо узгодженість менше 0,1 – експерт повністю зрозумів завдання та має цілісне уявлення щодо важливості кожного критерія. В наведеному прикладі з усіх експертів високий рівень узгодженості відповідей показав лише Експерт 3, проте відповіді решти були достатньо наближені до задовільного рівня аби продовжувати використання отриманих даних.

В результаті отримано ваги усіх критеріїв з точки зору кожного експерта. Для подальшої роботи отримані експертні оцінки усереднено для кожного з критеріїв.

4) TOPSIS-оцінка проектних сценаріїв.

Для TOPSIS-оцінки проектних сценаріїв значення критеріїв по кожному зі варіантів зведено у спільну матрицю (табл. 4).

Таблиця 4 – Узагальнена матриця критеріїв оцінки

e_{ij}		Напрямок позитивного рішення	j				W_i
			A_1	A_2	...	A_n	
i	C_1	{MIN MAX}	e_{11}	e_{12}	...	e_{1n}	w_1
	C_2	{MAX MIN}	e_{21}	e_{22}	...	e_{2n}	w_2

	C_m	{MIN MAX}	e_{m1}	e_{m2}	...	e_{mn}	w_m

де $A_1...A_n$ – варіанти проєктних рішень;

$C_1...C_m$ – критерії;

e_{ij} значення критерія C_i для варіанту A_j .

$w_1...w_m$ усереднені ваги критеріїв.

Для кожного з критеріїв обов'язково необхідно зазначити напрямок позитивного рішення – прямий чи зворотній (табл. 5).

На даному етапі значення кожного показника нормалізуються всередині кожного критерію для надання їм відносного значення від 0 до 1 (крайні значення критерію).

Таблиця 5 - Приклад з розрахунку по проєктним сценаріям

Критерії оцінки	Сценарій 2А	Сценарій 2Б	Сценарій 2В	Сценарій 1А	Ваги	Напрямок
Вартість будівництва, грн.	300000 0000	300000 0000	400000 0000	750000 0000	0,18	Чим менше, тим краще
Вартість обслуговування на рік	135000 0000	135000 0000	180000 0000	337500 0000	0,12	Чим менше, тим краще
Зміна витрат часу на громадському транспорті	133801	127919	79331	99878	0,27	Чим менше, тим краще
Зміна витрат часу на індивідуальному транспорті	5	5	7	6	0,24	Чим більше, тим краще
Сумарні затримки для громадського транспорту для години пік	54,88	101,52	116,68	0	0,09	Чим менше, тим краще
Зміна пробігів індивідуального транспорту	0,415	0,417	0,398	0,44	0,13	Чим більше, тим краще
Об'єм, який займає перетин	21150,5	17486	56575	58199,5	0,05	Чим менше, тим краще
Тривалість будівництва, роки	2	2	2	5	0,08	Чим менше, тим краще

Таблиця 6 - Нормалізовані значення критеріїв

Критерії оцінки	Сценарій 2А	Сценарій 2Б	Сценарій 2В	Сценарій 1А
Вартість будівництва, грн.	0	0	0,222222	1
Вартість обслуговування на рік	0	0	0,222222	1
Зміна витрат часу на громадському транспорті	1	0,892014	0	0,377217
Зміна витрат часу на індивідуальному транспорті	0	0	1	0,5
Сумарні затримки для громадського транспорту для години пік	0,470346	0,870072	1	0
Зміна пробігів індивідуального транспорту	0,404762	0,452381	0	1
Об'єм, який займає перетин	0,090007	0	0,960099	1
Тривалість будівництва, роки	0	0	0	1

Нормалізовані значення, в свою чергу, множаться на вагу відповідного критерію (табл. 7).

Таблиця 7 - Зважені значення

Зважені оцінки	Сценарій 2А	Сценарій 2Б	Сценарій 2В	Сценарій 1А
Вартість будівництва, грн.	0	0	0,039003	0,175512
Вартість обслуговування на рік	0	0	0,02652	0,11934
Зміна витрат часу на громадському транспорті	0,2652582 79	0,236614	0	0,10006
Зміна витрат часу на індивідуальному транспорті	0	0	0,235595	0,117797
Сумарні затримки для громадського транспорту (ГТ) для години пік	0,0412379 94	0,076284	0,087676	0
Зміна пробігів індивідуального транспорту (ІТ)	0,0516938 96	0,057776	0	0,127714
Об'єм, який займає перетин	0,0042640 14	0	0,045484	0,047374
Тривалість будівництва, роки	0	0	0	0,084388

Наступним кроком розраховуються «ІПР» та «ІНР» (табл. 8). При цьому для кожного з проєктних варіантів розраховується евклідова відстань між ним та ідеальним позитивним та негативним рішеннями.

$$A_{j+} = \sqrt{\sum_i (p_i - v_{ij})^2}$$

$$A_{j-} = \sqrt{\sum_i (n_i - v_{ij})^2}$$

де n_{ij} - ІНР для критерію C_i ;

p_{ij} - ІПР для критерію C_i ;

v_{ij} - зважені нормалізовані значення критерію C_i варіанту A_j .

Таблиця 8 – Ідеальні позитивне та негативне рішення

Критерії оцінки	ІПР (A_{j+})	ІНР (A_{j-})
Вартість будівництва, грн.	0,00	0,18
Вартість обслуговування на рік	0,00	0,12
Зміна витрат часу на громадському транспорті	0,00	0,27
Зміна витрат часу на індивідуальному транспорті	0,24	0,00
Сумарні затримки для громадського транспорту для години пік	0,00	0,09
Зміна пробігів індивідуального транспорту	0,13	0,00
Об'єм, який займає перетин	0,00	0,05
Тривалість будівництва, роки	0,00	0,08

На останньому етапі визначається рейтинг кожної з альтернатив. Чим ближчий показник S до 0 (тобто чим меншим він є), тим кращим є варіант рішення.

$$S_j = \frac{A_{j-}}{A_{j-} + A_{j+}}$$

де A_{j+}, A_{j-} - ідеальне позитивне та негативне рішення.

Результати оцінки чотирьох варіантів правобережних підходів до Подільсько-Воскресенського мостового переходу у місті Києві згідно методу мультикритеріального аналізу TOPSIS наведено у табл. 9.

Таблиця 9 – Результати оцінки варіантів планувальних рішень

Критерії оцінки	Aj+				Aj-			
	Сценарій 2А	Сценарій 2Б	Сценарій 2В	Сценарій 1А	Сценарій 2А	Сценарій 2Б	Сценарій 2В	Сценарій 1А
Вартість будівництва, грн.	0,00	0,00	-0,04	-0,18	0,18	0,18	0,14	0,00
Вартість обслуговування на рік	0,00	0,00	-0,03	-0,12	0,12	0,12	0,09	0,00
Зміна витрат часу на громадському транспорті	-0,27	-0,24	0,00	-0,10	0,00	0,03	0,27	0,17
Зміна витрат часу на індивідуальному транспорті	0,24	0,24	0,00	0,12	0,00	0,00	-0,24	-0,12
Сумарні затримки для громадського транспорту для години пік	-0,04	-0,08	-0,09	0,00	0,05	0,01	0,00	0,09
Зміна пробігів індивідуального транспорту	0,08	0,07	0,13	0,00	-0,05	-0,06	0,00	-0,13
Об'єм, який займає перетин	0,00	0,00	-0,05	-0,05	0,04	0,05	0,00	0,00
Тривалість будівництва, роки	0,00	0,00	0,00	-0,08	0,08	0,08	0,08	0,00
Рейтинг	0,399	0,409	0,704	0,441				

В результаті усереднення «вагів» по кожному критерію усіх залучених експертів, найкращий рейтинг по розрахунку TOPSIS отримав Сценарій 2А.

Крім цього встановлено, що якби за цією ж логікою відбулась оцінка кожним з експертів окремо, то у Експерта 1 та 2– перевагу б здобув Сценарій 2В. Натомість у Експертів 3 та 4 явну перевагу мають Сценарії 2А та 2Б. В той

же час, одноосібним лідером «антирейтингу» для усіх експертів є Сценарій 1А (рис. 1).

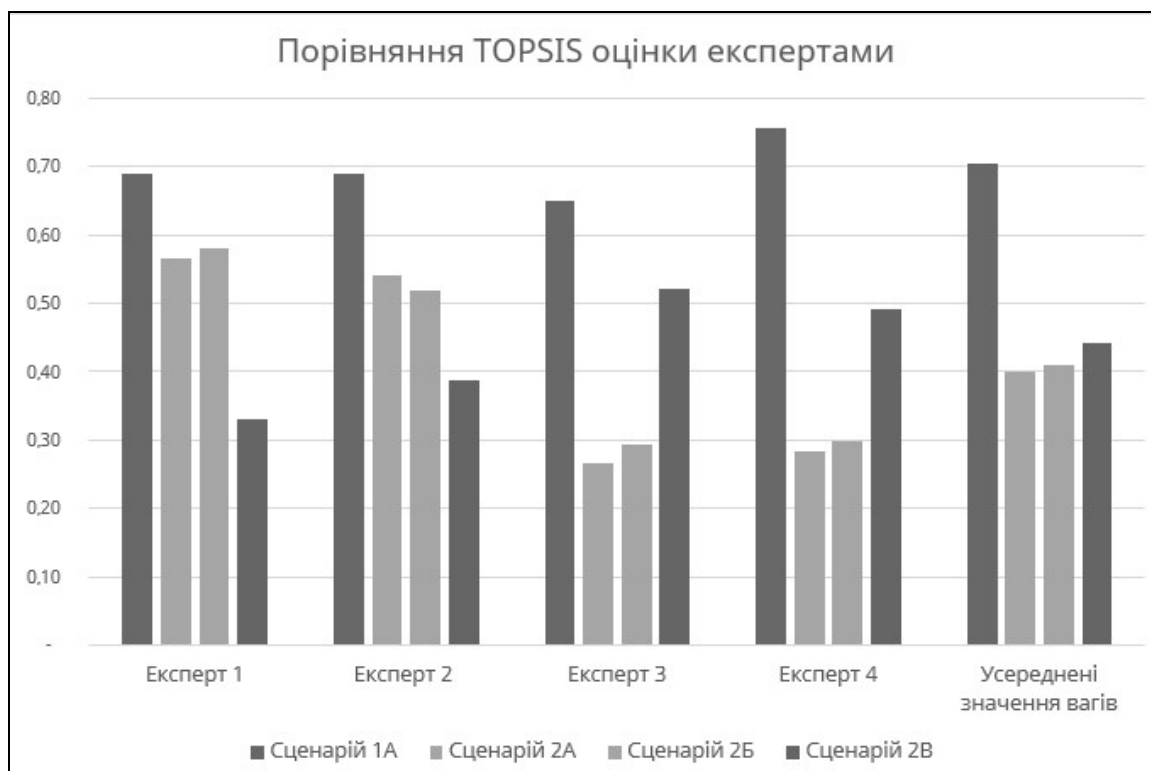


Рис. 1. Рейтинг проектних сценаріїв планувальних рішень згідно методу TOPSIS (чим нижча оцінка, тим кращим є сценарій)

Висновки. Обґрунтування вибору інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістралей з використанням методу TOPSIS як одного із методів мультикритеріального аналізу дозволяє визначити питому вагу кожного критерію і за допомогою сформованої матриці сценаріїв, оцінити сукупність параметрів інженерно-планувальних рішень перетинів та критеріїв, важливих для зацікавлених сторін (сталий розвиток, швидкість, зручність, економічність, місце розміщення, термін окупності тощо). В зв'язку з цим комплексна оцінка планувальних рішень перетинів міських магістралей має здійснюватися з використання інших методів, в тому числі методів техніко-економічної, соціально-економічної [17], безпеки руху та екологічної складових.

Список джерел

1. ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 61 с.
2. Осетрін М.М. Принципи і методи обґрунтування вибору інженерно-планувального рішення перетину міських магістралей / М.М. Осетрін,

О.В. Карпенко // Містобудування та територіальне планування. - 2014. - Вип. 51. - С. 401-407.

3. Осетрін М.М. Міські дорожньо-транспортні споруди. Навчальний посібник для студентів ВНЗ. – К., ІЗМН, 1997 – 196с.

4. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов: Учебник для студентов вузов. – М.: Транспорт, 1990.-240 с.

5. Фишельсон М.С. Транспортная планировка городов. – М.: Высшая школа, 1985. – 239 с.

6. Гохман В.А., Визгалов В.М., Поляков М.П. Пересечения и примыкания автомобильных дорог: Учеб. пособие для авт. дор. спец. вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1989. – 319 с.

7. Вучик В.Р. Транспорт в городах, удобных для жизни / Вучик В.Р. / пер. с англ. А. Калинина под научн. ред. М. Блинкина. – М.: Издательский дом «Территория будущего», 2011. – 576 с.

8. Екологічна оцінка перетинів міських магістралей у різних рівнях: навчальний посібник / М.М. Осетрін, Б.В. Солуха, Т.О. Шилова та ін. – К.: КНУБА, 2010. – 108 с .

9. Солуха І.Б. Методи урбоекологічної оцінки транспортно-планувальних вузлів на вулично-дорожній мережі крупних міст (на прикладі м. Києва): дис. канд. техн. наук: спец. 05.23.20 «Містобудування та територіальне планування» / Солуха І.Б. – Київ, 2015. – 196с.

10. Солуха Б.В., Фукс Г.Б. Міська екологія: Навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2004. – 338 с.

11. Беспалов Д.О. Особливості режиму руху транспортного потоку на перетинах міських магістралей в різних рівнях / Д.О.Беспалов, М.М. Осетрін // Містобудування та територіальне планування. – К., 2011. – Вип. 39. – С. 302-305.

12. Вікович І.А. Розробка імітаційної моделі для визначення максимальної довжини черги транспортних засобів / І.А. Вікович, Р.М. Зубачик // Вісник Національного технічного університету «ХП»: збірник наукових праць. – Харків, 2013. – № 70(1043). – С. 48–59.

13. Осетрін М.М. Транспортне моделювання як один із методів оцінки ефективності інженерно-планувальних елементів розв'язок в різних рівнях / М.М. Осетрін, Д.О. Беспалов, М.І. Дорош, В.П. Тарасюк // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – К., КНУБА, 2019. – Вип. 70. – С. 417-430.

14. Triantaphyllou, E. (2000). Multi-Criteria Decision Making: A Comparative Study. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers (now Springer). p. 320.

15. Hwang, C.L.; Lai, Y.J.; Liu, T.Y. (1993). "A new approach for multiple objective decision making". *Computers and Operational Research*. 20 (8): 889–899.

16. *Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Problem-Solving: Third Revised Edition Paperback* – January 1, 1963.

17. Тарасюк В.П. Принципи і методи оцінки впливу енерговитрат транспортного потоку при обґрунтуванні вибору інженерно-планувального рішення транспортно-планувальних вузлів (на прикладі м. Києва): дис. канд. техн. наук: спец. 05.23.20, «Містобудування, та територіальне планування» / Тарасюк В.П. – Київ, 2018. – 150 с.

References

1. DBN V.2.3-5:2018 Vulytsi ta dorohy naselenykh punktiv. K.: Minrehion Ukrayiny, 2018. – 61 p. (in Ukrainian).

2. Osetrin M.M. Pryntsypy i metody obgruntuvannia vyboru inzhenerno-planuvalnoho rishennia peretynu miskykh mahistranei / M.M. Osetrin, O.V. Karpenko // *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*. - 2014. - Ed. 51. - pp. 401-407. (in Ukrainian).

3. Osetrin M.M. Miski dorozhno-transportni sporudy. Navchalnyi posibnyk dlia studentiv VNZ. – K., IZMN, 1997 – 196 p. (in Ukrainian).

4. Lobanov E.M. Transportnaya planirovka gorodov: Uchebnik dlya studentov vuzov. – M.: Transport, 1990.-240 p. (in Russian).

5. Fishel'son M.S. Transportnaya planirovka gorodov.– M.: Vysshaya shkola, 1985. – 239 p. (in Russian).

6. Gohman V.A., Vizgalov V.M., Polyakov M.P. Peresecheniya i primykaniya avtomobil'nyh dorog: Ucheb. posobie dlya avt. dor. spec. vuzov. 2-nd edition, revised. – M.: Vysshaya shkola, 1989. – 319 p. (in Russian).

7. Vuchic V.R. Transportation for Livable Cities / Vuchic V.R. / translation by A. Kalinin on scientific editing by M.Blinkin. – M.: Izdatel'skij dom «Territoriya budushchego», 2011. – 576 p. (in Russian).

8. Ekolohichna otsinka peretyniv miskykh mahistranei u riznykh rivniakh: navchalnyi posibnyk / M.M. Osetrin, B.V. Solukha, T.O. Shylova and others – K.: KNUCA, 2010. – 108 p. (in Ukrainian).

9. Solukha I.B. Metody urboekolohichnoi otsinky transportno-planuvalnykh vuzliv na vulychno-dorozhniy merezhi krupnykh mist (na prykladi m. Kyieva): dys. kand. tekhn. nauk: spets. 05.23.20 «Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia» / Solukha I.B. – K., 2015. – 196 p. (in Ukrainian).

10. Solukha B.V., Fuks H.B. Miska ekolohiia: Navchalnyi posibnyk.– K.: КНУБА, 2004. – 338 p. (in Ukrainian).

11. Bepalov D.O. Osoblyvosti rezhymu rukhu transportnoho potoku na peretynakh miskykh mahistranei v riznykh rivniakh / D.O.Bepalov, M.M. Osetrin // Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. – K., 2011. – Ed. 39. – pp. 302-305. (in Ukrainian).
12. Vikovych I.A. Rozrobka imitatsiinoi modeli dlia vyznachennia maksimalnoi dovzhyny cherhy transportnykh zasobiv / I.A. Vikovych, R.M. Zubachyk // Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI»: zbirnyk naukovykh prats. – Kharkiv, 2013. – № 70(1043). – pp. 48–59. (in Ukrainian).
13. Osetrin M.M. Transportne modeliuвання yak odyń iz metodiv otsinky efektyvnosti inzhenerno-planovalnykh elementiv rozviazok v riznykh rivniakh / M.M. Osetrin, D.O. Bepalov, M.I. Dorosh, V.P. Tarasiuk // Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia:, nauk.-tekhn. zbirnyk. – K., KNUCA, 2019. – Ed. 70. – pp. 417-430. (in Ukrainian).
14. Triantaphyllou, E. (2000). Multi-Criteria Decision Making: A Comparative Study. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers (now Springer). p. 320. (in English).
15. Hwang, C.L.; Lai, Y.J.; Liu, T.Y. (1993). "A new approach for multiple objective decision making". Computers and Operational Research. 20 (8): pp. 889–899. (in English).
16. Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Problem-Solving: Third Revised Edition Paperback – January 1, 1963. (in English).
17. Tarasiuk V. Evaluation Principles and Methods of the Traffic Stream Energy Consumption Influence when Substantiating a Choice of Engineering Planning Solution of Transportation Hubs (by the example of Kyiv City): Thesis for the scientific degree of Candidate of Sciences in Engineering: specialty 05.23.20 – Town building and spatial planning / Tarasiuk V. – Kiev, 2018. – 150 p. (in Ukrainian).

Аннотация

Осетрин Николай Николаевич, кандидат технических наук, профессор кафедры городского строительства, Киевский национальный университет строительства и архитектуры;

Тарасюк Владимир Петрович, кандидат технических наук, ассистент кафедры городского строительства, Киевский национальный университет строительства и архитектуры;

Беспалов Дмитрий Александрович, ассистент кафедры городского строительства, Киевский национальный университет строительства и архитектуры;

Беспалова Валентина Сергеевна, магистр, Киевский национальный университет строительства и архитектуры;

Мирошниченко Оксана Евгеньевна, магистр, Национальный университет «Киево-Могилянская академия».

Мультикритериальный анализ как метод обоснования выбора инженерно-планировочных решений пересечений городских магистралей.

Статья направлена на ознакомление читателей с мультикритериальным анализом как одним из методов обоснования выбора инженерно-планировочных решений пересечений городских магистралей. Этот метод широко используется за рубежом, поскольку позволяет сравнивать критерии по количественным и качественным показателям с различными направлениями «положительного решения» (максимальное или минимальное).

Для учета нескольких критериев оценки для каждого из планировочных решений, целесообразно, в отличие от чисто экспертного, использовать количественный метод нахождения оптимального варианта по взвешенным критериям - метод мультикритериального анализа (Multiple criteria decision analysis - MCDA). В транспортном планировании метод мультикритериального анализа оценки планировочных решений пересечений городских магистралей зависит от конкретных условий и выбранной шкалы оценивания.

В работе выполнено описание одного из видов методов мультикритериального анализа - TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) и рассмотрен алгоритм его расчета. В качестве примера рассмотрено четыре варианта планировочных решений правобережных подходов к Подольско-Воскресенскому мостовому переходу в городе Киеве. В результате получено рейтинг проектных сценариев планировочных решений пересечения городских магистралей согласно методу TOPSIS.

Ключевые слова: мультикритериальный анализ; инженерно-планировочное решение; пересечение городских магистралей; метод TOPSIS; критерии оценки.

Abstract

Osetrin Mykola, Ph.D., professor of City Development, chair Kyiv National University of Construction and Architecture;

Tarasiuk Volodymyr, Ph.D., Assistant lecturer of City Development chair, Kyiv National University of Construction and Architecture;

Bespalov Dmytro, Assistant lecturer of City Development chair, Kyiv National University of Construction and Architecture;

Bespalova Valentyna, master, Kyiv National University of Construction and Architecture;

Myroshnychenko Oxana, master, National University of Kyiv Mohyla Academy.

Multicriteria analysis as a method of choice justification for engineering and planning decisions of city highways' intersections.

This article aims to familiarize the reader with multi-criteria analysis as one of the methods of choice justification of engineering design solutions for urban highways intersections. This method is widely used abroad, as it allows to compare different quantitative and qualitative indicators with different vectors of "positive decision" (maximum or minimum).

Multiple criteria decision analysis – MCDA, as fact-based quantitative method is more appropriate way to evaluate several indicators simultaneously for each of planning decisions – opposed to more popular in Ukraine “expert evaluation”. In transport planning, type of multicriteria analysis method, which should be used for evaluation of urban highways' intersections planning decisions, depends on specific conditions and chosen scales of evaluations.

Article includes description of one of MCDA's types: TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) and illustrates algorithm of its calculation. As an example, four variants of planning decisions of right-bank approaches to the Podilsko-Voskresensky bridge intersection in the city of Kyiv are analyzed. As a result, a rating of design scenarios of intersection planning solutions according to the TOPSIS method was obtained.

Keywords: multicriteria analysis; engineering and planning solution; urban highways' intersection; TOPSIS method; evaluation indicators.