

УДК 004.02

ВИБІР ПРОЄКТІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА В УМОВАХ РИЗИКУ

Філь Н.Ю., Донець О.А.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків

Незважаючи на війну, одним із пріоритетних напрямів у роботі керівництва Харкова завжди був і залишається розвиток транспортної інфраструктури міста. Основними напрямками інноваційного розвитку транспортної інфраструктури міста є розробка різноманітних проєктів, спрямованих на розвиток інтелектуальних транспортних систем з метою управління дорожнім рухом, підвищення мобільності населення і вантажів, поліпшення якості життя населення, підвищення безпеки на дорогах і зниження шкідливого впливу автотранспорту на навколишнє середовище [1].

Розвиток інтелектуальних транспортних систем передбачає забезпечення формування необхідної інформації для учасників дорожнього руху, що сприятиме більш безпечному, скоординованому та розумному використанню транспортних мереж [1].

Серед пріоритетних напрямів, слід виділити такі: побудова оптимальних транспортних мереж і забезпечення сучасних інформаційних систем про дорожній рух; поліпшення системи моніторингу та управління роботою всіх видів транспорту, забезпечення оптимальної логістики перевезень вантажів і пасажирів, сприяння реалізації якісного управління та підвищенню безпеки дорожнім рухом; створення єдиної системи, що контролює зв'язок транспортного засобу з транспортною інфраструктурою; розроблення та впровадження інформації про дорожній рух для учасників дорожнього руху.

Розглянемо застосування математичних методів прийняття рішень за умов ризику для вибору проєктів розвитку транспортної інфраструктури міста.

Дані, які необхідні для прийняття рішень в умовах ризику, зазвичай задають у формі матриці, рядки якої відповідають можливим діям особи, яка приймає рішення, а стовпці – можливим станам системи (таблиця 1) [2-3].

Таблиця 1 – Матриця прийняття рішень в умовах ризику

	θ_1	θ_2	...	θ_n
a_1	$v(a_1, \theta_1)$	$v(a_1, \theta_2)$...	$v(a_1, \theta_n)$
a_2	$v(a_2, \theta_1)$	$v(a_2, \theta_2)$...	$v(a_2, \theta_n)$
...	
a_m	$v(a_m, \theta_1)$	$v(a_m, \theta_2)$...	$v(a_m, \theta_n)$

Муніципалітет планує виділення коштів для модернізації транспортної інфраструктури. В якості альтернатив стратегій розвитку пропонується чотири проєкти:

p1) оптимізація часу рейсів всіх видів наземного транспорту з врахування дня тижня та часу дня;

p2) збільшення пропускної спроможності доріг міста за рахунок регулювання транспортних потоків;

p3) можливість побудови оптимального маршруту поїздки громадським транспортом з урахуванням дорожньої ситуації у місті;

p4) оптимізація маршрутів руху транспортних засобів з урахуванням актуальної ситуації на автошляхах міста.

Сьогодні невідома точна кількість пасажиропотоку через військову ситуацію. Припустимо, що пасажиропотік може набувати одне з чотирьох значень n_1, n_2, n_3 або n_4 . Матриця витрат (млн. грн.) для кожного проєкту модернізації транспортної інфраструктури міста з урахуванням пасажиропотоку представлена таблиці 2.

Таблиця 2 – Витрати на модернізацію транспортної інфраструктури міста

	n_1	n_2	n_3	n_4
p_1	5	10	18	25
p_2	8	8	8	23
p_3	12	18	18	21
p_4	30	22	19	15

Для вибору проєкту модернізації транспортної інфраструктури міста будемо використовувати методи прийняття рішень в умовах ризику, зокрема:

- критерій Лапласа (принцип недостатнього обґрунтування);
- мінімаксий критерій (найкраще з найгіршого);
- критерій Севіджа;
- критерій Гурвіца (баланс між оптимізмом та песимізмом).

Розглянемо застосування запропонованих методів для вирішення поставленого завдання.

Критерій Лапласа – спирається на відомий принцип недостатнього обґрунтування, коли обирається проєкт P_i , що дає найбільший очікуваний виграш. Інакше кажучи, необхідно знайти проєкт P_i^* , для якого:

$$\min_{P_i} \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v(p_i, n_j) \right\}. \quad (1)$$

За критерієм Лапласа вважається, що всі можливі пасажиропотоки рівноймовірні, тому $P(n = n_j) = \frac{1}{4}$ ($j = \overline{1,4}$). Розрахунки очікуваних витрат при різних пасажиропотоках та вибір найкращого проєкту представлено на рисунку 1.

	n_1	n_2	n_3	n_4	$C(p_j)$
p_1	7	10	18	25	15
p_2	8	8	8	23	11,75
p_3	12	18	18	21	17,25
p_4	30	22	19	15	21,5
Рішення					11,75

Рисунок 1 – Вибір проекту за критерієм Лапласа

З отриманих значень вибираємо найменше – 11,5. Таким чином, найкраща пропозиція, згідно з критерієм Лапласа буде проект p_2 .

Розглянемо мінімаксний або максимінний критерій (найкраще з найгіршого), який базується на виборі кращої серед найгірших можливостей. Якщо результат $v(p_i, n_j)$ являє собою витрати (втрати або витрати) особи, яка приймає рішення, для проекту p_i найбільші витрати незалежно від можливого пасажиропотоку n_j дорівнюють $\max_{n_j} \{v(p_i, n_j)\}$. За критерієм мінімаксу обирається проект, який дає $\min_{p_i} \max_{n_j} \{v(p_i, n_j)\}$, тобто критерій є настільки «песимістичним», що іноді призводить до нелогічних висновків.

Розрахунки очікуваних витрат при різних пасажиропотоках та вибір найкращого проекту за критерієм мінімаксу представлені на рисунку 2. Найкращий проект – це p_3 .

	n_1	n_2	n_3	n_4	$C(p_j)$
p_1	7	10	18	25	25
p_2	8	8	8	23	23
p_3	12	18	18	21	21
p_4	30	22	19	15	30
Рішення					21

Рисунок 2 – Вибір проекту за критерієм мінімаксу

При використанні критерію Севіджа розраховується матриця «жалю» (витрат, втрат), в якій $v(p_i, n_j)$ змінюємо на $r(p_i, n_j)$, які знаходимо за формулою:

$$r(p_i, n_j) = \begin{cases} \max_{p_k} \{v(p_k, n_j)\} - v(p_i, n_j) \\ v(p_i, n_j) - \min_{p_k} \{v(p_k, n_j)\} \end{cases}$$

Складемо матрицю жалю (рисунок 3). Для цього знайдемо мінімальний елемент кожного стовпця та віднімемо його від усіх елементів цього стовпця.

Потім знаходимо максимум по кожному рядку. В останньому (максимальному) стовпці вибираємо найменше значення – 8. Йому відповідає проєкт p₂.

	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	max
p ₁	0	2	10	10	10
p ₂	1	0	0	8	8
p ₃	5	10	10	6	10
p ₄	23	14	11	0	23
Рішення					8

Рисунок 3 – Матриця «жалю»

Критерій Гурвіца (баланс між оптимізмом та песимізмом) – охоплює різні підходи до прийняття рішень: від найбільш оптимістичного до найбільш песимістичного. У тому випадку, коли $v(p_i, n_j)$ представляє витрати, то вибирається дія:

$$\min_{p_i} \left\{ \alpha \min_{n_j} v(p_i, n_j) + (1 - \alpha) \max_{n_j} v(p_i, n_j) \right\}$$

Перше доданок визначає частку оптимізму, а друге – частку песимізму.

Застосуємо критерій Гурвіца (баланс між оптимізмом та песимізмом). Вважаємо, що $\alpha = 0,5$. Найкраще значення має проєкт p₂ (рисунок 4).

	Доданок 1	Доданок 2	Значення
p_1	7	25	16
p_2	8	23	15,5
p_3	12	21	16,5
p_4	15	30	22,5
Рішення			15,5

Рисунок 4 – Реалізація критерію Гурвіца

Результати використання чотирьох методів наведемо у таблиці 2.

Таблиця 2 – Порівняння результатів вибору проєкту в умовах ризику

Критерій	Рішення
Критерій Лапласа	p_2
Мінімаксий або максимінний критерій	p_3
Критерій Севіджа	p_2
Критерій Гурвіца	p_2

Оскільки за більшістю критеріїв обрано проєкт p_2 , то рекомендується виділити кошти на збільшення пропускнуої спроможності доріг міста за рахунок регулювання транспортних потоків.

Література:

3. Воліков В. В., & Вдовиченко В.О. (2017). Транспортна інфраструктура Харкова (Аналіз стану та основні тенденції). Бизнес Информ, (12 (479)), 292-299

4. Прийняття рішень в умовах повної невизначеності. URL: <https://dss.tg.ck.ua/decision-uncertainty-help/>.

5. Ус С.А., Коряшкіна Л.С.; Моделі й методи прийняття рішень: навч. посіб. – Д. : НГУ, 2014. – 300 с.