

АНАЛІЗ ВАРТОСТІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

*Канін О.П., кандидат технічних наук
Діденко В.В.*

Постановка проблеми. В Україні ще не достатньо досліджене питання оцінки дороги з точки зору її життєвого циклу. Ціллю оптимізації життєвого циклу є знаходження варіанту проекту, що дозволить досягти оптимальних, визначених проектом результатів. Через стохастичну природу деяких величин, оптимізація з використанням детермінованих методів часто не досить адекватна реальним умовам. Не достатньо розвинуті методи прийняття оптимальних рішень щодо витрат по фазам життєвого циклу дороги. Модель аналізу вартості життєвого циклу автомобільних доріг може бути корисною для оцінки майбутніх витрат, а також надасть можливість порівняти детерміновані та стохастичні результати розрахунків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літератури показав, що за кордоном значну увагу приділяють аналізу вартості життєвого циклу проектів (АВЖЦ), довгостроковим контрактам, які укладаються для їх здійснення. В англійських джерелах АВЖЦ називається Life Cycle Cost Analysis (LCCA). Проблеми аналізу вартості життєвого циклу розкриті в таких роботах: [2-4]. Важливою та довгостроковою фазою життєвого циклу є фаза експлуатації. Дорога на цій стадії зазнає різних пошкоджень, на неї впливають багато факторів, такі як склад транспортного потоку, інтенсивність руху, погодні фактори та ін. Різноманітні ремонтні та підтримуючі заходи допомагають поліпшити показники дороги та продовжити її життя. Фаза експлуатації дороги є досить об'ємною, включає в себе багато різноманітних робіт та має потребу в управлінні.

Постановка завдання. Розглянути програмне забезпечення для аналізу вартості життєвого циклу автомобільних доріг з використанням імітаційного моделювання.

Виклад основного матеріалу. Управління проектами – це застосування знань, навичок, інструментів і методів до операцій проекту для задоволення вимог споживачів до проекту [1].

Як відомо, життєвий цикл проекту – це час від моменту його задуму до моменту завершення. Дорога має життєвий цикл, який є протяжним у часі, складається з декількох фаз та потребує ретельного управління ними. Життєвий цикл проекту автомобільної дороги складається з таких фаз: концептуальна, вишукування та проектування, будівництва, експлуатації до нового життєвого циклу – реконструкції і т.д.

Аналіз вартості життєвого циклу (АВЖЦ) - це аналітичний метод, який використовує економічні принципи в цілях оцінки довгострокових альтернативних варіантів інвестицій [2]. АВЖЦ є зручним інструментом, що порівнює конкуруючі варіанти проектних рішень відносно стратегій здійснення ремонтів. Він показує економічну відмінність між варіантами на основі початкових витрат та витрат майбутнього періоду. АВЖЦ дозволяє бачити повну картину експлуатаційної фази життєвого циклу дороги з відповідними заходами та витратами по ним [3].

Процес АВЖЦ здійснюється шляхом сумування всіх дисконтованих в грошовому еквіваленті вигод і витрат у відповідних моментах часу їх появи протягом періоду аналізу. Альтернативи розглядаються в спільному часовому просторі для їх правильного порівняння. Інвестиційний варіант, який дає максимальну вигоду для суспільства, вважається оптимальним варіантом.

Більшість вхідних параметрів АВЖЦ є за своєю суттю невизначеними, такі як ставка дисконтування, яка повинна бути використана для приведення витрат, що виникають у різні моменти часу; тривалість періоду, за який варіанти повинні бути оцінені, а також тип і терміни проведення майбутніх заходів з реабілітації доріг, які потрібні в кожному з варіантів життєвого циклу [4].

Кроки процесу АВЖЦ впорядковано так, що аналіз спирається на інформацію, зібрану в попередніх кроках:

1. Створення альтернативи конструкції.
2. Визначення терміну служби.
3. Оцінка витрат (дорожніх організацій і користувачів доріг)
4. Обчислення витрат життєвого циклу.
5. Аналіз результатів.

Процес АВЖЦ починається після вибору дороги для будівництва або реконструкції і

визначення діапазону можливих альтернатив виконання робіт. Потрібно розглянути принаймні дві взаємовиключні альтернативи, економічні відмінності між альтернативами визначаються загальними витратами по кожній з них.

Конкуруючі альтернативи можуть мати різні терміни служби - періоди часу, коли дорога (або її елемент, наприклад, дорожній одяг) буде в експлуатації (до наступної реконструкції або капітального ремонту). В АВЖЦ використовується єдиний спільний період часу для оцінки відмінності витрат між різними альтернативами. Тільки в такому випадку результати можуть бути належним чином порівняні. Цей період називається періодом аналізу.

Витрати майбутнього періоду в АВЖЦ включають в себе такі статі витрат: проектування, будівництво; утримання; ремонти; витрати користувачів доріг.

Рівняння для дисконтування майбутніх витрат ПВ (поточна вартість) [3]:

$$PV = F \frac{1}{(1+i)^n}, \quad (1)$$

де: F = майбутні витрати на кінець n^{ux} років;

i = відсоткова ставка;

n = кількість років.

Відомо, що існує два різних методи для обчислення витрат життєвого циклу: детермінований та ймовірнісний.

В детермінованому методі кожній вхідній змінній присвоюється стале, дискретне значення. Результати детермінованого аналізу можуть бути покращені за допомогою аналізу чутливості до змін вхідних даних [3].

Ймовірнісний метод враховує невизначеність та мінливість вхідних змінних. Він дозволяє одночасне обчислення різних припущень для багатьох змінних через визначення розподілу ймовірностей кожної. В загальному випадку під імітацією розуміють процес проведення експериментів з математичними моделями складних систем реального світу. Тобто, імітація – це комп'ютерний експеримент, який проводиться з моделлю системи, а не з самою системою. Виходячи з цього, було розроблено програму, яка реалізує обидва методи. Оцінюється вартість дорожнього одягу нежорсткого типу.

Вартість життєвого циклу дорожнього одягу в пропонованій моделі включає початкові витрати на проектування і будівництво (реконструкцію), вартість трьох можливих капітальних ремонтів, поточних ремонтів та утримання. Дані для розрахунку витрат є випадковими, а сам розрахунок – детермінованим.

Аналітик має можливість задавати: горизонт аналізу; вибирати товщину шарів поточного ремонту покриття (перші три – поверхнева обробка, а якщо потрібно більше поточних ремонтів, то – перекриття шаром асфальтобетону); задавати режим моделювання (детермінований чи імітація); кількість повторювань обчислень (прогонів моделі). Кнопка «Завантаження» здійснює завантаження вихідних даних моделі, які зберігаються в таблиці Excel і мають спеціальну структуру. Ці дані зчитуються програмою.

Для обох режимів роботи необхідно внести до шаблону (таблиці Excel) початкові дані:

- довжину ділянки в км та категорію дороги;
- кількість смуг руху та ширину проїжджої частини;
- конструкцію дорожнього одягу після будівництва (реконструкції) в нульовий рік з заданими шарами дорожнього одягу, їх модулями пружності та товщиною;
- конструкції дорожнього одягу після 1-го, 2-го та 3-го капітальних ремонтів з відповідними параметрами;
- інтенсивність та склад руху;
- параметри для прогнозування рівності покриття;
- показники для розрахунку вартості ремонтів, утримання та визначення транспортних витрат.

Для характеристики вхідних змінних використано шаблон, приклад якого наведено на рис.1. Розподіл ймовірності задано гістограмою з п'яти інтервалів. Змінні моделюються як випадкові величини тільки тоді, коли в графі «Імітувати» проставлено 1 (обведено колом). Інтервали гістограми розраховуються виходячи шляхом ділення різниці максимального і мінімального значень на п'ять рівних частин.

ВИХІДНІ ДАНІ ПРО СЕРЕДНЬОРІЧНУ ДОБОВУ ІНТЕНСИВНІСТЬ РУХУ В 0-Й РІК										
Групи транспортних засобів	Значення	Інтервал змін		Гістограма					Імітувати	
		мінімум	максимум	p1	p2	p3	p4	p5		Сума
Lg: Легкі вантажні	500	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0
Cg: truc: Середні вантажні	400	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0
Tg: Важкі вантажні	100	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0
Ac: Автобуси середні	60	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0
At: Автобуси важкі	22	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0
Pc: Причепи середні	250	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0
Pt: Причепи важкі	150	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0
Tr: Тролейбуси	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0
La: Легкові	2700	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0
q: К оеф. Приросту інтенсивності руху	4,0	1,0	7,0	0,05	0,10	0,75	0,10	0,00	1,00	1

Рис. 1. Вихідні дані про дорожній рух

Важливою частиною програми є модель деградації дорожнього одягу, в якості якої прийняті залежності для періоду в роках, який залишився до капітального ремонту, прогнозованого періоду в роках, який залишився до відновлення рівності покриття дорожнього одягу нежорсткого виду що використовуються в Системі управління станом покриття (СУСП) [5,6].

В якості оцінки вартості життєвого циклу прийнято теперішню (приведену до 0-го року) сумарну вартість дорожньо-транспортних витрат, яка розраховується методом дисконтування.

В результаті детермінованого розрахунку будується графік зміни рівності покриття і виконання поточних і капітальних ремонтів (показано вертикальними лініями), наведений на рис. 3.

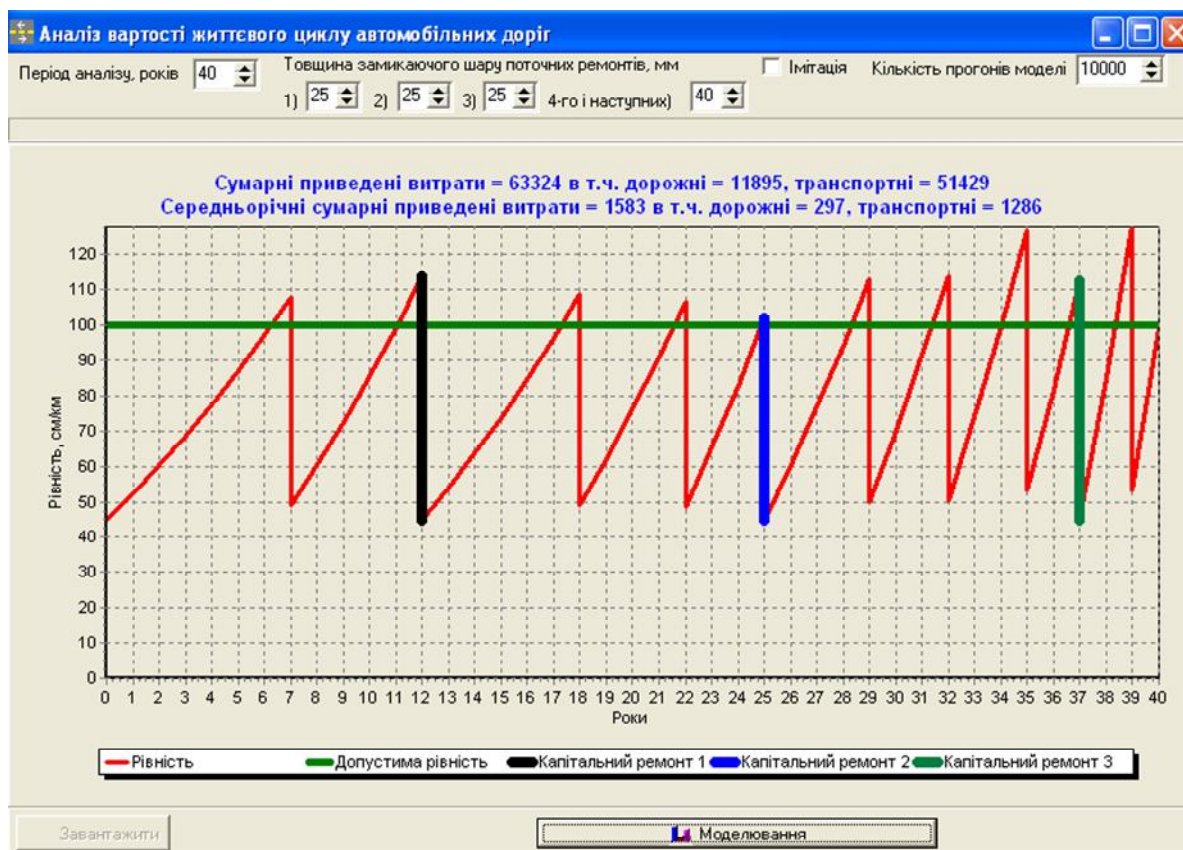


Рис. 2. Графік рівності для детермінованого режиму програми

Імітація здійснюється таким чином. З вихідних даних вибирається змінна з відміткою «Імітувати» рівною 1, за допомогою вбудованої функції – генератора випадкових чисел отримується рівномірно розподілене в інтервалі від нуля до одиниці випадкове число, по

гістограмі (рис. 1) визначається номер інтервалу гістограми, а в ньому за допомогою другого випадкового числа визначається конкретне значення вхідної змінної. Процес повторюється для інших вхідних змінних з відміткою «Імітувати» рівною 1. Змінні, які не мають такої позначки, враховуються одним числом.

В результаті імітаційного моделювання на виході моделі отримуємо оцінку закону розподілу вартості, наприклад, таку, яка наведена на рис. 3.

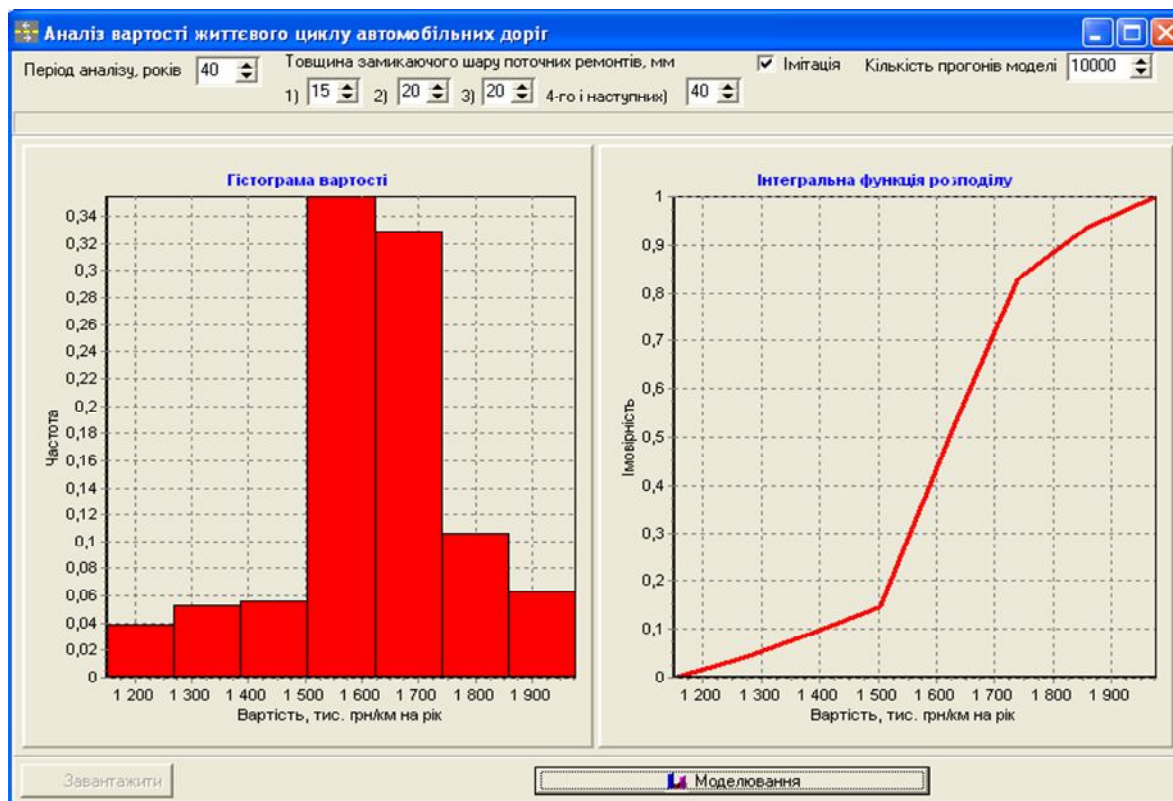


Рис. 3. Гістограма та інтегральна функція розподілу ймовірності вартості

Результати моделювання									
Тривалість горизонту моделювання, років					40				
Вид розрахунку => Імітація									
Кількість прогонів імітаційної моделі					10000				
Поточні ремонти				Витрати, тис. грн/рік			Статистичні параметри		
1-й, см	2-й, см	3-й, см	4-й, см	Дорожні	Транспортні	Всього	σ	Kv	
2,5	2,5	2,5	4,0	305	1308	1613	152	9	
2,5	2,0	2,0	4,0	304	1308	1612	151	9	
2,0	2,0	2,0	4,0	303	1305	1608	153	10	
2,0	1,5	1,5	4,0	303	1310	1612	153	9	
1,5	2,0	2,0	4,0	302	1312	1614	154	10	

Рис. 4. Вихідні результати для імітаційного режиму програми

На рисунку 4 кожен рядок показує новий результат моделювання для інших вихідних даних.

Для імітаційного моделювання розраховуються такі параметри: середнє квадратичне відхилення σ та коефіцієнт варіації K_v .

Висновки. Аналіз вартості життєвого циклу є зручним інструментом для порівняння конкуруючих варіантів проектних рішень, зіставляючи різні стратегії здійснення ремонтів та їх сумарні витрати. Він показує економічну відмінність між варіантами на основі початкових витрат та витрат від майбутніх заходів. АВЖЦ дозволяє бачити повну картину експлуатаційної фази життєвого циклу дороги з відповідними заходами та витратами по них. Але багато величин, таких як інтенсивність руху, погодні умови, строки служби покриттів є не детермінованими. Кращим є використання ймовірнісного підходу. Розроблена програма дозволяє шляхом імітації визначити теперішню вартість життєвого циклу автомобільної дороги та наглядно відобразити їх. Шляхом комп'ютерного експерименту та маніпулювання значеннями та їх розподілом ймовірності вхідних змінних аналітик може визначити раціональну стратегією проведення ремонтних заходів.

Література

1. *PMBOK*. ANSI/PMI 99-001-2004. Project Management Institute, Inc. 2004, 388 pp.
2. *Life-Cycle Cost Analysis Procedures Manual*. Department of Transportation, State of California, November 2007. – 134 p.
3. *Life-Cycle Cost Analysis Primer*. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration Office of Asset Management, August 2002. – 25 p.
4. *Guidelines for Life Cycle Cost Analysis*. FHWA-NJ-2003-012, FINAL REPORT // Dr. Kaan Ozbay, Dr. Neville A. Parker, Dima Jawad, Sajjad Hussain. New Jersey Department of Transportation Division of Research and Technology and U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 2003. – 130 p.
5. *Кизима С.С.* Загальна характеристика української системи управління станом нежорстких дорожніх одягів / С.С. Кизима, О.П. Канін, М.М. Лихоступ // *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*, вип.62. – Київ: НТУ, 2001
6. *Кизима С.С.* Основи експлуатації автомобільних доріг / С.С. Кизима. – К.: МОН України / НТУ, 2002. – 234 с.

УДК 625.7/8

СУТНІСТЬ ТА ПРИЗНАЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ ГОСПОДАРСТВОМ УКРАЇНИ

Канін О.П., кандидат технічних наук
Харченко А.М., кандидат технічних наук

Постановка проблеми. У сучасному діловому світі в будь-яких областях діяльності, і в тому числі в менеджменті експлуатації автомобільних доріг, об'єми інформації, з якими доводиться мати справу організаціям, просто величезні. І від того, якою мірою організація здатна максимально використати наявну інформацію, залежить успіх. Запорука успіху полягає у побудові ефективної інформаційно-аналітичної системи управління (ІАС).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В дорожній галузі на сьогодні експлуатуються декілька інформаційно-аналітичних систем, основними з яких є: Система управління станом покриття (СУСП) [1]; Аналітична експертна система управління мостами (АЕСУМ) [2]; Електронний паспорт автомобільної дороги (ЕПАД); Проект організації дорожнього руху (ПОДР); Галузева база даних обліку ДТП та інші. У 2007 році була розроблена система “Єдина база оперативного стану автомобільних доріг державного значення та інженерних споруд на них” (БОС), яка містить центральну базу даних (ДП «Укрдпродор»), передбачає реплікацію цієї бази даних в Укравтодорі та обласні бази даних (служби автомобільних доріг в АР Крим, областях та м. Севастополі).

Загальний аналіз стану інформаційного забезпечення дорожньої галузі був виконаний в процесі розробки Концепції програми інформатизації дорожньої галузі України, прийнятої у 2009 році. В результаті аналізу були окреслені основні недоліки існуючих інформаційно-аналітичних систем, а саме: дані для цих систем збираються та використовуються розрізнено; дані в різних системах є суперечливими; використання даних за межами цих систем не передбачено; інформаційна система дорожньої галузі не уніфікована, безсистемна і ненадійна, потребує вдосконалення, створення надійних захищених каналів зв'язку для передачі інформації;