

УДК:625.76:338.2

Діденко В.В.

МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ПРОЕКТІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Анотація. Стаття присвячена методу оптимізації життєвого циклу автомобільних доріг, імітаційному моделюванню. В ній описано деякі показники, які потрібно визначити для подальшої роботи з моделями LCCA.

Ключові слова: життєвий цикл, аналіз, імітаційне моделювання, фаза, витрати, метод, системний час.

Аннотация. Статья посвящена методу оптимизации жизненного цикла автомобильных дорог, имитационному моделированию. В ней описаны некоторые показатели, которые необходимо определить для дальнейшей работы с LCCA.

Annotation. The article is about the method of optimizing the life cycle of roads, simulation modeling. It describes some of the indicators to be identified for further work with the LCCA.

Постановка проблеми. 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.

Модель оптимізації життєвого циклу може бути створена з використанням алгоритмів імітаційного моделювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми аналізу вартості життєвого циклу (Life Cycle Cost Analysis, LCCA) розкриті в таких роботах: Life-Cycle Cost Analysis Procedures Manual, Life-Cycle Cost Analysis Primer, Life Cycle Assessment of Pavements: A Critical Review of Existing Literature and Research, Evaluation of Life-Cycle Cost Analysis Practices Used by the Michigan Department of Transportation такими організаціями та авторами: Департаментом транспорту Каліфорнії, Федеральним управлінням автомобільних доріг США, by Nicholas Santero, Eric Masanet, Arpad Horvath, Arthur Chan, Gregory Keoleian, Eric Gabler та іншими.

Постановка завдання. З'ясувати можливість використання імітаційного моделювання для оптимізації життєвого циклу та визначитись з методом моделювання витрат життєвого циклу.

Виклад основного матеріалу.

Аналіз витрат життєвого циклу (LCCA) – це аналітичний метод, який використовує економічні принципи в цілях оцінки довгострокових альтернативних варіантів інвестицій [1].

Взагалі, життєвий цикл проекту – це час від моменту його задуму до моменту ліквідації. Його розбивають на фази [2]:

1. Концептуальна фаза;
2. Фаза розробки;
3. Фаза виконання проекту;
4. Фаза завершення проекту;
5. Експлуатаційна фаза;
6. Ліквідаційна фаза (для доріг – це фаза реконструкції).

Фаза експлуатації дороги включає в себе утримання, поточний і капітальний ремонт. Ця фаза досить об'ємна, отже потребує ретельного дослідження.

LCCA пояснює витрати майбутнього періоду (протягом існування варіанту проекту) для організації-замовника, власника.

Витрати майбутнього періоду включають в себе такі статі витрат:

- початкове будівництво;
- утримання;

- ремонти;
- витрати користування.

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

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

де F = майбутні витрати на кінець $n^{\text{их}}$ років

i = відсоткова ставка

n = кількість років

Наслідки витрат життєвого циклу проекту в повній мірі беруться до уваги при прийнятті рішень щодо проектних рівнів для дорожніх покриттів. Визначення найбільш придатного варіанту для проекту виконується шляхом порівняння різних витрат:

- типів покриття (нежорстке, жорстке або змішане);
- стратегій ремонту;
- розрахункових строків служби покриття (наприклад, 5 або 10 років, 10 або 20 років і т.д.);
- стратегій виконання.

В США був розроблений метод для оцінки економічної ефективності варіантів проектів автомобільних доріг[2].

Існує два різних методи для обчислення витрат життєвого циклу: детермінований та ймовірнісний. Методи відрізняються за способом, яким вони досліджують мінливість та невизначеність, пов'язаних з вхідними параметрами ЛССА, такими як вартість діяльності (функціональні затрати), вибір часу діяльності (заходів) та відсоткова ставка.

Детермінований метод – це методика, в якій кожній вхідній змінній присвоюється стале, дискретне значення, зазвичай засноване на статистичних даних та на рішенні людини, що виконує аналіз. Результати детермінованого аналізу можуть бути покращені за допомогою використання методу, що називається аналізом чутливості [3].

Ймовірнісний метод пояснює невизначеність та мінливість, пов'язані з вхідними значеннями. Він дозволяє одночасне обчислення різних припущень для багатьох змінних через визначення мінливих вхідних змінних з розподілу ймовірностей можливих значень.

Для реалізації розрахунків LCCA необхідно визначитись з рядом величин, необхідно визначитись з варіантами проектних рішень, а також дотримуватись таких положень:

- порівняти варіанти дорожнього одягу з різними розрахунковими строками служби (але принаймні два варіанти повинні мати однаковий тип матеріалу покриття);
- визначити тип покриття дорожнього одягу (нежорстке, жорстке або змішане);
- варіанти, що оцінюються повинні забезпечувати еквівалентні удосконалення або вигоди (наприклад, порівняння нового будівництва нежорстких або жорстких варіантів покриття можливе, тому що варіанти пропонують еквівалентні удосконалення).

Деякі показники, які потрібно розрахувати для подальшого оцінювання:

- ✓ Вартість одиниці часу для легкових автомобілів;
- ✓ Вартість одиниці часу для окремої частини вантажівок;
- ✓ Вартість одиниці часу для автопоїздів;
- ✓ Період аналізу (років);
- ✓ Початок періоду аналізу;
- ✓ Відсоткова ставка дисконту (%);
- ✓ Середньорічна добова інтенсивність руху (сумарна в обох напрямках);
- ✓ Щорічні темпи зростання інтенсивності руху (%);
- ✓ Дозволена швидкість за звичайних умов експлуатації;
- ✓ Кількість смуг в кожному напрямку;
- ✓ Доступна пропускна спроможність;
- ✓ тощо.

Будівництво і реконструкція дороги є інвестиційними проектами. Існують різні методи аналізу інвестиційних проектів, з яких можна виділити для подальшого розгляду стосовно даної теми такі:

- аналіз чутливості;
- метод Монте-Карло (імітаційне моделювання).

Аналіз чутливості добре ілюструє вплив окремих вхідних факторів на кінцевий результат проекту. Головним недоліком цього методу є припущення, що зміна одного фактору розглядається ізольовано, тоді як на практиці багато факторів, що аналізуються у тій чи іншій мірі залежать один від одного [4].

Імітаційне моделювання дозволяє максимально наблизити модель до реальної ситуації. Кроки імітаційного моделювання:

1. Визначити основні параметри, які є ключовими для системи, що буде імітуватися. Встановити взаємозв'язок між вхідними та вихідними показниками у вигляді математичних рівнянь;
2. Оцінити закони розподілу ймовірностей для ключових параметрів моделі;
3. Провести комп'ютерну імітацію;
4. Оцінити характеристики розподілу вихідних показників;
5. Провести аналіз отриманих результатів та прийняти рішення. На цьому етапі використовується статистичний аналіз, що дозволяє в повній мірі проаналізувати отримані результати.

На основі проведеного аналізу потрібно побудувати прогноз параметрів та розвиток процесу [5].

В загальному вигляді математична структура моделі така [6]:

$$E = f(x_i; y_i), \quad (2)$$

де E – результат дії системи;

x_i – змінні і параметри, якими ми можемо керувати;

y_i – змінні і параметри, якими ми не можемо керувати;

f – функціональна залежність між x_i та y_i , яка визначає величину E .

Детермінований метод для обчислення витрат життєвого циклу, навіть з використанням аналізу чутливості, має ряд недоліків. Ряд факторів, що впливають на дорогу в процесі експлуатації мають мінливий характер. Немає чіткого способу чи методу для визначення такого виду величин. Наприклад, приріст інтенсивності руху кожного року змінюється, розгляд цього параметру як сталої величини дає хибні припущення та розрахунки. Одним із варіантів знаходження оптимального рішення в такій ситуації є використання імітаційного моделювання, яке надасть найбільш наближені до дійсності результати, програючи за короткий проміжок часу багато варіантів розвитку.

Виявляється доцільним використовувати механізм системного часу для імітаційного моделювання витрат життєвого циклу. Модель з механізмом системного часу Δt (в нашому випадку – модель з фіксованим кроком, див.

рисунок 1), тобто період експлуатації автомобільної дороги розділяється на рівні проміжки часу (1 рік).

Експлуатаційний стан дороги (S_1 - S_5) визначається на початок і кінець року. Усереднені значення експлуатаційних показників приймаються для розрахунку витрат на перевезення пасажирів і вантажів, які потім накопичуються за весь період експлуатації.

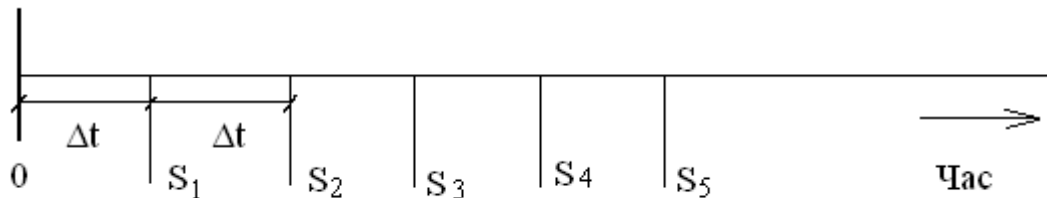


Рис. 1. Модель системного часу з фіксованим кроком

Стан експлуатаційних показників на кінець кожного з років залежить від зміни середньорічної середньодобової інтенсивності руху, тому потрібно для кожного періоду Δt визначати випадковим чином коефіцієнт приросту інтенсивності руху на основі оцінки закону його розподілення як випадкової величини. Інформацію для такої оцінки можна отримати з автоматичних датчиків обліку руху, які встановлені в Україні і працюють більше 10 років.

Висновки

Імітаційне моделювання є прогресивним методом для оцінки життєвого циклу доріг, його використання надасть можливість шляхом імітації реальних умов більш точно знайти ймовірнісні параметри вартості проекту.

Література

1. Life-Cycle Cost Analysis Procedures Manual. Department of Transportation, State of California, November 2007. – 134 p.
2. Діденко В.В. Життєвий цикл автомобільної дороги в управлінні проектами / В.В. Діденко // Вісник НТУ. – Київ, 2010. - № 21. – с. 23 – 27.
3. Life-Cycle Cost Analysis Primer. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration Office of Asset Management, August 2002. – 25 p.
4. Дмитриев М.Н., Кошечкин С.А. Количественный анализ риска инвестиционных проектов. On site: <http://bre.ru/risk/5615.html>.
5. Яцкив И. В., Юршевич Е. А. Применение имитационного моделирования для оценки рисков инвестиционных проектов. On site: <http://www.gpss.ru/immod'03/077.html>
6. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / под. ред. Е.К. Масловского. - М.: МИР, 1978.