

УДК:625.76:338.2

Канін О.П., канд. техн. наук, Діденко В.В.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ

Анотація. Стаття присвячена оптимізації життєвого циклу автомобільних доріг на стадії експлуатації з використанням генетичного алгоритму.

Ключові слова: життєвий цикл, витрати, генетичний алгоритм, оптимізація, стратегія ремонту.

Аннотация. Статья посвящена оптимизации жизненного цикла автомобильных дорог на стадии эксплуатации с использованием генетического алгоритма.

Ключевые слова: жизненный цикл, расходы, генетический алгоритм, оптимизация, стратегия ремонта.

Annotation. The article is devoted to optimizing the life cycle of roads during the operation stage using a genetic algorithm.

Keywords: life cycle costs, genetic algorithms, optimization, repair strategy.

Постановка проблеми. На даний час ще не достатньо розвинуті методи обґрунтування вартості життєвого циклу автомобільних доріг. Прийняття оптимальних рішень щодо стратегій експлуатації автомобільних доріг має велике економічне значення. Одним з напрямків пошуку оптимальних рішень в цій області може бути застосування генетичних алгоритмів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивченням генетичних алгоритмів займалися такі вчені: Холланд, Кеннет Де Йонг, Девід Голдберг та інші. Задачі оптимізації – найбільш розповсюджений та важливий для практики клас задач. Генетичний алгоритм – новий спосіб рішення таких задач. Генетичні алгоритми часто використовуються для вирішення задач

функціональної оптимізації. Вони є зручним інструментом для пошуку рішень на основі величин, які мають ймовірнісний характер.

Постановка завдання. Ціллю даної роботи є визначення можливості використання генетичних алгоритмів для прогнозування стратегій ремонтів доріг з метою оптимізації життєвого циклу автомобільних доріг.

Виклад основного матеріалу. Життєвий цикл автомобільної дороги є протяжним у часі, складається з декількох фаз (здуму, проектування, будівництва, експлуатації) та потребує ретельного управління ними. Аналіз витрат життєвого циклу (АВЖЦ) - це систематичний процес оцінки проектів інфраструктурних об'єктів, які експлуатуються протягом тривалих періодів часу. АВЖЦ є зручним інструментом для порівняння конкуруючих варіантів проектних рішень відносно стратегій здійснення ремонтів. 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 ним.

Рішення на основі детерміністичних моделей базуються на усередненій інформації про параметри моделей. Але в більшості випадків деякі параметри, які враховуються в моделі АВЖЦ мають властивість невизначеності, тому рекомендується прийняти ймовірнісний підхід. Детерміністичний підхід використовує точкові оцінки для всіх вхідних змінних моделей, на відміну від нього, ймовірнісний підхід використовує ймовірнісні розподілення для багатьох параметрів моделі [1].

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 умови 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.

Фаза експлуатації дороги включає в себе утримання, поточний підтримуючий ремонт, поточний відновлювальний ремонт, капітальний ремонт. З точки зору управління проектами ця фаза є менш дослідженою. Роки проведення ремонтних заходів мають ймовірнісний характер. Стратегія управління життєвим циклом – це порядок здійснення різних ремонтних робіт в залежності від змін стану елементів доріг. Вибір оптимальної стратегії

експлуатації автомобільних доріг – складна задача через велику кількість комбінацій можливих робіт, що зростає в залежності від періоду планування та числа варіантів ремонту.

Моделлю оптимізації стратегій управління життєвим циклом автомобільних доріг можуть бути генетичні алгоритми. Ці моделі дозволять прогнозувати та порівнювати витрати, в залежності від стратегії ремонту, строку служби та витратам по ним.

Генетичні алгоритми (ГА) - адаптивні методи пошуку, вони засновані на генетичних процесах біологічних організмів: біологічні популяції розвиваються протягом декількох поколінь, підкоряючись законам природного відбору і за принципом "виживає найбільш пристосований" (survival of the fittest), відкритого Чарльзом Дарвіном. Наслідуючи цей процес, ГА здатні "розвивати" рішення реальних завдань, якщо ті відповідним чином закодовані. У генетичних алгоритмах ніяк не використовуються такі властивості функції, як безперервність, диференційованість і т. п.

Основна ідея ГА – «боротьба за виживання» та «природній відбір» серед цих пробних рішень. Оскільки ГА використовують біологічні аналогії, то і термінологія, що використовується, нагадує біологічну. Одне пробне рішення, записане в двійковій формі, – це особина чи хромосома. Більш пристосовані особини - це більш підходящі відповіді. Цим ГА відрізняється від більшості інших алгоритмів оптимізації, які оперують лише з одним рішенням, покращуючи його. Набір усіх пробних рішень – популяція [3]. ГА є оптимізаційними програмами, що засновані на природному відборі та природній генетиці (Goldberg, 1989). ГА працюють із сукупністю особин - популяцією, кожна з яких представляє можливе рішення даної проблеми. Кожна особина оцінюється мірою її «пристосованості» згідно з тим, наскільки «добре» відповідає вона рішенню задачі. Популяція проходить стадії (рис. 1):

Нова популяція допустимих рішень створюється шляхом вибору кращих представників попереднього покоління та схрещування їх для отримання нових особин. Нове покоління містить більш високе співвідношення характеристик, якими володіють хороші члени попереднього покоління [2].

Розглянемо принципи застосування ГА у пошуку оптимальної стратегії ремонту та утримання автомобільних доріг.

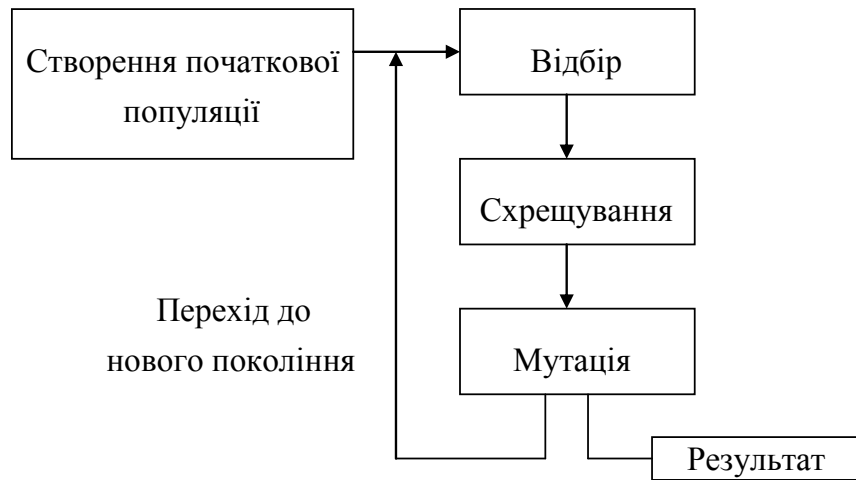


Рис. 1. Схема генетичного алгоритму

Математична модель у дуже спрощеному узагальненому вигляді:

$$C = f(t_1, w_1; \dots; t_n, w_n)_1 + \dots + f(t_1, w_1; \dots; t_n, w_n)_k \Rightarrow \min \quad (1)$$

де C – витрати – функція пристосованості; t_i, w_i – рік та вид ремонту, $t_i < T$ – період до реконструкції дороги; k – кількість ділянок доріг.

Послідовність $t_1, w_1; t_2, w_2; \dots; t_n, w_n$ утворює стратегію експлуатації ділянки автомобільної дороги. В табл. 1 наведені можливі умови застосування різних видів робіт в залежності від експлуатаційного стану дороги (графа 2). Виконання певних робіт покращує експлуатаційний стан на відповідну кількість балів (графа 3). Популяція можливих стратегій кодується як рядки з трійок двійкових розрядів (графа 4) та модифікується з покоління в покоління ймовірнісним використанням ГА.

Головними процесами алгоритму моделювання є: створення початкового покоління; репродукція за допомогою операторів відбору, кросоверу (вибору випадковим чином точки розділу батьківських хромосом, тобто рядків, та обміну відділеними частинами) та мутації (інвертування кожного біту особини з імовірністю p_m); декодування та оцінка. Для кожного покоління ГА спочатку генерує ряди, обираючи двох батьків з попереднього покоління та репродукує їх через кросовер та мутацію, поки не створюється нова популяція. Селекція батьків виконується на основі вартості кожної індивідуальної стратегії в одній

генерації. Щоби бути батьками нової стратегії в наступній генерації, стратегії вибираються виходячи з двох умов:

- 1) значення цільової функції (1) дорівнює або менше середньому значенню цільової функції популяції;
- 2) вартість робіт дорівнює або менша бюджетних асигнувань.

Таблиця 1 – Параметри видів ремонту

Вид робіт	Ступінь деградації, бали	Ефект від робіт, балів	Код ГА
Утримання	20 – 100	5	001
Поточний підтримуючий ремонт	20 – 100	10	010
Поточний відновлювальний ремонт	40 – 80	50	011
Капітальний ремонт покриття	20 – 60	90	100
Капітальний ремонт покриття та основи	0 – 40	100	101

Потім, ГА декодує та оцінює ряди цього покоління. Ця процедура повторюється, поки не буде знайдено близьку до оптимальної стратегію експлуатації [4]. Вибір робиться на основі закодованих стратегій експлуатації та відповідних їм витрат.

Висновки

У зв'язку зі зростаючими потребами в ремонтах доріг та обмеженого фінансування, оптимізація витрат на стадії експлуатації життєвого циклу доріг набуває великого значення. Оптимізація витрат життєвого циклу дороги з використанням генетичних алгоритмів може суттєво підвищити ефективність розрахунків при виборі стратегії експлуатації автомобільних доріг.

Література

1. Life-Cycle Cost Analysis Primer. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration Office of Asset Management, August 2002. – 25 p.
2. Исаев С.А. Популярно о генетических алгоритмах. On site: <http://algolist.net/imperia.com/ai/ga/ga1.php>.
3. Панченко Т.В. Генетические алгоритмы: учебно – методическое пособие / под ред. Ю.Ю. Тарасевича. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2007. – 87 с.
4. Chunlu Liu, Amin Hammad, Yoshito Itoh/ Maintenance strategy optimization of bridge decks using genetic algorithm/ Liu Chunlu, Hammad Amin, Itoh Yoshito// Journal of transportation engineering. – march/april 1997. – Vol. 123, №2. – P. 91 – 100.