

В. В. ІГНАТЮК, асистент, НТУ, Київ

УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ ДОРОЖНЬО-РЕМОНТНИХ РОБІТ НА МЕРЕЖІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

В роботі розглянуто модель і алгоритм оптимізації програми дорожньо-ремонтних робіт. Розроблено програмні засоби розрахунку раціонального рівня витрат на ремонти дорожнього одягу автомобільних доріг за період здійснення програми, які дозволяють досягти бажаного експлуатаційного стану дорожнього одягу.

Ключові слова: стан доріг, математична модель, програма ремонтів, методи оптимізації, генетичний алгоритм.

Вступ. Внаслідок тривалого недофінансування дорожньої галузі маємо велику протяжність доріг з так званими «недоремонтами» - відкладеними ремонтами. Проблема ліквідації «недоремонтів» на сьогодні не має теоретичного розв'язання та методичного вирішення за різних стратегій фінансування дорожньої галузі.

Постановка проблеми. Сучасний стан дорожнього одягу автомобільних доріг України (багатошарової конструкції, яка сприймає транспортні навантаження) та його покриття на багатьох ділянках не відповідає нормативним вимогам за показниками міцності, рівності та зчеплення. За умов недостатнього фінансування привести стан дорожнього одягу до нормативного рівня можливо лише за певну кількість років. Приймаючи до уваги наявність великої кількості альтернативних варіантів стратегій дорожньо-ремонтних робіт – послідовності капітальних і поточних середніх ремонтів дорожнього одягу, необхідна розробка ефективного підходу для порівняння цих варіантів і вибору найкращого з них, що являє собою складну наукову задачу, розв'язання якої може забезпечити процедури обґрунтування довгострокових програм ремонтів дорожніх одягів ефективним практичним інструментарієм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З причин відомої неоднорідності дорожньої мережі за призначенням, категоріями, типами дорожнього покриття практична оцінка динаміки розвитку дорожньої мережі та транспортних витрат потребує громіздких розрахунків, що, у свою чергу, вимагає розробки як методики таких розрахунків, так і відповідного програмного забезпечення [1]. Пошук ефективної стратегії реалізації довгострокової програми ремонту дорожніх одягів корисно розглядати з

позицій теорії управління проектами та програмами, орієнтуючись на досягнення найкращих результатів, можливих в рамках обмеженого фінансування, шляхом застосування сучасних методів моделювання і пошуку оптимальних рішень [2].

Дорожній одяг у значній мірі визначає довговічність дороги, безпеку руху, економічну ефективність капіталовкладень в автомобільні дороги. Стан дороги характеризується відповідністю або невідповідністю його експлуатаційних показників нормативним вимогам.

В Україні для обґрунтування програм капітальних і поточних ремонтів дорожніх одягів за критерієм мінімізації приведених дорожньо-транспортних затрат використовується Система управління станом покриття (СУСП) [3]. Проте, в СУСП реалізовано спрощений підхід до формування програм ремонтів, що потребує розробки нових методів оптимізації програм, необхідних для приведення стану мережі автомобільних доріг до нормативних вимог в умовах обмеженого фінансування.

У вітчизняних і зарубіжних дослідженнях для оптимізації стратегій дорожньо-ремонтних робіт в системах управління дорожнім одягом, були запропоновані моделі: лінійного, цілочисельного, динамічного, цільового програмування, метод зважених сум, методи на основі нечітких множин, генетичні алгоритми, метод ϵ -обмежень, детальний огляд яких наведено в роботі [4]. Значну увагу дослідників приділено застосуванню в оптимізації програм управління станом доріг генетичних алгоритмів (ГА) [5,6,7,8]. На сьогоднішній день генетичні алгоритми довели свою ефективність при вирішенні багатьох NP-складних задач [9] і, особливо, в практичному використанні, де математичні моделі мають складну структуру і застосування стандартних градієнтних методів, динамічного або лінійного програмування вкрай утруднено.

Виклад основного матеріалу. Програма – це група пов'язаних проектів і окремих робіт, відповідних стратегічним цілям або іншим важливим цілям. Управління програмами полягає в централізованій і скоординованій діяльності з досягненням цих цілей [10]. Основою управління станом автомобільних доріг є здійснення комплексу дорожніх робіт, які, поліпшуючи стан, забезпечують скорочення часу знаходження автомобілів в дорозі і відповідно зниження собівартості перевезень пасажирів та вантажів. Крім того, нормативний стан автомобільних доріг має соціальне значення, яке не може бути легко і точно виражене в грошовому еквіваленті (охорона здоров'я, освіта, культура тощо). Управління програмою включає сукупність процесів управління, які можуть виконуватися як послідовно, так і паралельно, що в результаті приводить до досягнення максимальної вигоди. Програмне управління – це процес вибору проектів, регулювання швидкості їх виконання і регулювання їх рамок в той час як змінюються економічні або інші зовнішні умови.

У програмному управлінні особлива увага приділяється координації та пріоритезації проектів, управлінню зв'язками між проектами та загальним витратам і ризикам програми.

Програма робіт з ремонту доріг включає три види проектів: капітального ремонту, поточного середнього ремонту, поточного дрібного ремонту і утримання автомобільних доріг. Для управління програмами ремонтів дорожнього одягу необхідна розробка двох моделей - деградації стану дорожнього одягу та приведення стану дорожнього одягу до нормативних вимог.

Головними параметрами, що визначають величину об'ємів ремонтних робіт, є: кількісні показники наявності елементів доріг (площа покриттів дорожнього одягу) та показники їх стану (міцність, рівність, зчеплення, інші пошкодження дорожнього одягу), значення яких не відповідають нормативним вимогам.

Основними показниками стану автомобільних доріг на стадії експлуатації є рівність дорожніх покриттів, їх зчепні якості та міцність дорожнього одягу [11]. Проте математичні моделі деградації дорожнього одягу, які були застосовані в СУСП потребують вдосконалення у напрямку урахування затримки ремонту з причини бюджетних обмежень. Тому були розроблені моделі, алгоритми, за допомогою яких виконано комп'ютерний аналіз приведення експлуатаційного стану дорожнього одягу нежорсткого виду до нормативного в умовах тривалого недофінансування ремонтів.

При використанні моделі деградації в моделі формування програми робіт для кожної секції дороги потрібно віднаходити швидкість зменшення коефіцієнту запасу міцності (K_{3M}) та коефіцієнту зчеплення покриття ($K_{3Ч}$), які отримуються з бази даних СУСП. (рис. 1).

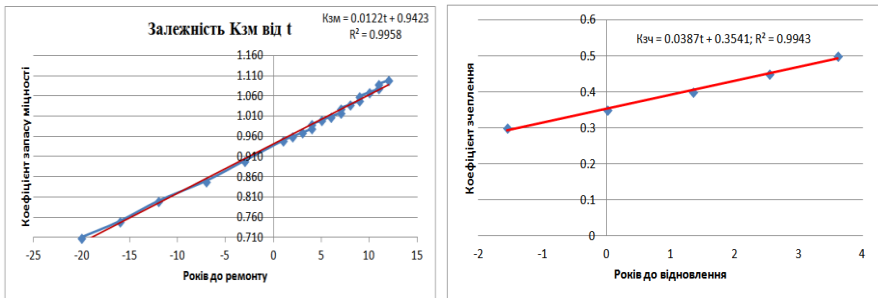


Рис. 1 – Графік залежності коефіцієнтів запасу міцності та зчеплення дорожнього одягу від часу експлуатації

В якості критерію оптимізації управління станом автомобільних доріг доцільно використовувати транспортні витрати, приведені до поточного року, з врахуванням коефіцієнта дисконтування витрат та індексу інфляції, який

забезпечує приведення стану дорожнього одягу до нормативних вимог з урахуванням щорічних бюджетних обмежень.

Повна вартість ремонтних заходів, що планується на період часу T :

$$C = \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \left[(1+r)^{-t} \prod_{t=1}^{t=T} (1+i_m(t))^{-t} \times [c_m(i,t) + c_r(i,t)] \times L(i) \times W(i) \right], \quad (1)$$

де N – кількість секцій (ділянок) доріг;

T – період часу, на який планується експлуатація;

r – дисконтний коефіцієнт, який приймається постійним на період планування, який доцільно приймати за банківською відсотковою ставкою, наприклад, 0.16;

i_m – середньорічний темп інфляції;

$c_m(i,t)$ – одинична вартість заходу m , що застосовується до секції i в рік t , грн./м²;

$c_r(i,t)$ – транспортні витрати, грн./м²;

$L(i)$ та $W(i)$ – довжина та ширина покриття i -ї секції, м.

Стратегія експлуатації однієї секції складається з послідовності у часі річних заходів, $m = [0,1,2,3]$ ($m = 0$ – нічого не робити, $m = 1$ – поточний дрібний ремонт і утримання, $m = 2$ – поточний середній ремонт, $m = 3$ – капітальний ремонт). Значення функції (1) визначається цією стратегією. Допустимі значення m містять в собі таку послідовність, яка забезпечує мінімальне значення функції (1).

У підходах до управління програмою ремонту дорожніх одягів на основі ГА кожне рішення одночасно для всіх секцій доріг виражається як послідовність по секціям і в плановому періоді різних ремонтних заходів, яка називається хромосомою. Кожний захід (позиція в хромосомі) – це ген, який може приймати значення тільки з допустимої області, тобто ген – це значення керованого параметру задачі оптимізації. Множина можливих рішень – хромосом являє собою так звану популяцію. ГА складається з послідовності генерацій популяцій рішень. Пошук найкращого рішення супроводжується конструюванням нової популяції рішень з попередньої за допомогою операторів селекції, кросоверу (схрещування) і мутації. У кросовері для двох вибраних оператором селекції кандидатів рішень-хромосом, представлених як рядки генів двох хромосом, з заданою вірогідністю визначається точка розриву хромосом, і вони обмінюються частинами своїх генів, формуючи таким чином дві нові хромосоми. Кожний ген з певною вірогідністю може мутувати – змінювати значення m .

Комп'ютерна програма, що реалізує ГА, дає можливість здійснювати підбір бюджету експертом. Завдяки цьому експерт має можливість підібрати оптимальний бюджет для усунення недоремонтів з мінімальними дорожньо-транспортними витратами. Укрупнена схема ГА наведена на рис. 2.

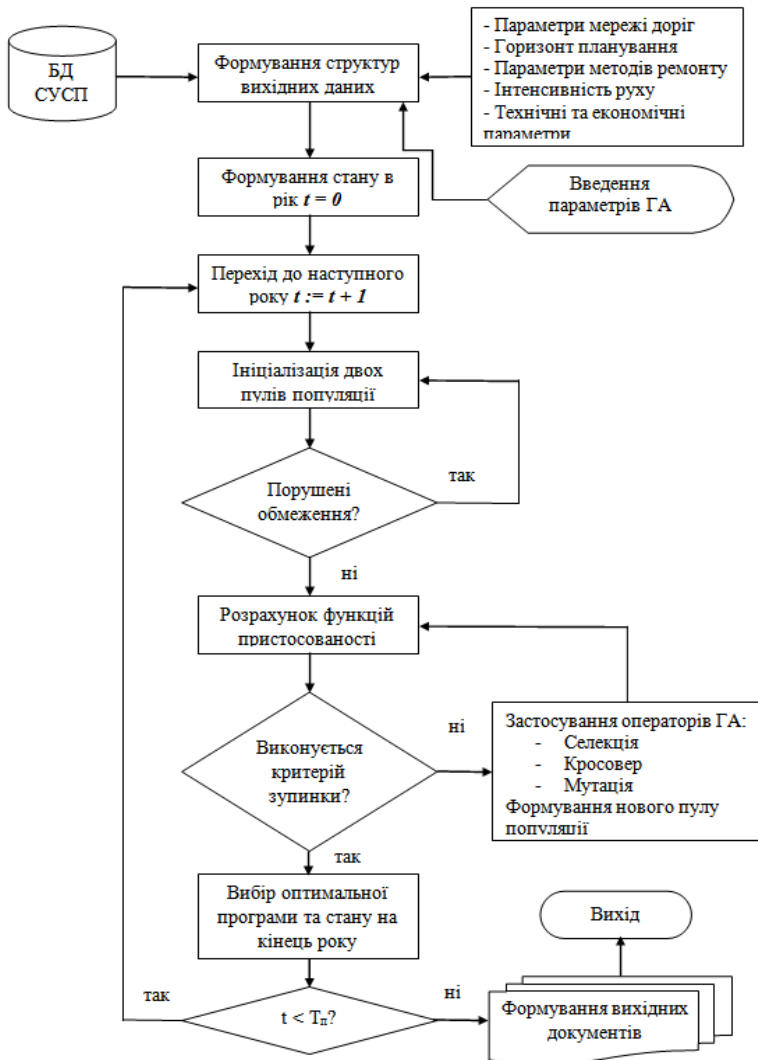


Рис. 2 – Схема генетичного алгоритму

Управління програмами ремонтів автомобільних доріг здійснюється за допомогою спеціально створеної комп'ютерної програми. Головна екранна форма наведена на рис. 3.

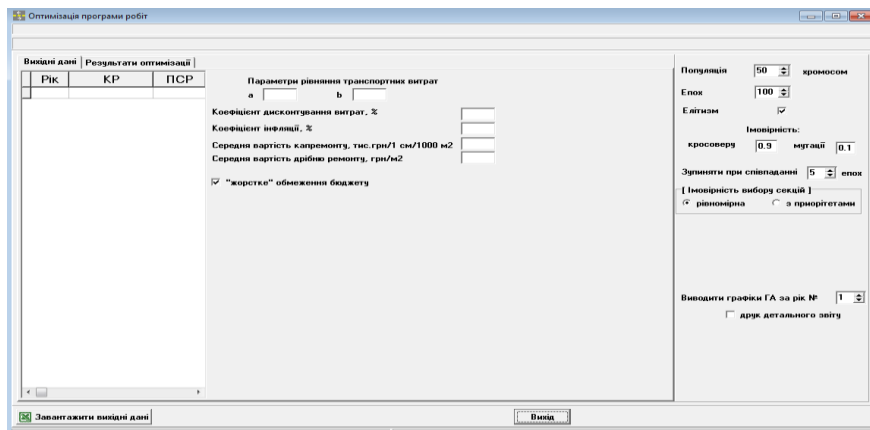


Рис.3 – Головна екранна форма програми

Вихідні дані про вимірний стан дорожнього одягу вивантажуються з бази даних Системи управління станом покриття Укравтодору у таблицю Microsoft Excel, після чого в таблицю вводяться додаткові дані про варіанти можливих ремонтних заходів, щорічні бюджетні обмеження, коефіцієнт приросту інтенсивності руху, коефіцієнт дисконтування та інфляції, оцінка вартості експлуатаційних заходів.

Після запуску програми користувачеві надається можливість завантажити дані цієї таблиці Microsoft Excel для оптимізації програми робіт. Задача вирішується шляхом послідовного перебору можливих щорічних бюджетів для побудови залежності від них значень критерію перевищення транспортних витрат і показників стану дорожнього одягу та покриття.

Результати досліджень впливу бюджетних обмежень наведено на рис. 4. Як видно, існує певне значення бюджетних обмежень, після якого його подальше збільшення не приводить до істотного поліпшення результатів. Таке значення може бути прийнято за шукану величину бюджету.

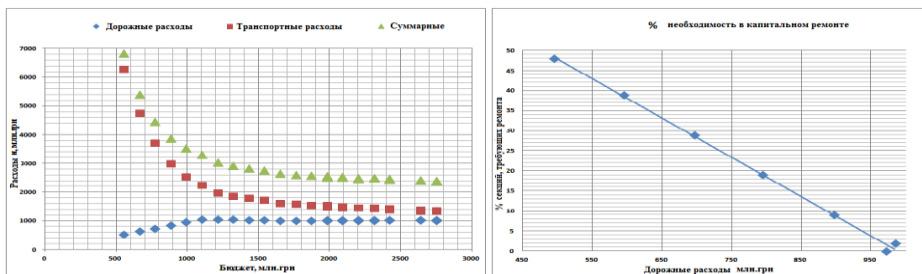


Рис. 4 – Графіки залежності дорожніх і транспортних витрат від розміру бюджетних обмежень

Розгляд ремонтів дорожнього одягу всіх ділянок доріг в рамках єдиної програми створює синергетичний ефект, який полягає у одночасному врахуванні факторів при розробці програми, що переважає ефект від розгляду окремих компонентів.

Висновки. Створена методика управління програмами ремонту дорожнього одягу і відповідне програмне забезпечення дозволяють досить швидко обґрунтувати необхідні стратегії ремонтних робіт, які є інструментами для підвищення ефективності прийняття рішень в управлінні програмою. За допомогою комп'ютерної програми можливо обґрунтувати відновлення стану дорожнього одягу з мінімальними дорожньо-транспортними витратами.

Список літератури: 1. *Філіппов В.В.* Прогнозування розвитку мережі автомобільних доріг за різних рівнів фінансування [Електронний ресурс] / *В.В. Філіппов, Є.Д. Прусенко, В.К. Жданюк, Н.В. Смірнова* // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Выпуск № 44 / 2009. – Режим доступу : <http://cyberleninka.ru/article/n/prognostication-of-the-development-of-highways-network-at-different-levels-of-financing>. 2. Руководство к своду знаний по управлению проектами (*Руководство PMBOK®*). Четвертое издание, 2008. – 496 с. 3. *Кизима С.С.* Наукові принципи та практичні напрямки управління станом автомобільних доріг / *С.С. Кизима, О.П. Канін, М.М. Лихоступ* // Сучасні проблеми та перспективи розвитку дорожньо-будівельного комплексу України. – К. : НТУ, 2004. 4. *Zheng Wu.* Hybrid Multi-Objective Optimization Models for Managing Pavement Assets. Dissertation submitted to the faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy In Civil and Environmental Engineering, Blacksburg, Virginia, 2008. – 203 p. 5. *Fwa TF, Sinha KC and Reversion JDN* Highway Routine Maintenance Programming at Networking Level / *Journal of Transportation Engineering.* ASCE 1988;114 (5):539-54. 6. *Jaewook Yoo.* Multi-period optimization of Pavement Management Systems / *Jaewook Yoo* - Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas A&M University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, 2004 – 104 p. 7. *Morcous. G.* Maintenance optimization of infrastructure networks using genetic algorithms / *G. Morcous, Z. Lounis,* Automation in Construction 14 (2005) 129– 142. 8. Review of Application of Genetic Algorithms in Optimization of Flexible Pavement Maintenance and Rehabilitation in Nigeria / *Clarkson Uka CHIKEZIE, Adekunle Taiwo OLOWOSULU, Olugbenga Samuel ABEJIDE, Baba A. KOLO.* World J of Engineering and Pure and Applied Sci. 2011;1(3), pp. 68-76. 9. NP - складна задача. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/wiki> 10. [Международный Стандарт по Управлению Проектами ISO 21500:2012](http://splaniroval.ru/blog/best-practice/378.html). Електронний ресурс. – Режим доступу: <http://splaniroval.ru/blog/best-practice/378.html>. 11. *Демішкан В.Ф.* Удосконалення управління станом автомобільних доріг за умов обмежених ресурсів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.11 / *В.Ф. Демішкан.* – Х., 2000. – С. 17.

Bibliography (transliterated): 1. Filippov, V.V., et al. "Prognozuvannya rozvytku mrezhhi avtomobil'nyh dorog za riznyh rivniv finansuvannya". Vestnyk Har'kovskogo nacyonal'nogo avtomobil'no-dorozhnogo unyversyteta. No. 44, 2009. Web. <<http://cyberleninka.ru/article/n/prognostication-of-the-development-of-highways-network-at-different-levels-of-financing>>. 2. *Rukovodstvo k svodu znanyj po upravlenyju proektamy (Rukovodstvo PMBOK®)*. 4nd ed., USA: Project Management Institute, 2008. Print. 3. *Kyzyma, S.S., O.P. Kanin and M.M. Lyhostup* " Naukovi pryncypy ta praktychni naprjamky upravlinnja stanom avtomobil'nyh dorog " *Suchasni problemy ta perspektyvy rozvytku dorozhn'o-budivel'nogo kompleksu Ukraïny.* – Kiev: NTU, 2004. Print. 4. *Zheng, Wu.* *Hybrid Multi-Objective Optimization Models for Managing Pavement Assets. Dissertation submitted to the faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy In Civil and Environmental Engineering,*

Blacksburg, Virginia, 2008. Print. **5.** Fwa, TF, Sinha KC and Reversion JDN *Highway Routine Maintenance Programming at Networking Level / Journal of Transportation Engineering*. ASCE 1988;114 (5):539-54. **6.** Jaewook, Yoo. *Multi-period optimization of Pavement Management Systems / Jaewook Yoo - Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas A&M University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy*, 2004. Print. **7.** Morcoux, G., and Z. Lounis "Maintenance optimization of infrastructure networks using genetic algorithms ". *Automation in Construction* 14 (2005). 129– 142. Print. **8.** *Review of Application of Genetic Algorithms in Optimization of Flexible Pavement Maintenance and Rehabilitation in Nigeria*. Clarkson Uka CHIKEZIE, Adekunle Taiwo OLOWOSULU, Olugbenga Samuel ABEJIDE, Baba A. KOLO. *World J of Engineering and Pure and Applied Sci.* 2011;1(3), 68–76. Print. **9.** NP - skladna zadacha. Web. 30 October 2014 <<http://uk.wikipedia.org/wiki/>> **10.** Mezhdunarodnyj Standart po Upravleniju Proektamy ISO 21500:2012. Web. 30 October 2014 <<http://splaniroval.ru/blog/best-practice/378.html>> **11.** Demishkan, V.F. *Udoskonalennja upravlinnja stanom avtomobil'nyh dorog za umov obmezhenyh resursiv: avtoref. dys. na здобuttja nauk. stupenja kand. tehn. nauk: spec. 05.22.11*. Kharkiv, 2000. Print.

Надійшла (received) 25.12.2014

УДК 133/138:630*2:361.11

О. В. ОЛІФЕР, здобувач Львівського НАУ, Львів

СТРУКТУРА ВАРТОСТІ У ПРОЕКТАХ З ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧОЇ СТРУКТУРИ ЛІСОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

В статті визначено і проаналізовано структуру вартості в інноваційних проектах з оптимізації виробничої структури (ПОВС) у підприємствах лісового господарства (ПЛГ). На основі цього, отримано початкові дані для подальшої побудови схеми зв'язків між основними структурними елементами системи управління вартістю ПОВС у ПЛГ.

Ключові слова: управління, проект, структура вартості, оптимізація, виробнича структура, лісогосподарське підприємство.

Вступ. Поступ у розвитку лісогосподарських підприємств (ПЛГ) України неможливий без впровадження інноваційних проектів. Насамперед це стосується проектів з оптимізації виробничої структури існуючих ПЛГ. Оптимальна виробнича структура – це та, яка найкращим чином дозволяє підприємству продуктивно виконувати задані функції, раціонально взаємодіяти із зовнішнім середовищем, ефективно використовувати матеріально-технічну базу та цілеспрямовано розподіляти і спрямовувати зусилля своїх працівників, і таким чином, досягати своїх цілей з високою рентабельністю.

© О. В. Оліфер, 2015