

АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ



УДК 338.5:625.76

© Ю. А. Маковська, молодший наук. співробітник
(відділ нормування дорожніх робіт, ДП “ДерждорНДІ”)

МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ЦІНИ ДОВГОСТРОКОВОГО КОНТРАКТУ НА ПОТОЧНИЙ РЕМОНТ ТА УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Анотація. Розглянуто проблему обґрунтування ціни довгострокового контракту на поточний ремонт та експлуатаційне утримання автомобільних доріг (ДККП). Проаналізовано сучасний стан інструментарію обґрунтування ціни ДККП: модель, що спирається на поняття дискретного стану дорожнього покриття, і модель на основі економічної теорії агентства. Дане математичне формулювання запропоновано авторами імітаційної моделі обґрунтування ціни ДККП на основі залежних від пори року експертних оцінок ймовірностей виникнення дефектів дорожнього покриття і можливості використання з певною ймовірністю різних методів ліквідації дефектів, що відрізняються потребою в ресурсах. Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження полягають у застосуванні імітаційної моделі з відтворенням випадкових подій і величин методом Монте-Карло разом з оптимізацією рішень на основі методів еволюційного моделювання.

Ключові слова: OPRC, довгостроковий контракт, ціна контракту, імітаційна модель.

Аннотация. Рассмотрена проблема обоснования цены долгосрочного контракта на текущий ремонт и эксплуатационное содержание автомобильных дорог (ДККП). Рассмотрено современное состояние инструментария обоснования цены ДККП: модель, опирающаяся на понятие дискретного состояния дорожного покрытия, и модель на основе экономической теории агентства. Данную математическую формулировку предложенную авторами имитационной модели обоснования цены ДККП на основе зависимых от времени года экспертных оценок вероятностей возникновения дефектов дорожного покрытия и возможности использования с определенной вероятностью различных методов ликвидации дефектов, отличаются потребностью в ресурсах.

Прогнозные предположения по развитию объекта исследования заключаются в применении имитационной модели с воспроизведением случайных событий и величин методом Монте-Карло вместе с оптимизацией решений на основе методов эволюционного моделирования.

Ключевые слова: OPRC, долгосрочный контракт, цена контракта, имитационная модель.

Annotation. The paper addresses the problem of OPRC. The current state of tools justification prices OPRC: model, based on the concept of discrete state of the road surface, and the model based on the economic theory of agency. This mathematical formulation proposed by the authors simulation model justification prices OPRC based on seasonally expert estimates of probability of defects road surface and the possibility of using a certain probability of different methods of elimination of defects, different resource requirements.

Forecast assumptions about the subject of study – apply a simulation model with simulated random events and values of Monte Carlo and optimization based on evolutionary method.

Keywords: OPRC, long-term contracts, price contract, simulation model.

ВСТУП

Для підвищення ефективності поточного ремонту та експлуатаційного утримання автомобільних доріг в багатьох країнах світу все ширше застосовуються довгострокові (5-10 років) контракти, засновані на рівномірній виплаті підряднику щомісячних постійних сум за підтримку обумовлених в контракті рівнів експлуатаційних показників доріг. При цьому, замовник (принципал) оцінює послуги підрядника (агента) не за виконані об'єми робіт, а за забезпеченими підрядником рівнями експлуатаційних показників стану елементів доріг.

Такі контракти отримали назву Performance-Based Maintenance Contract (PBMC) [1] або Output and Performance-Based Road Contract (OPRC),

а в Україні – довгострокові контракти на основі кінцевих показників (далі – ДККП) [2].

Однією з головних проблем впровадження ДККП є визначення їх ціни і суми щомісячного платежу підряднику за досягнуті експлуатаційні показники. Складність її вирішення обумовлена природнім випадковим процесом виникнення та накопичення об'ємів дефектів елементів доріг, відсутністю, у багатьох випадках, кількісних закономірностей прогнозування, впливом ризику й невизначеності на технічні і економічні параметри процесу відновлення експлуатаційного стану елементів доріг, відсутністю історичних легкодоступних баз даних. Означена проблема розглядається в межах теорії агентства, теорії

контрактів, теорії трансакційних витрат, а також теорії експлуатації доріг.

Розробка теоретичних і практичних аспектів проектування ДККП виконуються в НТУ відповідно до Плану заходів щодо реалізації Концепції реформування системи державного управління автомобільними дорогами загального користування (п. 8) [3].

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Для вирішення проблеми стосовно покриття дороги автори роботи [4] спираються на поняття дискретного стану покриття $i \in \{0, 1, \dots, s\}$. Зусилля підрядника в періоді $t \in \{0, 1, \dots, n\}$ для переводу стану покриття від початкового i до цільового j моделюється функцією вартості $ct(i, j)$, де $j \geq i$; $ct(i, i) = 0$. Використовується функція платежі/штрафи (Incentive-Disincentive, I/D), **рис. 1**.

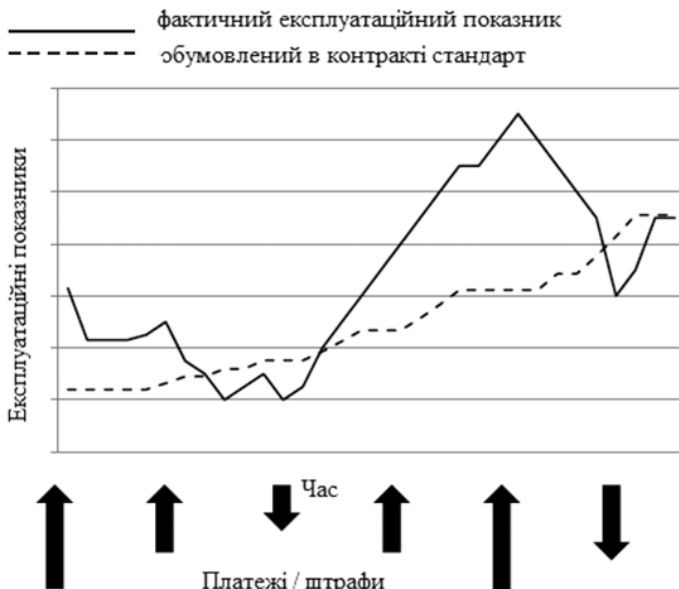


Рис. 1. Контракт РВМС [4, С. 6]

Замовник проектує платежі (стимул) та штрафи (антистимул) потенційному підряднику для кожного i -го стану покриття і періоду t , I/D позначається $ht(i)$. Цільова функція $\Pi t(i)$ – це очікуваний підрядником прибуток від періоду t й далі, якщо початковий стан був i -й [4, С. 30]:

$$\Pi_t(i) = h_t(i) + \max(-c_t(i, j) + \alpha \sum_{0 \leq k \leq j} P_{jk} \Pi_{t+1}(k)), j \geq i, \quad (1)$$

де α – фактор дисконтування; $t \in \{1, \dots, n-1\}$;
 P_{jk} – імовірність переходу зі стану i в стан k .

Підхід з позицій теорії агентства зроблений в роботі [5]. Згідно з нею, суспільні вигоди, одержувані від експлуатації дороги, можуть бути виміряні за допомогою низки показників. Досягнутий рівень експлуатаційного показника q_i пов'язаний із зусиллями e_i підрядника, які мають випадкову складову ϵ_i :

$$q_i = e_i + \epsilon_i, \quad (2)$$

тобто підрядник діє в умовах ризику.

Підрядник – не нейтральний до ризику. Він виконує свої функції з витратами:

$$C = C_0 + \sum_{i=1}^n \Psi_i(e_i), \quad (3)$$

де C – вартість послуг підрядника;
 C_0 – фіксована вартість необхідних початкових інвестицій для надання послуг;
 $\Psi_i(e_i)$ – функція витрат підрядника залежна від зусиль.

Підрядник отримує кожного місяця однакову суму від замовника, яка залежить від рівня якості q_i . Очікуване значення функції корисності підрядника:

$$U_r = \alpha + \sum_{i=1}^n (\beta_i \cdot e_i) - C - r \cdot \sigma_i^2, \quad (4)$$

де σ_i^2 – дисперсія доходу, отриманого підрядником;

$\alpha, i \beta_i$ – фіксовані параметри, встановлені в контракті;

C – вартість послуг підрядника;

r – параметр відношення підрядника до ризику.

Функція суспільного добробуту W_s , яка максимізується [5, С. 471]:

$$W_s = S_0 + \sum_{i=1}^n (a_i \cdot e_i) - (1+\lambda) \cdot [C_0 + \sum_{i=1}^n \Psi_i(e_i) + r \sum_{i=1}^n (\beta_i \cdot \sigma_i^2)] - \lambda \cdot U_r, \quad (5)$$

де λ – параметр, який характеризує податкову систему країни, $\lambda > 0$.

Беручи до уваги випадковий характер процесів деградації елементів доріг, авторами пропонується другий підхід до визначення ціни ДККП [6]. У специфікаціях ДККП встановлюються експлуатаційні показники, які підрядник повинен підтримувати. При їх дотриманні оплата підряднику проводиться в повному обсязі, рівними частинами щомісяця. Несвоєчасне усунення виявлених дефектів оцінюється штрафними балами і обумовлює зниження щомісячної оплати, залежно від їх кількості. Розглянемо постановку завдання обґрунтування пропозиції ціни контракту з боку учасника тендеру – замовника (агента). Всі ділянки автомобільних доріг діляться на S секцій з невеликою протяжністю, тривалість контракту складає T років, кількість типів дефектів дорівнює N .

Позначимо:

B – ціна контракту, призначена замовником;
 s – номер секції дорожнього покриття, $s \in \{1, \dots, S\}$;

t – номер інтервалу періоду (дня) дії контракту, $t \in \{1, \dots, T\}$;

i – номер дефекту за специфікацією стандартів рівнів обслуговування ДККП, $i \in \{1, \dots, N\}$;

m_i – номер методу усунення дефекту, $m_i \in \{1, \dots, M_i\}$;

P_{it} – імовірність виникнення одного дефекту i в інтервалі t ;

$c_{im}(t)$ – вартість усунення дефекту i методом m_i ;

r_{ik} – потребу ресурсу k , $k \in \{1, \dots, K\}$.

Рішенням тут є сукупність призначених в усіх інтервалах t , для всіх дефектів і методів $m_i(t)$, що забезпечують мінімальні витрати підрядника:

$$C(t) = c_{im}(t) + c_b \cdot b_i(t), \quad (6)$$

де c_b – вартість штрафного бала;
 $b_i(t)$ – кількість штрафних балів:

$$C = E \left(\sum_{t=1}^T \alpha(t) \cdot \sum_{i=1}^N [B/T - \sum_{s=1}^S V_i(t) \cdot c_{im}(s,t) - c_b \cdot b_i(s,t)] \right) \Rightarrow \max, \quad (7)$$

де E – математичне очікування доходу підрядника;

α – фактор дисконтування з урахуванням темпу інфляції;

V_i – об'єм дефекту.

При ресурсних обмеженнях:

$$\sum_{s=1}^S \sum_{i=1}^N [rik \cdot Vi(t) \leq Rk(t)], \forall t, \forall k, \quad (8)$$

де R_k – об'єм k -го ресурсу в підрядника.

Розв'язання проблеми здійснюється імітаційним моделюванням з розігруванням факту виникнення дефекту за імовірністю P_{it} , а також способом усунення дефекту методом Монте-Карло. Ці імовірності отримуються експертним методом за відсутності накопичених історичних даних. Створення такої бази даних може сприяти впровадженню Інформаційно-аналітичної системи [7] або другої на кшталт.

Імітація здійснюється методом Δt . Інтервал часу Δt варто прийняти рівним одній добі, протягом якої методом Монте-Карло розігруються події виникнення дефектів, визначаються обсяги і спосіб їх ліквідації. Вартість методу ліквідації дефекту залежить від так званого часу відгуку підрядника, який встановлюється замовником директивно залежно від адміністративного значення доріг.

ВИСНОВКИ

В якості алгоритму оптимізації доцільно використати алгоритми методу еволюційного моделювання разом з імітацією процесу виникнення і ліквідації дефектів, тому що це завдання за реальних обсягів вихідних даних на мережу доріг підрядника належить до класу NP-повних, для яких характерна велика обчислювальна складність.

Впровадження ДКПП в практику ще потребує подальших наукових досліджень для розв'язання низки теоретичних економічних, законодавчих, правових, нормативних і технічних проблем.

ЛІТЕРАТУРА

1. NCHRP Synthesis 389 Performance-Based Contracting for Maintenance. [Електронний ресурс] // 2011. – Режим доступу: <http://www.trb.org/Publications/Blurbs/161949.aspx>.
2. МР В.3.2-02070915-844:2014 "Методичні рекомендації з управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування" / Канін О. П., Соколова Н. М., Харченко А. М., Шпиг А. Ю., Маковська Ю. А., Шкарівська Н. Ю. – К.: Укравтодор, 2014.
3. Деякі питання реформування системи державного управління автомобільними дорогами загального користування [Електронний ресурс] / Розпорядження Кабінету міністрів України від 31 березня 2015 р. № 432-р. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/432-2015-%D1%80>.
4. Gupta D. Optimal Contract Mechanism Design for Performance-Based Contracts [Електронний ресурс] / D. Gupta, A. Vedantam, J. Azadivar // University of Minnesota, Report No. MN/RC 2011-18. – Режим доступу: <https://www.lrrb.org/PDF/201118.pdf>.
5. Soliño A. S. Optimizing performance-based mechanisms in road anagement: an agency theory approach. EJTIR 15(4), 2015, – P. 465-481. Avaliable at: http://www.tbm.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/TBM/Onderzoek/EJTIR/Back_issues/15.4/2015_04_04.pdf.
6. Соколова Н. М. Імітаційна модель обґрунтування ціни довгострокового контракту з утримання автомобільних доріг / Н. М. Соколова, Ю. А. Маковська [Електронний ресурс] // Ефективна економіка №6. – Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/>
7. Канін О. П. Інформаційно-аналітична система управління довгостроковими контрактами на основі рівнів обслуговування доріг / О. П. Канін // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник. – Вип. 94. – К.: НТУ, 2015. – С. 112–123.

