Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292.
Ефективна економіка. 2022. № 6.

DOI: 10.32702/2307-2105.2022.6.26

УДК 625.7/8:330.522:330.43

Н. М. Соколова,

к. е. н., Національний транспортний університет, Київ, Україна

ORCID ID: 0000-0003-0678-8882

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОБГРУНТУВАННЯ ВАГОМОСТІ ПОКАЗНИКІВ ФІЗИЧНОГО ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ДЛЯ ВАРТІСНОЇ ОЦІНКИ ДОРОЖНІХ АКТИВІВ

N. Sokolova,

PhD in Economics, National University of Transport, Kyiv, Ukraine

IMPROVEMENT OF THE METHOD OF SUBSTANTIATING THE WEIGHT OF THE INDICATORS OF PHYSICAL AND FUNCTIONAL STATES OF ROADS FOR VALUE ASSESSMENT OF ROAD ASSETS

В статті виконаний аналіз останніх досліджень та розробок сучасних підходів до оцінювання вартості автомобільних доріг у напрямі створення системи управління активами дорожньо-транспортного комплексу України, які базуються на створеній в Національному транспортному університеті кваліметричній моделі, заснованій на підборі множини параметрів фізичного та функціонального зносу дорожніх активів, упорядкованих у ієрархічну структуру, на прикладі автомобільної дороги. Для зменшення трудомісткості застосування цієї моделі у частині оцінювання вагомості технічних та експлуатаційних показників якості стану автомобільних доріг і споруд на них

запропоноване використання експрес-методу J.E. Leal (Бразілія), базованому на методі AHP Томаса Саати, для визначення вагомостей показників на всіх рівнях ієрархії кваліметричної моделі. З метою подальшого розвитку моделі вартісної оцінки автомобільних доріг і перспективного включення її у систему управління дорожніми активами запропоновано застосувати сучасні моделі прогнозування інтенсивності дорожнього руху, що спираються на 30-річний досвід досліджень експлуатації платних доріг Іспанії, а також застосування числової моделі фінансової імітації проектів автомагістралей на основі концесій державно-приватного партнерства, розробленої під егідою світового банка та адаптованої до вітчизняних умов.

The article analyzes recent studies and development of modern approaches to estimating the cost of roads in the direction of creating a system of asset management of the road transport complex of Ukraine, which are based on a qualimetric model created at the National Transport University. The qualimetric model is based on the formation of the set of indicators of physical and functional indicators of road assets, ordered into a hierarchical structure on the example of a highway. These indicators, for example, include roughness and coefficient of adhesion of road pavement, geometric parameters in plan and profile, etc. The analysis of foreign experience has confirmed the focus of the approaches developed in Ukraine to estimate the cost of roads to the world theory and practice. To reduce the complexity of the use of this model in terms of assessing the weight of technical and operational indicators of the quality of the highways and structures, they proposed the use of the rapid method of J.E. Leal (Brazil), based on the AHP method of Thomas Saati, to determine the weights of indicators at all levels of the hierarchy of the qualimetric model. The method reduces the number of comparisons for each criterion (in a qualimetric model [5] - an indicator) or between criteria (indicators), in which a comparison is made only between one element and all other elements. It is assumed that the element adopted as a basis is obviously more important - the one whose mismatch is expected to be the least probable in the use of the full method. In order to further develop a

model of costly road estimation and prospective inclusion in the road management system, it is proposed to apply modern of road traffic forecasting models that are based on 30 years of experience in the exploitation of paid roads of Spain, as well as the use of a numerical model of financial simulation based on state-private partnership concessions, developed under the auspices of the World Bank, adapted to domestic conditions. These improvements can be useful and necessary for the creation of information analytical systems for road management, in particular information analytical systems of monetary valuation of roads.

Ключові слова: *оцінка вартості, активи, автомобільна дорога, кваліметрична модель, експрес-метод AHP, інтенсивність руху, фінансова модель.*

Keywords: *value estimation, assets, highways, qualimetric model, AHP express method, traffic intensity, financial model.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Автомобільні дороги є основою інтегрованої транспортної системи. Їх ефективність важлива для суспільства з точки зору якості життя, економічної конкурентоспроможності та сталого розвитку. Мережа автомобільних доріг - це величезний фінансовий актив суспільства. Наприклад, європейська дорожня мережа становить 5,5 мільйонів км, і, згідно з дослідженням Дорожньої федерації Європейського Союзу (ERF), її вартість оцінюється у понад 8000 мільярдів євро [1].

Витрати на нові або існуючі автомобільні дороги – це інвестиції в капітал суспільства. Вони необхідні для того, щоб забезпечити виробництво та торгівлю товарами та послугами, а також забезпечити мобільність громадянам. Хронічне недофінансування та відсутність достатнього технічного обслуговування дорожньої мережі можуть поставити під загрозу ефективність використання дорожнього активу.

Для розв’язання цієї проблеми у різних країнах світу створені і розвиваються так звані системи управління дорожніми активами (RAM – Road Assets Management), які надають особам, що приймають рішення, необхідні інструменти для ефективного та стійкого управління дорогами. Цей безперервний процес містить наступні кроки [1]:

– проведення повної інвентаризації усієї дорожньої мережі з усіма її складовими;

– встановлення чіткої картини поточного стану та продуктивності дорожньої мережі;

– оцінювання вартості дорожніх активів;

– прогнозування майбутнього попиту на дорожній рух;

– оцінювання потреб та витрат на модернізацію та технічне обслуговування дорожньої мережі;

– встановлення пріоритетності цілей, пов'язаних з бажаною якістю та продуктивністю дорожньої мережі;

– розробку сценаріїв фінансування для регулярного та своєчасного обслуговування та модернізації дорожніх активів тощо.

Складовою системи управління дорожніми активами є інформаційно-управлінська система оцінювання вартості дорожніх активів. Для її створення в НТУ вже більше десяти років виконуються дослідження з вирішення методологічних проблем вартісної автомобільних доріг в управлінні дорожньо-транспортною інфраструктурою. Зокрема, була розроблена кваліметрична модель як основа вартісної оцінки активів дорожньо-транспортного комплексу з урахуванням фізичних та функціональних особливостей автомобільних доріг.

Проте, кваліметрична модель може бути удосконалена за рахунок спрощення певних експертних процедур та уточнена з огляду на прийняття нових нормативних документів

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно [2] оцінка активів означає визначення вартості активу, яка звичайно обчислюється в бухгалтерії

балансоутримувача і зазначається у балансі фінансової звітності на кінець року. Вартість дорожніх активів може бути використана для визначення щорічної потреби у фінансуванні балансоутримувача.

Оцінка вартості дорожніх активів базується на початковій вартості придбання активу, скоригованої збільшенням або зменшенням його вартості. Якщо інвестиційні витрати на існуючу дорожню мережу не можуть бути визначені, вартість дорожнього активів може бути обчислена як вартість заміщення або як теперішня вартість. Вартість погіршення стану може бути оцінена як вартість необхідного ремонту.

Знецінення (знос) щорічно віднімається від первісної вартості придбання дорожніх активів. В ідеалі величина знецінення повинна відповідати фактичному зносу, тобто знецінення дорівнює погіршенню. Для дорожніх активів щорічне знецінення повинне відповідати щорічній потребі у ремонті та утриманні дорожньої мережі. Проте, коли можливо, щорічне знецінення є просто відсотком від початкової вартості придбання відповідно до економічного життя активів. Наприклад, якщо економічний термін експлуатації активів становить 20 років, щорічне прямолінійне знецінення становить 5 % від вартості придбання. Отже, застосовують два загальних метода: пряме лінійне знеціненні з постійною ставкою з часом та знецінення на основі стану. Багато дорожніх адміністрацій різних країн світу використовують комбінацію цих двох методів, вибір методу, як правило, залежить від типу активу [2].

Така практика, згідно діючим нормативно-правовим актам, притаманна і обліку вартості автомобільних доріг загального користування в Україні. Слід зауважити, що Податковим кодексом України (ПКУ) встановлене обмеження на облік автомобільних доріг загального користування. Такі дороги не визнаються основними засобами (пп. 14.1.138 ПКУ), і витрати бюджетів на їхнє будівництво та утримання не підлягають амортизації (п. 144.3 ПКУ).

Проблемі вартісної оцінки автомобільних доріг в Україні останніми роками були призначені дослідження Славінської О.С., Савенко В.Я., Харченко А.М., Бубели А.В. та інших. Ними була розроблений кваліметричний підхід до

вартісної оцінки дорожніх активів з урахуванням їх фізичних та функціональних особливостей, викладений у фундаментальній роботі [2]. Запропоновані в цій роботі концептуальна модель процедури оцінки активів дорожньої інфраструктури та відповідна математична модель спираються на обґрунтовані критерії та показники оцінки якісного стану автомобільних доріг з урахуванням їх вагомості на основі вартісного та експертного методів побудови їх багаторівневої ієрархічної структури. Показники всебічно і раціонально характеризують різноманітні якісні ознаки об'єкта оцінки (складові автомобільної дороги та їх елементи). В моделі обґрунтовується комплексний показник якісного стану, який згруповує всі диференціальні показники (прості властивості), і розташований на найвищому рівні моделі. Розроблена модель вартісної оцінки дорожніх активів є складовою інформаційно-управлінської системи дорожньо-транспортної інфраструктури.

Результати цих досліджень стали основою для розробки Методичних рекомендацій з проведення вартісної оцінки автомобільних доріг і споруд на них (далі – Методичні рекомендації), у яких врахований вплив рівня якісного стану доріг на оцінену вартість, що необхідно для прийняття управлінських рішень щодо дорожніх активів [3].

В Методичних рекомендаціях розглянуто витратний підхід з використанням: методу переоцінки / дооцінки активу; методу граничного стану; методу фіксованої вартості по відношенню до граничного стану; методу перенесеної вартості (заміщення). Пропонується для цілей бухгалтерського обліку використовувати метод переоцінки / дооцінки активу або метод граничного стану, а для інших цілей, і якщо дані про первісну вартість активу не доступні, використовувати метод фіксованої вартості по відношенню до граничного стану або метод перенесеної вартості (заміщення або відтворення). Слід зауважити, що комплекс питань, висвітлених у Методичних рекомендаціях є значним і, мабуть, ще неповністю завершеним у науковому плані, що потребує подальших наукових досліджень.

В своїх пізніших статтях згадані автори висвітлюють удосконалення кваліметричної моделі [4, 5, 6]. З огляду на мету цієї статті, відмітимо роботу [5], автори якої Славінська О.С., Стьожка В.В., Харченко А.М., Бубела А.В. та Кватадзе А.І. запропонували алгоритм оцінки якісного стану автомобільної дороги, концептуальні підходи до побудови моделі вагомостей параметрів дорожніх активів і розробили модель вагомостей параметрів та побудови кваліметричної моделі оцінки якісного стану автомобільної дороги шляхом врахування основних принципів кваліметрії з використанням методології аналізу ієрархій (Analytic Hierarchy Process, AHP) Томаса Сааті [7, 8]. Незважаючи на широку застосовність, у методі AHP є недолік, пов'язаний з необхідністю обчислення результатів великої кількості порівнянь. Отже, процес визначення вагомостей обтяжений необхідністю трудомістких обчислень, тому потребує спрощення.

Серед множини зарубіжних робіт з оцінювання вартості дорожніх активів, у якості характерного прикладу, розглянемо статтю словацьких авторів [9], опубліковану цього 2022 року. В ній викладено підхід до розрахунку вартості дорожніх активів на основі врахування продуктивності активів, вигоди для спільноти та технічного стану автомобільної дороги та її складових. Представлений метод має на меті навести міст між економічним підходом до управління активами та технічним підходом до життєвого циклу дорожньої інфраструктури, а саме її стійкості та продуктивності (ефективності). Продуктивність дорожнього активу визначається з точки зору вимог суспільства та користувачів доріг в залежності від категорій доріг та їх якісних стандартів. Технічний стан дорожнього активу оцінюється шляхом розрахунку вартості витрат на його створення та вартості знецінення з-за фізичного, функціонального та економічного зносу. Вартість погіршення стану визначається залишковою тривалістю життя, залежного від втоми та зниження конструкційної надійності об’єкту дорожньої інфраструктури.

На думку авторів [9], розрахунок вартості активів, тобто оцінка активів – це процес визначення грошової вартості, який перекладає стан інфраструктури

та її вплив на зацікавлені сторони у грошові терміни з урахуванням таких категорій, як суспільне багатство чи справедливість. Основні методи оцінки активів засновані на витратах. Більш розвинені методи оцінки активів враховують фактичну цінність для зацікавлених сторін з точки зору їх соціально-економічних вигод та цінності для фактичних користувачів доріг. Оцінка суспільних вигод означає рівень транспортних послуг, доступних зацікавленим сторонам. Зацікавленими сторонами є не тільки користувачі доріг, але також громадськість, яка безпосередньо перебуває під впливом послуг, що надаються рухом на оціненому активі. Ці послуги включають генерацію капіталу, збільшення кількості клієнтів для надання їм певних послуг, розвиток міст та регіонів, а також охорону навколишнього середовища.

Оцінка продуктивності дорожньої системи враховує категорію дороги та її пропускну здатність через геометричні параметри, інтенсивність та безпеку дорожнього руху.

Розрахунок вартості активів на основі його технічного стану є методом, аналогічним методу вартості заміщення зносу. Поліпшення розрахунку, що надається представленим у [9] методом, полягає в тому, що вартість заміщення ґрунтується на точному визначенні оперативної експлуатаційної надійності та стану конструкції активу. Кількісна оцінка експлуатаційної служби та стану споруди проводиться за допомогою моделей експлуатаційних якостей дорожнього покриття та тривалості його залишкової життя, яка обчислюється в залежності від стійкість до втоми конструкції дорожнього одягу. Залишкова тривалість життя дорожнього активу є час існування такого технічного та експлуатаційного станів дороги, який забезпечує здатність дороги нести фактичне навантаження дорожнього руху або сприяє цьому.

Вартість активів на користь суспільства створюється транспортними послугами, що надаються дорожньою інфраструктурою для добробуту та процвітання суспільства. Ці послуги включають перевезення на роботу, подорожі, медичну доступність, доступність для надзвичайних ситуацій, комунальні послуги тощо. Крім того, для виконання міжнародних угод чи

зобов'язань може знадобитися доступність транспортних активів та певний необхідний рівень ефективності роботи активів. Наявність дорожніх активів та продуктивність також можуть зменшити негативний вплив на навколишнє середовище і можуть допомогти розвитку регіону за рахунок його привабливості для інвесторів та виконуючи логістичні вимоги виробників.

Вартість суспільної вигоди – це дисконтована сума річних грошових потоків протягом оцінювального періоду, як правило, життєвого циклу активів. Щорічна готівка – це сума вартості щорічних вигод, що виробляються вдосконаленним активом, та різницею оціненої вартості активу та ціною придбання (вартістю створення) нового ідеального активу [9].

Авторами [9] пропонується використовувати метод перехресного розподілу активів для створення програм розподілу фінансування. Зауважимо, що перехресний розподіл активів – це процес прийняття рішень, за допомогою якого розподіляються ресурси для декількох програм або класів активів на основі одночасної кількісної пріоритезації їх корисності. Автори представляють новий метод розрахунку плану дій реабілітації, який розподіляє ресурси для максимізації вартості активів у дорожній мережі.

В [9] наведені детальні результати досліджень щодо моделей деградації стану покриття доріг (крива деградації), визначення залишкової тривалості життєвого циклу певного дорожнього активу тощо, що робить цю роботу корисною для наступної розбудови системи управління дорожніми активами.

Метою статті є викладення пропозицій автора щодо удосконалення процедури експертної оцінки ієрархії показників якісного стану дороги у кваліметричній моделі вартісної оцінки автомобільних доріг і пропозицій з прогнозування перспективної інтенсивності дорожнього руху для розв’язання задач визначення майбутньої вартості дорожніх активів.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Вихідною проблемою розбудови системи управління дорожніми активами є їх інвентаризація та оцінювання теперішньої вартості, яке враховує фізичний, функціональний та економічний знос активів. У кваліметричній

моделі [5] для оцінювання узагальненого зносу за допомогою ієрархії технічних та експлуатаційних показників якості активу застосований метод АНР [7].

Сутність і алгоритми класичного методу АНР широко висвітлена в науковій та навчальній літературі. Зрозумілий опис його застосування у варіантному проектуванні мостів наведений в СОУ [8]. Отже, тут немає потреби знов їх тлумачити.

Незважаючи на широку застосовність, метод АНР страждає від помітного недоліку: для прийняття рішення для прийняття рішення потрібна дуже велика кількість порівнянь критеріїв. Ця умова перешкоджає його застосуванню до вирішення постійних важливих питань, які передбачають участь вищих керівників. Отже, припускаючи узгодженість оцінювання осіб, які приймають рішення, в роботі José Eugenio Leal (Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro, Brazil) [10] запропонований метод, який зменшує кількість порівнянь для кожного критерію (у кваліметричний моделі [5] – показника) або між критеріями (показниками), в яких порівняння проводиться лише між одним елементом та всіма іншими елементами. Передбачається, що елемент, прийнятий як основа, є очевидно більш важливим – той, чия невідповідність оцінки, як очікується, буде найменш ймовірною у застосуванні повного методу АНР.

Метод починається з структурування проблеми прийняття рішень як ієрархії у вигляді перевернутого дерева, де головна мета розміщується зверху (у кваліметричний моделі [5] – зліва). Часткові цілі, що відповідають основній меті, розміщуються на другому рівні. Кожна часткова мета (критерій) на другому рівні може бути розкладена на цілі (критерії) третього рівня, і кожен встановлений на третьому рівні критерій відповідає критерію другого рівня, до якого він підлеглий і так далі.

Отримавши як свої основи критерії очевидного більшого значення, метод робить більш ретельний аналіз при порівнянні цих критеріїв з іншими. Таким чином, пропонується, щоб для кожного розрахунку пріоритетів кожному з критеріїв альтернатива, яку експерт вважає найбільш важливою або однією з

найважливіших альтернатив, сприймається як основа порівняння. Після цього порівняння проводиться за допомогою шкали оцінки, запропонованої Сааті між цим критерієм та всіма іншими критеріями, а потім елементи вектора пріоритетів можна обчислити за допомогою відомої формули [10].

Метод [10] заснований на припущенні узгодженості суджень експерта. Він спирається на гіпотезу, що невідповідність (неузгодженість) виникає в основному в оцінках між альтернативами, які здаються неважливими для прийняття рішення експертами.

Нижче наведено кроки для спрощеного методу.

1. Встановлюють основну мету процесу прийняття рішень.

2 Визначають вторинні цілі, які разом відповідають первинній цілі на другому рівні структури пріоритетів.

3 Для кожної мети на другому рівні, якщо необхідно, визначають цілі третього рівня, які відповідають певній вищій меті другого рівня і так далі.

4 Визначають критерії, які слід розглядати на нижньому рівні.

5 Для кожного елемента на вибраному рівні повторюють наступне:

a) вибирають елемент (критерій) даного рівня з очевидно найбільшою важливістю для критерію вищого рівня;

b) обчислюють елементи вектора пріоритетів за розглянутим критерієм.

6. Обчислюють пріоритети кожної альтернативи в рамках кожного критерію, що відноситься до головної мети.

Спрощений метод дозволяє обчислити пріоритет кожного критерію проти набору критеріїв лише з n-1 порівнянням n критеріїв для кожного критерію замість $(n^2-n)/2$ порівняння в оригінальному методі, запропонованому Сааті. Це збільшує привабливість експрес-методу AHP для бізнес-додатків, де особи, які приймають рішення, мають обмеження часу. Спрощений метод [10] прозоро трансформується у терміни понять кваліметричної моделі [5], що спрощує визначення вагомості показників кожного рівня, крім нульового, для якого вагомість не визначають.

Як показує аналіз наукових джерел, вкрай необхідною задачею удосконалення управління дорожніми активами, зокрема з прогнозуванням вартості дорожніх активів, є розробка моделей прогнозування перспективної інтенсивності дорожнього руху.

Дохід R від використання автомобільної дороги, який змінюється випадково у часі, чи то вона звичайна, чи то платна, напряму залежить від середньорічної середньодобової інтенсивності дорожнього руху:

$$R = N \cdot P, \tag{1}$$

де N – середньорічна середньодобова інтенсивність руху;

P – плата за проїзд у випадку платної дороги або економія користувачів доріг у випадку безоплатної дороги.

Існуючі у практиці проектування доріг звичайно застосовні методи прогнозування інтенсивності дорожнього руху на перспективу, згідно з нормами проектування автомобільних доріг на 20 років, частіш за все, вживають формулу складних відсотків:

$$N_t = N_0 \cdot (1 + q)^t, \tag{2}$$

де q – коефіцієнт приросту інтенсивності руху;

t – час, років.

Як видно, приріст, у такому випадку, прирощення інтенсивності не може бути негативним. Однак, в роботі [11] авторами дослідження інтенсивності руху на дорогах України показано, що прирощення інтенсивності руху може бути і від'ємним.

З огляду на невизначеність щодо майбутнього рівня руху та доходів, для моделювання цієї змінної в роботі [12] передбачається, що рух та дохід відрізняються випадково в часі за геометричним броунівським рухом (GBM). GBM – випадковий процес з неперервним часом, логарифм якого являє собою

броунівський рух (вінерівський процес). GBM застосовується з метою моделювання ціноутворення на фінансових ринках і використовується переважно в моделях ціноутворення опціонів, оскільки GBM може приймати будь-які додатні значення. Ця модель передбачає, що дохід ніколи не може бути негативним, а його волатильність постійна і в часі і може бути представлена як:

$$dR = \alpha R dt + \sigma_R R dz , \tag{3}$$

де dR - додаткова зміна доходу протягом короткого періоду часу dt;

α - швидкість зростання доходу за короткий проміжок часу dt;

σ_R – волатильність доходу;

$dz = \varepsilon\sqrt{dt}$, де $\varepsilon \sim N(0,1)$ – стандартний вінеровський процес.

Волати́льність – це статистичний показник, що характеризує тенденцію інтенсивності руху, а значить доходу, змінюватися з часом. Становить собою міру ризику використання фінансового інструмента за заданий проміжок часу. Найчастіше вираховується середня волатильність.

Вінеровський процес в теорії випадкових процесів – це математична модель броунівського руху або випадкового блукання з безперервним часом.

Показано через процес Ito (японського математика), що цей GBM може бути представлений стохастичною еволюцією доходів, який можна дискретно моделювати у річних періодах як функцію значення у попередньому періоді, як показано у рівнянні (у дискретному представленні):

$$R_{t+1} = R_t e^{(\alpha_t - \frac{\sigma_R^2}{2})\Delta t + \sigma_R \varepsilon \sqrt{\Delta t}} . \tag{4}$$

Цей процес можна повністю визначити, враховуючи лише його початкове значення R_0, річний темп зростання та волатильність процесу, які вважаються постійними протягом концесійного періоду (для платних доріг), де рівняння (3) являє собою "вірний" процес еволюції доходів проекту. З іншого боку, для того,

щоб оцінити гарантії, необхідно використовувати ризик-нейтральну процедуру, коли від очікуваної віддачі основного активу віднімається премія за ризик, із заміною її "справжньої" дохідності безризиковою нормою прибутку.

GBM-гіпотеза відносно інтенсивності руху була досліджена в роботі [12]. Стохастичний процес дорожнього руху був взятий як:

$$\frac{d\theta}{\theta} = \alpha\, dt + \sigma\, dz, \tag{5}$$

де θ – дорожній рух, транспортних одиниць за добу;

α – передбачуваний знос (дрейф);

σ – волатильність;

dz – вінеровський процес.

$$\frac{d\theta}{\theta} = [\alpha - \frac{\rho_{\theta,m}}{\sigma_m}(\mu_m - r)\sigma]\, dt + \sigma\, dz^*, \tag{6}$$

де dz * - вінеровський інкремент (приріст) за ризик-нейтральною вірогідністю. Ринкова ціна ризику дорожнього руху:

$$\frac{\rho_{\theta,m}}{\sigma_m}(\mu_m - r), \tag{7}$$

де $\rho_{\theta, m}$ - кореляція між змінами дорожнього руху і індексу повернення ринку;

μ_m - очікувана дохідність індексу ринку;

σ_m - волатильність індексу ринку, а r – безризикова ставка.

Дослідження [12, 13] охопили 30-річний період експлуатації платних доріг в Іспанії. В ньому GBM-гіпотеза не була відкинута, була підтверджена кореляція зі зміною індексу ринку.

Можна зробити висновок, що в прогнозуванні грошового потоку методом дисконтування доцільно використовувати наведений підхід.

Для виконання розрахунків грошових потоків потрібна комп'ютерна числова модель, яка б дозволила виконувати аналіз грошових потоків при різних вихідних даних, наприклад, числова модель PPIAF [14]. Модель реалізована в середовищі Microsoft Office Excel. Модуль включає наступні листи: припущення (вихідні дані), дорожній рух, результати, графік грошових потоків, графік боргу, графік дивідендів, графік грошового потоку держави, фінансування будівництва, бухгалтерський баланс, звіт про доходи, рух грошових потоків, повернення боргу, коефіцієнти, дивіденди, операційні доходи, амортизація і ПДВ.

Цей фінансовий інструмент базується на наступних основних критеріях.

Джерелами фінансування є:

1. Власний капітал, наданий спонсорами, у відсотках від витрат на будівництво, визначених користувачем.

2. Борг, наданий комерційними банками або спеціалізованими установами, такими як Світовий банк. Загальний борг, наданий проекту, визначається у трьох траншах з різними ставками, строками погашення та періодами погашення. Всі ці транші є в тій же валюті і мають однакову важливість. Фінансова модель не враховує проблем обміну валют. Погашення трьох траншів здійснюється на постійній основі, а саме головний борг + інтерес.

3. Оплата за проїзд від чотирьох категорій транспортних засобів протягом робочого періоду,

4. Субсидії державних органів країни-бенефіціара (одержувач вигод, що виникають у результаті реалізації проекту створення активу).

Фінансові оцінки розраховуються з використанням номінальних значень, виходячи з реальних значень та коефіцієнтів ескалації, визначених користувачем (рівень інфляції за витратами та ставкою індексації зборів та доходів). Один лист Excel «Припущення» представляє всі дані, що

використовуються моделлю. Вхідні діапазони пропонуються вводити та коригувати користувачеві на листі «Припущення».

Фінансовий інструмент включає субсидії, які можуть бути надані протягом операційного періоду. Для цих субсидій доступні два режими. Перший режим є автоматичним режимом, коли субсидії, надані наймачем, автоматично розраховуються, щоб зробити проект фінансово життєздатним (тобто для покриття операційних витрат та повернення боргу). Це робиться за допомогою цілі ADSCR (Annual Debt Service Cover Ratio), заданого користувачем на листі «Припущення». Якщо проект є життєздатним без субсидій, їх буде встановлено на 0, а цільовий механізм ADSCR не буде використовуватися, оскільки є достатньо коштів для фінансування проекту протягом робочого періоду. ADSCR потім буде розраховано з використанням готівки проекту.

Другий режим, «режим введення», - це фіксований режим. Субсидії встановлюються користувачем як загальна сума субсидії протягом усього операційного періоду, та ця сума потім однаково розподілена на річні періоди експлуатації.

Дані вводяться за допомогою клавіш зі стрілками з консистенцією даних, що контролюється в реальному часі (наприклад, узгодженість між концесійним життям, періодом будівництва та періодом експлуатації).

Тестування у моделі визначається як значення за замовчуванням. Система автоматично скидає значення параметру, якщо натиснути кнопку «Приклад дослідження» на листах «Припущення», «Графік грошових потоків», «Графік боргів», «Графік дивідендів» та «Графік розподілу потоків».

На рис. 1 наведений приклад листа «Графік грошових потоків».

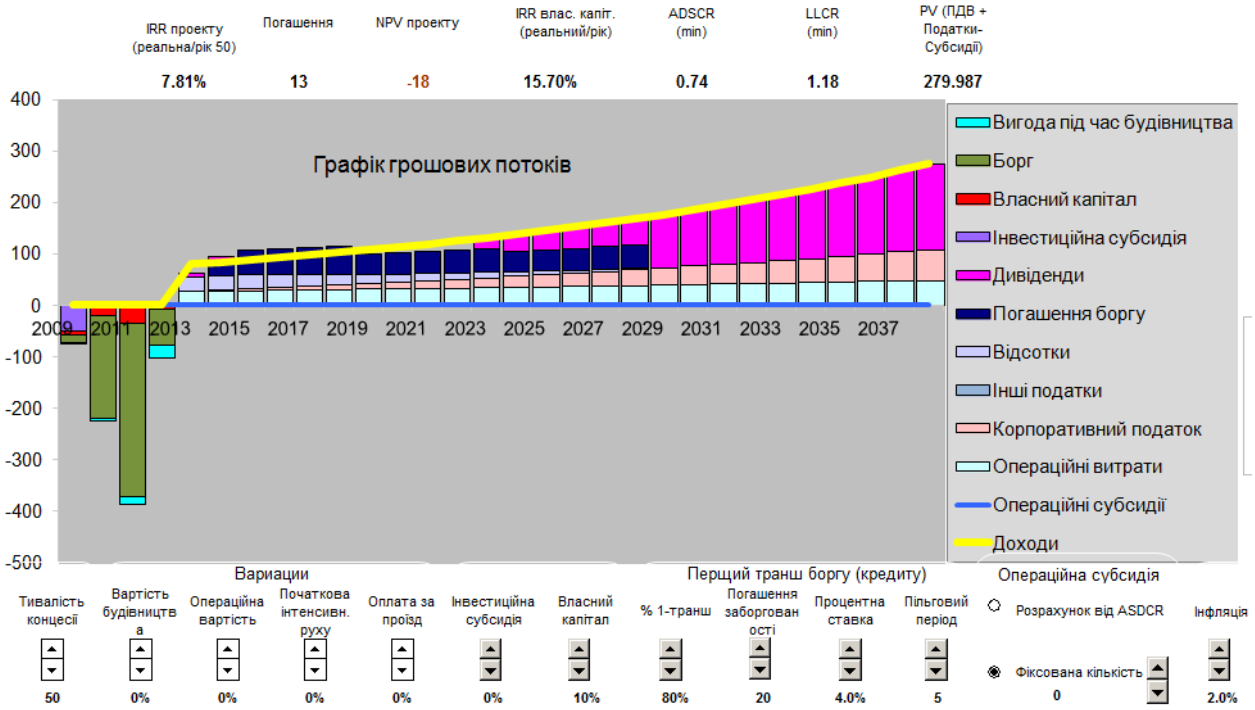

Рис. 1 . Лист «Графік грошових потоків»

Джерело: адаптований автором у програмному модулі [14]

Модель може бути удосконалена шляхом заміни певних констант вхідних даних параметрами трикутних (або інших) законів розподілу з подальшим моделюванням методом Монте-Карло для отримання оцінок законів розподілу шуканих результатів з метою оцінити ризики здійснення проекту.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямі.

1. В статті виконаний аналіз сучасних вітчизняних і зарубіжних підходів до вирішення проблеми вартісної оцінки автомобільних доріг загального користування (дорожніх активів), які є об’єктами державної власності. В Україні ці підходи базуються на створеній в НТУ кваліметричній моделі оцінки активів дорожньо-транспортного комплексу з урахуванням фізичних та функціональних особливостей автомобільних доріг, яка в цілому відповідає сучасній світовій теорії і практиці.

2. Для зменшення трудомісткості застосування цієї моделі у частині оцінювання вагомості технічних та експлуатаційних показників якості

автомобільних доріг і споруд на них запропоноване використання експрес-методу J.E. Leal (Бразілія), базованому на методі AHP Томаса Сааті, для визначення ваг показників на всіх рівнях ієрархії кваліметричної моделі.

3. З метою подальшого розвитку моделі вартісної оцінки автомобільних доріг і перспективного включення її у систему управління дорожніми активами запропоновано застосувати сучасні моделі прогнозування інтенсивності дорожнього руху, що спираються на 30-річний досвід досліджень експлуатації платних доріг Іспанії, а також застосування числової моделі фінансової імітації проектів автомагістралей на основі концесій державно-приватного партнерства, розробленої під егідою світового банка, адаптованої до вітчизняних умов.

Література

1. Road Asset Management. An ERF position paper for maintaining and improving a sustainable and efficient Road network. European Union Road Federation. 22 p. URL: https://erf.be/wp-content/uploads/2018/07/Road-Asset-Management-for-web-site.pdf.

2. Asset management for roads - an overview. PIARC Technical Committee on Road Management (C6), World Road Association, 2005. 101 p. URL: https://www.piarc.org/ressources/publications/2/4545,06-09-VCD.pdf.

2. Slavinska O., Savenko, V., Kharchenko, A., & Bubela, A. (2017). Development of a mathematical model of eevaluation of road-and-transport assets as a component of information-and-management system. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(4 (90), 45–57. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118798. [in Ukrainian].

3. МР Д 1.2-37641918-884:2017 Методичні рекомендації з проведення вартісної оцінки автомобільних доріг і споруд на них. Київ, 2017. 92 с. (Інформація та документація).

5. Olena Slavinska, Vitalii Stozhka, Anna Kharchenko, Andrey Bubela, Alina Kvatadze. Development of a model of the weight of motor roads parameters as part of the information and management system of monetary evaluation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 1. N 3 (97). Kharkiv, 2019. P. 46-59. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156519 [in Ukrainian].

6. Slavinska O., Kharchenko A., Bubela A., Chechuha O. (2020). Development of road sector's lend valuation method for aims of asset management. Information and control systems: Report on research projects.– 4 pp.

7. Saaty, R.W. The analytic hierarchy process—What it is and how it is used. Math. Model. 1987, 9, 161–176. URL: https://core.ac.uk/download/pdf/82000104.pdf

8. СОУ 42.1-37641918–093:2013 Мости та труби. Варіантне проектування мостів. Державне агентство автомобільних доріг України (Укравтодор). Київ – 2013 (Додаток Г).

9. Mikolaj, J.; Remek, L'.;Kozel, M. Road Asset Value Calculation Based on Asset Performance, Community Benefits and Technical Condition. Sustainability 2022, 14, 4375. URL: https://doi.org/10.3390/su14074375.

10. Leal José Eugenio. AHP-express: A simplified version of the analytical hierarchy process method. J.E. Leal / MethodsX 7 (2020) 10 0748 ELSEVIER Volume 7, 2020, 100748. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016119303243.

11. Гамеляк І.П. Встановлення параметрів режиму руху транспортних засобів для проектування дорожнього одягу . / І.П. Гамеляк, В.Ф. Райковський // Теорія і практика будівництва : [зб. наук. пр.] / відп. ред. З. Я. Бліхарський. - Львів.: *Вісник / Національний університет "Львівська політехніка"* ; № 662), 2010. - С. 118-125.

12. Luiz E. T. Brandão1 and Eduardo C. G. Saraiva Valuing Government Guarantees in Toll Road Projects / Luiz E. T. Brandão1 and Eduardo C. G. Saraiva // 2006. – 25 p. URL:

https://www.realoptions.org/Academic/Value%20of%20Gov%20Guarantees%20-%20Brandao%20and%20Saraiva%20V2.pdf.

13. Cabero Fernando; Sanchez Antonio; Lara Antonio L. Empirical analysis of traffic volume for the application of the options theory to highway concessions // 13th World Conference on Transportation Research, Rio de Janeiro, 2013. 20 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/280309461_EMPIRICAL_ANALYSIS_OF_TRAFFIC_VOLUME_FOR_THE_APPLICATION_OF_THE_OPTIONS_THEORY_TO_HIGHWAY_CONCESSIONS.

14. Numerical Model for Financial Simulation of Highway PPP Projects. User guide // PPIAF Toolkit for Public – Private Partnerships in roads & Highways, 2009. – 26 pp: URL: https://ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/documents/toolkits/highwaystoolkit-russian/6/pdf-version/numerical_model.pdf.

References

1. European Union Road Federation (2018), “Road Asset Management. An ERF position paper for maintaining and improving a sustainable and efficient Road network”, available at: https://erf.be/wp-content/uploads/2018/07/Road-Asset-Management-for-web-site.pdf (Accessed 20 June 2022).

2. World Road Association (2005), “Asset management for roads - an overview. PIARC Technical Committee on Road Management (C6)”, available at: https://www.piarc.org/ressources/publications/2/4545,06-09-VCD.pdf (Accessed 20 June 2022).

3. Slavinska, O. Savenko, V. Kharchenko, A. and Bubela, A. (2017), “Development of a mathematical model of eevaluation of road-and-transport assets as a component of information-and-management system”,. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol. 6(4(90), pp. 45-57. doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118798.

4. HosdorNYY (2017), “Methodological recommendations for the valuation of highways and structures on them”, available at: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=96139 (Accessed 20 June 2022).

5. Slavinska, O. Stozhka, V. Kharchenko, A. Bubela, A. and Kvatadze, A. (2019), “Development of a model of the weight of motor roads parameters as part of the information and management system of monetary evaluation”, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol. 1, no. 3 (97), pp. 46-59. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156519.

6. Slavinska, O. Kharchenko, A. Bubela, A. and Chechuha, O. (2020), “Development of road sector's lend valuation method for aims of asset management. Information and control systems”,Report on research projects.

7. Saaty, R.W. (1987), “The analytic hierarchy process—What it is and how it is used”, Math. Model., vol. 9, pp. 161-176, available at: https://core.ac.uk/download/pdf/82000104.pdf (Accessed 20 June 2022).

8. Ukravtodor (2013), SOU 42.1-37641918–093:2013 Mosty ta truby. Variantne proektuvannia mostiv [Bridges and pipes. Alternative design of bridges], Derzhavne ahentstvo avtomobil'nykh dorih Ukrainy, Kyiv, Ukraine.

9. Mikolaj, J. Remek, L'. and Kozel, M. (2022), “Road Asset Value Calculation Based on Asset Performance, Community Benefits and Technical Condition”, Sustainability, vol. 14, 4375. doi.org/10.3390/su14074375.

10. Leal, J.E. (2020), “AHP-express: A simplified version of the analytical hierarchy process method”, ELSEVIER, vol. 7, 2100748, available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016119303243 (Accessed 20 June 2022).

11. Hameliak, I.P. and Rajkovs'kyj, V.F. (2010), “Setting the parameters of the traffic mode of vehicles for the design of road clothing”, Teoriia i praktyka budivnytstva, vol. 662, pp. 118-125.

12. Brandão1, L.E.T. and Saraiva, E.C.G. (2006), “Valuing Government Guarantees in Toll Road Projects”, available at:

https://www.realoptions.org/Academic/Value%20of%20Gov%20Guarantees%20-%20Brandao%20and%20Saraiva%20V2.pdf (Accessed 20 June 2022).

13. Cabero, F. Sanchez, A. and Lara, A.L. (2013), "Empirical analysis of traffic volume for the application of the options theory to highway concessions", 13th World Conference on Transportation Research, Rio de Janeiro, available at: https://www.researchgate.net/publication/280309461_EMPIRICAL_ANALYSIS_OF_TRAFFIC_VOLUME_FOR_THE_APPLICATION_OF_THE_OPTIONS_THEORY_TO_HIGHWAY_CONCESSIONS (Accessed 20 June 2022).

14. PPIAF Toolkit for Public – Private Partnerships in roads & Highways (2009), "Numerical Model for Financial Simulation of Highway PPP Projects. User guide", available at: https://ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/documents/toolkits/highwaystoolkit-russian/6/pdf-version/numerical_model.pdf (Accessed 20 June 2022).

Стаття надійшла до редакції 27.06.2022 р.