

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. № 8.

DOI: 10.32702/2307-2105.2022.8.25

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

**ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ АНАЛІТИЧНОГО ІЄРАРХІЧНОГО
ПРОЦЕСУ У КВАЛІМЕТРИЧНІЙ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ВАРТОСТІ
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

N. Sokolova,

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

**APPLYING THE METHODS OF ANALYTICAL HIERARCHICAL
PROCESS IN A QUALIMETRIC MODEL OF ASSESSMENT OF THE
VALUE OF ROADS**

У статті виконаний аналіз останніх досліджень та розробок сучасних підходів до оцінювання поточної вартості безоплатних автомобільних доріг загального користування, базований на застосуванні кваліметричної моделі оцінювання якості та витратного підходу. Розроблені в Національному транспортному університеті принципові положення щодо оцінювання вартості доріг були покладені в основу розробки Методичних рекомендацій з проведення вартісної оцінки автомобільних доріг і споруд на них. Показано, що застосування методів процесу аналітичної ієрархії (АНР) цілком правомочне і

може сприяти визначенню вагомостей параметрів автомобільних доріг у кваліметричній моделі. Застосування моделі АНР доцільне для вибору альтернативних варіантів визначення комплексного показника якості автомобільної дороги і, на цій основі, вибору раціональної моделі визначення її вартості. Приймаючи до уваги значний об'єм обчислень в моделі АНР у задачі оцінювання доцільно використовувати модифіковані алгоритми. Для цього потрібні дослідження і розробка прототипу програмного забезпечення реалізації вибраного модифікованого алгоритму з урахуванням принципу поліморфізму створення кваліметричних моделей на практиці

The purpose of the article is to present the author's proposals for the use of the methods of the process of the analytical hierarchy (AHP) T.L. Saaty in a hierarchical qualimetric model G.G. Azgaldov and the areas of further research.

The article analyzes recent research and development of modern approaches to estimating the current value of free public roads, based on the use of a qualimetric quality assessment model and cost approach. Created at the National Transport University, taking into account foreign experience, the principles of estimation of the cost of roads were the basis for the development of methodological recommendations for the cost valuation of highways and structures on them. It is established that the difference between AHP models and qualimetric models is that AHP is designed to choose the best solutions and the qualimetry models for quality assessment. The author of the article proposes the structure of a multi-level hierarchy of the highway, which, unlike earlier created, includes economic (external) wear. The article shows that the use of the methods of the process of the analytical hierarchy is quite competent and can contribute to determining the weights of road parameters in the qualimetric model. The use of the AHP model is appropriate to choose alternative options for determining the complex quality of the highway and, on this basis, to choose a rational model for determining its value. Taking into account the considerable amount of calculations in the AHP model in the assessment process, it is advisable to use modified algorithms. This requires research and development of

the prototype of the software implementation of the selected modified algorithm, taking into account the principles of OOP: Abstraction, Encapsulation, Inheritance, and Polymorphism of creating qualimetric models in practice. In addition, it is more appropriate in determining the weights of the properties of the elements and components of the highway not to focus on the value method, but the functional approach to the importance of elements or components, which is more in line with the principles of qualimetry.

Ключові слова: оцінка вартості, активи, автомобільна дорога, кваліметрична модель, АНР, вагомості параметрів.

Keywords: value estimation, assets, roads, qualimetric model, AHP, weight parameters.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Автомобільні дороги загального користування (дорожня інфраструктура) є важливими активами дорожньо-транспортного комплексу України. Специфічність активів дорожньої інфраструктури полягає в тому, що вони є державною власністю, яка не можуть бути приватизовані та не підлягають обміну на ринку. Дорожніми адміністраціями багатьох країн світу визнається, що першим ключовим елементом для належного управління дорожніми активами є визначення вартості існуючих активів.

Оцінювання цінності активів означає визначення їх грошової вартості. Вона зазвичай обчислюється бухгалтерією балансоутримувача і зазначається у балансі фінансової звітності на кінець року. Вартість активів та її зміни використовують при визначенні потреби в інвестиціях та коштів для обслуговування активів, Вона також показує кількість щорічних витрат та щорічних інвестицій порівняно із загальною вартістю дорожніх активів. Це важливо для керівників дорожнього сектору, користувачів доріг та спільноти, так як для них річна потреба в грошах більш зрозуміла, у співставленні із

загальною вартістю дорожнього активів та зміною цієї вартості. Можна дуже чітко побачити важливість інвестування у таку значну державну власність.

Слід зауважити, що традиційні методи оцінювання активів, як правило, недооцінюють вартість активів через монолітне представлення активів без належного врахування їх структури. Отже, необхідний надійний та всебічний метод, який дозволяє обчислити вартість дорожніх активів у будь-який рік, оскільки це відіграє значну роль в управлінні автомобільними дорогами.

В останні роки в Національному транспортному університеті (НТУ) виконувались наукові розробки щодо методології оцінювання вартості автомобільних доріг загального користування, як нерухомого майна спеціального виду, яке має суттєві відмінності від інших видів інфраструктурних об'єктів. Головна з них полягає у відсутності безпосередньої оплати проїзду користувачами таких автомобільних доріг (за виключенням концесійних, які на сьогодні в Україні відсутні). Це вносить певні особливості щодо використання амортизаційних відрахувань, виключення автомобільних доріг загального користування з податкового обліку тощо.

Науковцями НТУ, зокрема, була розроблена кваліметрична модель як основа вартісної оцінки активів дорожньо-транспортного комплексу з урахуванням фізичних та функціональних особливостей автомобільних доріг. Проте, розроблена кваліметрична модель може бути удосконалена шляхом використання модифікованих методів аналітичного ієрархічного процесу (англ. АНР) та уточнена з огляду на прийняття нових нормативних документів щодо оцінювання властивостей важливих складових автомобільних доріг..

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінювання вартості активів автомобільних доріг розглядається в рамках досліджень щодо підходу до управління дорожніми активами. Країни світу, що знаходяться знаходяться на різних етапах розвитку та досвідченості в управлінні дорожньою інфраструктурою, мають різні можливості, залежні від очікувань користувачів, державних цілей та пріоритетів, поточних системних умов, спроможностей

технічних ресурсів, економічного та фінансового потенціалу. Основними компонентами бізнес-процесу управління дорожніми активами є [1]:

- встановлення показників ефективності використання активів;
- визначення вартості, стану активів та оцінка їх ефективності;
- генерація та оцінювання альтернатив інвестиційних стратегій;
- компромісний аналіз та вибір інвестиційних стратегій.

В огляді [1] окреслені головні поняття визначення вартості дорожніх активів, дана характеристика різних шляхів їх оцінювання, способи визначення амортизації тощо.

Автор дослідження [2] відмічає, що при прийнятті рішення оцінити вартість дороги виникає природне запитання: як це повинно бути зроблено? Можна констатувати, що основні правила регулюються законодавчими і нормативно-правовими актами, специфічними для кожної країни, проте основні поняття і методи оцінки нерухомого майна не сильно різняться між країнами. Дороги можна оцінити з різних точок зору: соціальної, екологічної, військової тощо. Значення цінності, отримані для кожної з цих категорій, різні, оскільки вони описують різні переваги, привнесені дорогами. (рис. 1).

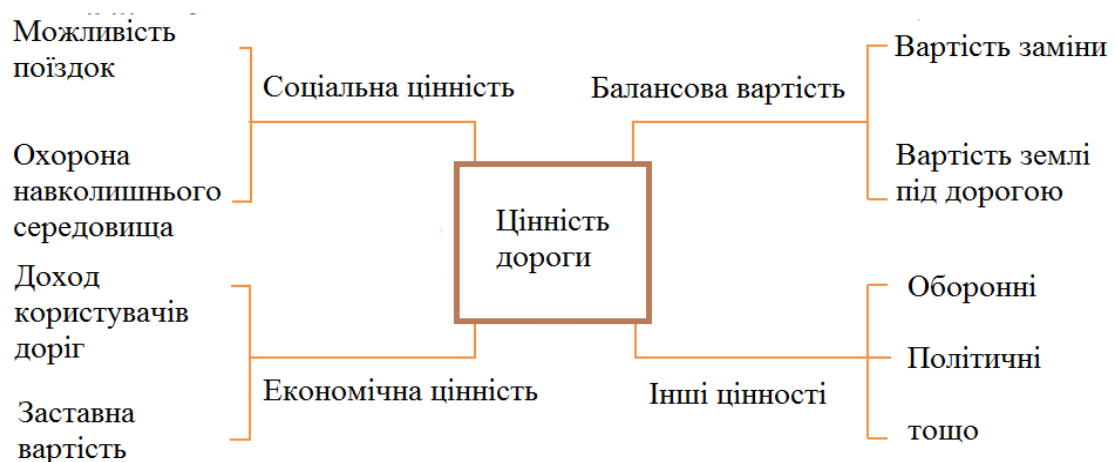


Рис. 1. Перспективи щодо визначення цінності дороги

Джерело [2]: переклад автора

Для цілей бухгалтерського обліку потрібні два типи значень: початкова вартість активу і його поточна вартість. Різниця між ними характеризує

загальну амортизацію (depreciation) активу. Оцінка нерухомого активу складається або в оцінці його ринкової (або справедливої) вартості або розрахунком витрат на заміщення активу новим, який має порівнянні технічні характеристики. Вбачаючи, що дорожня інфраструктура не підлягає обміну на ринку, в процесі оцінювання використовують витратний підхід [2].

$$V = C - D. \quad (1)$$

Авторами дослідження [3] був виконаний ретельний аналіз досліджень методології оцінювання вартості автомобільних доріг та їх складових. Були розглянуті три традиційні підходи для оцінювання вартості дорожнього активу.

Перший підхід (амортизаційний) включає різні альтернативні методи, які враховують початкову вартість активу та застосовують різні форми амортизації протягом строку життя активу. Починаючи з початкової вартості на рік будівництва, визначаються річна та накопичена амортизація, яку віднімають від початкових витрат для отримання балансової вартості активу у будь-який рік.

Другий підхід (модифікований) складається з альтернативних методів, які, щоб визначити вартість активу кожного року, враховують початкову вартість та стан активу. Ці методи явно не використовують амортизацію. Метод «фіксованої вартості щодо порогу стану», призначає фіксовану вартість активу до тих пір, поки актив відповідає певному порогу параметра мінімального стану. Метод «скоригованої вартості щодо порогу стану» містить співвідношення стану активу в даний рік і включає цю змінну в обчислення оцінки.

Третій підхід включає методи, які використовують лише історичну (оригінальну) вартість або вартість заміни активів і не включають амортизацію чи погіршення активів протягом їх життя. Історична вартість – це сума, витрачена дорожнім агентством для побудови активу. Вартість заміни – це загальна вартість, яка була б понесена, якби актив буде реконструйований у

поточний час. На рис. 2 представлені методи, пов'язані з кожним підходом. Як видно з таблиці 1, витрати на збереження трактуються по-різному в різних підходах.

Збільшення акумульованої амортизації активу протягом років поступово зменшує вартість активу від його початкової (будівельної) вартості. Наприклад, при прямолінійній формі амортизації вартість активу або книжкова (балансова) вартість (BV_t) наприкінці будь-якого року t , можна обчислити наступним чином:

$$BV_t = P - \frac{P - S}{t_s - t_p}(t - t_p), \quad (2)$$

де P – історична (оригінальна) будівельна вартість; S – вартість збереження майна (salvage value); t_s – рік збереження (salvage); t_p – рік будівництва, отже $t_s - t_p$ є період аналізу, який часто дорівнює строку служби активу; t – поточний рік.

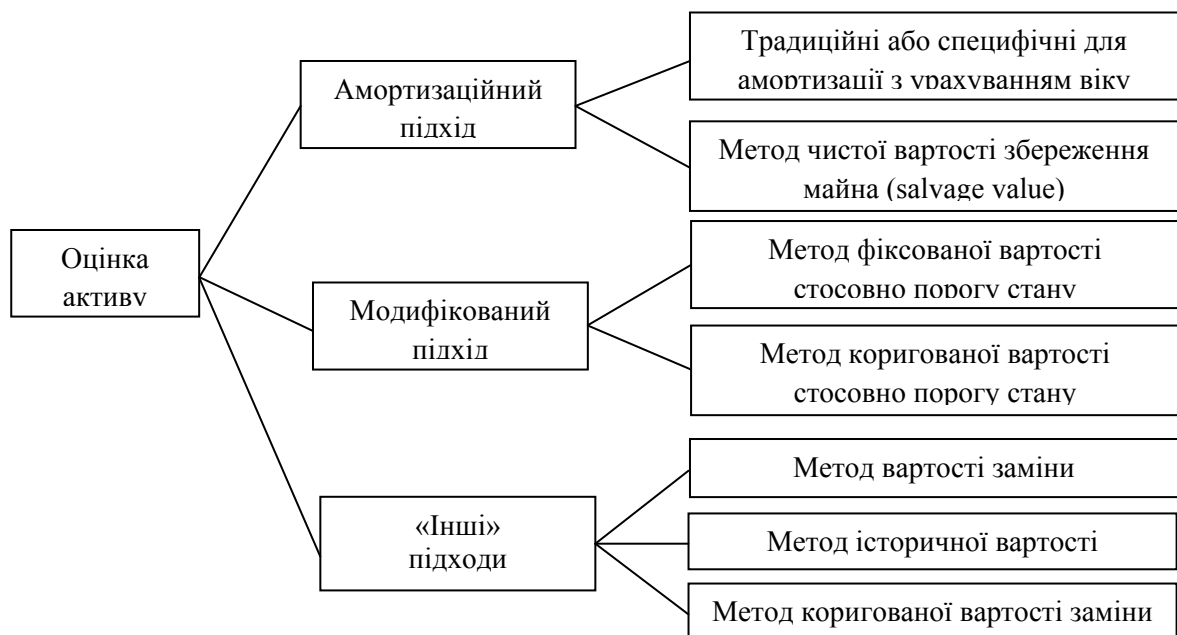


Рис. 2. Категоризація традиційних методів оцінювання вартості активу

Джерело [3]

Таблиця 1. Трактування витрат в підходах до оцінки активів. Джерело [3]

Вартість	Амортизаційний підхід	Модифікований підхід
Витрати на технічне обслуговування (утримання)	Витрати	Витрати
Витрати на реабілітацію	Капіталізована вартість	Витрати
Витрати на розширення та покращення активів	Капіталізована вартість	Капіталізована вартість

Однак у контексті активів автомобільних доріг добре відомо, що прямолінійна амортизація не відображає схему амортизації цих типів активів належним чином. Наприклад, відомо, що мостові активи виявляють сигмоїдальні закономірності зношування, також дорожній одяг виявляє схеми зношування, які, як правило, криволінійні. Для таких специфічних форм амортизації у дослідженні [3] наведені відповідні розрахункові формули.

У методі чистої вартості збереження майна (*net salvage value (NSV) method*) вартість активів у будь-який час t обчислюється як різниця між її новою вартістю та очікуваною вартістю роботи, необхідною на рік t , щоб модернізувати актив до статусу «як новий». Таким чином, вона обчислюється як різниця між витратами на заміну та вартістю реабілітації на момент аналізу (формула 3). Цей метод можна вважати амортизаційним підходом, оскільки він передбачає, що вартість реабілітації збільшується в міру знецінення активів.

$$NSV_t = RC - RehabC_t, \quad (3)$$

де RC - вартість заміни; $RehabC$ - це очікувана вартість реабілітації, якщо здійснюється в рік t .

На відміну від амортизаційного підходу, так званий модифікований підхід явно враховує тенденції зміни стану активу з часом. Коли так, при його використанні дорожнє агенство повинне мати систему управління, яка відслідковує стан активу і допомагає гарантувати, що ремонт та утримання активу відбудуться вчасно та належним чином на основі встановлених порогів стану. Якщо стан активу впаде нижче порогового значення, актив буде вимагати певної дії, щоб повернути його до прийняттого рівня стану. Таким

чином, основна філософія модифікованого підходу – це припущення, що стан активу в будь-який рік відображує вартість активів у цьому році. Використання модифікованого підходу має неявне припущення про те, що агентство має чітке розуміння процесу управління своєю інфраструктурою і що вартість активів є значною і постійною до тих пір, поки агентство приймає ефективну практику збереження активів. Три методи асоціюються з модифікованим підходом: 1) метод записаної вартості заміни (The Written-Down Replacement Cost Method, WDRC); 2) метод коригованої вартості відносно порогу стану (The Adjusted Value with Respect to Condition Threshold Method); 3) метод зафіксованої вартості відносно порогу стану (The Fixed Value with Respect to Condition Threshold Method). Зафіксована вартість заміни активу - це поточна вартість заміни менше, ніж накопичена амортизація. Загалом, це значення відображає часткове зменшення балансу активу від виникнення певної економічної події, що негативно вплинула на вартість активу.

При використанні першого методу, вартість активу V_t у деякий час t розраховують за формулою:

$$V_t = HC \cdot \left(\frac{P_t}{P_{best}} \right), \quad (4)$$

де HC – історична (оригінальна) будівельна вартість; P_t – стан у деякий час t ; P_{best} – найкращий можливий стан активу.

При використанні другого методу, вартість активу V_t у рік t розраховують за формулою:

$$V_t = HC \cdot \left(\frac{P_t - P_{worst}}{P_{best} - P_{worst}} \right), \quad (5)$$

де HC – історична (оригінальна) будівельна вартість; P_t – очікуваний стан у час t ; P_{best} – найкращий можливий стан активу (з моделі погіршення активу); P_{worst} – найгірший можливий стан активу.

При використанні третього методу, виходять з того, що при досягненні активом стану рівня, який послідовно перевищує мінімальний поріг показника експлуатаційної якоості, встановлений для активу. Вартість активу вважається постійною протягом строку служби активів до тих пір, поки стан активу перевищує заданий поріг; і дорівнює нулю, коли стан опускається нижче цього порогу

«Інші» підходи включають методи вартості заміни та історичної вартості. У методі вартості заміни вартість активу на момент аналізу представлена сумою, яку дорожньому агентству потрібно було б витратити на його заміну на той час. Таким чином, вартість заміни AV визначається поточною ринковою ціною, пов'язаною із заміною активу:

$$AV = RC_t, \quad (6)$$

де RC_t – вартість заміни в деякий рік t ; HC – історична (оригінальна) будівельна вартість; $CPI_t - CPI_{y.b.}$ – .

У методі коригованої вартості заміни вартість заміни відрізняється з року в рік через інфляцію. Федеральна адміністрація автомобільних доріг (FHWA) США надає щорічні індекси цін на будівництво (CPI) для обліку інфляції:

$$RC_t = HC \cdot \left(\frac{CPI_t}{CPI_{y.b.}} \right), \quad (7)$$

де RC_t – вартість заміни в деякий рік t ; HC – історична (оригінальна) будівельна вартість; CPI_t – індекс цін на будівництво у рік t ; $CPI_{y.b.}$ – індекс цін на будівництво у рік будівництва.

В методі історичної вартості розглядається початкова вартість побудови активів. На відміну від вартості заміни, яка відображає нові технічні

характеристики та еволюцію стандартів дизайну, історична вартість відображає те, що спочатку було витрачено під час будівництва, часто кілька десятиліть тому.

В ідеалі історична вартість конкретних активів повинна бути набута та використана в кожному з раніше згаданих методів, щоб отримати точне значення для активу. Однак виникають труднощі, коли записи дуже старих активів доріг не можуть бути знайдені. Щоб вирішити проблему відсутніх історичних витрат, поточні витрати на заміну можуть бути скориговані, щоб отримати відповідні значення в рік будівництва активів, використовуючи індекс цін на будівництво (CPI) або подібні (7).

Обговорені традиційні методи оцінки неявно вважають активи як монолітні сутності. Таким чином, початкові витрати, характеристики та поведінка індивідуальних компонентів активів або їх елементів належним чином не враховуються в оцінці. Також традиційні методи оцінки враховують лише атрибути стану активів або період служби, що залишився, але не обидва. Однак потрібно враховувати і термін служби активів, і стан, які відображають перспективи користувачів та дорожнього агентства, відповідно,

Дослідження [3] виявило, що поточні традиційні методи оцінювання, як правило, недооцінюють вартість активів через монолітне врахування фізичних дорожніх активів без розгляду їх структури.

Для подолання цього обмеження авторами був розроблений і запропонований метод елементної декомпозиції та багатокритеріальності (elemental decomposition and multi-criteria, EDMC method), який калькулює внесок кожного компоненту активу у вартість активу. Також, метод EDMC враховує як стан активу, так і його залишковий строк служби.

Другий запропонований метод «зменшення простою при заміні» включає в себе заміну вартості простою (користувачів доріг при виконанні заміни) та вигоди від переробки або витрати на утилізацію активу (the replacement-downtime-salvage, RDS method). Цей метод визнає, що витрати на переробку або утилізацію пов'язані з закінченням життя існуючого активу, і витрати на

користувачів під час заміни активів можуть суттєво вплинути на вартість активів і, таким чином, повинні бути належним чином розглянуті в оцінці активів. Справді, включення витрат на користувачів до оцінки активів може бути повторним використанням (D&R).

Третій запропонований метод оцінки передбачає, що активи можна оцінювати на основі землі, яку вони займають, особливо у міських районах високої щільності, де земля дуже дорога і де існують можливості для перенесення активів в інші місця. Цей метод, здається, підходить лише там, де вартість землі дуже висока.

Четвертий запропонований метод – метод тривалості використовує імовірнісні моделі тривалості для прогнозування ймовірності виживання активів до кінця типового терміну служби. Вартість активу обчислюється добутком ймовірності виживання та вартості заміни активу. Для заданої вартості заміщення нижча вартість активів відображує актив із низькою ймовірністю вижити до кінця терміну служби, тоді як більш висока вартість відображує більшу ймовірність вижити до кінця терміну служби.

У цьому дослідженні кожен із запропонованих методів давав значення активів, які відрізняються через їх різні математичні формулювання. Тим не менш, всі вони сприяють додатковій інформації у питання про оцінку активів і, таким чином, дають результати, які можуть допомогти досягти цілей оцінки активів. Зрештою, метод EDMC рекомендується для прийняття INDOT (Департамент транспорту штату Індіана) для оцінки їх активів.

Загальна вартість активів магістральних доріг (highway) штату Індіана була визначена в цьому дослідженні шляхом використання традиційного та запропонованих методів. За допомогою EDMC вона була оцінена у приблизно \$54 мільярда доларів (2010 року) – дорожній одяг \$47,1 млрд і мости \$7,8 млрд відповідно, що складає 81,34% від загальної вартості. Загальна вартість інших активів склала приблизно \$0,556 млрд (0,83%). Розподілення було таким: огороження – \$0,318 млрд; закриті дренажі – \$0,005 млрд; водопропускні

труби – \$0,214 млрд; дорожні знаки – \$0,019 млрд; Загальна вартість смуги відведення (right-of-way) – \$12,04 млрд.

Використовуючи найпоширеніший метод, яким користуються в інших штатах, а саме методом прямолінійної форми амортизації (SLD), вартість дорожнього одягу та мостів значеннями INDOT (Indiana Department of Transportation) визначив відповідно 12,4 млрд. доларів та 9,59 млрд. доларів. Як видно, існує велика різниця в оцінках. Автори пояснюють цю різницю тим, що EDMC явно розглядає актив як складний і виконує оцінку для кожного його компонента, а не розглядає споруду як монолітний об'єкт. Також, використовуючи одиничну вартість дорожніх активів в Індіані, була визначена загальна вартість для мостових активів та активів дорожнього одягу у Сполучених Штатах в цілому. Загальна вартість державних доріг у країні визначалася як 4,97 трлн доларів за допомогою методу EDMC та 2,1 трлн доларів за допомогою методу SLD. Для дорожнього одягу та мостів на всіх автомобільних доріг країни методи EDMC та SLD дали \$20,8 трлн і \$6,54 трлн відповідно.

В дослідженні [4] балансову вартість (Carrying Amount) кожного дорожнього активу обчислюють за формулою:

$$\text{Carrying Amount} = \text{CRC} - \text{Accumulated Depreciation}, \quad (8)$$

де *CRC* – поточна вартість заміщення (Current Replacement Cost);

Accumulated Depreciation – накопичена амортизація.

Перераховують накопичену амортизацію кожного разу, коли проводиться переоцінка. Накопичена амортизація активу визначається за допомогою терміну придатності та терміну корисного використання активу. Дата закінчення терміну дії оцінюють за допомогою одного з двох методів: 1) оцінка стану – "амортизація за допомогою оцінки стану"; 2) вік активів – "амортизація, з використанням віку". Для амортизації, що використовує оцінку стану, передбачається, що споживання економічної вигоди активу буде пропорційним

його стану. Це призводить до накопиченої амортизації (*Accumulated Depreciation*) активів, що не обчислюється залишковою вартістю:

$$\text{Accumulated Depreciation} = ((CRC) \times (\text{Condition Score} / \text{End of Life Condition Score})) \quad (9)$$

де *CRC* – поточна вартість заміщення (*Current Replacement Cost*);

Condition Score – оцінка стану;

End of Life Condition Score – оцінка стану у кінці життя активу.

Результати останніх вітчизняних досліджень викладені у публікаціях з [5] по [11]. Відправним пунктом досліджень з оцінювання вартості автомобільних доріг можна вважати роботу [7], у якій: по-перше, констатована відсутність національних стандартів оцінки таких потужних державних об'єктів, як автомобільні дороги, для цілей бухгалтерського обліку; по-друге, рекомендується використовувати підходи з міжнародних стандартів оцінки (МСО); по-третє, враховуючи спеціалізований характер дороги як державного нерухомого майна, що не продається на ринку, для оцінювання рекомендовано використання витратного підходу на основі амортизованих витрат заміщення; по-четверте, намічено шлях розрахунку фізичного зносу на основі оцінки зносу окремих елементів (складових) дороги; по-п'яте, дані рекомендації побудови кваліметричної моделі, яка враховує ієрархію показників простих та складних властивостей дороги.

Одночасно були розроблені кваліметрична модель та приклад її застосування для оцінювання транспортно-експлуатаційного стану ділянки автомобільної дороги [6]. Декларовані в цій роботі принципи побудови кваліметричної моделі були використані у подальших дослідженнях її авторів.

Важливим етапом у створенні методології оцінювання якості та вартості автомобільних доріг стало дослідження науковців кафедри транспортного будівництва та управління майном НТУ щодо розробки математичної моделі вартісної оцінки дорожньо-транспортних активів як складової інформаційно-управлінської системи [8].

Оціночну вартість дорожнього активу запропоновано формалізувати за мультиструктурним підходом, а саме через функцію обчислення вартості дорожнього активу, яка враховує сумісний вплив множини його елементів на вартість, як суму оціночних вартостей кожного елементу дорожнього активу, визначених витратним підходом, та вартості земельної ділянки, визначеної згідно чинного законодавства. Ця функція враховує сумісний вплив елементів активу на його на вартість. Розглянуті чотири класичні методи витратного підходу: 1) метод переоцінки / дооцінки активу; 2) метод граничного стану; 3) метод фіксованої вартості по відношенню до граничного стану; 4) метод перенесеної вартості (заміщення).

Автори [8] висунули пропозицію ввести у формулу розрахунку вартості елементу активу (згідно з основними положеннями кваліметрії) поняття рівня якісного стану у вигляді безрозмірного коефіцієнту з областю визначення в інтервалі $[0; 1,0]$, який належить множині раціональних чисел та являє собою суму добутків диференційних відносних показників властивостей на коефіцієнти вагомості складних (комплексних) властивостей об'єкта оцінки певної групи з загальної кількості груп. Причому, відносний груповий показник є сумою добутків одиничних (простих) диференційних показників якісного стану об'єкту оцінювання на коефіцієнт вагомості простих властивостей. Уведено також коефіцієнт зносу елементу активу (фізичного та/або функціонального), оберненого до коефіцієнту рівня якісного стану, за допомогою якого можна обчислити вартість елементу активу та вартість зносу.

В роботі [8] сформульований підхід до побудови ієрархічної моделі визначення якості автомобільних доріг, який базуються на основних положеннях кваліметрії. Зокрема, підкреслено, що визначення коефіцієнтів вагомості є однією з ключових задач, яку необхідно розв'язувати при проведенні вартісної оцінки об'єктів дорожньої інфраструктури. Запропоновано визначати коефіцієнти вагомості вартісним методом – «якість пропорційна вартості, а вагомість ідентична витратам», проте наведена і методика їх експертного призначення.

Значна увага в роботі [8] приділена питанню достовірності отриманого коефіцієнту рівня якості на основі визначення відхилень (похибок) абсолютних величин, що розглядається теорією випадкових вимірів. У випадку застосування експертного методу визначення абсолютних показників якісного стану активів, статистичні характеристики похибок оцінюються методом оцінки по відхиленню від середнього, методом рангової кореляції або методом конкордації

Далі автори [8] розглянули класичні методи вартісної оцінки з позиції врахування запропонованої концептуальної моделі процедури оцінки, яка базується на концепції визначення рівня якісного стану. і новодать відповідні розрахункові формули.

Враховуючи факти ймовірнісної природи динаміки стану елементів доріг, автори пропонують включення імовірнісних елементів в оцінку активів через надання діапазонів, а не фіксованих значень для вхідних параметрів оцінки, таких як вартість заміщення, якісний стан і термін експлуатації. Отже, прогнозування вартості активів в будь-який момент часу, згідно специфіці різних дорожніх активів, можна здійснювати на основі логістичного розподілу, розподілу Гомпертця, Вейбулла, гамма- або експоненціального розподілу. Проте, здається, розв'язання цієї задачі виходить далеко за рамки дослідження [8].

Автори [8] стверджують, що згідно з розробленою математичною моделлю, вартісну оцінку активів дорожньо-транспортного комплексу необхідно здійснювати за побудованою ними концептуальною моделлю процедури оцінки активів дорожньої інфраструктури (її структурна схема наведена у статті).

Результати апробації розробленої математичної моделі вартісної оцінки дорожніх активів на основі методу перенесеної вартості (заміщення або відтворення), наведені у [8], дають корисний зрозумілий матеріал для сприйняття ідей та пропозицій, запропонованих авторами.

Закономірним розвитком наведених досліджень науковців НТУ стала розробка спільно з ДП «ДерждорНДІ» Методичних рекомендацій з проведення вартісної оцінки автомобільних доріг і споруд на них [9] (далі – МР), У МР, окрім оцінювання вартості власно автомобільної дороги, наведено порядок визначення вартості земельної ділянки під автомобільною дорогою, У додатках МР на практичних прикладах роз'яснюються деталі запропонованих положень, моделей та процедур. Отже, МР містять основні положення методичних підходів та практичних рекомендацій, які з урахуванням вимог чинних нормативно-правових актів забезпечують достовірне проведення вартісної оцінки автомобільних доріг і споруд на них. У статті [10] автори пояснюють основні положення оцінювання вартості автомобільних доріг та споруд на них, що стали основою для розробки МР [9], та наводять опис розробленої інформаційно-аналітичної системи, алгоритми якої забезпечують автоматизацію проведення розрахунків вартісної оцінки автомобільних доріг загального користування. Інформаційно-аналітична система є програмою з визначеною структурою, інтерфейсом та параметрами.

Метою авторів дослідження [11] була розробка моделі вагомостей параметрів дорожньо-транспортних активів на прикладі автомобільних доріг у складі інформаційно-управлінської системи грошової оцінки (далі, для скорочення, ІУСГО), яка, на думку авторів, дає можливість проведення ґрунтового вартісного оцінювання ділянок автомобільних доріг з метою прийняття раціональних управлінських рішень щодо дорожніх активів для подальшого залучення інвесторів. Для цього автори сформувавши концептуальні підходи до побудови моделі вагомостей параметрів дорожніх активів; побудували узагальнену кваліметричну модель оцінки якісного стану автомобільної дороги з урахуванням моделі вагомостей її параметрів та конструктивних елементів. При цьому, ІУСГО представлена як частина управлінських технологій щодо дорожньо-транспортних активів.

В свою чергу, процес визначення рівня якісного стану автомобільної дороги в ІУСГО можна вважати механізмом, складовими якого є: категорійна

модель оцінювання якісного стану об'єкту (автомобільної дороги), багаторівнева ієрархічна система показників властивостей об'єкту оцінювання, метод і алгоритм визначення вагомості впливу кожного показника властивостей на результуючий рівень якісного стану об'єкту оцінювання, операнди ІУСГО (об'єкти, над якими виконується операція оцінювання), методи збору інформації про значення показників властивостей об'єкту оцінювання, методи призначення базових (еталонних) показників властивостей, методи грошового оцінювання активів.

Особливо слід відмітити пропозицію авторів щодо застосування для раціональної декомпозиції в ієрархічній моделі властивостей об'єкта грошового оцінювання – автомобільної дороги методології АНР (Analytic Hierarchy Process) Томаса Сааті [12] (який інакше називають методом аналізу ієрархій – МАІ, наприклад, в СОУ [13] та багатьох інших. Застосування декомпозиції за допомогою АНР, як вважають автори, дозволить визначити обґрунтований комплексний показник якісного стану дорожнього активу.

У концептуальних підходах до побудови моделі вагомостей параметрів дорожньо-транспортних активів автори [11] запропонували розділити показники оцінки якісного стану дороги на дві основні групи: фізичні та функціональні. Фізичні змінюються з часом і їх можна охарактеризувати числовим значенням або певними нормативними вимогами, що регламентують відповідність або невідповідність вимогам користувачів доріг. Функціональні показники з часом не змінюються, але їх відповідність вимогам користувачів змінюється зі зміною кількості і структури користувачів та значення ділянки автомобільної дороги, що оцінюється. Ці групи відповідають поняттям фізичного і функціонального зносу активу. Далі, дві основні групи показників (фізичні та функціональні) ділять на підгрупи. Фізичні показники – це параметри експлуатаційних якостей складових автомобільних доріг, значення яких змінюються під впливом транспортних навантажень, природних факторів, старіння матеріалів тощо,. А функціональні – це технічні параметри, головним чином, геометричні, а також гігієнічні показники, що характеризують вплив

дороги на навколишнє середовище. До функціональних показників віднесена також інтенсивність дорожнього руху. Процес обрання методу або комбінації методів для визначення вагомостей властивостей спирається на дві групи методів – аналітичні або експертні.

Автори дослідженні [11] впевнюють, що на основі експертного та аналітичного підходів визначені модельні коефіцієнти вагомості показників якісного стану доріг вищих категорій та сформована, яка дозволяє оцінити якісний стан об'єкта оцінювання за фізичним та функціональним зносом. Адекватність моделі підтверджена стандартними процедурами. Розроблена повна універсальна кваліметрична модель грошової оцінки автомобільної дороги є основною складовою ІУСГО з обґрунтування управлінських рішень щодо дорожньо-транспортних активів.

Проведений аналіз останніх досліджень і публікацій дозволяє констатувати, що напрями вітчизняних досліджень щодо оцінювання вартості активів автомобільних доріг в цілому відповідає світовим дослідженням, спираються на них та вносять помітні удосконалення в процес оцінювання. Головна увага в цьому аналізі була приділена проблемі створення універсальної кваліметричної моделі грошової оцінки автомобільних доріг на основі витратного підходу, глибоко розкритої у наведених роботах. Проте, аналіз показав, що ще залишається багато проблем, які очікують свого вирішення, у тому числі чіткого формулювання термінів та визначених ними понять, застосування удосконалених методів визначення вагомості показників якісного стану доріг та інші.

Метою статті є викладення пропозицій автора щодо застосування методів процесу аналітичної ієрархії Т.Л. Сааті (АНР) у ієрархічній кваліметричній моделі Г.Г. Азгальдова (ІКМ).

Виклад основного матеріалу дослідження. Перш за все, потрібно звернути увагу на суттєву різницю у призначенні АНР і ІКМ. АНР спрямовані здебільшого на проблеми обґрунтування *вибору* рішення, а ІКМ на проблеми

оцінювання якості певного об'єкту. АНР був розроблений і запропонований у 1977 р. Томасом Л. Сааті.

АНР – це математичний інструмент, орієнтований на комплексний підхід щодо вирішення складних проблем, пов'язаних із задачею прийняття рішень. АНР надає можливість структурувати проблеми обґрунтування прийняття рішень у вигляді ієрархії та отримати кількісну оцінку варіантів (*альтернатив*) вирішення поставленої проблеми.

Ієрархічна структура – це, як правило, графічна представлення проблеми у вигляді дерева, що «росте» вниз (вправо, вліво), де кожен елемент, залежить від одного чи декількох розташованих нижче елементів. Розбудова ієрархії полягає у розкладанні складної цільової проблеми (кореня або стовбура, нульового у кваліметрії або першого в АНР) на все менш складні задачі (підпроблеми) більш зрозумілі, ніж загальна проблема. Кожна така частина проблеми може бути проаналізована незалежно від інших. Елементи ієрархії (з множині критеріїв різних рівнів і підлеглості та множини альтернатив) можуть стосуватися будь-якого аспекту проблеми – матеріального чи нематеріального, ретельно виміряного або грубо оціненого, добре або погано зрозумілого, отже будь-чого, що стосується відповідної проблеми. Після формування ієрархії критеріїв оцінювання встановлюються пріоритети (ваги) критеріїв та оцінюються альтернативи, частіше за методом лінійної згортки. В результаті визначається відносна значимість досліджуваних альтернатив для всіх критеріїв ієрархії.

В моделях АНР задіяні так звані матриці порівнянь, заснованих на попарних порівняннях критеріїв або альтернатив. Для цього в АНР використовують якісну шкалу гіперпорядку з цілими значеннями від 1 до 9 та їх оберненими значеннями [12]. Тому при розбудові ієрархічної моделі необхідно це враховувати. Алгоритм АНР:включає наступні етапи: побудова ієрархії, утворення матриці попарних порівнянь поєднання (MPS), отримання вектору пріоритетів, оцінку ступеня узгодженості матриці попарних порівнянь, отримання найкращої альтернативи.

Ієрархічна структура процесу оцінювання вартості автомобільної дороги можна охарактеризувати наступним чином:

Ціль – визначення оціночної вартості автомобільної дороги;

1. Критерії першого рівня:

K_1, K_2, K_3 – фізичний, функціональний та економічний (зовнішній) знос відповідно;

2. Критерії другого рівня:

1) віднесені до фізичного зносу:

K_{11} – дорожній одяг;

K_{12} – земляне полотно;

K_{13} – штучні споруди (мости, шляхопроводи, естакади, труби тощо);

K_{14} – інженерне облаштування;

K_{15} – технічні засоби для організації та регулювання дорожнього руху;

K_{16} – архітектурне облаштування;

K_{17} – об'єкти дорожнього сервісу;

K_{18} – зелені насадження;

2) віднесені до функціонального зносу:

K_{21} – параметри елементів плану і поздовжнього профілю;

K_{22} – параметри поперечного профілю;

K_{23} – показники з безпеки дорожнього руху;

K_{24} – габарити штучних споруд;

K_{25} – обмеження тимчасових навантажень штучних споруд;

K_{26} – оцінка впливу на навколишнє середовище (гігієнічні показники [11]);

3) віднесені до економічного (зовнішнього) зносу:

K_{31} – інтенсивність та склад дорожнього руху;

K_{32} – зміна норм проектування автомобільних доріг та споруд на них;

K_{33} – зміна нормативних вимог до експлуатаційних якостей елементів доріг;

K_{34} – зміна нормативних екологічних вимог до автомобільних доріг;

K_{35} – зміна соціально-економічних вимог користувачів доріг;

K_{36} – зовнішні обставини, що унеможливають використання існуючих можливостей дороги;

3. Критерії третього рівня (на прикладі: дорожнього одягу):

1) віднесені до фізичного зносу: дорожнього одягу, підкритерій K_{11} ;

K_{111} – дорожній одяг з асфальтобетонним покриттям;

K_{112} – дорожній одяг з цементобетонним покриттям;

4. Критерії четвертого рівня (на прикладі: асфальтобетонного покриття дорожнього одягу):

1) віднесені до фізичного зносу: підкритерій K_{111} ;

K_{1111} – рівність покриття;

K_{1112} – зчеплення колеса з покриттям;

K_{1113} – міцність покриття;

K_{1114} – цілісність покриття;

.....

І так далі, поки не будуть визначені всі підкритерії.

При цьому кількість рівнів може бути збільшена, або зменшена, а також може бути різною для окремих відгалужень (гілок) ієрархічного дерева (див. [12, Figure 1]). Зазвичай ієрархічну структуру починають будувати зверху, починаючи з цілі.

На рис. 3 наведений фрагмент запропонованої ієрархії, проте неповний з-за її реального розміру, а лише з виокремленням тільки однієї повної гілки фізичного зносу асфальтобетонного покриття дорожнього одягу. З-за цього зв'язок альтернатив з критеріями та підкритеріями показаний теж умовно. На рис. 3 нижні індекси при критеріях та підкритеріях K означають номери рівнів ієрархії, а ω – відносну вагу відповідного критерію або підкритерію.

Альтернативами, що знаходяться на останньому рівні наведеної вище ієрархії можуть бути чотири методи витратного підходу, що визначають вартість автомобільної дороги [9, 10]: 1) метод переоцінки / дооцінки активу, 2) метод граничного стану, 3) метод фіксованої вартості по відношенню до граничного стану, 4) метод перенесеної вартості (заміщення). Крім того,

варіабельність альтернатив може породжуватись вибором значення базового показника властивості еталонного зразка при визначенні диференційних показників властивостей. Особливо це важливо для обґрунтування економічно виправданих та перспективних зразків.

Алгоритм визначення ваг ω в АНР широко відомий [12, 13]. Відповідно до методу, запропонованого Сааті, з урахуванням факту, що діагональні елементи матриці попарних порівнянь $a_{ii} = 1$, проводиться $(n^2-n)/2$ порівнянь для розрахунку пріоритетів для кожної матриці з n альтернативами. Це призводить до великої кількості обчислень. Тому було розроблено багато модифікацій АНР [14]. Одна з них представлена в дослідженні [15] і виглядає перспективною у подальших дослідженнях.

Отже, аналіз показав, що за допомогою АНР можна визначити вагомості властивостей для використання у кваліметричній моделі оцінювання комплексного показника якісного стану автомобільної дороги, якщо використовувати найвищий рівень ієрархії ІКМ на рівні простих властивостей, як групові на найнижчому рівні критеріїв (перед альтернативами) у ієрархічній моделі АНР.

Крім того, аналіз ІКМ вказує на необхідність підвищення рівня універсальності його реалізації. В цьому плані важливим здається дослідження [16], присвячене питанню кількісного визначення якості, яке є ключовим для належної оцінки та контролю якості інженерної системи, а також для надання корисної підтримки та даних для осіб, які приймають рішення. Отже, ця робота була зосереджена на зміцненні кількісного визначення якості для інженерії систем, починаючи з основних ідентифікованих прогалин. Автори показали, що кількісне визначення якості в системах інженерії може бути закріплене у конкретному прикладному дослідженні з кваліметрії, який є обмеженим і часто запобігає реплікації або узагальненню в інших системах. Тому автори запропонували повернутись до основ та використовувати кваліметрію, яка є наукою про кількісне визначення якості, корисною щоб заповнити ці прогалини. Перший внесок авторів має на меті з'ясувати, використовувати та

сприяти знанням, пов'язаним з кваліметрією, пропонуючи синтетичний погляд на «будинок кваліметрії» та її шість стовпів. Потім, щоб підтримати цей синтетичний погляд, автори розробили його два архітрави (архітектурний термін – балка між стовпами): модель якості та виміру. Авторами уведено поняття поліморфізму, який відображає здатність моделі якості для опису різних типів об'єктів, а також зв'язок з іншими моделями якості. На закінчення, ця робота відкриває нову перспективу щодо кількісного визначення якості в системах інженерії завдяки науці – кваліметрії, яка дає можливість заповнити ідентифіковані прогалини, використовуючи практичні рішення.

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

1. Констатована відсутність національних стандартів оцінки таких потужних державних активів, як автомобільні дороги, для цілей бухгалтерського обліку.

2. Проведений аналіз останніх досліджень і публікацій дозволяє стверджувати, що напрями вітчизняних досліджень щодо оцінювання вартості активів автомобільних доріг в цілому відповідають світовим дослідженням, спираються на них, а результати вітчизняних досліджень внесли помітні удосконалення в теорію і практику процесу оцінювання.

3. Показано, що застосування методів аналітичного ієрархічного процесу (АНР) цілком правомочне і, навіть без рівня альтернатив, може сприяти визначенню вагомостей параметрів автомобільних доріг у кваліметричній моделі.

4. Розроблена ієрархічна структура автомобільної дороги для застосування АНР, яка включає окрім фізичного та функціонального зносу, ще й економічний (зовнішній) знос.

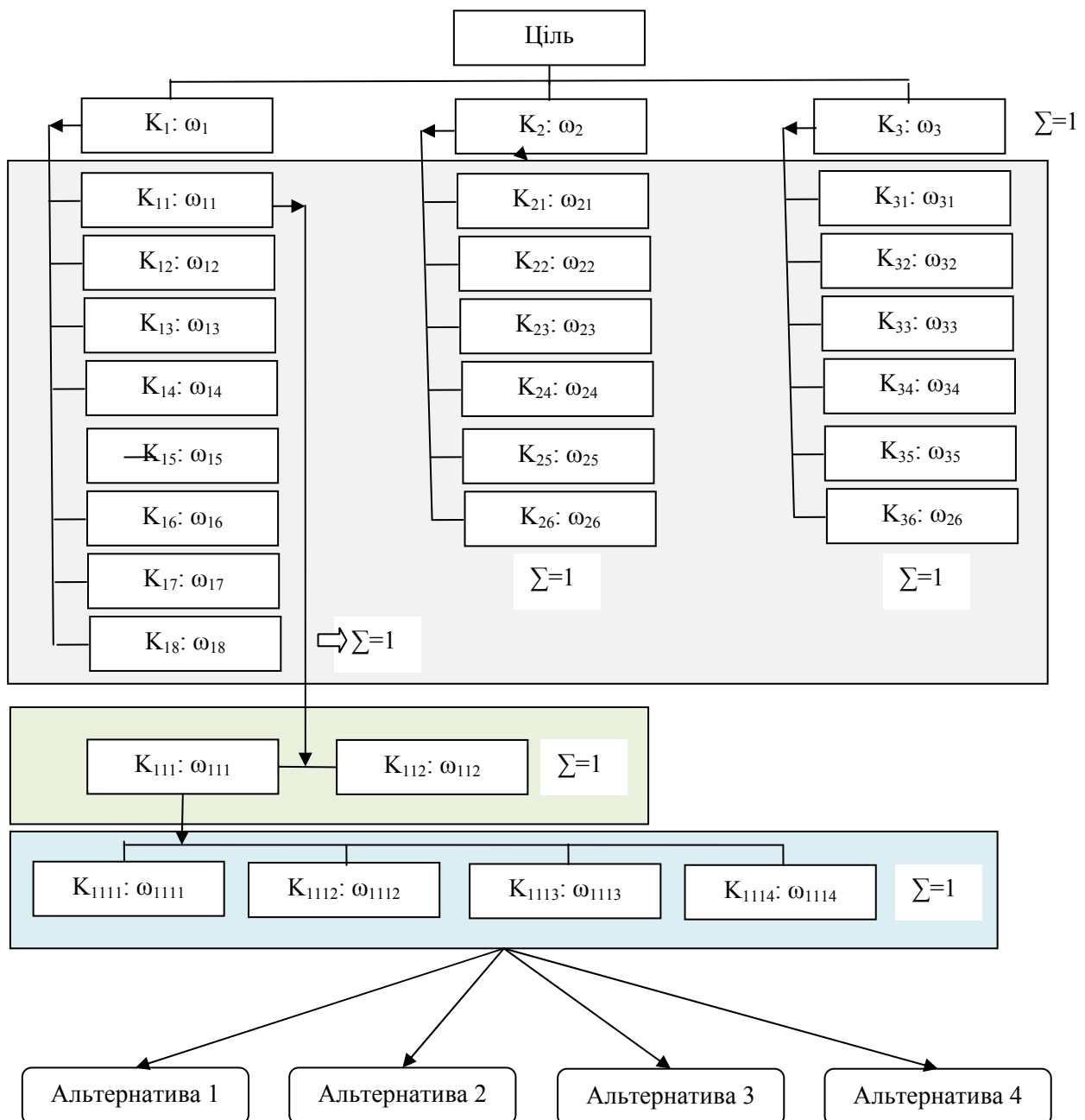


Рис. 3. Фрагмент ієрархії АНР для оцінювання вартості дорожнього активу

Джерело: розроблено автором

5. Застосування повної моделі АНР доцільне для вибору альтернативних варіантів визначення комплексного показника якості автомобільної дороги i , на цій основі, вибору раціональної моделі визначення її вартості на основі витратного підходу.

6. Пропонується замість вартісного методу оцінки вагомостей параметрів автомобільної дороги використовувати експертний метод, який враховує важливість впливу параметрів на ризики функціонування дороги.

6. Приймаючи до уваги значний об'єм обчислень в моделі АНР у задачі оцінювання доцільно використовувати модифіковані алгоритми. Потрібні дослідження і розробка прототипу програмного забезпечення реалізації вибраного модифікованого алгоритму з урахуванням принципу поліморфізму створення кваліметричних моделей на практиці.

Література

1. 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. Opara K. Road Asset Evaluation Models / Karol Opara // 2011. – 10 p. – URL: <https://www.ibspan.waw.pl/~opara/resources/Opara%20-%20Road%20Asset%20Evaluation%20Models.pdf>

3. Dojutrek M.S., Makwana P.A. and Labi S. Methodology for Highway Asset Valuation in Indiana. FHWA/IN/JTRP-2012/31, Purdue University, West Lafayette, IN. 2012, 79 p. URL: <https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3003&context=jtrp>

4. Road Asset Valuation and Methodology. Tonkin Consulting Pty Ltd. 2019. 40 p. URL: <https://yorke.sa.gov.au/content/uploads/2020/08/Separate-Cover-Item-8.13-Road-Asset-Valuation-and-Methodology.pdf>

5. Slavinska E., Kharchenko A. Methodological approaches to property valuation in PPP projects in the road sector / E.Slavinska, A. Kharchenko // *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*: Науково-технічний збірник. 95 випуск К.: НТУ-2016-С.104-111.

URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/95/104-110.pdf

6. Славінська О.С., Харченко А.М. Застосування кваліметричної моделі до оцінки транспортно-експлуатаційного стану автомобільної дороги.

Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 95. 2016. С. 111-120.
URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/adidb_2016_95_13

7. Славінська О.С. Методологія майнової оцінки автомобільної дороги, як об'єкта державної власності. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 97. 2016. С. 70-76. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/97/070-076.pdf

8. Славінська О. С. Розробка математичної моделі вартісної оцінки дорожньо-транспортних активів як складової інформаційно-управлінської системи / О. С. Славінська, В. Я. Савенко, А. М. Харченко, А. В. Бубела // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. - Vol.90. 2017. 27 p. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/118798/213295>

9. Методичні рекомендації з проведення вартісної оцінки автомобільних доріг і споруд на них (МР Д 1.2-37641918-884:2017). URL: <http://dorndi.org.ua/ua>

10. Безуглий А. О. Особливості проведення вартісної оцінки автомобільних доріг загального користування. / А.О. Безуглий, Ю.М. Бібік, А.В. Бубела, І.Л. Гресько, О.С Славінська, А.М. Харченко // *Збірник наукових праць «Дороги і мости»*. 2019 Issue 19-20. С. 5-15. URL: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2019.19.005>

11. Славінська О. С. Розробка моделі вагомостей параметрів автомобільних доріг у складі інформаційно-управлінської системи грошової оцінки / О. С. Славінська, В. В. Стюжка, А. М. Харченко, А. В. Бубела, А. І. Кватадзе // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019.-31 с. URL: <https://www.neliti.com/publications/308012/development-of-a-model-of-the-weight-of-motor-roads-parameters-as-part-of-the-in>

12. Saaty T.L. Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, Vol. 1, No. 1, 2008. P. 83-98. URL: https://www.researchgate.net/profile/Muhammad-Abas/post/How-do-I-perform-AHP-on-a-hierarchy-having-more-than-two-levels/attachment/59d646d0c49f478072eaea6a/AS%3A273837772476419%401442299420290/download/saaty_2008.pdf

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

14. Миронова Н.О. Інтеграція модифікацій методу аналізу ієрархій для систем підтримки прийняття групових рішень / *Радіоелектроніка, інформатика, управління*. 2011. № 2. с. 47-54. URL: <http://ric.zntu.edu.ua/>

15. 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>

Appendix 1: Approximate methods of calculating the eigenvector and eigenvalue. URL: <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S2215016119303243-mmcl.doc>

16. Argotti Yann, Baron Claude, Esteban Philippe Quality quantification in Systems Engineering from the Qualimetry Eye. IEEE International Systems Conference (SysCon) (IEEE SysCon 2019), IEEE, Apr 2019, Orlando, United States. URL: <https://hal.laas.fr/hal-02010891/file/Quality%20quantification%20in%20System%20Engineering%20from%20the%20Qualimetry%20eye%20-%20Argotti%20et%20al.pdf>

References

1. 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 10 Aug 2022).

2. Opara, K. (2011), “Road Asset Evaluation Models”, available at: <https://www.ibspan.waw.pl/~opara/resources/Opara%20-%20Road%20Asset%20Evaluation%20Models.pdf> (Accessed 10 Aug 2022).

3. Dojutrek, M.S. Makwana, P.A. and Labi, S. (2012), “Methodology for Highway Asset Valuation in Indiana”, Purdue University, West Lafayette, available

at: <https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3003&context=jtrp>
(Accessed 10 Aug 2022).

4. Tonkin Consulting Pty Ltd. (2019), “Road Asset Valuation and Methodology”, available at: <https://yorke.sa.gov.au/content/uploads/2020/08/Separate-Cover-Item-8.13-Road-Asset-Valuation-and-Methodology.pdf> (Accessed 10 Aug 2022).

5. Slavinska, E. and Kharchenko, A. (2016), “Methodological approaches to property valuation in PPP projects in the road sector”, *Avtomobil'ni dorohy i dorozhnie budivnytstvo: Naukovo-tekhnichnyj zbirnyk*, vol. 95, pp.104-111, available at: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/95/104-110.pdf (Accessed 10 Aug 2022).

6. Slavins'ka, O.S. and Kharchenko, A.M. (2016), “Application of the qualitative model to the evaluation of the transport and operational condition of the road”, *Avtomobil'ni dorohy i dorozhnie budivnytstvo*, vol. 95, pp. 111-120, available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/adidb_2016_95_13 (Accessed 10 Aug 2022).

7. Slavins'ka, O.S. (2016), “Methodology of property valuation of the highway as an object of state ownership”, *Avtomobil'ni dorohy i dorozhnie budivnytstvo*, vol. 97, pp. 70-76, available at: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/97/070-076.pdf (Accessed 10 Aug 2022).

8. Slavins'ka, O.S. Savenko, V.Ya. Kharchenko, A.M. and Bubela, A.V. (2017), “Development of a mathematical model of evaluation of road-and-transport assets as a component of information-and-management system”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 90, available at: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/118798/213295> (Accessed 10 Aug 2022).

9. DerzhdorNDI SE (2017), “Methodological recommendations for carrying out cost evaluation of highways and structures on them”, available at: <http://dorndi.org.ua/ua> (Accessed 10 Aug 2022).

10. Bezuhlyj, A.O. Bibik, Yu.M. Bubela, A.V. Hres'ko, I.L. Slavins'ka, O.S and Kharchenko, A.M. (2019), “Features of carrying out the cost evaluation of public roads”, *Zbirnyk naukovykh prats' «Dorohy i mosty»*, vol. 19-20, pp. 5-15. doi.org/10.36100/dorogimosti2019.19.005

11. Slavins'ka, O.S. St'ozhka, V.V. Kharchenko, A.M. Bubela, A.V. and Kvatadze, A.I. (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, available at: <https://www.neliti.com/publications/308012/development-of-a-model-of-the-weight-of-motor-roads-parameters-as-part-of-the-in> (Accessed 10 Aug 2022).

12. Saaty, T.L. (2008), "Decision making with the analytic hierarchy process", Int. J. Services Sciences, vol. 1, no. 1, pp. 83-98, available at: https://www.researchgate.net/profile/Muhammad-Abas/post/How-do-I-perform-AHP-on-a-hierarchy-having-more-than-two-levels/attachment/59d646d0c49f478072eaea6a/AS%3A273837772476419%401442299420290/download/saaty_2008.pdf (Accessed 10 Aug 2022).

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

14. Myronova, N.O. (2011), "Integration of modifications of the method of analysis of hierarchies for support systems for group decision-making", Radioelektronika, informatyka, upravlinnia, vol. 2, pp. 47-54, available at: <http://ric.zntu.edu.ua/> (Accessed 10 Aug 2022).

15. Leal, J.E. (2020), "AHP-express: A simplified version of the analytical hierarchy process method", MethodsX, vol. 7, available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016119303243> (Accessed 10 Aug 2022).

16. Argotti, Y. Baron, C. and Esteban, Ph. (2019), "Quality quantification in Systems Engineering from the Qualimetry Eye", IEEE International Systems Conference (SysCon) (IEEE SysCon 2019), IEEE, Apr, Orlando, United States, available at: <https://hal.laas.fr/hal-02010891/file/Quality%20quantification%20in%20System%20Engineering%20from%20the%20Qualimetry%20eye%20-%20Argotti%20et%20al.pdf> (Accessed 10 Aug 2022).

Стаття надійшла до редакції 19.08.2022 р.