

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. № 9.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2022.9.36>
УДК 625.7/8: 005.336.3

Н. М. Соколова,
к. е. н., Національний транспортний університет, Київ, Україна
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0678-8882>
В. С. Козинець,
аспірант, Національний транспортний університет, Київ, Україна
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0378-6849>

УНІФІКАЦІЯ КВАЛІМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

N. Sokolova,
PhD in Economics, National University of Transport, Kyiv, Ukraine
V. Kozynets,
Postgraduate student, National University of Transport, Kyiv, Ukraine

UNIFICATION OF QUALIMETRIC MODELS OF PUBLIC ROADS

Метою статті є розробка пропозицій автора щодо шляху уніфікації кваліметричних моделей оцінювання якості автомобільних доріг і споруд на них та їх комп'ютерного програмного забезпечення на основі реалізації принципів кваліметрії та об'єктно-орієнтованого підходу. Виконаний аналіз вітчизняних наукових досліджень з оцінювання якості автомобільних доріг загального користування на засадах кваліметрії та аналіз зарубіжного дослідження щодо проблеми створення синтетичної концепції моделі якості і нового процесу вимірювань на базі основних положень кваліметрії, так званого

«Будинку кваліметрії», із застосуванням нового атрибуту моделі якості – поліморфізму. Встановлена необхідність розробки уніфікованої кваліметричної моделі якості автомобільних доріг з обов'язковим застосуванням поняття інтегральної якості та його показника, а також засобів прогнозу якісного стану автомобільних доріг. Висунуто пропозицію розробки прототипу (макету) програмного забезпечення автоматизованої системи оцінювання якості автомобільної дороги та споруд на ній з використанням VBA у MS Excel.

The purpose of the article is to develop the author's proposals for the unification of qualimetric models of highway quality assessment and their computer software based on the implementation of the principles of qualimetry and principles of object-oriented programming. The analysis of domestic scientific research on the quality assessment of public roads on the basis of qualimetry showed that they were focused on solving the problem of estimation of the value of roads, taking into account the assessment of their qualitative state. Developed hierarchical qualimetric models were gradually complicated and deepened. At the same time, the new models did not inherit their previous versions and were designed to speak from scratch. In this regard, an analysis of the possibility of applying one foreign research on the problem of unification of quality models was analyzed. Its authors, based on the analysis of ISO/IEC 9126, ISO 26262-6: 2011, ISO/IEEE/IEEE 15288: 2015, ISO/IEC 250xxxx standard series, have developed a synthetic concept of quality model and new measurement process. The study was based on the approach from the standpoint of qualimetry. The authors gave him the name "House of qualimetry". In the synthetic concept of the model of quality, the authors used a new attribute of the quality model – polymorphism. Polymorphism creates the ability to take into account the specifics of the assessment objects without changing the basic model. Based on the above results of the analysis of domestic and foreign sources, there is a need to develop a unified qualimetric model of highway quality assessment. The unified quality model must be used by integral quality and its indicator, as well as to forecast

the quality of the highways and structures on them. The new unified qualimetric model of highway quality assessment can be implemented by switching an automated expert evaluation system. The core of this system is computer software based on the application of object-oriented approach principles, not only polymorphism. It is proposed to develop the prototype of the software of the automated quality assessment system of a road with VBA in MS Excel.

Ключові слова: *автомобільні дороги, вимірювання якості кваліметричні моделі, уніфікація моделей, об'єктно-орієнтований підхід.*

Keywords: *public roads, quality measurement, qualimetric model, unification, object-oriented approach.*

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. Дорожніми адміністраціями багатьох країн світу визнається, що першим ключовим елементом для належного управління дорожніми активами є оцінювання їх якості. Оцінювання якості дорожніх активів, зокрема автомобільних доріг, доцільно здійснювати на основі теорії та методології кваліметрії.

Кваліметрія – це наукова дисципліна, яка вивчає проблеми та методологію комплексного кількісного оцінювання якості об'єктів будь-якого характеру (продукції, об'єктів інфраструктури, послуг, процесів, живого та неживого тощо). Базою узагальнення методології кваліметрії є синтетична концепція кваліметрії, у якій виділяють три рівні теорій:

1) загальну кваліметрію з формалізованою структурою системи оцінювання, що включає: систему категорій та понять, загальні принципи та аксіоматики кваліметрії, теорії: порівнянь та логіки оцінювання; кваліметричних шкал; згортання; алгоритмів оцінювання; проектування

програм, методик та алгоритмів оцінювання, а також типологію ситуацій оцінювання за формальними ознаками системи оцінювання;

2) спеціальні види кваліметрії з урахуванням «особливого» у засобах оцінювання, що здійснюють трансформацію методології загальної кваліметрії через «особливе» у вимірюванні та оцінюванні якості. До них відносять: експертну, індексну, таксономічну, ймовірісно-статистичну, нечітку кваліметрії, а також теорію обчислення ефективності як міри якості систем та процесів (узагальнена теорія ефективності);

3) предметні кваліметрії, засновані на урахуванні «специфічного» у предметному середовищі оцінювання, що визначає адаптацію методів та засобів оцінювання відповідних спеціальних кваліметрій через врахування особливостей об'єкту оцінювання. Зокрема, однією з предметних кваліметрій може бути кваліметрія автомобільних доріг та інші, застосовні до управління дорожніми активами, види предметних кваліметрій.

Зв'язування загальних та часткових методологій загальної та спеціальних кваліметрій із специфікою предметного середовища оцінювання потрібно здійснювати з урахуванням принципів кваліметрії, що виконують регуляторну функцію в цьому процесі.

Окремо виділяють так звану комп'ютерну кваліметрію – синтетичну кваліметрію, на базі комп'ютерних інформаційних технологій. Відсутність врахування різноманітності кваліметричних інструментів, як стверджують, призвело до «хаотичного» процесу розвитку різних версій програмного забезпечення з різною глибиною методологічної проробки, особливо оціночної частини таких комп'ютерних технологій. Вважають, що напрями комп'ютеризації кваліметрії повинні відображувати структуру синтетичної кваліметрії, ядром яких повинні бути комп'ютерні експертні системи.

Враховуючи різноманітність сфер предметного середовища застосування теорії та методології кваліметрії, на нашу думку, у методах, моделях та засобах оцінювання відповідних спеціальних та предметних кваліметрій слід виділити певні частини спільного, особливого та специфічного, і на цій основі

розробляти методи, моделі та засоби оцінювання та їх комп'ютерне втілення. Слід звернути увагу на проблему уніфікації самих моделей оцінювання якості та їх комп'ютерної реалізації, яка на сьогодні є мало дослідженою. Можна вважати, що вирішення проблеми уніфікації інструментарію оцінювання є актуальним науковим та практичним завданням, виконання яких дозволить зменшити трудомісткість, вартість та підвищити обґрунтованість оцінювання якості. Це дозволить удосконалити систему управління автомобільними дорогами в рамках підходу до управління активами, зокрема на основі застосування кваліметрії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінювання якості активів автомобільних доріг потрібно розглядати в рамках досліджень з управління дорожніми активами, залежного від очікувань користувачів доріг, 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; оцінювання якісного стану активів та оцінювання їх ефективності; генерація та оцінювання альтернатив інвестиційних стратегій; компромісний аналіз та вибір оптимальних інвестиційних стратегій.

Науковцями Національного транспортного університету (НТУ) була розроблені кваліметричні моделі вартісної оцінки активів автомобільних доріг з урахуванням їх фізичних та функціональних особливостей [2, 3, 4, 5, 6, 10, 11]. Запропоновані в них кваліметричні моделі головним чином стосуються оцінювання якості при визначенні вартості дорожніх активів у складі дорожньо-транспортного комплексу. Відправним пунктом досліджень з оцінювання вартості автомобільних доріг, на думку автора, можна вважати роботи [2, 3, 4, 5], у яких намічений шлях розрахунку зносу на основі оцінки зносу окремих елементів (складових) дороги та дані рекомендації побудови кваліметричної моделі, яка враховує ієрархію показників простих та складних

властивостей дороги. Декларовані в цих роботах принципи побудови кваліметричної моделі були використані у подальших дослідженнях їх авторів.

Важливим етапом у створенні методології оцінювання якості та вартості автомобільних доріг стала розробка математичної моделі вартісної оцінки дорожньо-транспортних активів як складової інформаційно-управлінської системи [6]. В цьому дослідженні автори висунули пропозицію ввести у формулу розрахунку вартості елементу активу поняття рівня якісного стану у вигляді безрозмірного коефіцієнту з областю визначення в інтервалі $[0; 1,0]$. Застосовано також коефіцієнт зносу елементу активу (фізичного та/або функціонального), за допомогою якого можна обчислити вартість елементу активу та вартість зносу. Був запропонований підхід до побудови ієрархічної кваліметричної моделі визначення якості автомобільних доріг, який базується на основних положеннях кваліметрії. Зокрема, підкреслено, що визначення коефіцієнтів вагомості показників властивостей доріг є однією з ключових задач, яку необхідно розв'язувати при проведенні вартісної оцінки об'єктів дорожньої інфраструктури. Запропоновано визначати коефіцієнти вагомості вартісним методом, але наведена також і методика їх експертного призначення. Значна увага приділена питанню достовірності отриманого коефіцієнту рівня якості на основі визначення відхилень (похибок) абсолютних величин, що розглядається теорією випадкових вимірів. При застосуванні експертного методу визначення абсолютних показників якісного стану активів статистичні характеристики похибок запропоновано здійснювати методом оцінювання по відхиленню від середнього, методом рангової кореляції або методом конкордації

Закономірним розвитком наведених досліджень науковців НТУ стала розробка спільно з ДП «ДерждорНДІ» Методичних рекомендацій з проведення вартісної оцінки автомобільних доріг і споруд на них [7]. У методичних рекомендаціях, окрім оцінювання вартості власно автомобільної дороги, наведено порядок визначення вартості земельної ділянки під автомобільною

дорогою, У додатках на практичних прикладах роз'яснюються деталі запропонованих положень, моделей та процедур.

У статті [8] автори пояснюють основні положення оцінювання вартості автомобільних доріг та споруд на них, що стали основою для розробки методичних рекомендацій [5], та наводять короткий опис розробленої інформаційно-аналітичної системи, алгоритми якої, на думку авторів, забезпечують автоматизацію проведення розрахунків вартісної оцінки автомобільних доріг загального користування на основі кваліметричної моделі.

Метою авторів дослідження [9] була розробка моделі вагомостей параметрів дорожньо-транспортних активів на прикладі автомобільних доріг у складі інформаційно-управлінської системи грошової оцінки, яка 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 сформуvalи концептуальні підходи до побудови моделі вагомостей параметрів дорожніх активів; побудували узагальнену кваліметричну модель оцінювання якісного стану автомобільної дороги з урахуванням моделі вагомостей її параметрів. Процес визначення рівня якісного стану автомобільної дороги – це механізм, складовими якого є: категорійна модель оцінювання якісного стану об'єкту, багаторівнева ієрархічна система показників властивостей об'єкту оцінювання, метод і алгоритм визначення вагомості впливу кожного з показників властивостей на результуючий рівень якісного стану об'єкту оцінювання, операнди (об'єкти, над якими виконується операція оцінювання), методи збору інформації про значення показників властивостей об'єкту оцінювання, методи призначення базових (еталонних) значень показників властивостей, методи грошового оцінювання активів. Адекватність моделі підтверджена стандартними процедурами.

Отже, головна увага у згаданих роботах була приділена проблемі створення кваліметричної моделі грошової оцінки вартості автомобільних доріг

на основі витратного підходу. Помітне поступове закономірне удосконалення кваліметричних моделей. На жаль, у згаданих роботах не розглянуті інтегральні показники якості, отже застосування теорії обчислення ефективності, як міри якості систем та процесів (узагальненої теорії ефективності за Г.Г. Азгальдовим).

Аналіз показав, що проблема уніфікації кваліметричних моделей та програмних засобів їх реалізації стосовно автомобільних доріг не розглядалась і ще очікує свого вирішення.

Метою статті є викладення пропозицій автора щодо шляху уніфікації кваліметричних моделей оцінювання якості автомобільних доріг та їх комп'ютерного програмного забезпечення на основі реалізації принципів кваліметрії та об'єктно-орієнтованого підходу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проблема універсалізації та типізації кваліметричних моделей оцінювання якості об'єктів різної природи обговорювалась вже на ранніх етапах розвитку кваліметрії. Фундатором кваліметрії Г.Г. Азгальдовим було запропоноване створення комп'ютерної експертної системи, яка стає своєрідним хранителем колективного судження експертів. Протягом вже більше п'ятих десятиріч після заснування кваліметрії відбувся бурхливий розвиток інформаційних технологій, а комп'ютерні експертні та інформаційно-аналітичні системи були розроблені у багатьох сферах людської діяльності.

Для управління автомобільними дорогами загального користування в Україні розроблені і пройшли двадцятирічний шлях практичного застосування Система управління станом покриття (СУСП), Аналітична експертна система управління мостами (АЕСУМ) та декілька інших комп'ютерних систем. Досвід їх практичного застосування супроводжувався необхідністю внесення змін у самі моделі, на основі яких функціонують ці системи і у відповідне програмне забезпечення. Зміни були обумовлені впровадженням результатів наукових досліджень стосовно оцінювання стану автомобільних доріг та мостів,

випуском нових версій нормативних документів, необхідністю розв'язання нових задач тощо. Проте, кваліметричні моделі в них не застосовуються.

Проблеми уніфікації кваліметричних моделей оцінювання якості присвячене дослідження [12], автори якого дійшли висновку, що недооцінка кількісного вимірювання якості (квантифікації) при прийнятті рішень призводить до відмов складних інженерних систем та їх неякісності, яка коштує компаніям 5% доходу. Більше того, іноді трапляється, що вплив, пов'язаний з цими відмовами, має тяжкі драматичні наслідки.

Кількісне визначення якості пов'язане з процесами верифікації та валідації. Особливо це важливо під час контролю якості цих двох процесів. Вони регулюють не лише набір відповідних характеристик якості, але і те, як їх вимірюють та оцінюють для забезпечення відповідності розробленої та виробленої системи певним вимогам. Крім того, квантифікація якості дає інструменти для оцінювання виконання вимог з точки зору якості. Автори аналізують контекст та проблеми кількісної оцінки якості в системній інженерії (стандарти ISO/IEC 9126, ISO 26262-6: 2011, ISO/IEEE/IEEE 15288: 2015 та серія стандартів ISO/IEC 250xxxx). Тут вимагається мати чітке визначення: що розуміється під якістю, системою, яку потрібно оцінити, системні залежності, спосіб характеристики якості системи, як і коли вимірюють ці характеристики та контролюють потім рівень якості під час кожного етапу життєвого циклу системи, описаного в ISO/IEC/IEEE 15288: 2015. Однак, на думку авторів, не дивлячись на те, що цей стандарт дає три моделі якості з фокусуванням на системи та програмне забезпечення, це слабкий стандарт, який потребує доповнень та роз'яснень. При цьому слід враховувати класифікацію моделей якості (рис. 1) [12, 13].

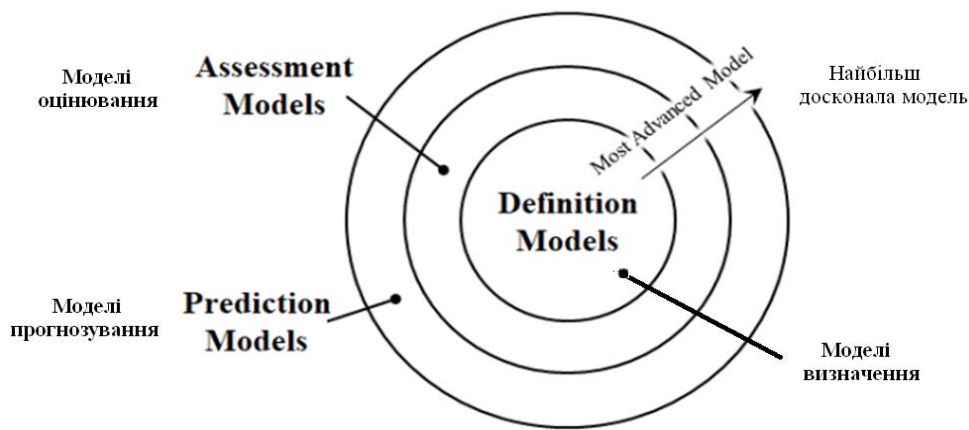


Рис.1. Класифікація DAP (Визначення-Оцінювання-Прогнозування).

Джерела: [12, 13], переклад автора

Для подолання недоліків існуючих стандартів автори, попередньо ознайомившись з роботами [14, 15], звернулись до кваліметрії. Вони вирішили запропонувати синтезований погляд на кваліметрію, представлений, як вони назвали, «Будинком кваліметрії» (рис. 2), який сприяє розумінню кваліметрії, відображує концепції моделей якості та вимірювання. Автори вважають за необхідне консолідувати концепції моделі якості та вимірювання шляхом створення концепції уніфікованої моделі якості та процесу вимірювання. Характеризуючи «Будинок кваліметрії», автори [12] використовують архітектурну термінологію.

Автори розробили уніфіковану концепцію моделі якості. Один архітрав у «Будинку якості» – це модель якості, а другий стосується вимірювання якості. Модель якості – це організоване та багаторівневе представлення відповідних характеристик якості для об'єкта оцінювання. Багаторівневий аспект можна визначити як подальше вдосконалення характеристик. Наприклад, у ISO/IEC 25010 (Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality models) присутня функціональна характеристика придатності, яка складається з трьох суб-характеристик: функціональна повнота, функціональна коректність та функціональна відповідність.

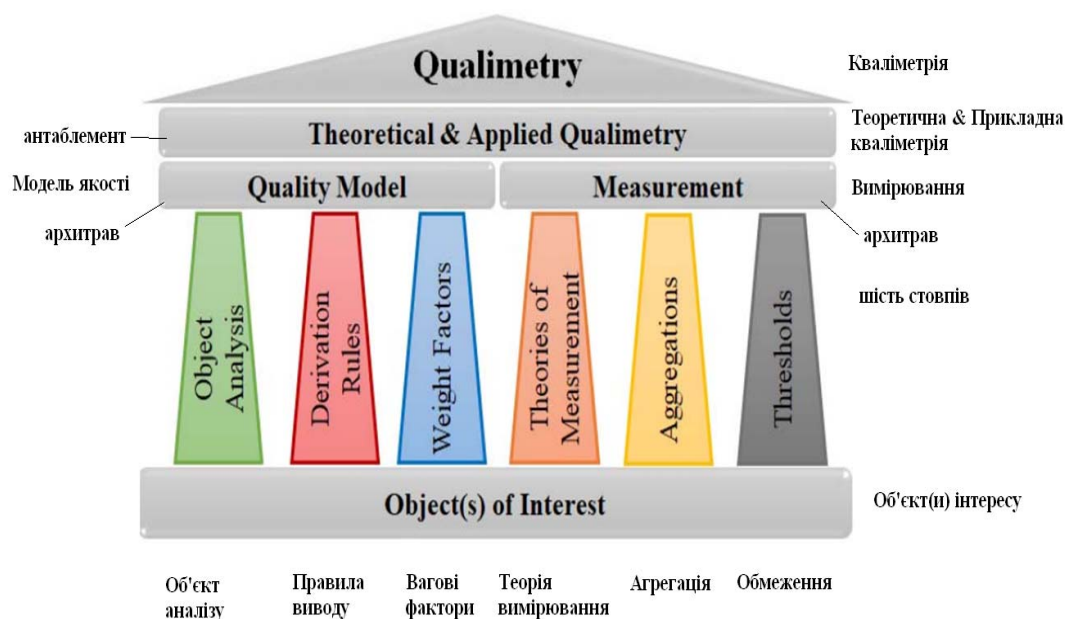


Рис. 2. «Будинок кваліметрії».

Джерело: [12], переклад автора

Щоб створити таку якісну модель, автори визначили три основні потоки підходів,

Азгальдова Г.Г, Wagner S. [13] та серію стандартів ISO/IEC 250NNN (табл. 1). Автори [12] зазначили, що навіть, якщо більшість цих атрибутів є спільними, вони не однаково детальні та у використанні. Крім того, автори добавили важливий новий атрибут, поліморфізм. Отже, виходячи з цих результатів порівняння, автори спочатку об'єднали атрибути у консолідований перелік, який слід враховувати при розробці або характеристиці моделі якості. Це злиття включає найповніше поширення кожного з цих атрибутів. Потім автори впорядкували їх, щоб генерувати єдину концепцію моделі якості, як показано на рис. 3: Таким чином, щоб розробити або описати модель якості, користувач повинен враховувати та використовувати послідовно кожен з цих атрибутів по черзі.

Уніфікована модель якості, створена на основі порівняння у табл. 1, включає:

Контекст та план оцінювання.

Ціль:

- Визначення.

- Оцінювання.
- Прогнозування.
- Мульти-цілі.

Методи оцінювання якості (QEM):

- Точний метод.
- Спрощений метод.
- Приблизний метод.

Джерело інформації про значення в QEM:

- Експертний метод.
- Аналітичний метод
- Гібридний метод.

Типи організації даних:

- Ієрархічний.
- Мета-модель.
- Статистичний і Неявний.

Правила побудови дерев:

Загальні правила:

- 6 Глобальних правил.
- 4 Генеральних правила часткових дерев.

Спеціальні правила:

- 2 правила, що відносяться до експертного методу & вагових факторів.
- 4 правила, що відносяться до кількості інформації & оцінювання.

Вагові фактори:

- На характеристику.
- На групу характеристик.

Поліморфізм:

- Ступінь поліморфізму.

- Поліморфізм моделей якості.

Таблиця 1. Порівняння основних трьох різних потоків роботи, що підтримує специфікацію моделі якості

Потік підходу			Wagner S.	ISO/IEC	Азгальдов Г.Г.
Сфера моделі якості			Проект і програмний продукт	Системний та програмний продукт у вживанні	Будь-яка сфера
Атрибути	1	Оцінювання: контекст і план	ні	План оцінювання	Контекст оцінювання
	2	Цілі	Визначення Оцінювання Прогноз Багатоцільовий	Визначення Оцінювання (частина оцінювання)	Визначення Оцінювання
	3	QEM: метод оцінювати якості	Не вказано, але передбачає приблизний метод	Не вказано, але передбачає приблизний метод	Точний метод Спрощений метод Приблизний метод
	4	Джерело інформації про значення в QEM*	Не вказано, але передбачає експертний метод	Не вказано, але передбачає експертний метод	Експертний метод Аналітичний метод Гібридний метод
	5	Типи організації даних	Ієрархічний Мета-модель Статистичний і Неявний	Ієрархічний Мета-модель	Ієрархічний
	6	Правила отримання дерев	немає	немає	≈ 30 правил
	7	Вагові фактори	На властивість / характеристику	На властивість / характеристику	На властивість / характеристику
	8	Поліморфізм	немає	немає	немає

* *Quality Evaluation Methods (QEM).*

Джерело [12]

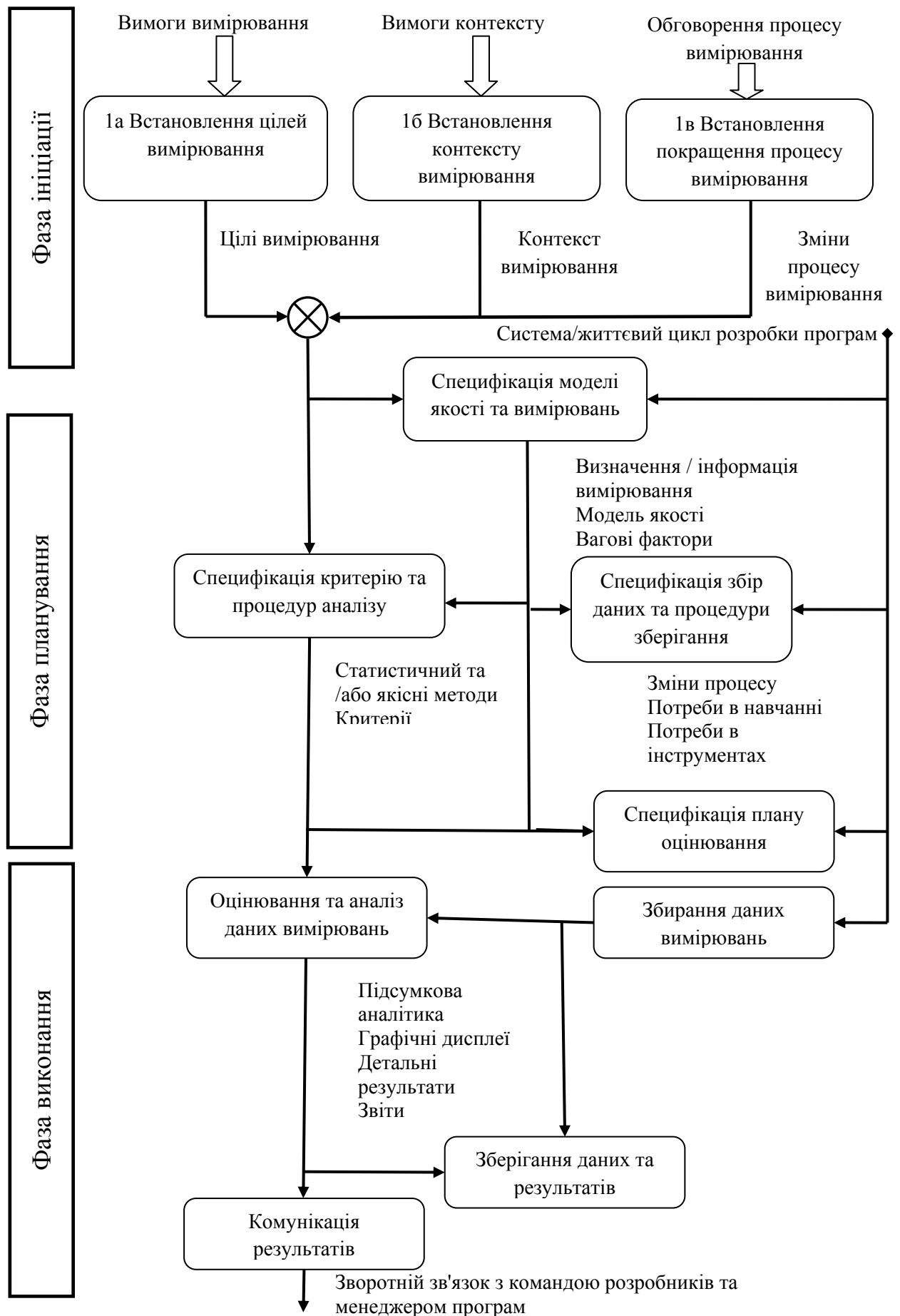


Рис. 3. Процес вимірювання протягом трьох фаз. Джерело: [12], переклад автора

Таким чином, внесок авторів дозволяє з'ясовувати, використовувати та сприяти знанням, пов'язаним з кваліметрією, пропонуючи синтетичний погляд на «Будинок кваліметрії» та його шість стовпів. Для підтримки цього синтетичного погляду автори розробили два так звані архітрави: моделі якості та моделі процесу вимірювання. Авторами уведено поняття поліморфізму, який відображує здатність моделі якості описувати різні типів об'єктів, а також встановлювати зв'язок з іншими моделями якості (одна назва моделі або її частини, але різні форми реалізації). Поліморфізм є тією ж самою концепцією, яку маємо у об'єктно-орієнтованому програмуванні. Робота [12] відкриває нову перспективу щодо кількісного визначення якості в системах інженерії завдяки кваліметрії, яка дає можливість заповнити ідентифіковані авторами прогалини у практичних рішеннях.

Повернемось до розроблених кваліметричних моделей оцінювання якості автомобільних доріг [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11]. Завдяки їх поступовому удосконаленню кваліметричні моделі змінювались за рахунок зміни структури ієрархії (кількості рівнів та складу простих, квазіпростих і складних властивостей), внесення нових властивостей та їх показників тощо. Показовим прикладом є ранні [5, 6] та пізніші роботи [17]. В цих роботах ієрархічні кваліметричні моделі значно відрізняються. Автором [17] у кваліметричну модель були додані нові властивості (для врахування безпеки руху, властивостей дренажної системи тощо). Кількість рівнів в роботі [17] збільшилась до чотирьох проти двох у ранніх (зрозуміло, без врахування нульового рівня), змінилась структура груп та складні властивості. Збільшилась глибина розгляду однієї і тієї ж проблеми. Кожного разу кваліметричні моделі проектуються з нуля.

Саме тут потрібно застосувати ідеї об'єктно-орієнтованого підходу до проектування моделі якості. Мабуть автори дослідження [12] з цієї причини запропонували атрибут поліморфізму. Сутність підходу полягає в тому, що життєвий цикл експертної системи оцінювання якості автомобільної дороги повинен складатися з таких послідовних етапів:

- об'єктно-орієнтованого аналізу;
- об'єктно-орієнтованого проектування;
- макетування;
- реалізації;
- інтеграційного тестування.

Головні мотивуючі чинники застосування ідей об'єктно-орієнтованого підходу у тому, що підхід дає можливість: формалізувати процес розробки кваліметричної моделі, що підвищить її якість; забезпечити повторне використання системи експертного оцінювання якості, що зменшить витрати на розробку системи шляхом адаптації раніш створених об'єктно-орієнтованих моделей до конкретного об'єкту оцінювання, а не розробки моделі з нуля.

Етап об'єктно-орієнтованого аналізу застосовується до визначення та розуміння системних вимог до побудови сценарію використання, сценарій, що описує взаємодію користувача та системи оцінювання і представляє потреби користувача або представлення користувача системи.

Мета об'єктно-орієнтованого дизайну полягає у розробці та уточненні класів, атрибутів, методів та структур, які визначаються на етапі аналізу, інтерфейсу користувача та доступу до даних. На цьому етапі також визначаються додаткові класи або об'єкти, які підтримують виконання вимог.

Макетування (розробка прототипу) дозволяє повністю зрозуміти, як легко чи важко буде реалізувати деякі функції системи, а також дає користувачам можливість прокоментувати зручність використання та корисність дизайну, також може додатково визначити сценарій використання та значно спростити сценарій моделювання.

Реалізація являє собою розробку відповідного програмного забезпечення, його тестування, доопрацювання та впровадження.

Для проектування експертної системи оцінювання якості доцільно використати універсальну мову моделювання (Unified Modelling Language або UML). UML дуже корисний для наступних цілей:

- моделювання бізнес – процесу,

- опис архітектури системи,
- відобразити структуру системи,
- моделювання поведінки системи,
- моделювання структури даних,
- побудова детальних специфікацій системи,
- ескізування ідей і, можливо,
- генерування програмного коду.

У кваліметричну модель автомобільної дороги обов'язково потрібно включити показник інтегральної якості – властивість об'єкту, яка характеризує сукупність його якості та економічності. Інтегральна якість є найбільш загальною характеристикою об'єкту оцінювання, що враховує всі його властивості. Крім того, необхідно враховувати всі види зносу.

Важливо включити в атрибут «Ціль» моделі якості автомобільної дороги «Прогноз». Для цього для абсолютних показників властивостей необхідно мати відповідні моделі їх змін у часі.

Ясно, що моделі якості, у частині їх проектування та використання, повинні бути реалізовані у вигляді автоматизованої системи експертного оцінювання, ядром якої є комп'ютерне програмне забезпечення, базоване на застосуванні принципів об'єктно-орієнтованого підходу, не тільки поліморфізму, але й абстракції, інкапсуляції та успадкування. Для розробки прототипу (макетування) такого програмного забезпечення можна використати навіть MS Excel, застосувавши обгортку для реалізації принципів успадковування та поліморфізму, які безпосередньо відсутні у VBA (Visual Basic for Application – мова програмування) MS Excel, на відміну від деяких інших мов програмування, наприклад, C++, C# або Java тощо.

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

1. Аналіз існуючих кваліметричних моделей автомобільних доріг загального користування показав, що вони, за малим виключенням, присвячені вирішенню проблеми оцінювання вартості дорожніх активів на основі

оцінювання їх якісного стану. Ці кваліметричні моделі все більш деталізуються та поглиблюються для урахування нових наукових результатів, кожна нова версія відрізняється від попередньої структурою і складом ієрархії простих, квазіпростих і складних властивостей та показників. Проте, згадані моделі не враховують економічний (зовнішній) знос, не вживають поняття інтегральної якості та не націлені на прогнозування.

2. Виконаний аналіз пропозицій зарубіжних дослідників щодо розробленої ними уніфікованої концепції моделей якості та процесу вимірювання, базовану на теорії та методології кваліметрії («Будинок кваліметрії»), а також включення у склад моделі якості нового атрибуту – поліморфізму, який дає можливість породжувати моделі, що враховують специфіку об'єкту оцінювання.

3. Запропоновано створити уніфіковану кваліметричну модель якості автомобільної дороги, засновану на об'єктно-орієнтованому підході з включенням у неї показника інтегральної якості і реалізації цілі «прогноз». Висунуто пропозицію розробки прототипу програмного забезпечення автоматизованої системи оцінювання якості автомобільної дороги та споруд на ній з використанням VBA у MS Excel.

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. 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

3. Slavinska O.S. Application of transformation assessment tasks highways managment methodology of property evaluation road on the basis of transformation.

Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 96. 2016. С. 103-110.
URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/96/103-110.pdf

4. 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

5. Бубела А.В., Використання диференційованого методу в проектах будівництва автомобільної дороги для обліку та оцінки активів дорожнього господарства. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 98. 2016. – С. 22-28. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/98/022-028.pdf

6. 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>

7. 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>

8. 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>

9. 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. UROL: <https://www.neliti.com/publications/308012/development-of-a-model-of-the-weight-of-motor-roads-parameters-as-part-of-the-in>

10. Тимошук О.Ю. Використання підходів кваліметрії для оцінки якості даних паспортизації автомобільних доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Вип. 106. 2019. – С. 54-59. URL:

11 Бубела А.В. Комплексна оцінка якісного стану автомобільної дороги з дренажною системою. *Technology audit and production reserves*, (4 (2(54)), 2020, pp. 20-26. URL:

<https://media.neliti.com/media/publications/544314-comprehensive-assessment-of-the-quality-5a0aa514.pdf>

12. Argotti Yann, Baron Claude, Esteban Philippe Quality quantification in Systems Engineering from the Qualimetry Eye. (SysCon IEEE International Systems Conference) (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>

13. Deissenboeck F., Juergens E., Lochmann K., and Wagner S. Software quality models: Purposes, usage scenarios and requirements. In WoSQ'09 . IEEE CS Press, 2009. – 7 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/224504045_Software_quality_models_Purposes_usage_scenarios_and_requirements

14. Azgaldov Garry G., Kostin Alexander V. Applied qualimetry: Its origins, errors and misconceptions. *Benchmarking An International Journal*, Vol. 18 No. 3, 2011, pp. 428-444.. URL: https://www.researchgate.net/publication/235305086_Applied_qualimetry_Its_origins_errors_and_misconceptions

15. Azgaldov G.G., Kostin A.V., Padilla Omiste A.E. The ABC of Qualimetry: The Toolkit for measuring immeasurable. Ridero, 2015. 167 p. URL: <https://www.amazon.com/ABC-Qualimetry-Toolkit-measuring-immeasurable/dp/3659707120>

16. Nei M. and Li W-H. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. *Proc. Natl. Acad. Sct. USA*, Vol. 76, No. 10, pp.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC413122/pdf/pnas00010-0529.pdf>

17. Бубела А.В. Методологія проектування поперечних дренажів мілкового закладання з оцінкою якісного стану автомобільної дороги: дис. доктора техн. наук. К: Національний транспортний університет. 2021. 427 с.

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 Sept 2022).

2. 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 Sept 2022).

3. Slavinska, O.S. (2016), “Application of transformation assessment tasks highways managment methodology of property evalution road on the basis of transformation”, *Avtomobil'ni dorohy i dorozhnie budivnytstvo*, vol. 96, pp. 103-110 available at: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/96/103-110.pdf (Accessed 10 Sept 2022).

4. 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 Sept 2022).

5. Bubela, A.V. (2016), “Use of the differentiated method in road construction projects for accounting and evaluation of road assets”, *Avtomobil'ni dorohy i dorozhnie budivnytstvo*, vol. 98, pp. 22-28, available at: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/98/022-028.pdf (Accessed 10 Sept 2022).

6. 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.urau.ua/eejet/article/view/118798/213295> (Accessed 10 Sept 2022).
7. 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 Sept 2022).
8. 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
9. 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 Sept 2022).
10. Tymoschuk, O.Yu. (2019), "Use of qualitative approaches to assess the quality of road certification data", *Avtomobil'ni dorohy i dorozhnie budivnytstvo*, vol. 106, pp. 54-59.
11. Bubela, A.V. (2020), "Comprehensive assessment of the quality of the road with a drainage system", *Technology audit and production reserves*, vol. (4 (2(54))), pp. 20-26, available at: <https://media.neliti.com/media/publications/544314-comprehensive-assessment-of-the-quality-5a0aa514.pdf> (Accessed 10 Sept 2022).
12. 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 Sept 2022).

13. Deissenboeck, F. Juergens, E. Lochmann, K. and Wagner, S. (2009), “Software quality models: Purposes, usage scenarios and requirements”, WoSQ'09 . IEEE CS Press, available at: https://www.researchgate.net/publication/224504045_Software_quality_models_Purposes_usage_scenarios_and_requirements (Accessed 10 Sept 2022).

14. Azgaldov, G.G. and Kostin, A.V. (2011), “Applied qualimetry: Its origins, errors and misconceptions”, Benchmarking An International Journal, Vol. 18, No. 3, pp. 428-444 available at: https://www.researchgate.net/publication/235305086_Applied_qualimetry_Its_origins_errors_and_misconceptions (Accessed 10 Sept 2022).

15. Azgaldov, G.G. Kostin, A.V. and Padilla Omiste, A.E. (2015), The ABC of Qualimetry: The Toolkit for measuring immeasurable, Ridero, available at: <https://www.amazon.com/ABC-Qualimetry-Toolkit-measuring-immeasurable/dp/3659707120> (Accessed 10 Sept 2022).

16. Nei, M. and Li, W-H. (1979), “Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases”, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, Vol. 76, No. 10, pp. 5269-5273, available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC413122/pdf/pnas00010-0529.pdf> (Accessed 10 Sept 2022).

17. Bubela, A.V. (2021), “Methodology for the design of transverse drains of shallow laying with an assessment of the quality condition of the road”, Ph.D. Thesis, Natsional'nyj transportnyj universytet, Kyiv, Ukraine.

Стаття надійшла до редакції 16.09.2022 р.