

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ТИМОЩУК ОЛЕКСАНДР ЮРІЙОВИЧ

УДК 625.7/.8

ДИСЕРТАЦІЯ

УДОСКОНАЛЕННЯ ПАСПОРТИЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ НА
ЕТАПІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ: 192 – БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ
ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ: АРХІТЕКТУРА ТА БУДІВНИЦТВО

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів
мають посилання на відповідне джерело
_____ О.Ю. Тимощук

Науковий керівник

Пальчик Анатолій Миколайович
кандидат технічних наук, професор

Київ – 2021

АНОТАЦІЯ

Тимощук О.Ю. Удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю: 192 – «Будівництво та цивільна інженерія». – Національний транспортний університет, Київ, 2021.

Якість управління дорожньою галуззю залежить від доступності, надійності та коректності інформаційних даних, які збираються та накопичуються різними засобами та системами моніторингу при функціонуванні автомобільної дороги на усіх етапах її життєвого циклу.

До таких даних відносяться технічні показники, які характеризують поточний стан автомобільної дороги та використовують для визначення та оцінки її транспортно-експлуатаційного стану, споживчих властивостей, при плануванні робіт з будівництва та ремонту дорожньої мережі з метою раціоналізації фінансових і матеріально-технічних ресурсів.

Основною інформацією для прийняття ефективних управлінських рішень є накопичена та збережена сукупність даних, що характеризує геометричні параметри автомобільної дороги або окремих її об'єктів, дані про транспортні потоки, вплив на довкілля тощо. Для збору вказаних даних виконують роботи з паспортизації та моніторингу стану автомобільних доріг, кінцевою метою яких є створення інформаційної бази даних паспорта автомобільних доріг.

Наразі неузгодженість дій при поточній інформатизації наведених процесів управління дорожньою мережею, спричинили появу великої кількості методів збору даних та наявність окремих програмно-аналітичних комплексів (ПАК), що зберігають такі дані. До основних ПАК можна віднести: паспортизація та технічний облік (створення електронного паспорта автомобільної дороги (ЕПАД)), поточні та періодичні огляди, інструментальні обстеження стану покриття автомобільних доріг (Система управління станом

покриття (СУСП)) та мостових споруд (Аналітично-експертна система управління мостами (АЕСУМ)), оцінка умов руху та заходів з безпеки (база даних дорожньо-транспортних пригод (ДТП)), планування робіт з будівництва та ремонтів автомобільних доріг тощо.

Наведені ПАК накопичують інформацію про стан автомобільних доріг та формують множину технічних показників, перелік яких визначено галузевими стандартами. Проте наведені ПАК функціонують роздільно, використовуються зазвичай для розрізнених завдань та вирішують локальні проблемні завдання при управлінні автомобільними дорогами або окремими об'єктами. Множина даних, які збираються та вносяться до цих ПАК, не завжди корелюються з встановленими вимогами щодо структури та переліку даних згідно концептуальних галузевих документів у сфері стандартизації даних та не враховують сучасний рівень розвитку техніки та технологій.

Наразі відсутній єдиний підхід для оцінка якості зібраних даних про поточний стан автомобільні дороги, які дає би можливість встановити релевантність, надійність та ефективність використання отриманої інформації.

На основі цього були визначені напрям і мета дослідження, а також основні вимоги до розробленої методики аналітичних та теоретичних досліджень.

Отже, враховуючи вищенаведені дані та відповідно до визначених напрямків дослідження, проведено змістовний аналіз існуючих методів та технологій збору даних, що наразі використовуються в дорожній галуззі та встановлено доцільність їх використання при паспортизації автомобільних доріг.

Аналіз підходів розвинутих країн світу (Великобританія, Німеччина, США, Південна Корея) до визначення переліку даних про автомобільну дорогу, періодичності їх визначення та повноти дозволило сформувати ієрархічну структури паспорта автомобільної дороги враховуючи не лише кількісні показники (частота використання, повторюваність), а і якісні характеристики даних (ефективність використання, вагомість).

На основі проведених теоретичних та аналітичних досліджень розроблено економіко-математичну модель з використанням підходів кваліметрії, що дозволяє в кінцевому етапі чисельно вставити ранги технічних показників паспорта автомобільної дорogi (запропоновані кількісні та якісні критерії).

Отримані ранги технічних показників дозволили розробити практичні рекомендації для удосконалення структури паспорта для автомобільних доріг державного та місцевого значення.

За результатами дисертаційної роботи встановлено наступне.

1. Із аналізу відомих літературних даних та досліджень стосовно стану інформатизації дорожньої галузі встановлено, що основні концептуальні рішення щодо розвитку системи інформаційного забезпечення, яка наразі впроваджується в дорожній галузі України відповідають сучасному рівню розвитку технологій, проте потребує удосконалення з урахуванням можливостей.

2. Аналіз методів та технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг дозволив встановити найбільш ефективні з урахуванням діючої структури паспорта. Найменшу кількість технічних показників при паспортизації автомобільних доріг – 5,3 % від загальної кількості, можна визначити з використанням автоматичних засобів збору даних. Найбільшу кількість – 29 %, з використанням дистанційного зондування землі, зокрема методами аерофотозйомки.

3. Розроблена економіко-математична модель для визначення критерію оцінки ефективності (K_E), дозволяє кількісно оцінити ефект від удосконалення паспортизації та зменшення фінансових витрат на виконання зазначених робіт. Економічний ефект згідно даної моделі від впровадження результатів дослідження становить 23,4 тис.грн при паспортизації 1 км автомобільної дороги державного значення та 33,5 тис.грн при паспортизації 1 км автомобільної дороги місцевого значення. Загальний ефект в межах всієї дорожньої мережі України становить 3,5 млрд.грн.

4. Для аналізу технічних показників та структури паспорта автомобільної дороги раціональним є використання наступних кількісних та якісних критеріїв аналізу: K_j – коефіцієнт використання i -го технічного показника; S_i – вагомість i -го технічного показника та R_i – ранг i -го технічного показника, визначеного на основі попередніх критеріїв аналізу.

5. Для узагальнення оцінки ефективності паспортизації автомобільних доріг з урахуванням багатопараметричності та ієрархічності даних, розроблена п'яти рівнева кваліметрична модель:

- на рівні (R_1) встановлюється множина даних, що визначається при паспортизації автомобільних доріг;
- на рівні (R_2) виконується групування (віднесення) показників до конкретних об'єктів автомобільної дороги, які характеризують її конструктивні елементи або функціональний стан;
- на рівні (R_3) визначається вагомість даних з використанням кількісних та якісних критеріїв оцінки;
- рівень (R_4) використовується для оцінки даних з урахуванням функціональних особливостей автомобільної дороги за групами показників: цільові, експлуатаційні, ергономічні, надійнісні, естетичні та щодо безпеки руху;
- на рівні (R_5) встановлюється комплексний показник ефективності даних (K_E), що характеризує доцільність збору та використання окремих даних при паспортизації автомобільних доріг.

6. На основі проранжованих результатів дослідження технічних показників паспорта автомобільної дороги за рівнем їх вагомості (S_i) було встановлено:

- 58 технічних показники (4,0 % від загальної кількості) знаходяться в діапазоні 0 – 0,1, мають дуже низький рівень вагомості;
- 317 технічних показники (22,0 % від загальної кількості) знаходяться в діапазоні 0,1 – 0,25, тобто мають низький рівень вагомості;
- 689 технічних показники (47,8 % від загальної кількості)

знаходяться в діапазоні 0,25 – 0,5, тобто мають середній рівень вагомості;

- 342 технічних показники (23,8 % від загальної кількості) знаходяться в діапазоні 0,5 – 0,75, тобто мають високий рівень вагомості;

- 34 технічних показники (2,4 % від загальної кількості) знаходяться в діапазоні 0,75 – 1, тобто мають дуже високий рівень вагомості.

Найбільш ефективним за результатами розрахунків згідно розробленої методики є використання методів дистанційного зондування землі (ефективність методу $E_{\text{ПАК}} = 0,80$), безпілотних літальних апаратів (ефективність методу $E_{\text{ПАК}} = 0,60$) та інструментальних обстежень з використанням лазерного сканування (ефективність методу $E_{\text{ПАК}} = 0,58$) для збору даних при паспортизації автомобільних доріг.

7. Розроблено практичні рекомендації щодо удосконалення структури паспорта для автомобільних доріг державного та місцевого значення. За результатами дослідження кількість об'єктів паспорта автомобільної дороги зменшено з 85 до 45 штук, або на 47 %.

Кількість технічних показників по рівнях даних наступна:

Автомобільні дороги державного значення: Рівень 1 – 107 технічних показників та 5 об'єктів паспорта; Рівень 2 – 399 технічних показників та 9 об'єктів паспорта; Рівень 3 – 328 технічних показників та 11 об'єктів паспорта; Рівень 4 – 139 технічних показників та 9 об'єктів паспорта; Рівень 5 – 137 технічних показників та 8 об'єктів паспорта.

Автомобільні дороги місцевого значення: Рівень 1 – 99 технічних показників та 4 об'єктів паспорта; Рівень 2 – 341 технічних показників та 8 об'єктів паспорта; Рівень 3 – 329 технічних показників та 11 об'єктів паспорта; Рівень 4 – 155 технічних показників та 9 об'єктів паспорта; Рівень 5 – 186 технічних показників та 12 об'єктів паспорта.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Розроблено кваліметричну модель щодо визначення ефективності використання даних паспортизації автомобільних доріг;

2. Розроблено метод оцінки даних паспортизації для раціоналізації структури паспорта автомобільної дороги на основі застосування кількісних та якісних критеріїв;

3. Удосконалено існуючі підходи щодо визначення обсягу та виду інформації під час паспортизації автомобільних доріг на етапі їх експлуатації;

4. Отримало подальший розвиток метод оцінка даних про поточний стан автомобільної дороги з урахуванням заданої ефективності та повноти наявної інформації.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Розроблено рекомендації щодо рангів показників паспорта автомобільних доріг з урахуванням їх рівнів вагомості у програмно-аналітичних комплексах, що застосовують у дорожньому господарстві України;

2. Визначено перелік методів та технологій збору даних, які є найбільш ефективними для вирішення завдань паспортизації автомобільних доріг;

3. Встановлено перелік технічних показників паспорта для визначення обсягу необхідних даних при паспортизації автомобільних доріг державного та місцевого значення;

4. Впровадження результатів дослідження: Державне підприємство «Український державний інститут з проектування об'єктів дорожнього господарства» (м. Київ), Служба автомобільних доріг у Запорізькій області (м. Запоріжжя), Служба автомобільних доріг у Сумській області (м. Суми), Служба автомобільних доріг у Харківській області (м. Харків) та в навчальному процесі Національного транспортного університету (м. Київ) при підготовці фахівців спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Ключові слова: автомобільна дорога, дані, ефективність, паспортизація, ранг, технічні показники, удосконалення, структура даних.

Список публікацій здобувача.

Публікації у наукових фахових виданнях України.

1. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Впровадження геоінформаційних технологій для удосконалення процесу управління автомобільними дорогами. *Автошляховик України*. 2015, № 5. - С. 44 – 46

2. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Доцільність паспортизації автомобільних доріг місцевого значення. *Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. К.: НТУ, 2017. – Вип. 99, С. 011 – 014.

3. Пальчик А.М., Тимощук О.Ю. Аналіз структури даних, що характеризують поточний стан автомобільних доріг. *Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. К.: НТУ, 2018. – Вип. 103, С. 084 – 089.

4. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Оцінка впливу групи параметрів паспорта автомобільної дороги на ефективність їх використання із застосуванням факторного аналізу (на прикладі шумозахисних споруд). *Збірник Дороги і мости. Розділ «Будівництво та цивільна інженерія»*, К.: ДП «ДерждорНДІ», 2018. – Вип. № 18, С. 146 – 158.

5. Тимощук О.Ю. Використання підходів кваліметрії для оцінки якості даних паспортизації автомобільних доріг. *Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. К.: НТУ, 2019. – Вип. 106, С. 084 – 089.

Публікації у наукових періодичних виданнях іноземних держав.

6. Тимощук О. Ю., Пальчик А.М. Кількісні та якісні критерії оцінки бази даних технічних показників автомобільної дороги. *Журнал «Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky» (ISSN 1338-9432)*, Словаччина, 2020. – Вип. 8, № 2/2020 – С. 110 – 115.

Публікації апробаційного характеру.

7. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Етапи створення раціональної бази даних паспорта автомобільної дороги. *Матеріали LXVIII наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2012. С. 160.

8. Тимощук О. Ю., Рахуба О. І. Критерії для обґрунтування раціональної кількості показників бази даних електронного паспорта автомобільної дороги (ЕПАД). *Матеріали LXVIII наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2012. С. 160.

9. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Методологічні основи удосконалення інформаційної бази даних паспорта автомобільної дороги. *Матеріали LXXI наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2015. С. 194 – 195.

10. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Підвищення ефективності функціонування інформаційної бази даних паспорта автомобільних доріг. *Матеріали LXXIII наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2017. С. 193.

11. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Теоретичні основи створення раціональної інформаційної бази паспорта автомобільної дороги. *Матеріали LXXIV наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2018. С. 210.

12. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Використання імітаційного моделювання при формуванні раціональної структури інформаційної бази даних паспорта автомобільної дороги. *Матеріали LXXIV наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. К.: НТУ, 2018. С. 210.

Свідоцтва та патенти.

13. Свідоцтво серія № 93146 Літературно-письмовий твір наукового характеру «Оцінка впливу групи параметрів паспорта автомобільної дороги на ефективність їх використання із застосуванням факторного аналізу (на прикладі шумозахисних споруд)» / Тимошук О.Ю. Дата реєстрації 17.10.2019 р.

ABSTRACT

Tymoshchuk O.Y. Improving the passport system of roads at the operation stage. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for obtaining the Philosophy Doctor in the specialty 192 «Construction and civil engineering». – National Transport University, Kyiv, 2021.

The quality of road management depends on the availability, reliability and correctness of information data that is collected and accumulated by various means and monitoring systems during the operation of the road at all stages of its life cycle.

Such data include technical indicators that characterize the current state of the road and used to determine and assess its transport and operational condition, consumer properties, when planning the construction and repair of the road network to rationalize financial and logistical resources.

The basic information for effective management decisions is the accumulated and stored data set, which characterizes the geometric parameters of the road or its individual objects, data on traffic flows, environmental impact, etc. To collect these data, work is carried out on certification and monitoring of roads, the goal of which is to create an information database of the passport of roads.

Currently, the inconsistency of actions in the current informatization of the above processes of road network management, has led to the emergence of many data collection methods and the presence of separate software and analytical systems that store such data. The main ones include: certification and technical accounting (creation of an electronic road passport), current and periodic inspections, instrumental inspections of the state of road coverage (Coverage Management System) and bridge structures (Analytical and expert bridge management system)), assessment of traffic conditions and safety measures (database of road accidents (road accidents)), satellite and GIS technologies, local use of unmanned aerial vehicles.

These PACs accumulate information about the condition of roads and form a set of technical indicators, the list of which is defined by industry standards. However, these PACs operate separately, are usually used for separate tasks, and solve local problems in the management of roads or individual objects. The set of data that is collected and entered these PACs does not always correlate with the established requirements for the structure and list of data according to conceptual industry documents in the field of data standardization and does not consider the current level of technology.

There is currently no single approach to assessing the quality of the data collected on the current state of roads, which would make it possible to establish the relevance, reliability and efficiency of the information obtained.

Based on this, the direction and purpose of the study were determined, as well as the main requirements for the developed methodology of analytical and theoretical research.

Therefore, considering the above data and in accordance with the identified areas of research, a meaningful analysis of existing methods and technologies of data collection currently used in the road industry and established the feasibility of their use in the certification of roads.

Analysis of the approaches of developed countries (UK, Germany, USA, South Korea) to determine the list of data on the highway, the frequency of their definition and completeness allowed to form a hierarchical structure of the highway passport considering not only quantitative indicators (frequency, frequency) but also qualitative data characteristics (efficiency, weight).

Based on the conducted theoretical and analytical research the economic-mathematical model with use of approaches of qualimetry that allows to insert in the final stage numerically ranks of technical indicators of the passport of the automobile upwards (quantitative and qualitative criteria are offered) is developed.

The obtained ranks of technical indicators allowed to develop practical recommendations for improving the structure of the passport for highways of state and local importance.

According to the results of the dissertation, the following was established.

1. From the analysis of known literature data and research on the state of informatization of the road industry it is established that the main conceptual solutions for the development of information support system, which is currently implemented in the road industry of Ukraine correspond to the current level of technology.

2. Analysis of methods and technologies of data collection in the certification of roads allowed to establish the most effective, considering the current structure of the passport. The lowest number of technical indicators for the certification of roads - 5.3% of the total, can be determined using automatic data collection tools. The largest number - 29%, using remote sensing of the earth, by aerial photography.

3. Developed economic and mathematical model for determining the criterion of performance evaluation (KE), allows you to quantify the effect of improving certification and reducing financial costs for these works. The economic effect according to this model from the implementation of the results of the study is 23.4 thousand UAH for the certification of 1 km of state roads and 33.5 thousand UAH for the certification of 1 km of local roads. The total effect within the entire road network of Ukraine is UAH 3.5 billion.

4. For the analysis of technical indicators and structure of the passport of the highway it is rational to use the following quantitative and qualitative criteria of the analysis: K_j - coefficient of use of the i -th technical indicator; S_i is the weight of the i -th technical indicator and R_i is the rank of the i -th technical indicator, determined based on the previous analysis criteria.

5. To generalize the assessment of the effectiveness of road certification, considering the multiparametric and hierarchical data, developed a five-level qualimetric model:

at the level (R1) the set of the data which is defined at certification of highways is established;

at the level (R2) the grouping (assignment) of indicators to specific objects of the highway, which characterize its structural elements or functional state;

at the level (R3) the weight of data is determined using quantitative and qualitative evaluation criteria;

at the level (R4) is used to evaluate the data taking into account the functional characteristics of the road by groups of indicators: target, operational, ergonomic, reliable, aesthetic and traffic safety;

at the level (R5) is set a comprehensive indicator of data efficiency (K_E), which characterizes the feasibility of collecting and using individual data in the certification of roads.

6. On the basis of the ranked results of research of technical indicators of the passport of the highway on level of their weight (S_i) it was established:

- 58 technical indicators (4.0 % of the total) are in the range of 0 - 0.1, have a very low level of weight;
- 317 technical indicators (22.0 % of the total) are in the range of 0.1 - 0.25, have a low level of weight;
- 689 technical indicators (47.8 % of the total) are in the range of 0.25 - 0.5, have an average level of weight;
- 342 technical indicators (23.8 % of the total) are in the range of 0.5 - 0.75, have a high level of weight;
- 34 technical indicators (2.4 % of the total) are in the range of 0.75 - 1, have a very high level of weight.

The most effective according to the results of calculations according to the developed method are the use of remote sensing methods (efficiency of the method $E_{PACS} = 0.80$), unmanned aerial vehicles (efficiency of the method $E_{PACS} = 0.60$) and instrumental surveys using laser scanning (efficiency of the method $E_{PACS} = 0, 58$) for data collection in the certification of roads.

7. Practical recommendations for improving the structure of the passport for highways of state and local importance have been developed. According to the results of the study, the number of objects in the highway passport was reduced from 85 to 45, or 47%.

The number of technical indicators for data levels is as follows:

Highways of state importance: Level 1 - 107 technical indicators and 5 objects of the passport; Level 2 - 399 technical indicators and 9 passport objects; Level 3 - 328 technical indicators and 11 objects of the passport; Level 4 - 139 technical indicators and 9 objects of the passport;

Level 5 - 137 technical indicators and 8 passport objects.

Highways of local significance: Level 1 - 99 technical indicators and 4 objects of the passport; Level 2 - 341 technical indicators and 8 passport objects; Level 3 - 329 technical indicators and 11 objects of the passport; Level 4 - 155 technical indicators and 9 objects of the passport; Level 5 - 186 technical indicators and 12 passport objects.

Scientific novelty of the obtained results.

1. A qualimetric model has been developed to determine the effectiveness of the use of road certification data.
2. The method of estimation of certification data for rationalization of structure of the passport of the highway based on application of quantitative and qualitative criteria is developed.
3. The existing approaches to determining the amount and type of information during the certification of roads at the stage of their operation have been improved.
4. The method of estimating data on the current state of the highway taking considering the specified efficiency and completeness of available information has been further developed.

The practical significance of the obtained results.

1. Recommendations on ranks of indicators of the passport of highways taking into account their levels of weighting in the program-analytical complexes applied in road economy of Ukraine are developed.
2. The list of methods and technologies of data collection which are the most effective for the decision of problems of certification of highways is defined.
3. The list of technical indicators of the passport for definition of volume of the necessary data at certification of highways of the state and local value is established.

4. Implementation of research results: State Enterprise «Ukrainian State Institute for Design of Road Facilities» (Kyiv), Service of roads in Zaporizhia region (Zaporizhzhya), Service of roads in Sumy region (Sumy), Service of roads in the Kharkiv region (Kharkiv) and in the educational process of the National Transport University (Kyiv) in the training of specialists in the specialty 192 «Construction and Civil Engineering».

Key words: highway, data, efficiency, certification, rank, technical indicators, improvements, data structure.

List of the applicant publications.

Publications in scientific journals of Ukraine.

1. Tymoshchuk O.Y., Rakhuba O.I. Introduction of geoinformation technologies to improve the road management process. *Motorway of Ukraine*. 2015, № 5. - P. 44 - 46

2. Tymoshchuk O.Y., Rakhuba O.I. Expediency of certification of highways of local value. *Scientific and technical collection «Roads and road construction»*. K.: NTU, 2017. - Vip. 99, Pp. 011 - 014.

3. Palchik A.M., Tymoshchuk O.Y. Analysis of the structure of data characterizing the current state of roads. *Scientific and technical collection «Roads and road construction»*. K.: NTU, 2018. - Vip. 103, pp. 084 - 089.

4. Tymoshchuk O.Y., Rakhuba O.I. Estimation of influence of group of parameters of the passport of the highway on efficiency of their use with application of the factor analysis (on an example of noise protection constructions). *Collection of Roads and Bridges. Section «Construction and Civil Engineering»*, K.: State Enterprise «State Research Institute», 2018. - Issue. № 18, pp. 146 - 158.

5. Tymoshchuk O.Y., Palchik A.M. Use of qualimetry approaches to assess the quality of road certification data. *Scientific and technical collection «Roads and road construction»*. K.: NTU, 2019. - Vip. 106, pp. 084 - 089.

Publications in scientific periodicals of foreign countries.

6. Tymoshchuk O.Y., Palchik A.M. Quantitative and qualitative criteria for evaluating the database of technical indicators of the highway. *Journal «Scientific Letters of the Academic Society of Michal Baludansky» (ISSN 1338-9432)*, Slovakia, 2020. - Vip. 8, № 2/2020 - P. 110 - 115. Publications in scientific journals of foreign states.

Publications of approbation character.

7. Tymoshchuk O.Y., Rakhuba O.I. Stages of creating a rational database of the highway passport. Proceedings of the LXVIII scientific conference of faculty, graduate students, students and staff of separate departments of the university. K.: NTU, 2012. S. 160.

8. Tymoshchuk O.Y., Rakhuba O.I. Criteria for substantiation of the rational number of indicators of the database of the electronic passport of the highway (EPAD). Proceedings of the LXVIII scientific conference of faculty, graduate students, students and staff of separate departments of the university. K.: NTU, 2012. S. 160.

9. Tymoshchuk O.Y., Rakhuba O.I. Methodological bases of improvement of the information database of the highway passport. Proceedings of the XXI scientific conference of faculty, graduate students, students and staff of separate departments of the university. K.: NTU, 2015. S. 194 - 195.

10. Tymoshchuk O.Y., Rakhuba O.I. Improving the efficiency of the information database of the highway passport. Proceedings of the LXXIII scientific conference of faculty, graduate students, students and staff of separate departments of the university. K.: NTU, 2017. S. 193.

11. Tymoshchuk O.Y., Rakhuba O.I. Theoretical bases of creation of a rational information base of the highway passport. Proceedings of the LXXIV scientific conference of faculty, graduate students, students and staff of separate departments of the university. K.: NTU, 2018. S. 210.

12. Tymoshchuk O.Y., Rakhuba O.I. The use of simulation modeling in the formation of a rational structure of the information database of the highway passport.

Proceedings of the LXXIV scientific conference of faculty, graduate students, students and staff of separate departments of the university. K.: NTU, 2018. S. 210

Certificates and patents.

13. Certificate series № 93146 Literary-written work of scientific nature «Assessment of the impact of a group of parameters of the highway passport on the effectiveness of their use using factor analysis (on the example of noise barriers)» / Tymoshchuk O.Y. Date of registration 10/17/2019

ЗМІСТ

ЗМІСТ	19
ВСТУП.....	24
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРИ ПАСПОРТИЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ	30
1.1 Система інформаційного забезпечення функціонування автомобільних доріг	30
1.2 Структура даних про поточний стан автомобільних доріг.....	34
1.2.1 Діюча структура даних технічних показників автомобільної дороги	34
1.2.2 Аналіз використання даних паспортизації автомобільних доріг в програмно-аналітичних комплексах	39
1.3 Принципи кількісного оцінювання якості даних про автомобільну дорогу	48
1.4 Аналіз методів та технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг	50
1.4.1 Технічний облік (періодичний моніторинг).....	51
1.4.2 Інструментальні обстеження автомобільних доріг.....	54
1.4.3 Автоматичні системи збору даних	57
1.4.4 Обстеження окремих штучних споруд (мостів і труб).....	60
1.4.5 Збір даних про дорожньо-транспортні пригоди та їх облік.....	63
1.4.6 Дистанційне зондування землі.....	65
1.4.7 Використання безпілотних літальних апаратів.....	68
1.4.8 Встановлення доцільності використання методів та технологій збору даних при паспортизації автомобільної дороги.....	72
1.5 Висновки по розділу 1	73
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПАСПОРТИЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ НА ЕТАПІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	74
2.1 Теоретичні основи формування даних про технічні показники автомобільних доріг	74

2.1.1 Економіко-математична модель удосконалення паспортизації автомобільних доріг	75
2.2 Кількісні та якісні критерії аналізу структури паспорта автомобільної дороги	77
2.2.1 Коефіцієнт використання технічних показників	77
2.2.2 Вагомість технічних показників	79
2.2.3 Ранг технічних показників	79
2.3 Кваліметрична модель визначення ефективності використання даних паспортизації автомобільних доріг	80
2.4 Алгоритм удосконалення паспортизації автомобільних доріг	82
2.5 Висновки до розділу 2	84
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ПАСПОРТИЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ НА ЕТАПІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	86
3.1 Мета та задачі експериментального дослідження	86
3.1.1 Алгоритм дослідження з удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації	86
3.1.2 Теоретичні основи удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації	87
3.2 Етапи удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації.....	88
3.3 Розрахунок за кваліметричною моделлю визначення ефективності використання даних паспортизації.....	90
3.4 Аналіз ефективності методів і технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг	97
3.4.1 Загальна методика аналізу ефективності методів і технологій збору даних	97
3.4.2 Результати кількісного аналізу методів та технологій збору даних	101
3.4.3 Розрахунок тісноти зв'язків між факторами впливу	108
3.5 Висновки до розділу 3	113

РОЗДІЛ 4 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПАСПОРТИЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ	115
4.1 Рекомендації з удосконалення паспортизації автомобільних доріг загального користування	115
4.2 Розрахунок економічної ефективності наукових розробок	121
4.2.1 Витрати пов'язані зі створенням бази даних технічних показників.....	121
4.2.2 Витрати пов'язані з оновленням даних паспорта автомобільної дороги	123
4.3 Рекомендації щодо використання результатів дослідження на різних етапах «життєвого циклу» автомобільної дороги	125
4.3.1 Планування розвитку мережі автомобільних доріг	127
4.3.2 Вишукування та проектування автомобільних доріг	127
4.3.3 Створення тривимірних моделей автомобільної дороги	128
4.3.4 Будівництво та утримання автомобільних доріг	129
4.4 Висновки до розділу 4	130
ВИСНОВКИ.....	132
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	135
ДОДАТОК А	151
ДОДАТОК Б	155
ДОДАТОК В	163
ДОДАТОК Г	173

ПОЗНАКИ І СКОРОЧЕННЯ

При викладанні дисертаційної роботи вжито наступні позначки та скорочення.

Позначки:

B_P – витрати пов'язані зі збором даних про технічні показники i -ої ділянки автомобільної дороги при j -му рівні деталізації;

B_{Pi} – витрати на збір даних про 1 км (1 об'єкта) автомобільних доріг при використанні i -го методу або технології;

B_K – витрати пов'язані зі створенням паспорта, зберіганням та оновленням даних про технічні показники i -ої ділянки автомобільної дороги при j -му рівні деталізації;

E_{min} – нижня межа ефективності робіт з паспортизації;

$E_{ПАК}$ – рівень ефективності методів та технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг;

J_i – рівень деталізації даних при паспортизації автомобільних доріг;

F_i – стадійність виконання робіт з паспортизації автомобільних доріг;

G_E – ефект, що може бути отриманий на i -й ділянці автомобільної дороги при використанні τ -го методу або технології збору даних;

K_j – коефіцієнт використання i -го технічного показника;

K_E – критерій ефективності паспортизації автомобільних доріг;

M_i – мінімальна кількість технічних показників при нижній межі ефективності E_{min} виконання робіт з паспортизації;

P_K – комплексний показник якості функціонування автомобільної дороги;

R_i – ранг i -го технічного показника;

S_i – вагомість i -го технічного показника.

Скорочення:

АДМС	Автоматична дорожня метеорологічна станція
АЕСУМ	Аналітична експертна система управління мостами
БЛА	Безпілотні літальні апарати
ГІС	Геоінформаційні системи
ДЗЗ	Дистанційне зондування землі
ДЕД	Дорожньо-експлуатаційні ділянки
ДТП	Дорожньо-транспортна пригода
ЕПАД	Електронний паспорт автомобільної дороги
КПД	Комплекс підготовки даних
ОДР	Організація дорожнього руху
ПАК	Програмно-аналітичний комплекс
САПР	Система автоматизованого проектування
СУСП	Система управління станом покриття
ТЕО	Техніко-економічне обґрунтування
ШРБУ	Шляхові ремонтно-будівельні управління
CADaS	Centralized automated data acquisition system (Централізована система збору даних)
BIM	Концепція інформаційного моделювання (Building Information Modeling)
IQL	Information Quality Levels (рівень якості інформації)
GPS	Global Positioning System (система глобального позиціонування)
RMS	Road managemant system (система управління дорожнім рухом)
OPRC	Output and Performance-based Road Contract (контракт на основі кінцевих результатів утримання автомобільних доріг)

ВСТУП

Актуальність теми. Автомобільні дороги – важлива структурна ланка транспортної системи країни, без якої не можливе функціонування жодної галузі народного господарства. Ступінь розвитку та технічний стан дорожньої мережі обумовлює економічний і соціальний розвиток як окремих регіонів, так і держави в цілому, оскільки надійні транспортні зв'язки сприяють підвищенню ефективності використання основних виробничих фондів, трудових і матеріально-технічних ресурсів, підвищенню продуктивності праці.

Передумови для прийняття обґрунтованих і ефективних рішень в дорожній галузі є наявність актуальної інформації на різних етапах життєвого циклу функціонування автомобільної дороги: від вишукування і проектування до введення її в експлуатацію і утримання.

До такої інформації відносяться множина технічних показників, які характеризують поточний стан автомобільної дороги і використовують для визначення та оцінки транспортно-експлуатаційного стану, споживчих властивостей автомобільних доріг та об'єктів транспортної інфраструктури, а також при управлінні дорожньою мережею з метою раціоналізації фінансових і матеріально-технічних ресурсів.

Проте неузгодженість дій при інформатизації наведених процесів управління дорожньою мережею, спричинили появу великої кількості методів збору даних та наявність окремих програмно-аналітичних комплексів (ПАК), що зберігають такі дані. До основних можна віднести: паспортизація та технічний облік (створення електронного паспорта автомобільної дороги (ЕПАД)), поточні та періодичні огляди, інструментальні обстеження стану покриття автомобільних доріг (Система управління станом покриття (СУСП)) та мостових споруд (Аналітично-експертна система управління мостами (АЕСУМ)), оцінка умов руху та заходів з безпеки (база даних дорожньо-

транспортних пригод (ДТП)), застосування дистанційного зондування землі (ДЗЗ), локальне використання безпілотних літальних апаратів (БЛА).

Наведені ПАК накопичують інформацію про стан автомобільних доріг та формують множину технічних показників, проте всі ПАК функціонують роздільно, використовуються зазвичай для розрізнених завдань та вирішують локальні проблемні завдання при управлінні автомобільними дорогами або окремими об'єктами. Множина даних, які збираються та вносяться до цих ПАК, не завжди корелюються з встановленими вимогами щодо структури та переліку даних згідно концептуальних галузевих документів у сфері стандартизації даних та не враховують сучасний рівень розвитку техніки і технологій.

Наразі відсутній єдиний підхід для оцінка якості зібраних даних про поточний стан автомобільні дороги, який дав би можливість встановити релевантність, надійність та ефективність використання отриманої інформації.

Питаннями паспортизації та інформатизації дорожньої галузі в різних аспектах займались багато науковців та дослідників, серед яких: А.Г. Батракова, А.В. Бубела, А.Б. Вознюк, Ф.П. Гончаренко, М.І. Гуков, О.М. Кухнюк, С.Л. Кусковець, В.П. Матейчик, А.Б. Матіщук, Н.В. Павленко., А.А. Петров, Т.І. Печончик, Л.Л. Рибіцький, М.Т. Фріндт та інші.

Дослідженнями питань оцінки якості даних про автомобільні дороги займались ряд вітчизняних та закордонних вчених, таких як: Г.Г. Азгальдова, М.Д. Аленич, А.В. Галичева, В.Й. Заворицький, Е.П. Рейхмана, В.М. Сіденка, Т.В. Скрипник, Г.М. Фещенко та інші.

В основному, їхні дослідження були зосереджені на встановленні множини технічних показників, за допомогою яких можливо охарактеризувати стан автомобільної дороги або окремих об'єктів інфраструктури. Проте не було досліджено питання ефективності використання технічних показників при паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації та відсутня методика оцінки якості та повноти даних.

Таким чином, актуальність роботи обумовлена необхідністю вирішення важливої науково-практичної задачі – підвищення ефективності управління дорожньою мережею за рахунок удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації та удосконалення структури паспорта шляхом раціоналізації кількості технічних показників.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертації відповідає напрямам і завданням державних науково-технічних програм: «Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року» (Розпорядження Кабінету міністрів України від 30.05.2018 р. № 430-р), «Державна цільова економічна програма розвитку автомобільних доріг загального користування державного значення на 2018-2022 роки» (Розпорядження Кабінету міністрів України від 21.03.2018 р. № 382).

Основні дослідження теоретичного та прикладного характеру виконані за планами навчального процесу Національного транспортного університету та відповідно до Концепції програми інформатизації дорожньої галузі України, затвердженої рішенням колегії Укравтодору від 25.06.09 № 48, Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р.

Мета і задачі досліджень.

Мета роботи – удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації шляхом обґрунтування раціональної кількості технічних показників з урахуванням обраних критеріїв аналізу даних.

Відповідно до поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Проаналізувати структуру даних, перелік технічних показників паспорта автомобільної дороги і сучасні технології та методи збору даних;
2. Оцінити існуючі методи аналізу якості даних та розробити відповідну кваліметричну модель для встановлення ефективності паспортизації автомобільних доріг;

3. Розробити якісні та кількісні критерії для аналізу технічних показників паспорта автомобільної дороги;

4. Розробити методику оцінки даних паспортизації для визначення ефективності їх використання в ПАК;

5. Розробити практичні рекомендації щодо удосконалення паспортизації автомобільних доріг та впровадження результатів дослідження.

Об'єкт дослідження – дані паспортизації автомобільних доріг.

Предмет дослідження – вплив кількості технічних показників паспорта на ефективність паспортизації автомобільних доріг.

Методи дослідження – в роботі використані: метод аналізу при дослідженні структури даних паспортизації; метод експертних оцінок при дослідженні ПАК; розрахунково-дослідний метод при визначенні ефективності методів та технологій паспортизації автомобільних доріг; економічна оцінка при розрахунку ефективності наукових розробок.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше розроблено кваліметричну модель щодо визначення ефективності використання даних паспортизації автомобільних доріг.

Вперше розроблено метод оцінки даних паспортизації для раціоналізації структури паспорта автомобільної дороги на основі застосування кількісних та якісних критеріїв.

Удосконалено існуючі підходи щодо визначення обсягу та виду інформації під час паспортизації автомобільних доріг на етапі їх експлуатації.

Отримали подальший розвиток такі методи як: оцінка даних про поточний стан автомобільної дороги з урахуванням заданої ефективності та повноти наявної інформації.

Практичне значення отриманих результатів. На основі проведених досліджень розроблено рекомендації щодо рангів показників паспорта автомобільних доріг з урахуванням їх рівнів вагомості у програмно-аналітичних комплексах, що застосовують у дорожньому господарстві України;

Визначено перелік методів та технологій збору даних, які є найбільш ефективними для вирішення завдань паспортизації автомобільних доріг;

Встановлено перелік технічних показників паспорта для визначення обсягу необхідних даних при паспортизації автомобільних доріг державного та місцевого значення.

У результаті проведених досліджень розроблені:

1. Рекомендації по удосконаленню структури паспорта автомобільних доріг державного та місцевого значення;
2. Метод оцінки даних паспортизації для раціоналізації структури паспорта автомобільної дороги на основі застосування кількісних та якісних критеріїв;
3. Рекомендації щодо вибору методів та технологій збору даних, які найбільш ефективно використовувати при паспортизації автомобільних доріг.

Теоретичні та практичні результати роботи, що отриманні при проведенні дисертаційних досліджень, впровадженні в ДП «Укрдіпродор» та використовувалися при складанні технічних завдань для проведення робіт з паспортизації автомобільних доріг в різних областях України, зокрема в Сумській, Харківській та Запорізькій областях.

Особистий внесок здобувача. Основні результати, які викладені в дисертації і подані до захисту, отримано здобувачем самостійно. Роботи [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11] виконані у співавторстві, а робота [5] – одноосібно. У роботах, опублікованих у співавторстві, автору належать: розробка математичної моделі впровадження ГІС на автомобільних дорогах з використанням методу динамічного програмування [2], встановлення критеріїв для визначення черговості проведення паспортизації автомобільних доріг місцевого значення [3], узагальнення структури даних про поточний стан автомобільних доріг [4] розроблення кількісних та якісних критеріїв оцінки технічних показників [6], розроблення етапів удосконалення паспорта автомобільної дороги [7, 8, 12] та обґрунтування доцільності використання

методів статистичних випробувань та факторного аналізу при оцінці даних паспортизації автомобільних доріг [9, 11] .

Апробація результатів дисертації. Теоретичні, методичні та практичні положення дисертаційної роботи представлені у вигляді тез на LXVIII, LXXI, LXXIII, LXXIV всеукраїнських наукових конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету, НТУ, 2012, 2015, 2017 і 2018 роки, м. Київ.

Публікації. Матеріали дисертаційної роботи опубліковано в 11 наукових працях, з яких 5 статей опублікованих у фахових виданнях України, з них одна – одноосібно, 1 стаття в іноземному періодичному виданні, а також 6-ти тезах науково-технічних конференцій. Також отримано 1 свідоцтво на науковий твір.

Структура й обсяг роботи. Робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 186 сторінок, включаючи 130 сторінок основного тексту, 23 таблиці, 37 рисунків, список використаних джерел зі 123 найменувань та 4 додатки.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРИ ПАСПОРТИЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

1.1 Система інформаційного забезпечення функціонування автомобільних доріг

На сьогодні для ефективного розвитку транспортного комплексу та, як наслідок, досягнення Україною статусу регіонального транспортного хабу, доцільним є використання сучасних інтелектуальних транспортних систем при управлінні мережею автомобільних доріг [1]. Також для стимулювання інноваційного розвитку необхідним є створення єдиної інформаційно-аналітичної системи управління автомобільними дорогами загального користування з доступом громадськості до інформації щодо стану автомобільних доріг [2, 3, 4].

Наразі в дорожній галузі функціонує система інформаційного забезпечення (див. рис. 1), яка включає стратегічні та оперативні цілі щодо її вдосконалення. Необхідно зазначити, що в загальному структура даної системи є досить раціональною та включає можливість її доповнення з урахуванням перспективних напрямків розвитку дорожньої галузі [5].

Проте якщо розглядати окремі блоки цієї системи – галузеві програмно-аналітичні комплекси, структуру даних географічно-інформаційної бази даних автомобільних доріг, перелік технічних показників автомобільної дороги, усі вони функціонують окремо та використовують переважно застарілі методи та технології збору даних (фотографування, ручний збір даних тощо). Це в свою чергу в разі знижує ефективність функціонування одного з основних блоків системи – збір даних, і як наслідок, системи в цілому [6 – 7].

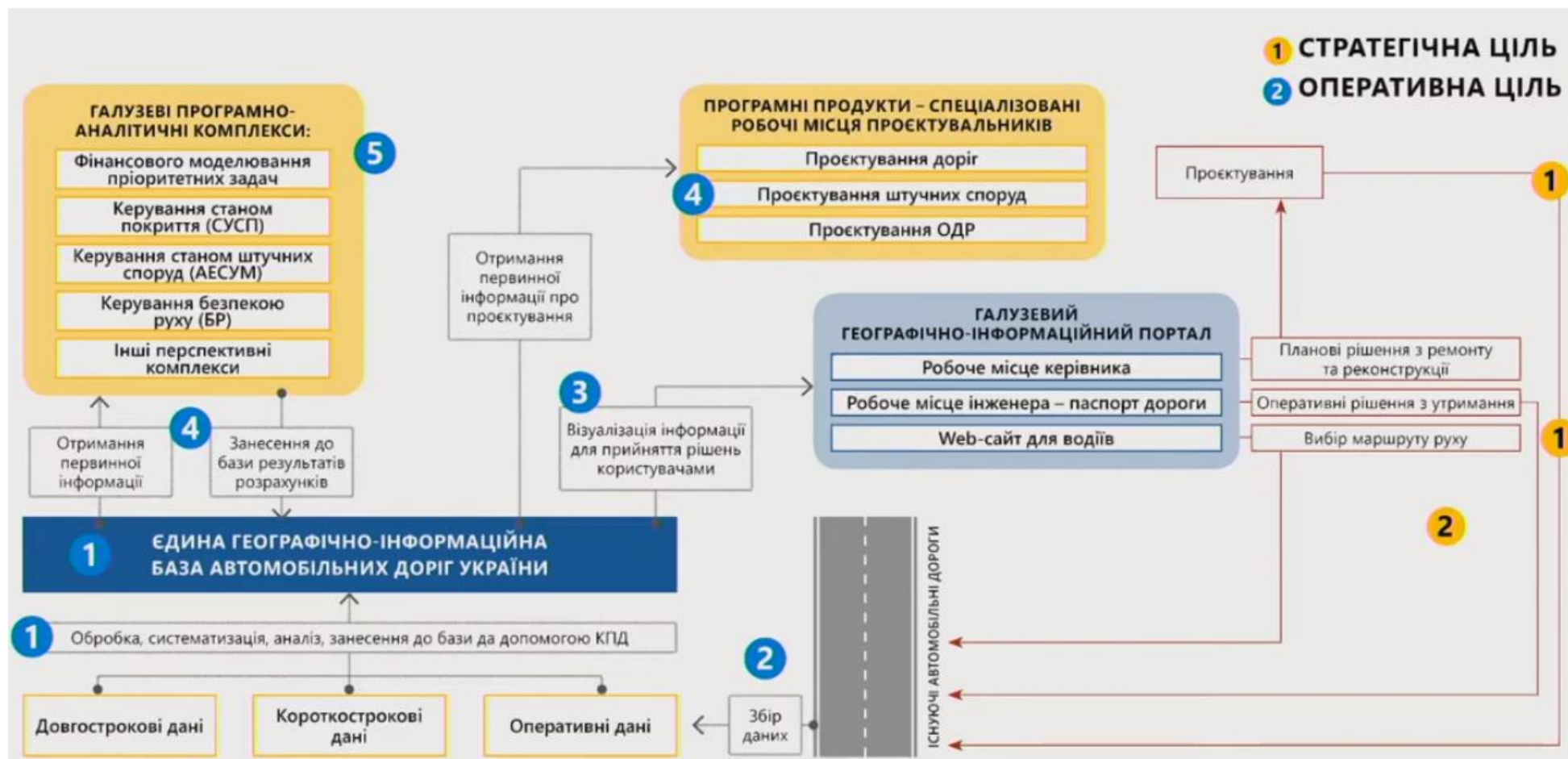


Рисунок 1 – Система інформаційного забезпечення дорожньої галузі України

Для управління дорожньою мережею збираються та використовуються різні типи даних. В залежності від того, про який елемент дорожньої інфраструктури збираються дані (лінійний або локальний об'єкт), мають змінюватися технології збору даних та структура самих даних. Якщо розглядати основні елементи автомобільної дороги (наприклад покриття, дорожнє облаштування, інтенсивність та склад руху тощо), то вони характеризуються двома типами даних [8]:

- які описують самі елементи;
- які характеризують стан елементів.

Перша група даних описує фізичні елементи дорожньої інфраструктури, які не змінюються на протязі тривалого терміну (довгострокові дані). Друга група даних характеризує стан елементів, що змінюється з певною періодичністю (короткострокові дані).

Є широкий спектр технологій, що використовуються в дорожньому господарстві для збору даних про поточний стан мережі автомобільних доріг. Одним із основних питань, на яке необхідно дати відповідь при виборі технології збору даних є - які дані необхідно збирати з урахуванням наявних умови та особливостей і як потім ці дані будуть використанні?

Надмірна деталізація при зборі даних, є одним із основних завдань, яке вирішується на початкових етапах розроблення сучасних систем управління дорожнім рухом (Road management system - RMS) [8, 9]. При розробленні таких систем враховується інтенсивність отримання даних, вартість їх оновлення та підтримування в актуальному стані. Для цього завжди необхідно враховувати три керівні принципи:

- збирати дані, які необхідні для прийняття конкретних управлінських рішень;
- збирати дані з найнижчим достатнім рівнем деталізації,
- збирати дані лише тоді, коли вони потрібні (з встановленою періодичністю).

У 1990 році іноземними вченими було запроваджено поняття рівнів якості інформації (Information Quality Levels – IQL) [8].

IQL допомагає структурувати дані, що необхідні для управління автомобільними дорогами, на різні рівні, які співвідносяться зі ступенем складності, необхідної для прийняття рішень, методів збору та обробки даних. У теорії IQL дуже деталізовані дані («дані низького рівня») можуть бути зведені або агреговані в прогресивно простіші форми («дані високого рівня»), (див рис. 2).

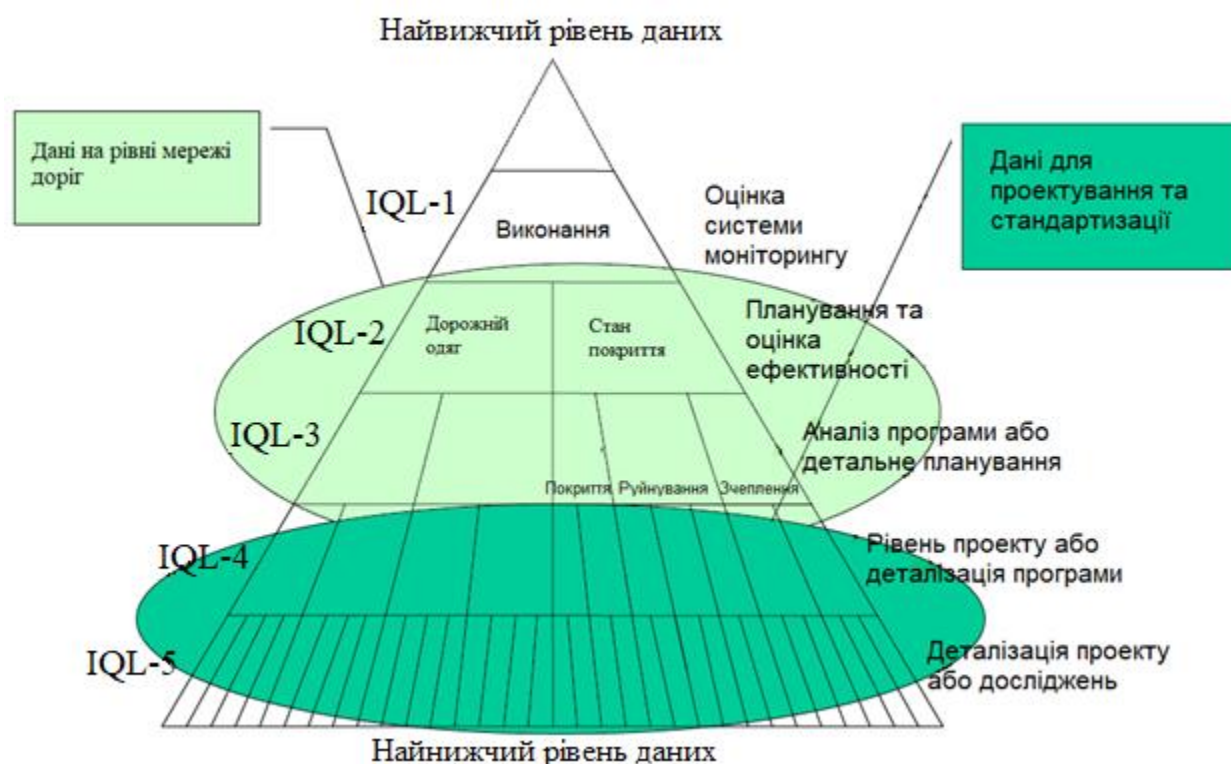


Рисунок 2 – Структура даних для управління автомобільними дорогами в залежності від рівнів якості інформації IQL

Загалом встановлено п'ять рівнів якості інформації (IQL):

- IQL-1 представляє дані верхнього рівня, такі як ключові показники ефективності функціонування мережі та поєднують ключові показники з декількох відомостей даних;
- IQL-2 є ключовим атрибутом, який використовується при плануванні розвитку, відновлення або звітуванні про загальний стан мережі;

- IQL-3 представляє, як правило, дані з двома або трьома атрибутами, які використовуються на рівні мережі автомобільних доріг;
- IQL-4 являє собою типовий рівень деталізації технічних показників, необхідних для прийняття рішень на рівні окремих автомобільних доріг;
- IQL-5 являє собою числові дані на основі проведених фундаментальних, лабораторних або теоретичних досліджень та розрахунків.

Для використання подібної класифікації рівнів даних та інформації, отриманої на їх основі необхідно кардинально змінити модель структуру даних, що визначаються при паспортизації автомобільних доріг з використанням наведених керівних принципів з метою отримати відповіді на ключові питання: коли та які дані потрібно збирати і з яким рівнем деталізації.

1.2 Структура даних про поточний стан автомобільних доріг

1.2.1 Діюча структура даних технічних показників автомобільної дороги

Діючий стандарти з інформаційного забезпечення [10 – 13] встановлюють вимоги до структури паспорта та переліку даних про стан автомобільних доріг, які необхідно визначати з певною періодичністю для прийняття управлінських рішень в дорожній галузі. Перелік даних, які необхідно виміряти та ввести до бази даних становить 1440 технічних показники [10] та включає інформацію про 85 окремих об'єкти автомобільної дороги (див. додаток А).

Інформація про технічні показники в залежності від виду даних та їх сукупностей поділяється на [8]:

- за змістом на атрибутивні, геодані та метадані (див. рис. 3);
- за терміном дії на довгострокові та короткострокові (див. рис. 3).

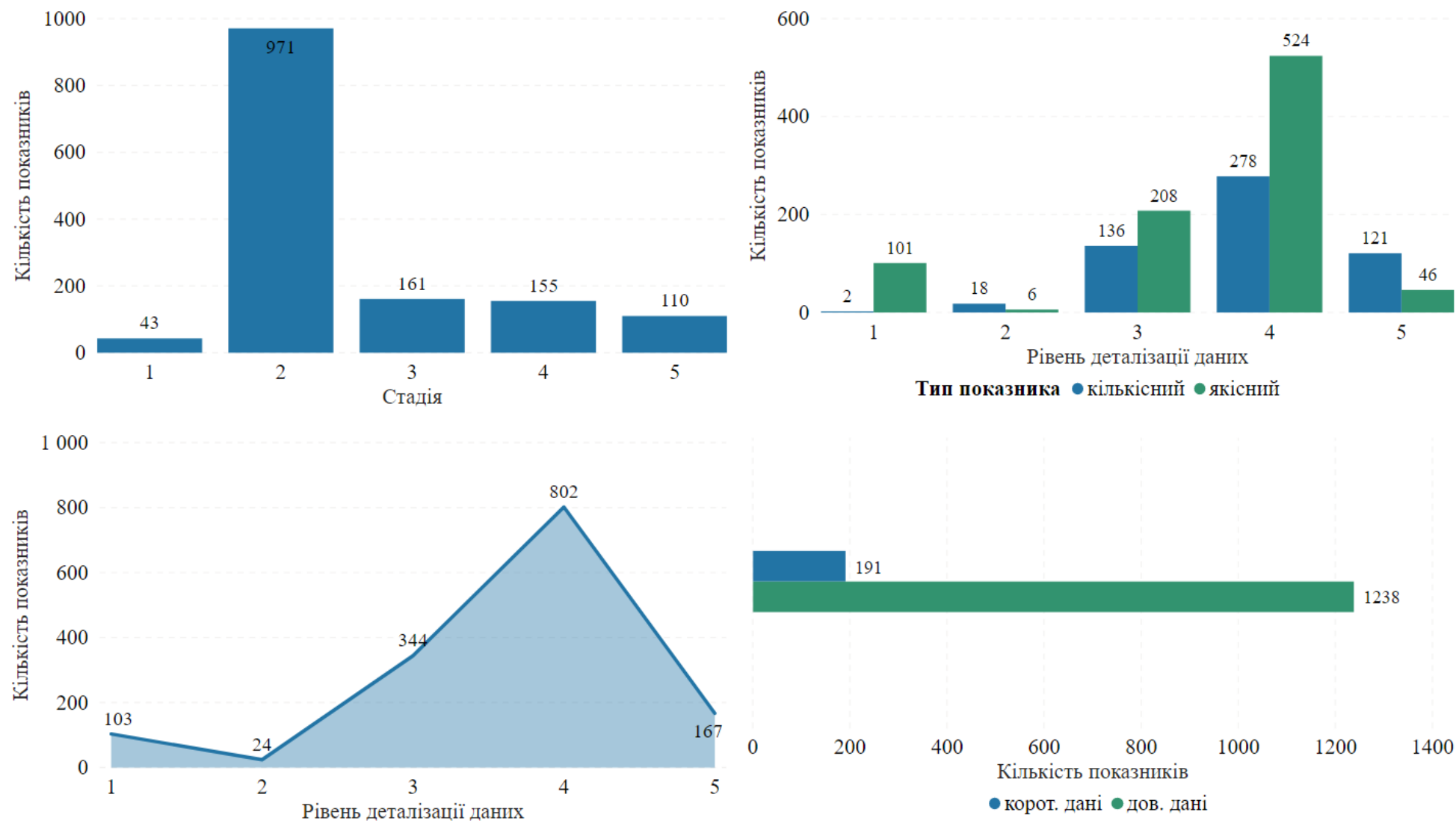


Рисунок 3 – Структура даних технічних показників паспорта автомобільної дороги

Напрямки удосконалення підходів до виконання робіт з паспортизації автомобільних доріг з використанням сучасних методів та технологій збору даних та, відповідно, раціоналізація структури паспорта висвітлено в багатьох наукових роботах вітчизняних та закордонних науковців [12 – 18].

Наразі перелік даних про технічні показники автомобільної дороги, які потребують визначення згідно [10 – 13], сформовано по принципу «все для всіх», тобто не залежно від того на якому етапі функціонування (життєвого циклу) знаходиться автомобільна дорога (вишукування, проектування, будівництво або ремонт, здача в експлуатацію, утримання), необхідно виконувати повномасштабний збір даних. З набранням чинності [21] введено поняття стадійності робіт з паспортизації, проте виконання робіт за встановленими стадіями не враховує потребу та наявність даних в ПАК.

Сьогодні з використанням сучасних методів та технологій можна збирати дані практично про всі об'єкти, що знаходяться на автомобільних дорогах. Проте першочерговою метою має бути збір лише тих даних, які вимірюють прогрес у досягненні визначених цілей та безпосередньо використовуються для управління дорожньою мережею.

Відповідно до міжнародної класифікації [8] дані про автомобільні дороги, що використовуються для управлінських рішень на етапі їх експлуатації - це ті дані, що впливають на:

- вартість реконструкції, ремонту або утримання автомобільних доріг;
- управлінські рішення;
- строк служби окремих конструктивних елементів автомобільної дороги;
- ефективність функціонування автомобільної дороги.

В принципі, дані, що необхідні для управління автомобільними дорогами, поділяються на три основні типи і можуть бути згруповані наступним чином:

– дані паспортизації: дані, які мають в основному статичний характер і описують фізичні елементи об'єктів дорожньої інфраструктури (довгострокові);

– дані про поточний стан: дані, що описують стан активів; ці дані зазвичай змінюють через деякий час (короткострокові);

– оперативні дані:

До оперативних даних відносяться дані, які пов'язані або генеровані в процесі експлуатації автомобільної дороги та можуть змінюватися через деякий час, стосовно:

– трафіку;

– дорожньо-транспортних пригод;

– впливу на навколишнє середовище (наприклад, шумове навантаження та забруднення, спричинені дорожнім рухом);

– фінансових витрат;

– діяльності з управління автомобільними дорогами;

– розподілу ресурсів.

Дані паспортизації та поточного стану стосуються ключових областей інфраструктури або первинних компонентів дорожньої мережі, включаючи лінійні та точкові об'єкти (див. табл.1) [8].

Таблиця 1 – Компоненти об'єктів

Лінійні об'єкти	Точкові об'єкти
Покриття	Мости
Обладнання пасивної дорожньої безпеки	Геотехнічні споруди
Огородження	Труби
Дренажні споруди	Вловлювальні басейни
Дорожня розмітка	Естакади
Придорожнє облаштування	Галереї
	Інші штучні споруди

Наразі при формуванні діючої структури паспорта автомобільної дороги використано кількісний підхід до визначення переліку технічних показників

без врахування їх якісних характеристик (ефективність від використання, доцільність в даних на даний момент часу тощо).

На відміну від цього, в країнах з низьким рівнем розвитку мережі автомобільних доріг виконується збір та аналіз лише основних даних про автомобільну дорогу (відеозйомка, основні геометричні параметри, стан покриття тощо), з використанням яких встановлюють загальний індекс стану мережі [8]. В подальшому ці дані використовуються для встановлення переліку автомобільних доріг та розробки комплексних програм з їх відновлення або ремонту.

В свою чергу в країнах із розвинутою мережею автомобільних доріг (Великобританія, Німеччина, США, Іспанія, Південна Корея тощо) процес збору даних про автомобільні дороги починається з встановлення потреби в даних в залежності від складності транспортної мережі, «рівня зрілості» органу управління мережею, доступних технологій і показників, що використовуються для відображення стану активів [22 – 25]. В таких країнах при управлінні мережею автомобільних доріг переважно виконується «цифрове» обстеження з використанням пересувних лабораторій, які оснащені сучасним вимірювальним обладнанням (див. рис.4) та визначається атрибутивна інформація активів: цифрова візуалізація, лазерне сканування та визначення транспортно-експлуатаційних характеристик автомобільної дорogi та деформаційних характеристик конструкції дорожнього одягу [26 – 27].

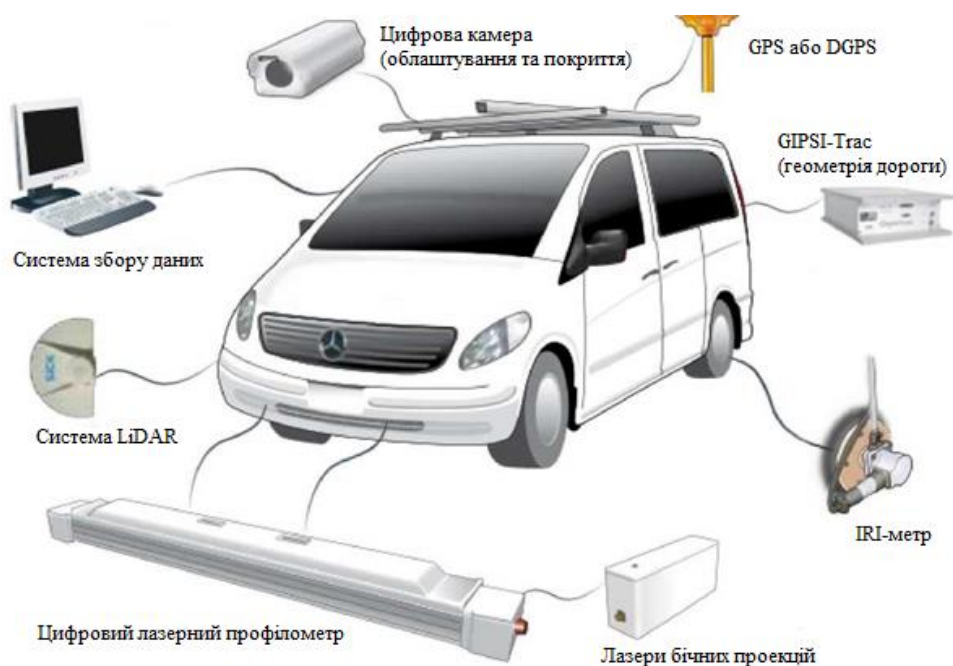


Рисунок 4 – Приклад оснащення пересувних лабораторій сучасним вимірювальним обладнанням для збору даних про автомобільну дорогу

Такий підхід при структуруванні даних дозволяє мінімізувати їх дублювання при проведенні паспортизації на різних етапах функціонування автомобільної дороги [28].

Тому з урахуванням існуючого стану мережі автомобільних доріг, часткової наявності електронних паспортів та плани розвитку дорожньої галузі на найближчі 5 років, найбільш доцільно є поєднання наведених підходів при удосконаленні паспортизації, що дозволить на початкових етапах встановити загальні індекси автомобільних доріг, але врахувати сучасні підходи та методи збору даних про поточний стан автомобільних доріг [29 – 30].

1.2.2 Аналіз використання даних паспортизації автомобільних доріг в програмно-аналітичних комплексах

Дані паспортизації автомобільних доріг є вхідною інформацією для вирішення основних завдань ПАК [6 – 7, 31 – 32], а саме:

- збір статистичної та довідкової інформації про автомобільні дороги та штучні споруди;
- прогнозування експлуатаційного стану автомобільних доріг і штучних споруд;
- проектування заходів щодо покращення транспортно-експлуатаційних показників автомобільних доріг;
- планування, проектування та організації робіт з будівництва, ремонтів та утримання автомобільних доріг;
- розроблення рекомендацій щодо поліпшення умов і безпеки руху тощо.

На даний момент основними ПАК, які впровадженні і експлуатуються в дорожній галузі України є [5, 6, 7, 33]:

1. Інформаційно-статистичний;
2. Оцінка умов і безпеки руху;
3. Екологічна паспортизація;
4. Планування ремонтів та реконструкції автомобільних доріг;
5. Аналітична експертна система управління мостами (АЕСУМ);
6. Система управління станом покриття (СУСП).

Проте враховуючи низький рівень наявності електронних паспортів, відсутність централізованого доступу ПАК до таких даних, повільна паспортизація автомобільних доріг, утримувачі ПАК використовують різні методи та технології збору даних про автомобільні дороги.

Все це призводить до необґрунтованих перевитрат матеріально-технічних ресурсів, передбачених на функціонування дорожньої мережі. Одним із першочергових завдань для вирішення вказаного проблемного питання є обґрунтованість використання сучасних методів паспортизації з урахуванням вимог та потреб ПАК. Для цього в даній роботі виконані наукові дослідження та розроблено методику визначення ефективності використання методів та технологій збору даних про технічні показники при паспортизації автомобільних доріг.

На основі аналізу функціональних завдань ПАК, для кожного із них встановлено перелік об'єктів з паспорта автомобільної дороги та множину технічних показників (див. додаток Б).

1.2.2.1 Аналіз інформаційно-статистичного ПАК

Доцільність функціонування даного ПАК обумовлена тим, що загальна інформація про автомобільні дороги та наявність об'єктів дорожньої інфраструктури необхідна для проведення раціонального планування робіт з розвитку мережі автомобільних доріг. Основними документами згідно вимог яких даний ПАК наповнюється вхідними даними є [35, 36], що в подальшому використовується при акумулюванні зібраної статистичної інформації в єдиному сервісі [4]. Загальна кількість технічних показників паспорта автомобільної дороги, які необхідно визначити для наповнення звітних форм інформаційно-статистичного ПАК відповідно до вимог основних джерел даних (див. рис.5).

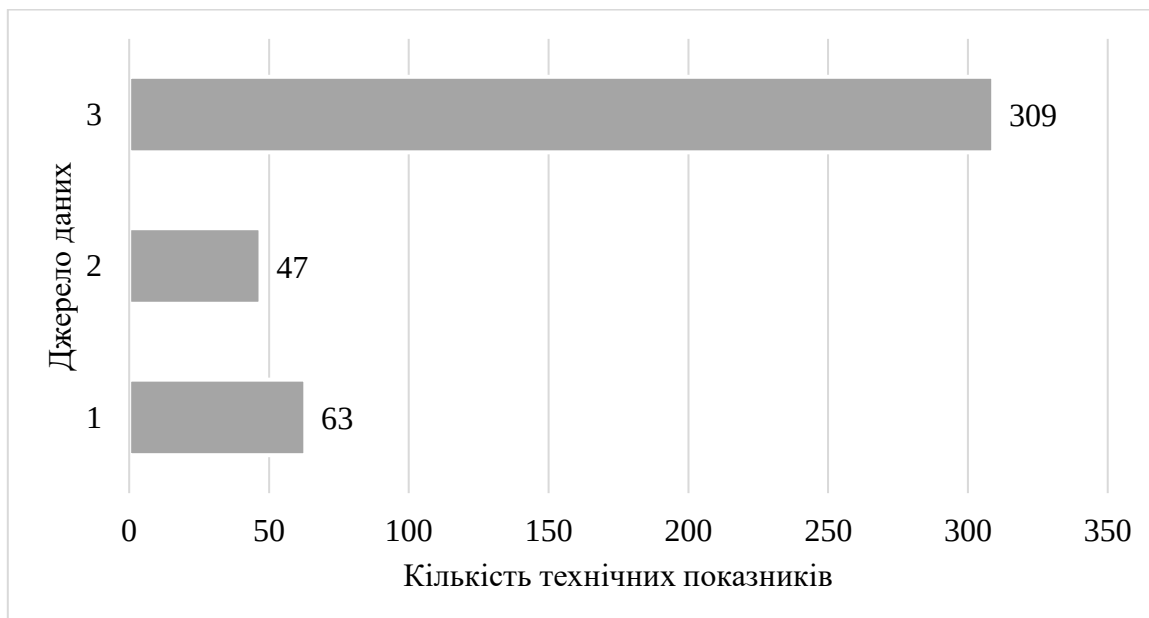


Рисунок 5 – Використання технічних показників паспорта при функціонуванні інформаційно-статистичного ПАК

1.2.2.2 Аналіз ПАК з оцінки умов і безпеки руху на автомобільних дорогах

Забезпечення високих функціональних властивостей автомобільних доріг і безпеки руху на них – першочергове завдання всіх дорожніх організацій, як проектних, так і експлуатаційних. Для цього необхідно мати обґрунтовані та систематизовані дані щодо умов руху на автомобільних дорогах [37, 38, 39].

Досить повно функціональний стан автомобільної дороги можна оцінити за допомогою таких показників, як швидкість руху, пропускна здатність, безпека руху, рівність і слизькість дорожнього покриття [37, 38]. На основі цих показників розробляються графіки пропускної здатності автомобільної дороги, коефіцієнтів аварійності, коефіцієнтів безпеки, рівності і зчеплення коліс автомобіля з покриттям.

При цьому наразі в дорожній галузі є досить велика кількість стандартів, рекомендацій та методик, з використанням яких можливо оцінити безпеку та умови руху на автомобільних дорогах. Вихідними даними для проведення відповідних розрахунків та оцінки функціональних властивостей мають бути паспорти автомобільних доріг [40, 41, 42]. Загальна кількість технічних показників паспорта, які необхідні для виконання таких розрахунків згідно проаналізованих джерел даних (див. рис.6).



Рисунок 6 – Використання технічних показників паспорта для функціонування ПАК з оцінки умов і безпеки руху на автомобільних дорогах

1.2.2.3 Аналіз ПАК з екологічної оцінки стану автомобільних доріг

Інформація з паспорта автомобільної дороги може бути ефективно використана для оцінки допустимої з точки зору екологічних норм інтенсивності руху транспортних засобів в населених пунктах, визначення допустимої величини шумового навантаження та вплив автомобільної дороги на довкілля [43, 44]. Функціонування даного ПАК покликане вирішити такі важливі завдання – обґрунтування доцільності будівництва обходів населених пунктів, оцінка екологічного безпечного віддалення автомобільних доріг від населених пунктів та влаштування додаткового облаштування для зменшення негативного впливу на довкілля.

Основою вихідних даних для вирішення вищенаведених завдань відповідно до вимог галузевих нормативно-технічних документів [44 – 45] є множина технічних показників паспорта автомобільної дороги, загальна кількість яких згідно проаналізованих джерел даних наведена на рис.7.

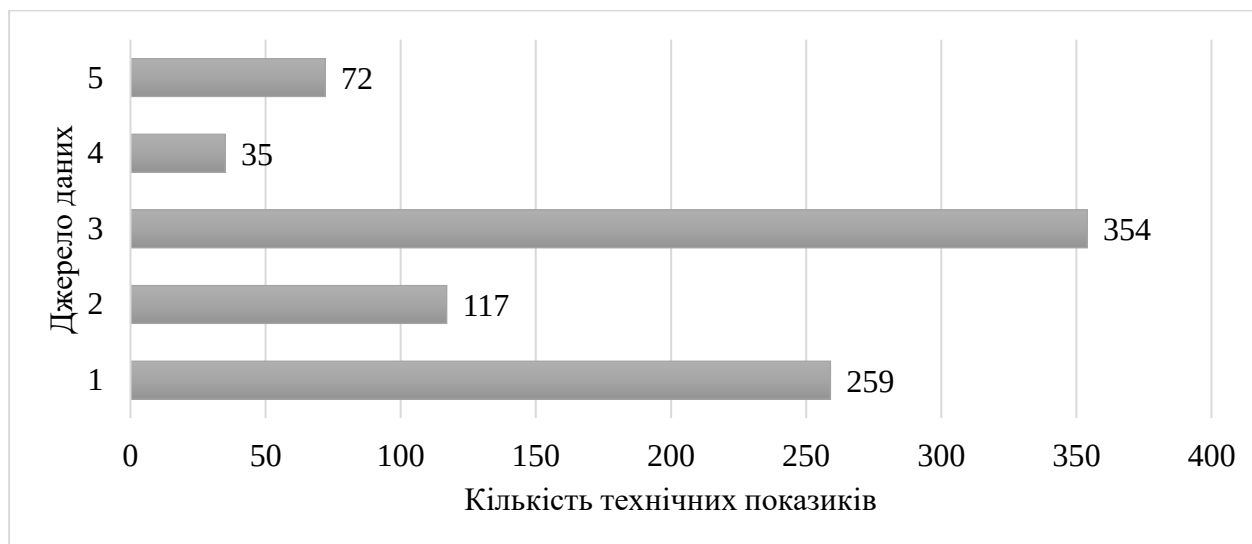


Рисунок 7 – Використання технічних показників паспорта при функціонуванні ПАК з екологічної оцінки стану автомобільних доріг

1.2.2.4 Аналіз ПАК з планування робіт з будівництва, ремонтів та утримання автомобільних доріг

Наразі одним із основних критеріїв при плануванні робіт з будівництва, ремонтів та утримання автомобільних доріг є наявність сталого короткострокового (1 рік) та довгострокового (3 – 5 років) джерел фінансування дорожньої галузі. Порядок визначення та механізм розподілу фінансових ресурсів на виконання зазначених робіт визначається згідно з [46].

Планування та розподіл загального обсягу фінансових ресурсів для виконання дорожньо-будівельних робіт в межах функціонування даного ПАК здійснюється з урахуванням ключових показників ефективності функціонування автомобільних доріг, зокрема транспортної роботи та умов експлуатації відповідно до [47, 48].

Загальна кількість технічних показників паспорта автомобільної дороги, які необхідні для прийняття відповідних рішень в межах ПАК в залежності від проаналізованих джерел даних, наведено на рис.8.

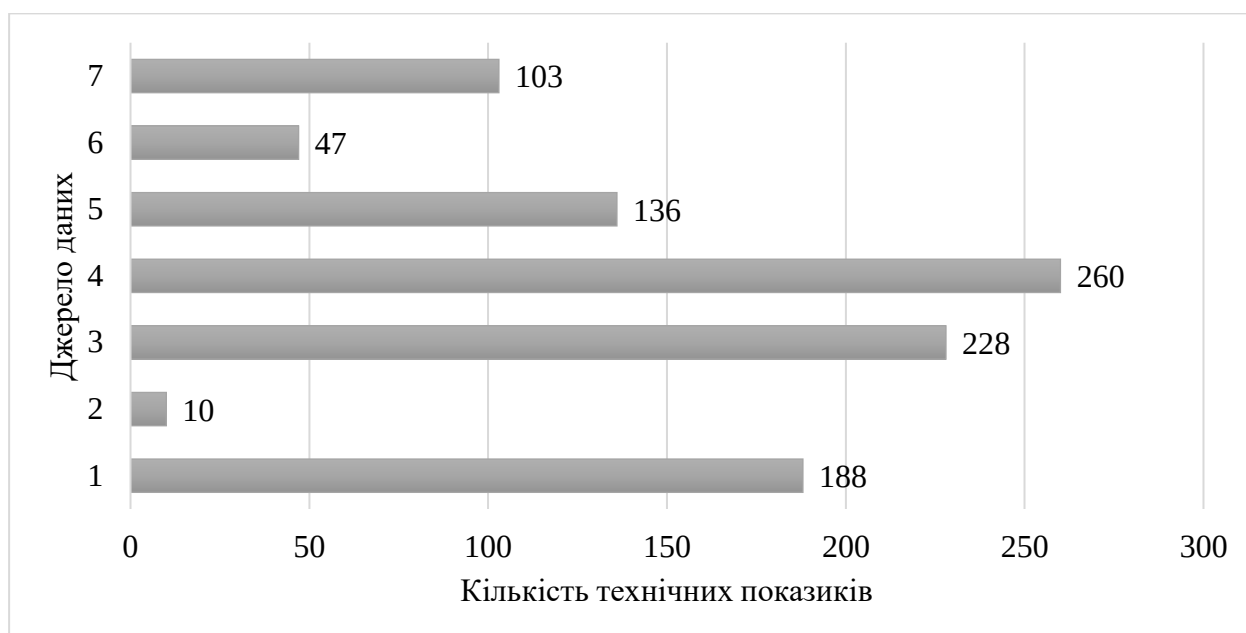


Рисунок 8 – Використання технічних показників паспорта при функціонуванні ПАК з планування будівництва та ремонтів автомобільних доріг

1.2.2.5 Аналіз ПАК з обстеження та оцінки стану мостів і труб

Загальні правила обстеження побудованих мостів і труб, що знаходяться в експлуатації, на автомобільних дорогах загального користування встановлюються нормами [49], загальні правила та методологія та обстеження мостів і труб наведена в Посібнику [50]. Оцінювання та прогнозування технічного стану мостів здійснюється з урахуванням вимог [51, 52].

На сьогодні в дорожній галузі основним ПАК, що використовується для оцінки технічного стану мостів, обґрунтування необхідності реконструкції та виду ремонту є Аналітично-експертна система управління мостами (АЕСУМ).

Наповнення даними для ефективного функціонування ПАК є необхідність наявності ряду технічних показників паспорта автомобільної дороги, загальна кількість яких в залежності від джерела даних, наведена на рис. 9.

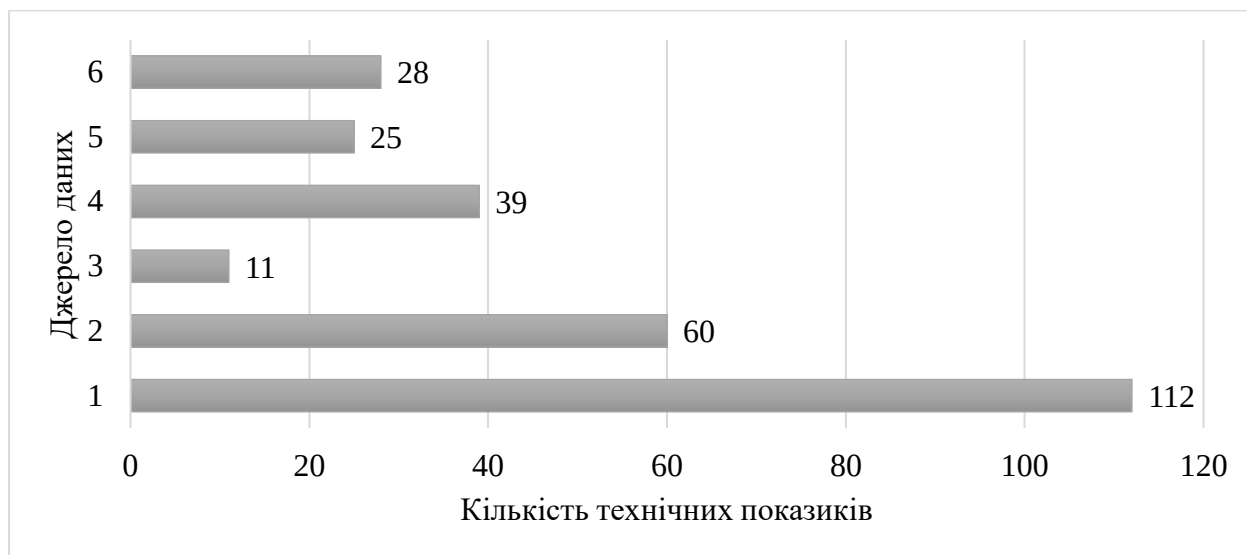


Рисунок 9 – Використання технічних показників паспорта при функціонуванні ПАК з обстеження та оцінки стану мостів

1.2.2.6 Аналіз ПАК системи управління станом покриття

Програмний комплекс СУСП передбачає формування банків даних про поточний стан покриття автомобільних доріг з наступним визначенням ділянок з незадовільним станом за відповідним переліком критеріїв та обґрунтуванням довгострокових стратегій ремонтів автомобільних доріг.

З використанням інформації про поточний стан покриття приймаються рішення про проведення необхідних заходів, як на поточний (1 рік), так і на перспективні періоди (до 5 років), виконання яких забезпечить найбільш ефективне використання бюджетних коштів [53].

Складання інформації, що формує банки даних, здійснюється у вигляді 9 форм [53]:

- адміністративні дані;
- траса та профіль дороги;
- геометричні характеристики основних елементів;
- конструкція дорожнього одягу;
- інтенсивність руху;
- руйнування поверхні дорожнього одягу;

- рівність покриття дорожнього одягу;
- міцність дорожнього одягу;
- зчеплення колеса автомобіля з поверхнею покриття.

Згідно вимог СУСП автомобільна дорога поділяється на елементарні ділянки-модулі, довжиною, як правило, рівною 1000 м або меншою, для забезпечення однорідності умов експлуатації та технічних параметрів дороги, а також у відповідності до діючої практики вимірювання транспортно-експлуатаційних показників дорожнього одягу [54, 55].

Загальна кількість технічних показників, що необхідні для функціонування ПАК системи управління станом покриття в залежності від джерел даних наведено на рис.10.

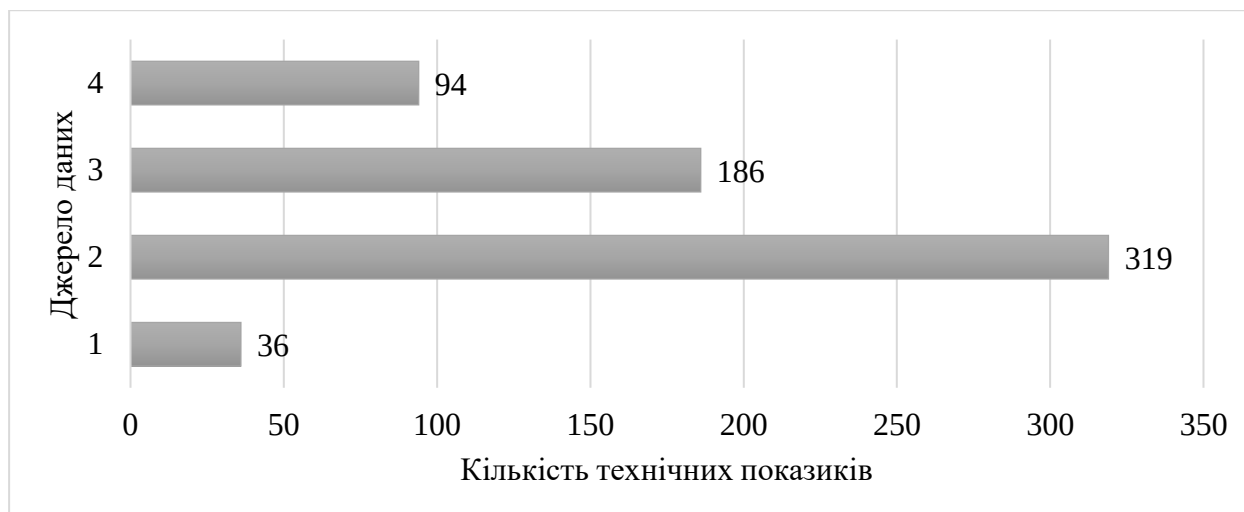


Рисунок 10 – Використання технічних показників паспорта при функціонуванні системи управління станом покриття (СУСП)

Частота використання (повторюваність) технічних показників паспорта автомобільної дороги в усіх проаналізованих ПАК наведена на рис. 11. При цьому необхідно зазначити, що 500 показників взагалі не використовуються жодним ПАК, а це близько 35 % від загальної кількості згідно [10].



Рисунок 11 – Частота використання технічних показників паспорта в ПАК

1.3 Принципи кількісного оцінювання якості даних про автомобільну дорогу

Удосконалення паспортизації автомобільних доріг та систематизація даних про поточний стан автомобільних доріг дозволить підвищити ефективність управлінських рішень щодо об'єктів транспортної інфраструктури [56, 57].

На сьогодні в ряді наукових досліджень у дорожній галузі запропоновані моделі оцінки якісного стану транспортних споруд. Переваги застосування фундаментальних принципів кваліметрії для інтерпретації якісних параметрів виробничого середовища доводяться багатьма дослідниками в різних галузях [58, 59].

Використання методу, який ґрунтується на кваліметричних моделях, для визначення якісного стану об'єкта, пропонується в роботах [60, 61]. При цьому можуть виникнути труднощі з використанням даного методу через його специфічність та багатопараметричність. Для кількісної оцінки якості використання різних моделей структури даних паспорта автомобільної дороги найбільш доцільно використовувати підходи кваліметрії. Завдяки роботам Г.Г. Азгальдова, А.В. Галичева, Е.П. Рейхмана, В.М. Сіденка і інших

дослідників в різних країнах створені передумови для можливості використання методу кваліметрії в дорожньому будівництві [59, 61, 62].

Ефективність функціонування автомобільної дороги можна оцінити враховуючи її показники якості. Для їх оцінки наразі використовуються такі методи: вимірювальний, органолептичний; експертний і розрахунковий [62].

При аналізі даних паспортизації автомобільних доріг, найбільш оптимальним, з точки зору особливостей інформації, є використання розрахункового методу, який передбачає визначення показників якості за допомогою емпіричної залежності за формулою 1. Якість оцінюваних даних (в нашому випадку це технічні показники паспорта автомобільної дороги) характеризується сумою її результуючих показників якості (надійність, естетичність, пропускна здатність автомобільної дороги тощо). Результуючі показники якості не однакові за своїм значенням, тобто вони мають різну вагомість. Сума оцінок одиничних показників з урахуванням їх вагомості дає комплексний показник якості [63]:

$$P_k = P_1 \times k_1 + P_2 \times k_2 + \dots + P_n \times k_n = \sum_{i=1}^{i=k} P_i \times k_i \quad (1.1)$$

де P_k – комплексний показник якості функціонування автомобільної дороги;

$P_1, P_n (P_i)$ – одиничні показники якості, що відносяться до однієї з характеристик (надійність, естетичність тощо) автомобільної дороги або до одного з елементів об'єкта (покриття, земляне полотно, облаштування тощо);

$k_1, k_n (k_i)$ – коефіцієнти вагомості одиничних показників.

Для більшої наочності врахування всіх результуючих показників при одержанні комплексного показника якості розробляють кваліметричні моделі. Комплексна оцінка якості функціонування автомобільної дороги на стадії експлуатації здійснюється з урахуванням таких груп показників: цільових, експлуатаційних, ергономічних, надійності, естетичних та безпеки руху. Загальна кваліметрична модель для оцінки якості функціонування

автомобільної дороги згідно [63] наведено на рис. 12.

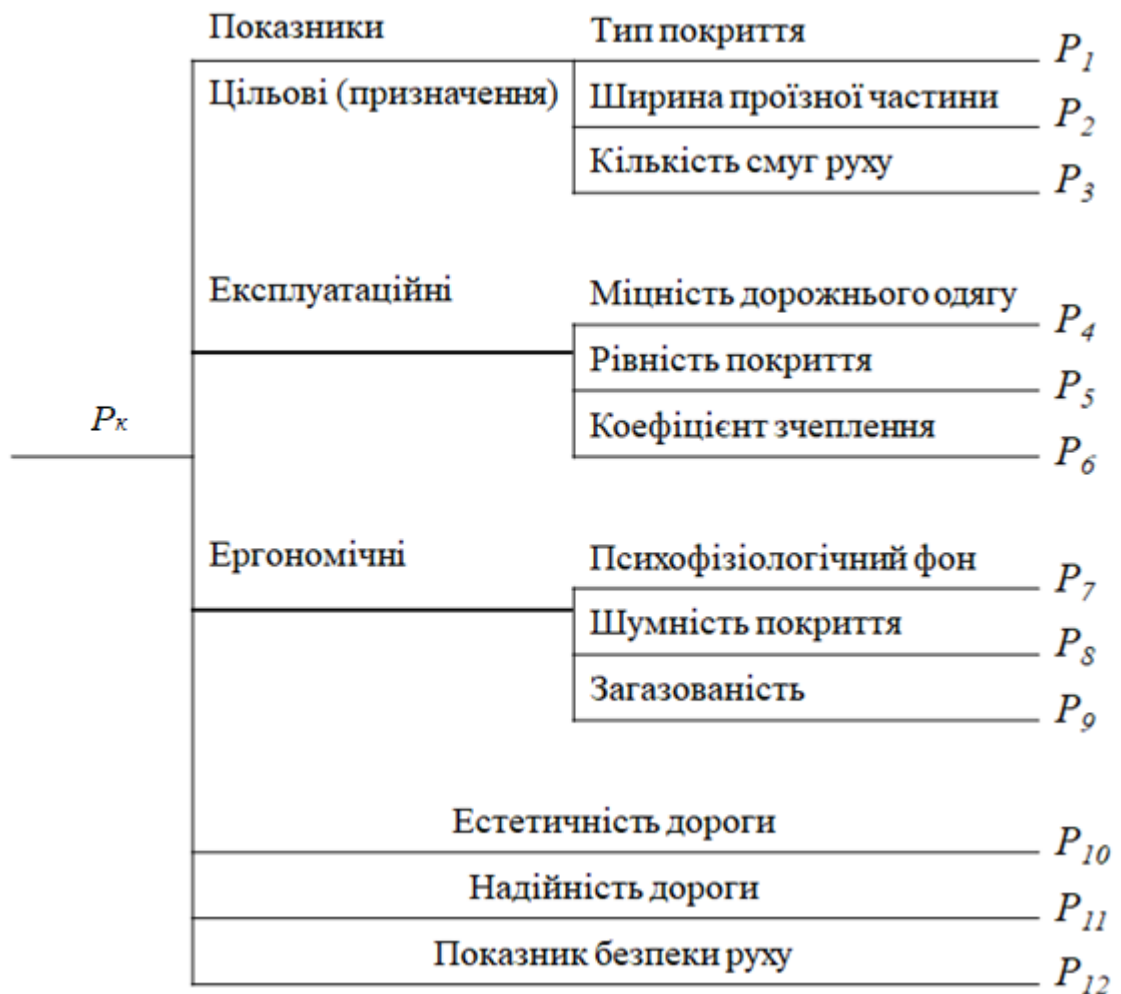


Рисунок 12 – Загальна кваліметрична модель оцінки якості функціонування автомобільних доріг

1.4 Аналіз методів та технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг

Доцільність використання сучасних методів та технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг висвітлені в таких роботах [64, 65, 66]. На сьогодні до таких методів та технологій збору даних можна віднести: лазерне сканування поверхонь з можливістю отримання «хмари» точок, автоматичні системи збору даних, дистанційне зондування землі методом

аерофотозйомки та використання безпілотних літальних апаратів, оснащених різним вимірювальним обладнанням та датчиками.

Наведені методи частково використовуються при наповненні даними електронні паспорти автомобільних доріг та збору інформації для ПАК (зокрема АЕСУМ, СУСП). Але їх використання є поодиноким та розрізненим, що не дає можливості мати актуальні дані з достатнім рівнем деталізації.

До основних методів збору даних про технічні показники, які можуть використовуватися при проведенні паспортизації автомобільних доріг є:

- технічний облік (періодичний моніторинг);
- інструментальні обстеження (лазерне сканування тощо);
- автоматичні системи збору даних (лічильники руху, датчики, метеостанції);
- обстеження окремих штучних споруд (мостів і труб);
- збір даних про ДТП та їх облік;
- дистанційне зондування землі;
- безпілотні літальні апарати.

Дані отримані з використанням зазначених методів та технологій наразі використовуються розрізнено без врахування кінцевого результату – необхідність актуальної та достатньої інформації про стан автомобільних доріг, яка в подальшому використовується для вирішення різнопланових завдань в галузі [28].

1.4.1 Технічний облік (періодичний моніторинг)

Під *технічним обліком* слід розуміти повномасштабний збір даних введених в експлуатацію автомобільних доріг (заново побудованих, реконструйованих) для можливості створення їх електронних паспортів.

Сьогодні при виконанні технічного обліку автомобільних доріг необхідно керуватися положеннями [10], де встановлено номенклатуру та перелік технічних показників, які мають бути визначені та [67], де

пронормовані трудовитрати на проведення таких робіт. При технічному обліку мостів і труб, необхідно керуватися [49, 50]. При цьому згідно вимог [68] необхідно виконувати поточні та сезонні огляди для моніторингу даних, що можуть змінюватися кілька разів на рік, з визначеним або прогнозованим періодом.

Поточні огляди складових автомобільних доріг проводять з періодичністю відповідно до табл. 2.

Таблиця 2 – Періодичність проведення поточних оглядів складових автомобільних доріг

Рівень вимог до автомобільних доріг		Періодичність проведення
1	А	щотижня
2	Б	щодавно
3	В	щомісячно
4	Г	щоквартально

Сезонні огляди автомобільних доріг проводять два рази в рік: навесні в березні – квітні та восени протягом жовтня – листопада.

Відповідно до діючих вимог щодо структури паспорта автомобільної дороги [10], стадійності виконання робіт з паспортизації [21], проведено комплексний аналіз підходів виконання робіт з технічного обліку. Результати аналізу в графічному вигляді відображено на рис. 13 та наведено перелік технічних показників паспорта в табл. Б.1 додатку Б.

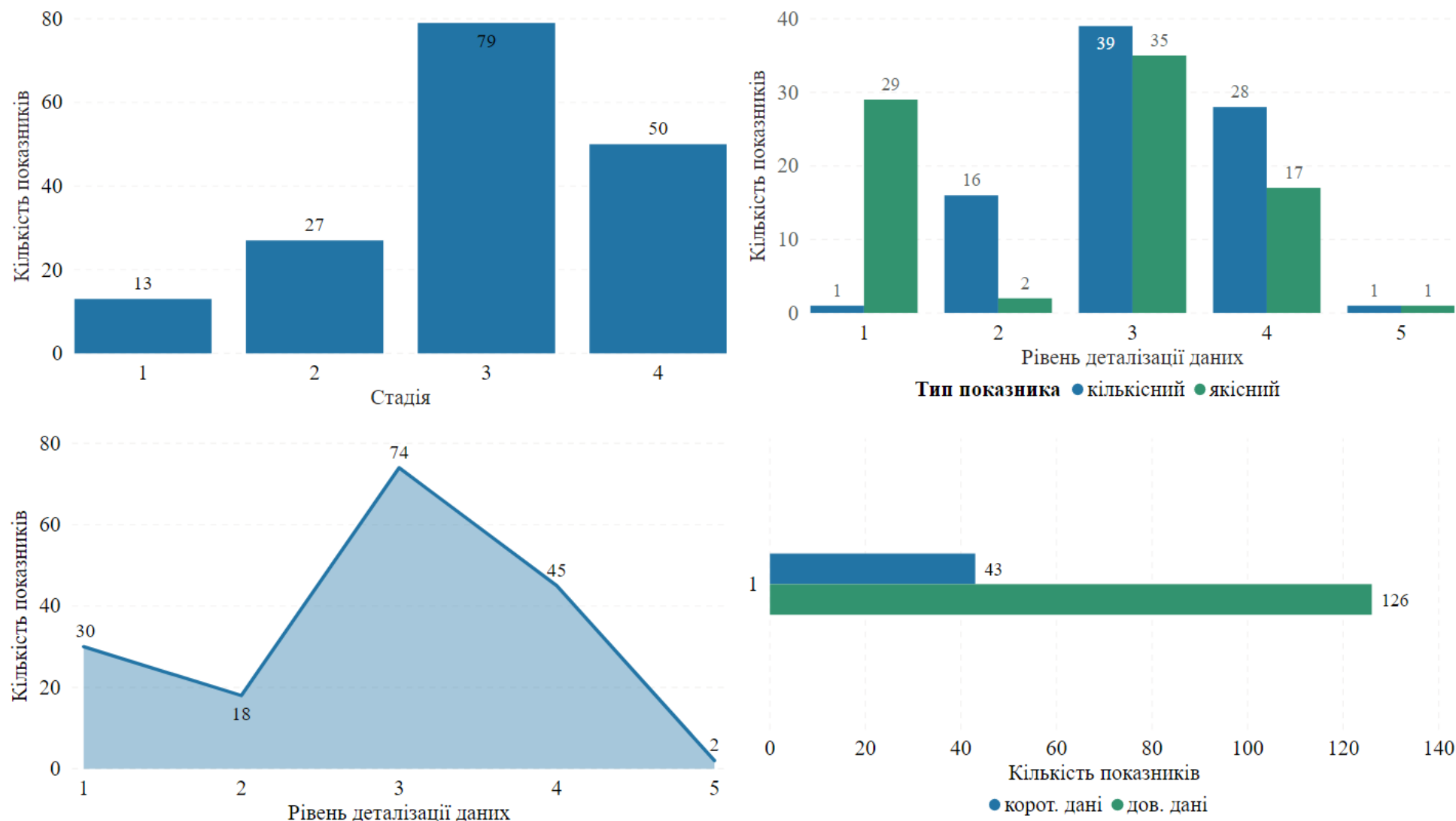


Рисунок 13 – Аналіз структури даних технічних показників, які можна визначати при проведенні технічного обліку

1.4.2 Інструментальні обстеження автомобільних доріг

В даний час існує декілька методів інструментальних обстежень, які можуть бути використані при проведенні паспортизації автомобільних доріг [69, 70, 71]:

- 1) теодолітна або тахеометрична зйомка;
- 2) фототеодолітного знімання;
- 3) аерофототопографічна зйомка;
- 4) повітряне лазерне сканування;
- 5) наземне лазерне сканування;
- 6) мобільне лазерне сканування

Наземне лазерне сканування має ряд переваг перед іншими технологіями, які використовуються для паспортизації та застосовується для побудови цифрової моделі місцевості та створення тривимірних моделей інфраструктурних об'єктів, а саме [69, 72]:

- 1) автоматичний режим зйомки;
- 2) можливість визначення просторових координат точок об'єктів в польових умовах;
- 3) високий ступінь деталізації;
- 4) висока точність вимірювань;
- 5) висока продуктивність;
- 6) роботи можна виконувати при будь-яких умовах освітленості.

В результаті сканування ділянки автомобільної дороги отримується хмара точок з просторовими координатами у вигляді відображень від сканованого об'єкта. Приклад моделі ділянки автомобільної дороги у вигляді хмари точок представлено на рис. 14.



Рисунок 14 – Модель хмари точок, отриманої в результаті лазерного сканування автомобільної дороги

Дані, отримані в результаті інструментального обстеження автомобільних доріг, зокрема лазерного сканування, можуть бути використані для вирішення наступних завдань [69, 73]:

- створення ГІС автомобільних доріг;
- створення плану автомобільних доріг;
- моніторинг стану покриття і облаштування автомобільної дороги;
- створення тривимірного паспорта автомобільної дороги.
- створення тривимірної карти для розробки автомобільної супутникової навігаційної системи.

В результаті аналізу можливостей технології інструментальних обстежень автомобільних доріг з використанням лазерного сканування, встановлено перелік технічних показників, дані яких можуть бути зібрані при паспортизації (див. табл.Б.2 додатку Б).

Результати аналізу в графічному вигляді відображено на рис. 15.

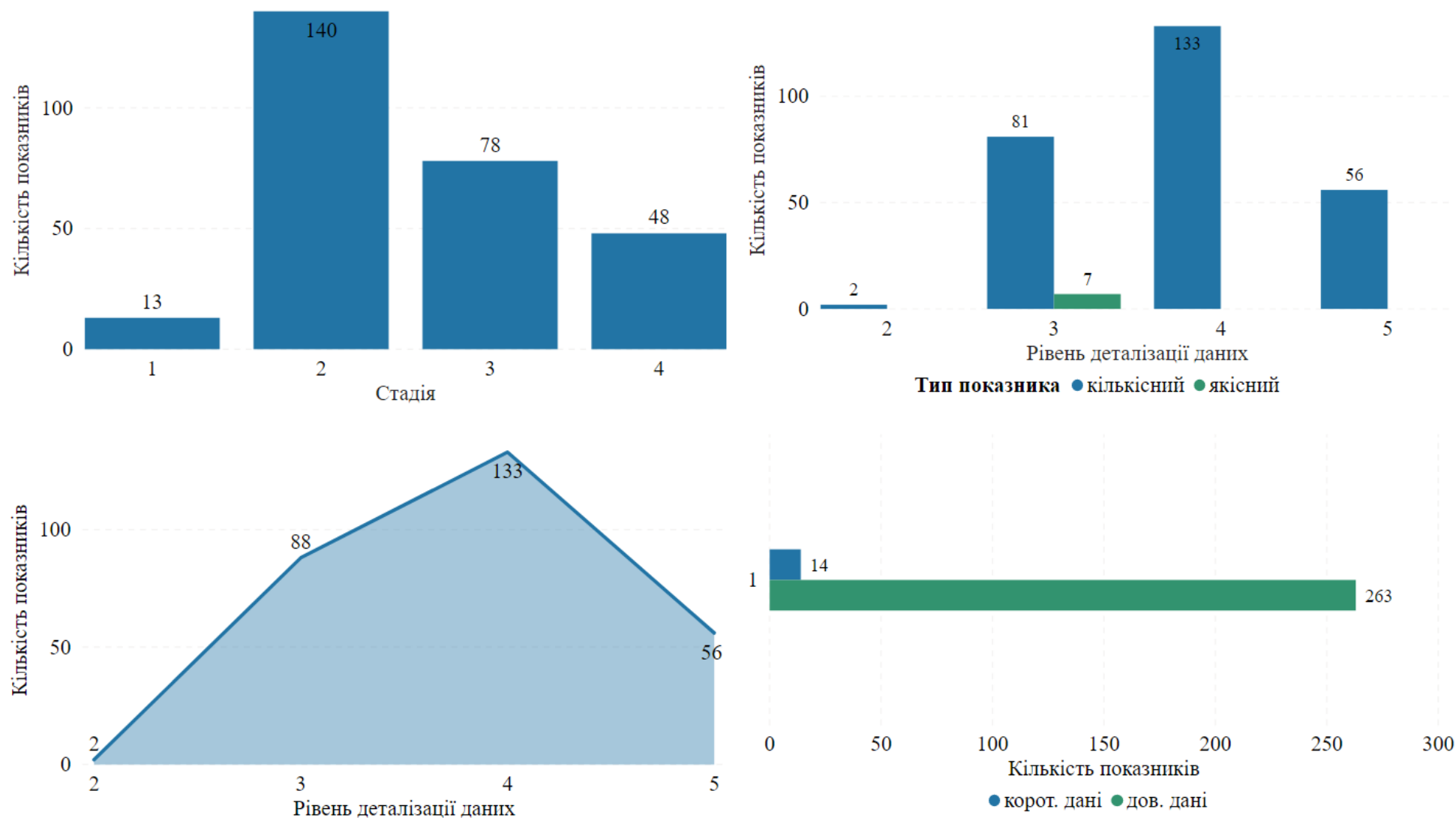


Рисунок 15 – Аналіз структури даних технічних показників, які можна визначати при проведенні інструментальних обстежень

1.4.3 Автоматичні системи збору даних

Автоматичні системи збору даних (лічильники руху, датчики, метеостанції тощо) призначені для збору різнобічної інформації про дорожню обстановку в місцях їх розташування (метеорологічної інформації, інформації про стан дорожнього покриття, про характеристики руху транспортних потоків, відеоінформації) [74, 75, 76].

Дані таких систем можуть використовуватися при паспортизації, для встановлення поточного стану автомобільних доріг і окремих об'єктів інфраструктури та використовуються при:

- визначенні транспортно-експлуатаційних показників автомобільної дороги і стану покриття;
- оцінці міцності дорожнього одягу;
- визначенні складу транспортного потоку та швидкісних режимів руху;
- оцінці метеорологічних умов на автомобільній дорозі.

Для прикладу, з використанням дорожніх метеостанцій (див. рис.16), оснащеними відповідними датчиками, можна визначити такі показники:

- температуру навколишнього середовища;
- відносну вологість повітря;
- кількість, вид і інтенсивність опадів кількість опадів;
- атмосферний тиск;
- напрямок і швидкість вітру;
- стан дорожнього покриття (сухо / волого / мокро / лід або сніг / вміст солі / замерзання вологи);
- температура на поверхні дорожнього покриття та на глибині 5 см і 30 см;
- товщина водяної плівки на поверхні дорожнього покриття;
- температура замерзання.



Рисунок 16 – Автоматична дорожня метеорологічна станція (АДМС)

Загальний перелік технічних показників, дані про які можна зібрати при проведенні паспортизації автомобільних доріг з використанням автоматичних систем збору даних ведено в табл. Б.3 додатку Б.

Результати аналізу в графічному вигляді відображено на рис. 17.

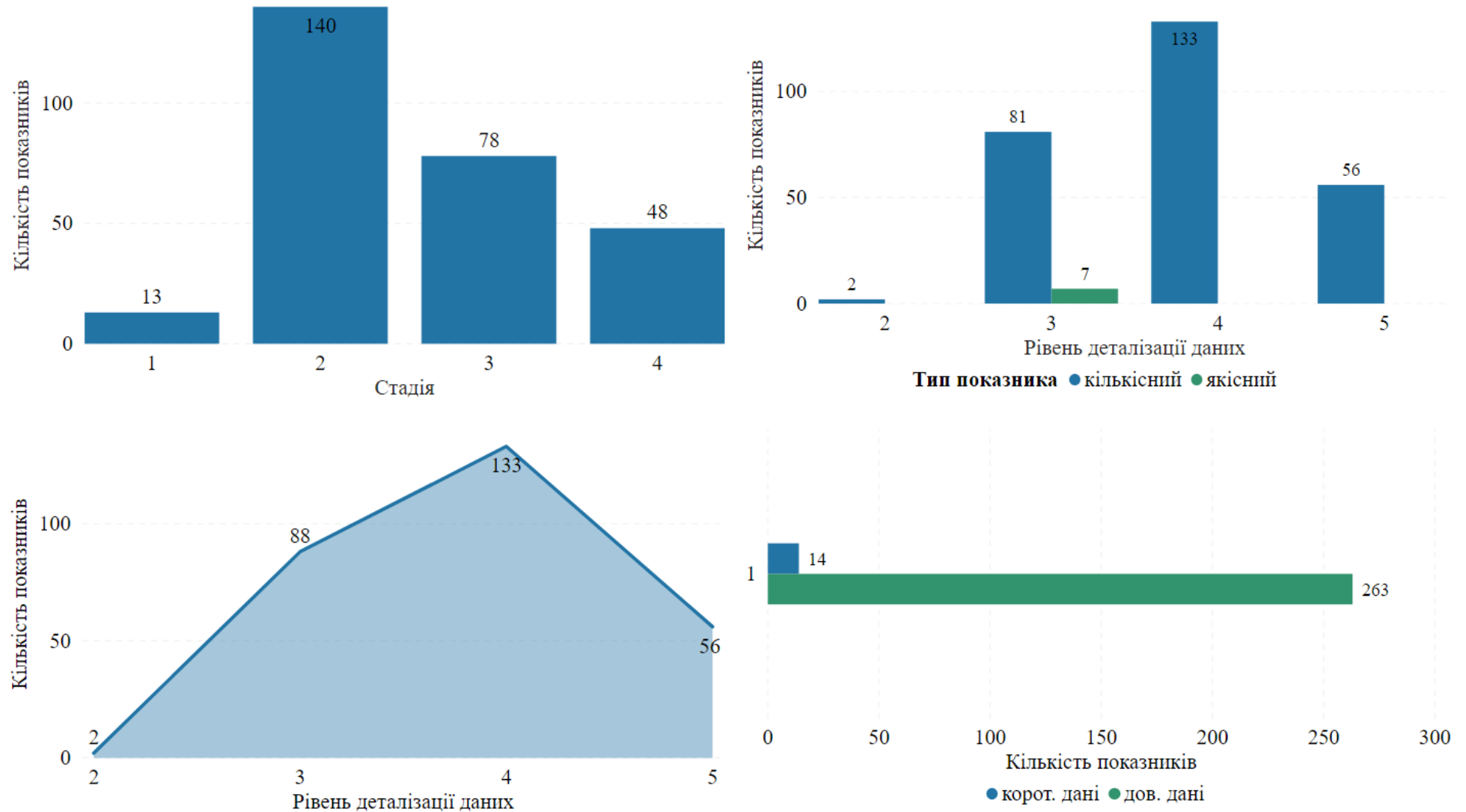


Рисунок 17 – Аналіз структури даних технічних показників, які можна визначати з використанням автоматичних систем збору даних

1.4.4 Обстеження окремих штучних споруд (мостів і труб)

Дані для паспортів мостів та труб отримують при проведенні їх обстежень. Вимоги щодо обстежень штучних споруд та їх періодичність встановлена в нормах [49, 50].

В залежності від кінцевої мети, визначаються наступні види обстежень мостів:

- обстеження при здачі в експлуатацію нових або після реконструкції споруд;
- планові обстеження мостів, що експлуатуються, з періодичністю згідно табл. 3.

Таблиця 3 – Періодичність обстеження мостів

Міст	Вік моста, років				
	1-20	21-40	41-60	61-80	80, більше
	Періодичність обстеження, років				
Металевий, сталевий	5	4	3	2	1
Залізобетонний	7	6	5	3	1

- спеціальні обстеження для отримання вихідних даних при складанні технічного завдання на проект реконструкції або капітального ремонту мосту;
- маршрутні обстеження для уточнення даних, що містять паспорти мостів (або складання паспортів у разі їх відсутності), чи для визначення можливості пропуску понаднормативних рухомих навантажень.

Обстеження труб виконують з плановою періодичністю, наведеною в табл. 4, згідно вимог встановлених в нормах [50].

Таблиця 4 – Періодичність обстеження труб

Споруда	Вік споруди, років				
	1-20	21-40	41-60	61-80	Більше 80
	Періодичність обстеження, років				
Залізобетонні водопропускні труби	6	5	4	3	1
Залізобетонні труби - шляхопроводи, скотопрогони, біопереходи	8	6	5	4	3
Металеві водопропускні труби	5	4	3	2	1
Металеві труби - шляхопроводи, скотопрогони, біопереходи	7	5	4	3	2

За результатами обстеження складається звіт з обстеження труби та заповнюється картка на трубу. При обстеженні ділянки дороги складається картка на кожну трубу і загальна відомість труб на даній ділянці дороги.

Перелік технічних показників, дані про які можна зібрати при проведенні обстежень мостів та труб для створення паспортів автомобільних доріг наведено в табл. Б.4 додатку Б.

Результати аналізу в графічному вигляді відображено на рис. 18.

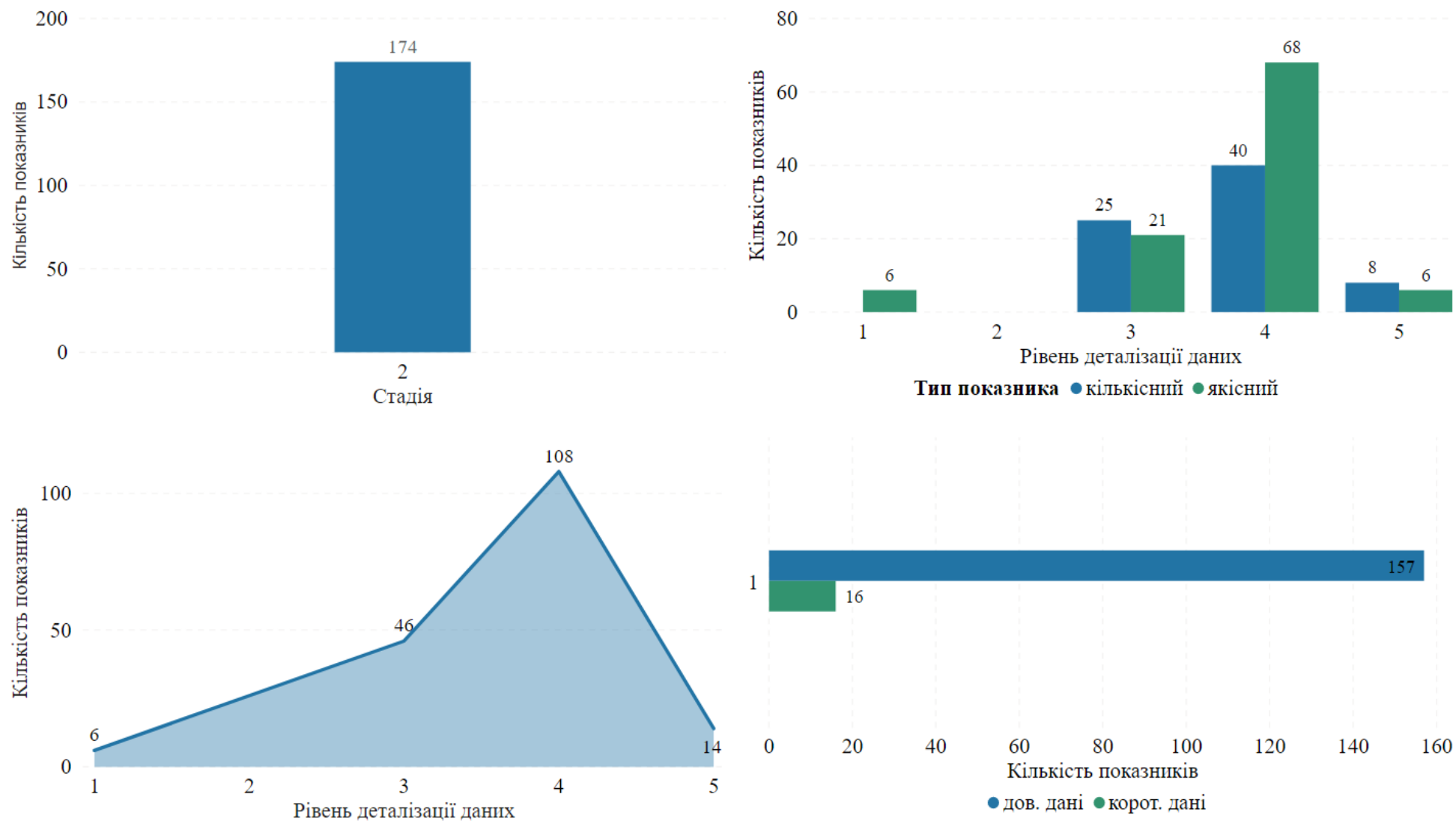


Рисунок 18 – Аналіз структури даних технічних показників, які можна визначати при обстеженні окремих штучних споруд

1.4.5 Збір даних про дорожньо-транспортні пригоди та їх облік

Відповідно до [53, 54, 55], передбачається удосконалення ведення обліку та проведення аналізу даних ДТП, зокрема:

- удосконалення системи, методики збору (збільшення кількості критеріїв дослідження та причинно-наслідкових зв'язків) та обробки даних щодо ДТП (база даних про ДТП);

- створення бази даних щодо ДТП з метою проведення їх аналізу.

При обліку ДТП виконують збирання та обробку необхідної інформації або її сукупних даних про обставини та наслідки ДТП, що відображають їх кількісні чи якісні характеристики.

Облік повинен забезпечувати обробку отриманої інформації про ДТП, а саме дані про:

- реєстрацію ДТП;
- характеристику місця ДТП (дорожні умови та дорожню обстановку);
- учасників, потерпілих, травмованих та загиблих;
- транспортні засоби та їх страхування.

Для адаптації системи збору даних про ДТП до європейських вимог, необхідне запровадження нової картки обліку ДТП, яка має бути розроблена на основі CADaS (загальноєвропейської системи збору даних ДТП) [147].

Тому, з урахуванням наведених напрямків удосконалення системи збору даних про ДТП, встановлено перелік технічних показників, дані про які можна використати при паспортизації автомобільних доріг (таблиця Б.5 додатку Б).

Результати аналізу в графічному вигляді відображено на рис. 19.

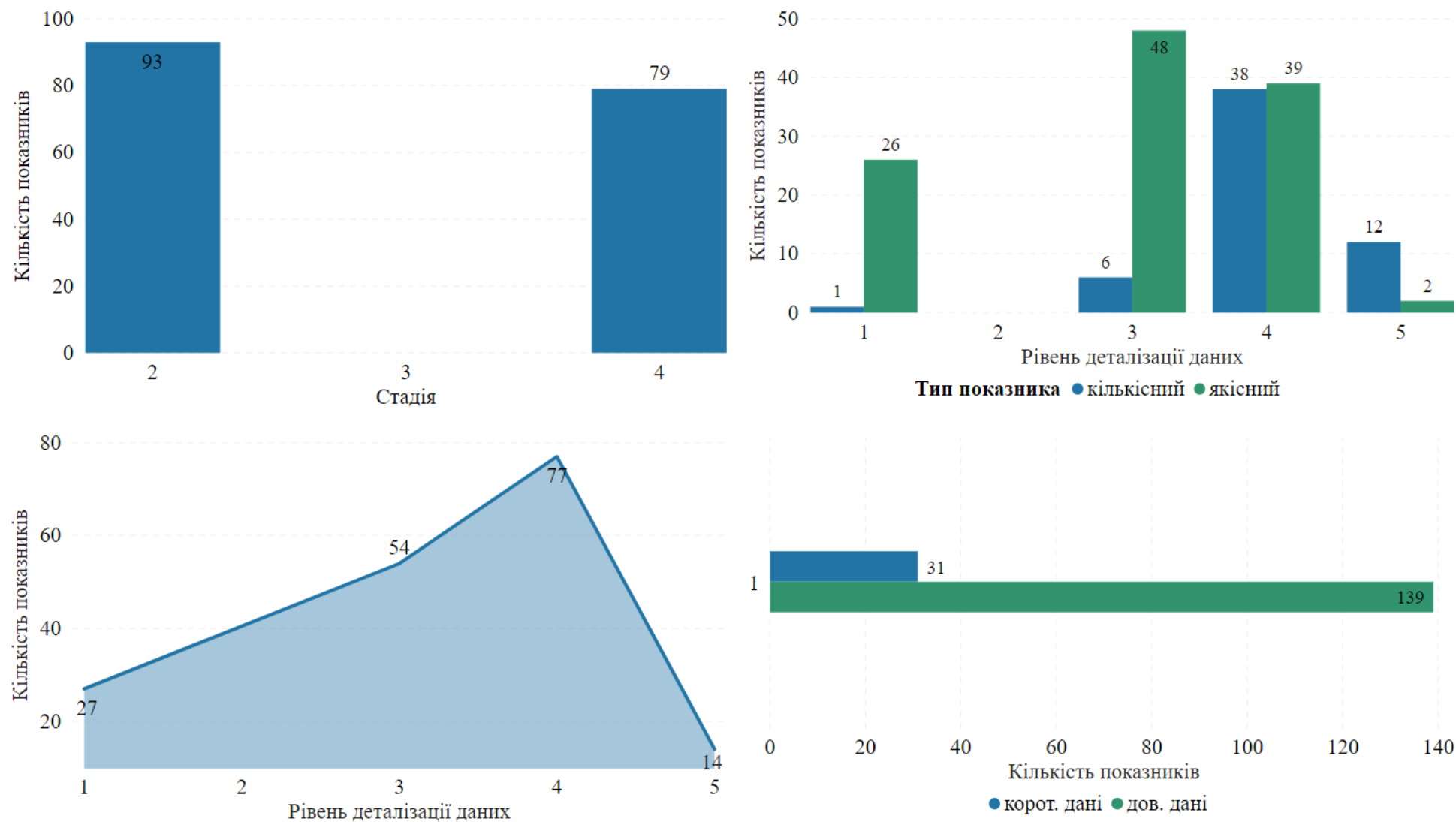


Рисунок 19 – Аналіз структури даних технічних показників, які можна визначати при зборі даних про ДТП

1.4.6 Дистанційне зондування землі

В розвинутих країнах світу впровадження в дорожній галузі технологій ДЗЗ, що в подальшому є основою для впровадження ГІС, здійснюється на всіх етапах «життєвого циклу» функціонування автомобільних доріг [77, 78, 79]. Виконання проектів з використанням зазначених технологій сприяють підвищенню їх якості та ефективності за рахунок:

- підвищення точності, оперативності та об'єктивності прийнятих рішень з реконструкції, ремонту та утримання автомобільних доріг;
- упорядкування баз даних, що накопичуються в експлуатуючих організаціях і доповнення їх при подальшому моніторингу автомобільних доріг;
- вдосконалення методів аналізу і оцінки зміни стану покриття, систем водовідведення і т.д., а також інтенсивності руху і пропускної здатності мобільних доріг;
- проведення всебічного контролю над виконанням прийнятих рішень.

Методи ДЗЗ можна класифікувати в залежності до способу збору даних та класу обладнання, що використовується, на наступні групи:

- космічна зйомка з використанням космічних літальних апаратів;
- аерофотозйомка;
- аерофотозйомка зі скануванням земної поверхні;
- лазерне сканування земної поверхні;
- наземна геодезична зйомка.

Найбільш оптимальним з урахуванням вартості збору даних, точності отриманої інформації та швидкості виконання робіт є використання методів звичайної аерофотозйомки та аерофотозйомки зі скануванням земної поверхні при отримання вихідної інформації для побудови ГІС дорожньої інфраструктури. [78, 81].

Можна виділити наступні завдання, що виникають при здійсненні моніторингу стану автомобільних доріг і можуть бути вирішені з використанням даних ГІС:

- зберігання і введення даних моніторингу;
- пошук, виконання запитів і формування звітів за даними моніторингу і розрахованим на їх основі показників;
- аналіз даних моніторингу;
- візуалізація даних моніторингу на картах, в табличному вигляді і на лінійному графіку;
- планування дорожніх робіт.

З використанням ГІС можливо відображати інформацію про всі транспортно-експлуатаційні показники автомобільної дороги, такі як: відстань видимості, поперечний і поздовжній ухил, радіус кривої, рівність, міцність, зчеплення, глибина колії, інтенсивність, ширина смуги забруднення [78, 81].

Одні з основних переваг ГІС є наочність відображення інформації на карті, де можуть бути графічно представлені результати вимірювань у вигляді картограм різними кольорами ділянки з різним значенням вимірюваної властивості або окремих параметрів (наприклад відстані видимості, рівності або глибини колії тощо).

Ці дані можна використовувати при пануванні ремонтно-будівельних робіт, автоматично порівнюючи фактичні значення визначених транспортно-експлуатаційних показників автомобільної дороги з нормативними значеннями та встановлювати межі ділянок, що потребують відновлення або ремонту.

Перелік технічних показників, дані про які можна зібрати з використанням технологій ДЗЗ при паспортизації автомобільних доріг наведено в табл. Б.6 додатку Б.

Результати аналізу в графічному вигляді відображено на рис. 20.

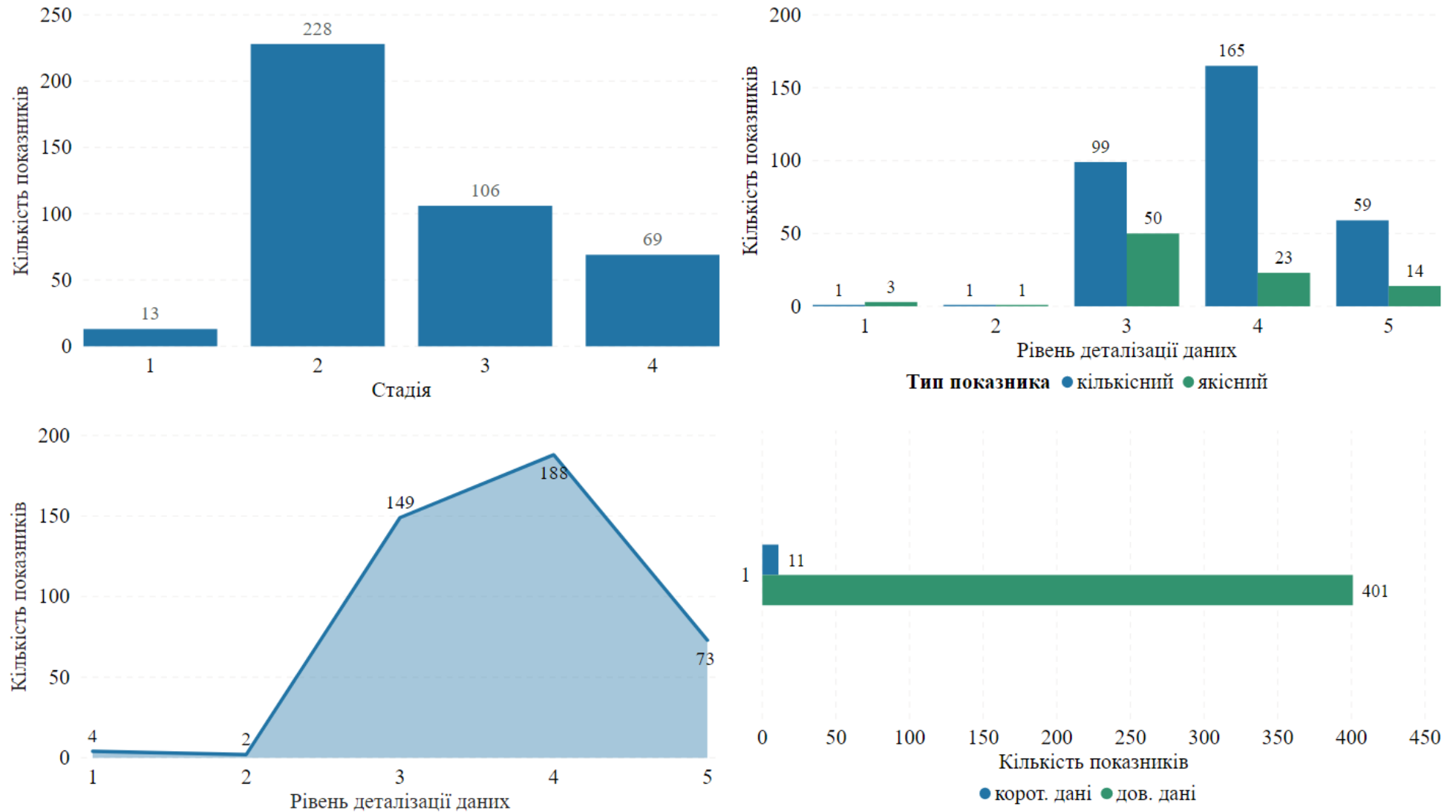


Рисунок 20 – Аналіз структури даних технічних показників, які можна визначати при використанні методу дистанційного зондування землі

1.4.7 Використання безпілотних літальних апаратів

Рішення з використанням БЛА найбільш актуальні для тих галузей, де необхідна як мобільність, так і висока якість інформації при управлінні будівельними об'єктами (зокрема лінійними) [82]. Основні області застосування БЛА в галузі інфраструктури – збір поточних даних про хід реалізації проектів, технічне обслуговування та інвентаризація об'єктів інфраструктури [83].

На етапі підготовки до будівництва за допомогою БЛА можна отримувати дані більш високої якості (див. рис.21), тим самим істотно підвищуючи швидкість і якість робіт на етапі вишукувань та проектування.



Рисунок 21 – Загальний вигляд ділянки дослідження:

а) з використанням звичайних картографічних матеріалів; б) з використанням безпілотних літальних апаратів

Дані, отримані за допомогою БЛА, також можна використовувати при розробці цифрових моделей місцевості, зокрема автомобільних доріг. На етапі завершення будівництва БЛА можна застосовувати для прийняття виконаних робіт, контролю впливу на довкілля і складанні звітів. БЛА можна обладнати різними датчиками, які будуть надавати можливість отримувати дані такого рівня, витрати на отримання яких наразі є економічно не доцільним.

Традиційно збір даних для визначення місця та структурних дефектів на штучних спорудах наразі є ручним процесом, що вимагає окремих бригад та

закриття смуг руху. Стандартний підхід є досить затратним через додаткові витрати на регулювання руху, а також економічні втрати учасників руху через затори.

Вже існують сучасні рішення, які дозволяють застосовувати технологію обстеження штучних споруд з використанням БЛА та алгоритм виявлення та класифікації дефектів DynaM.AI Auguste, що дозволяє підвищити точність, безпеку та економічність обстежень [84].

Алгоритм виявлення та аналізу DynaM.AI перетворює потоки даних з ІЧ-датчиків, виявляючи зони дефектів та руйнувань з точністю понад 85%. Використання цього рішення дозволяє економити до 70% трудовитрат, а також скоротити загальний процес обстеження та надання рекомендацій з в середньому з 6-ти тижнів до кількох днів [84].

Інвентаризацію об'єктів інфраструктури можна проводити паралельно з моніторингом робіт технічного обслуговування. Для моніторингу стану та наявності елементів облаштування на автомобільній дорозі (дорожні знаки, огороження, сигнальні стовпчики тощо), необхідні значні матеріально-технічні ресурси. Цей процес можна автоматизувати, встановивши на такі об'єкти прийнятно-передавальні пристрої (штрих-коди, радіочастотні електронні ярлики або інші ідентифікуючі мітки), при наближенні до яких за допомогою БЛА можна сканувати інформацію, порівнювати її з каталогом даних для виявлення змін.

Тому з урахуванням цього, можна навести додаткові переваги використання БЛА на кожному етапі «життєвого циклу» функціонування автомобільної дороги:

- стадія ТЕО: визначення рельєфу місцевості;
- проектування: надання високоякісних візуальних даних, які піддаються точній фотограмметричній обробці (цифрові моделі місцевості, ортофотоплани, тривимірні моделі), попередня перевірка специфічних умов в зоні виконання дорожньо-будівельних робіт;

- будівництво: регулярні звіти про хід виконання робіт з описом і аналізом кількісних показників (наприклад, потенційних ризиків і проблем безпеки), оцінка стану і ходу виконання робіт і їх відповідності вимогам проектної документації;

- приймання робіт: підсумковий звіт зі зведеною інформацією про проведені перевірки і звіти з безпеки і операційних питань, виявленим в ході реалізації проекту.

БЛА розміщують для підтримки та вдосконалення роботи експлуатуючих організацій [82]. Відповідно до стратегічного плану штату, напрямки Галузь використання БЛА при збиранні даних можна розширити за такими напрямками:

- огляд штучних споруд;
- аерофотозйомка та картографування;
- огляд зовнішньої та внутрішньої структури споруд;
- моніторинг руху транспортних засобів;
- швидке реагування на ДТП;
- управління критичними ситуаціями.

Перелік технічних показників, дані про які можна зібрати з використанням БЛА при паспортизації автомобільних доріг наведено в табл. Б.7 додатку Б.

Результати аналізу в графічному вигляді відображено на рис. 22.

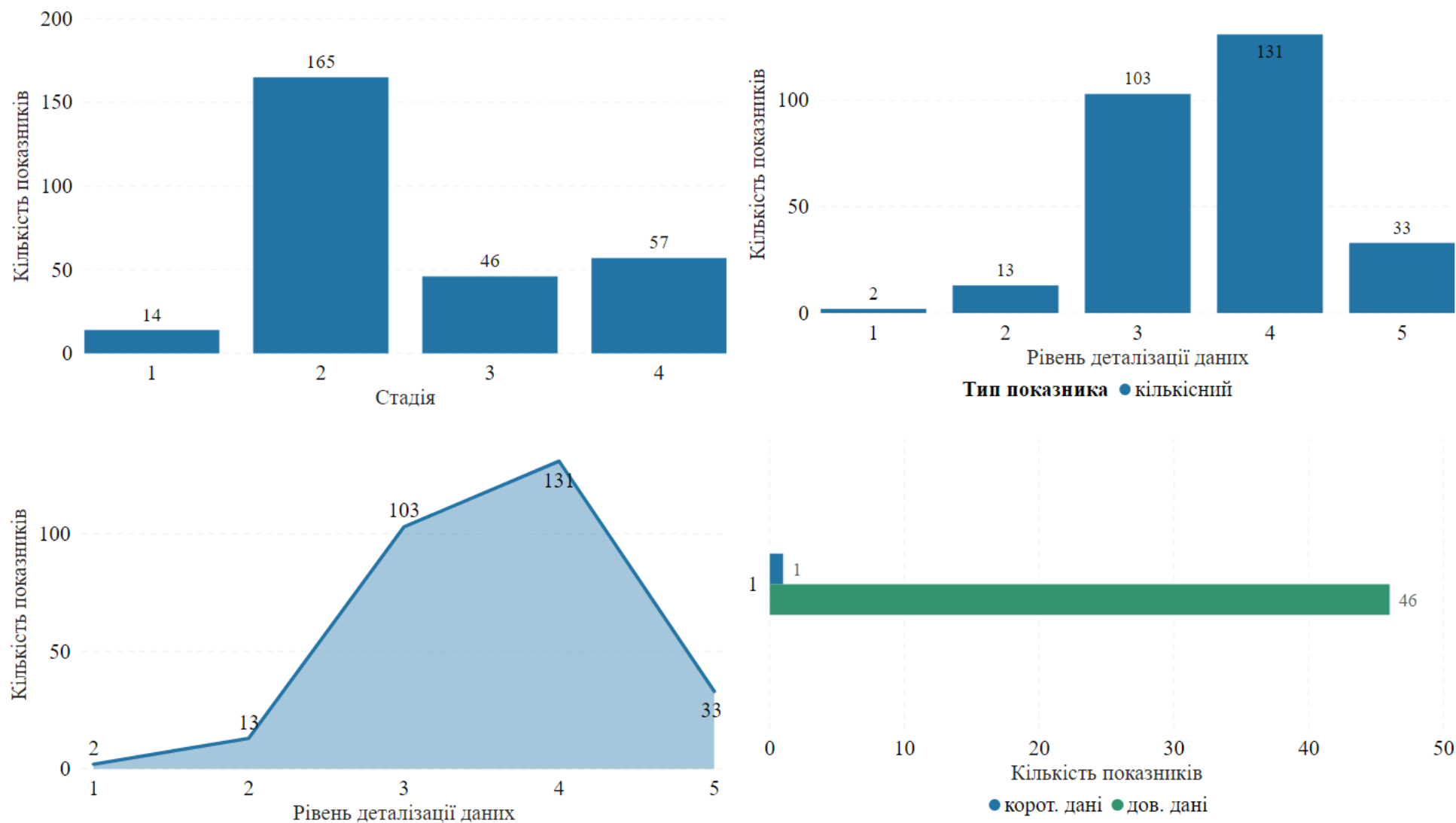


Рисунок 22 – Аналіз структури даних технічних показників, які можна визначати з використанням БЛА

1.4.8 Встановлення доцільності використання методів та технологій збору даних при паспортизації автомобільної дороги

Узагальнені дані аналізу методів та технологій збору даних наведені в табл. 5 та графічно відображені на рис.23. Відсоток технічних показників, дані про які можна зібрати з використанням різних методів та технологій при паспортизації автомобільних доріг становить від 5,3 % до 28,9 %, середнє значення – 15,6 %.

Таблиця 5 – Кількість технічних показників, дані про які можна зібрати з використанням різних методів та технологій

Ч.ч	Методи та технології збору даних	Кількість технічних показників	Відсоток від загальної кількості
1	Технічний облік (періодичний моніторинг)	169	11,7
2	Інструментальні обстеження стану автомобільних доріг (лазерне сканування тощо)	279	19,4
3	Автоматичні системи збору даних (лічильники руху, датчики, метеостанції)	76	5,3
4	Обстеження окремих штучних споруд (мостів і труб)	174	12,1
5	Збір даних про ДТП та їх облік	172	11,9
6	Дистанційне зондування землі	416	28,9
7	Використання БЛА	282	19,6

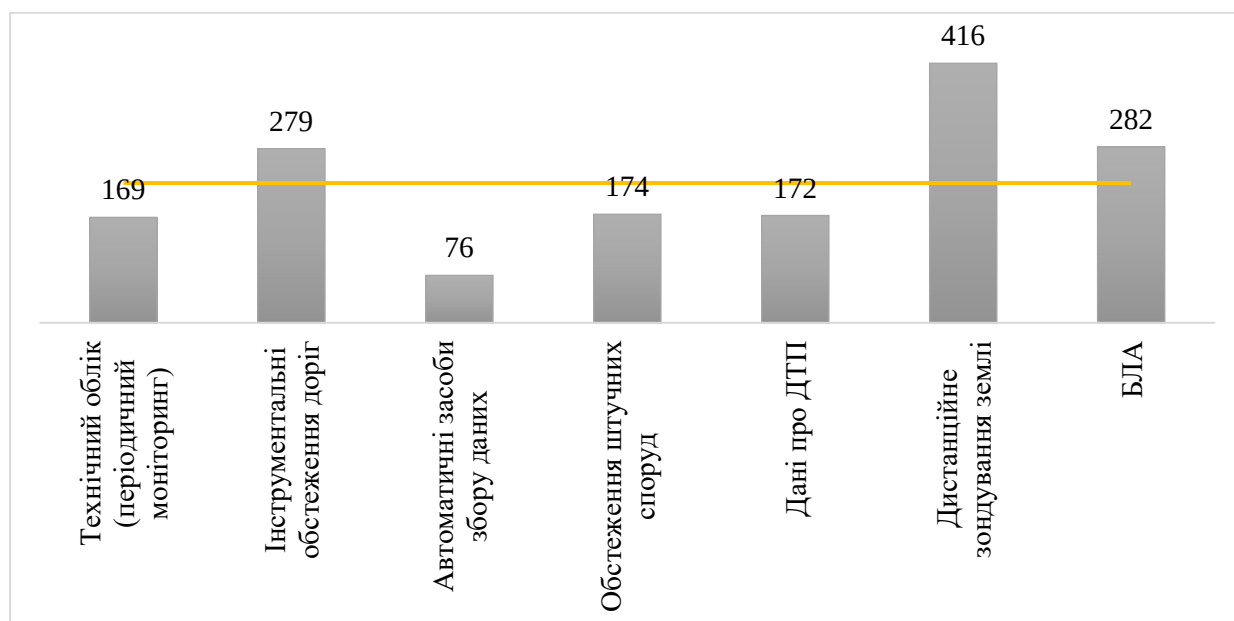


Рисунок 23 – Результат аналізу методів та технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг

1.5 Висновки по розділу 1

Аналіз використання технічних показників при паспортизації автомобільних доріг дозволив зробити наступні висновки:

1. Основні концептуальні рішення щодо розвитку системи інформаційного забезпечення, яка наразі впроваджується в дорожній галузі України [1 – 4] відповідають сучасному рівню розвитку технологій, проте потребує удосконалення з урахуванням можливостей.

2. Структура технічних показників автомобільної дороги, дані про які збираються при паспортизації відповідно до [10] є неефективною та потребує раціоналізації відповідно до потреб ПАК. Наразі 38,4 % показників паспорта не задіяні ПАК при вирішенні їх функціональних завдань, 17,3 % лише 1 раз використовують в ПАК. Кількість показників, які використовуються в 2-х та 3-х ПАК становить 2,6 % та 14,3 % відповідно. Також 19,4 % та 6,3 % показників із загального переліку даних використовуються відповідно в 4-х і 5-ти із проаналізованих ПАК.

3. Відсутні раціональні підходи до встановлення ефективності використання даних паспортизації автомобільних доріг. Для цього доцільно використовувати підходи кваліметрії, що дозволяють враховувати багатопараметричність інформації з урахуванням ієрархічності даних паспорта автомобільних доріг.

4. Аналіз методів та технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг дозволив встановити найбільш ефективні з урахуванням діючої структури паспорта. Найменшу кількість технічних показників при паспортизації автомобільних доріг – 5,3 % від загальної кількості, можна визначити з використанням автоматичних засобів збору даних. Найбільшу кількість – 29 %, з використанням дистанційного зондування землі, зокрема методами аерофотозйомки.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПАСПОРТИЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ НА ЕТАПІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

2.1 Теоретичні основи формування даних про технічні показники автомобільних доріг

Робоча гіпотеза: паспортизація автомобільних доріг виконується з використанням різних методів та технологій збору даних і може бути удосконалена шляхом раціоналізації структури паспорта та переліку технічних показників про автомобільну дорогу.

За рахунок поєднання сучасних методів та технологій при зборі даних про технічні показники автомобільної дороги підвищується ефективність та продуктивність робіт з паспортизації. Проте не лише таким чином можливо зменшити витрати на виконання таких робіт. Для отримання максимального ефекту необхідно удосконалити структуру паспорта автомобільні дороги та встановити раціональну кількість технічних показників з достатнім рівнем їх деталізації.

Використовуючи такі передумови, аналітична залежність «ефекту» (E) від удосконалення паспорта автомобільних доріг може бути представлено наступним чином [85, 86]:

$$E = \sum_{i=1}^i \sum_{\tau=1}^{\tau} \sum_{j=1}^j (B - G_E) \rightarrow \max \quad (2.1)$$

при умові, що

$$G_E = f(L_i, j)$$

$$B = B_P \times L + B_K$$

$$B_P, B_K = f(L_i, \tau)$$

та відповідних обмеженнях:

$$0 \leq L_i < L \quad 1 \leq j < 5$$

$$1 < \tau < N$$

де B – витрати на паспортизацію (збір даних, створення паспорта, оновлення даних) на i -й ділянці автомобільної дороги з використання τ -го методу або технології збору даних при j -му рівні деталізації (множині технічних показників);

G_E – ефект, що може бути отриманий на i -й ділянці дороги (або автомобільній дорозі в цілому) при використанні τ -го методу або технології збору даних для раціонального переліку технічних показників.

В свою чергу витрати на паспортизацію автомобільних доріг (B) можна розглядати як такі, що складаються з двох складових:

B_P – витрат пов'язаних зі збором даних про технічні показники i -ої ділянки автомобільної дороги при j -му рівні деталізації в t -му періоді часу (польові дослідження);

B_K – витрат, пов'язаних зі створенням паспорта, зберіганням та оновленням даних про технічні показники i -ої ділянки автомобільної дороги при j -му рівні деталізації (камеральна обробка даних).

На основі вищесказаного можна стверджувати, що величина витрат на паспортизацію автомобільної дороги B являється залежною від довжини автомобільної дороги L_i та кількості технічних показників M , які включені до паспорта.

Адекватність теоретичних рішень підтверджено практичними розрахунками у розділі 3.

2.1.1 Економіко-математична модель удосконалення паспортизації автомобільних доріг

В основу удосконалення паспортизації покладено підвищення ефективності виконання робіт за рахунок зменшення переліку технічних показників паспорта та зміна його структури [87].

Загальний вигляд економіко-математичної моделі при використанні найпоширенішого критерію оцінки – ефективності (K_E), має такий вигляд [88, 89]:

$$K_E = (E, B) \rightarrow \max \quad (2.2)$$

де E та B – узагальнені оцінки «ефекту» від паспортизації та «витрат» на паспортизацію автомобільних доріг.

Оцінка ефективності за критерієм K_E зводиться до одного з двох випадків:

а) задається нижня межа ефективності робіт з паспортизації автомобільних доріг. В цьому випадку завдання встановлюється так: виконати роботи із заданою ефективністю, що має мінімальну «вартість». Економіко-математична модель виглядає таким чином [89, 90]:

$$F(M_i) \rightarrow \min \text{ при } E_{\min}, R_i \rightarrow \max \quad (2.3)$$

де M_i – мінімальна кількість технічних показників при нижній межі ефективності $E_{\min}$ виконання робіт з паспортизації;

R_i – ранг показника: визначається на основі аналізу за кількісними та якісними критеріями аналізу паспорта автомобільної дороги;

$E_{\min}$ – нижня межа ефективності робіт з паспортизації (визначається на основі кваліметричної моделі даних;

б) задається верхня межа витрат на паспортизацію автомобільних доріг. Необхідно зібрати дані про технічні показники з максимальною ефективністю, тобто:

$$F(M_i, R_i) \leq B_{\max} \text{ при } E_{\max} \quad (2.4)$$

де $B_{\max}$ – задана верхня межа витрат на виконання робіт з паспортизації автомобільних доріг.

Реалізація моделі полягає у визначенні мінімально допустимих множин значень M_i при оптимальних значеннях R_i . При цьому має бути вирішена одна із запропонованих умов (а) чи (б), або проранжовані у відповідності до обраного критерію альтернативні стратегії виконання робіт з паспортизації автомобільних доріг та з них обраний найкращий варіант.

2.2 Кількісні та якісні критерії аналізу структури паспорта автомобільної дороги

Теоретичний підхід з аналізу переліку технічних показників паспорта автомобільної дороги базується на використанні кількісних та якісних критеріїв з визначення ефективності наявної структури паспорта та розробленні пропозицій щодо її удосконалення [33].

Для цього необхідно визначитися з такими критеріями, які адекватно можна використовувати для розробленої кваліметричної моделі визначення ефективності використання даних паспортизації (підрозділ 2.3).

Після аналізу існуючих методів та технологій збору даних про автомобільні дороги для забезпечення ієрархічності структури даних та врахування впливу окремого технічного показника на загальну ефективність використання даних, основними характеристиками при формуванні критеріїв оцінки є [85, 91, 92]:

- K_j – коефіцієнт використання i -го технічного показника;
- S_i – вагомість i -го технічного показника;
- та R_i – ранг i -го технічного показника, визначеного на основі попередніх критеріїв оцінки з врахуванням рівня деталізації даних [8].

2.2.1 Коефіцієнт використання технічних показників

Для визначення коефіцієнта використання технічних показників необхідно встановити загальну частоту використання i -го технічного

показника (n_i) та частоту використання в межах окремо взятого j -го (n_j) об'єкта дослідження (наприклад ПАК, об'єкт паспорта автомобільної дороги тощо) [33].

Частота використання i -го технічного показника фіксується у разі його участі при вирішенні функціональних завдань j -го об'єкта дослідження:

$$n_j = \{N_j\} \quad (2.5)$$

Загальна частота використання i -го технічного показника визначається для множини обраних об'єктів дослідження:

$$n_i = \sum_{j=1}^J n_j \quad (2.6)$$

Коефіцієнт використання в межах j -го об'єкта (ПАК) аналізу

На основі аналізу застосування окремих технічного показника (або групи показників) при функціонуванні досліджуваних об'єктів, визначається коефіцієнт його використання в межах j -го об'єкта:

$$K_j = \frac{n_j}{n_i} \quad (2.7)$$

Загальний коефіцієнт використання $K_j^{\text{заг}}$

Величина середньо-гармонічного зваженого значення i -го показника в j -му об'єкті аналізу $K_j^{\text{заг}}$ визначається залежно від значення коефіцієнта K_j та від частоти використання в даному об'єкті:

$$K_j^{\text{заг}} = \frac{\sum_1^J N_j}{\sum_1^J \frac{1}{K_j^l} \times N_j} = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_J}{\frac{1}{K_j^1} \times N_1 + \frac{1}{K_j^2} \times N_2 + \dots + \frac{1}{K_j^l} \times N_J} \quad (2.8)$$

K_j^i – значення коефіцієнта використання i -го технічного показника в j -му об'єкті дослідження.

2.2.2 Вагомість технічних показників

В залежності від значення $K_j^{\text{заг}}$ визначено п'ять рівнів вагомості (S_i) технічних показників в межах j -го об'єкта дослідження [33], які наведені в табл. 6.

Таблиця 6

Рівень вагомості показника, S_i	Значення $K_j^{\text{заг}}$
максимальний	$S_1 = 0,75 \leq K_j^{\text{заг}} \leq 1$
високий	$S_2 = 0,5 \leq K_j^{\text{заг}} \leq 0,75$
середній	$S_3 = 0,25 \leq K_j^{\text{заг}} \leq 0,5$
низький	$S_4 = 0,1 \leq K_j^{\text{заг}} \leq 0,25$
дуже низький	$S_5 = K_j^{\text{заг}} < 0,1$

2.2.3 Ранг технічних показників

Ранг i -го технічного показника (R) встановлюється на основі отриманих результатів дослідження з урахуванням його рівня вагомості в окремих j -их об'єктах [33].

Ранг технічного показника визначається в межах окремого структурного об'єкта (R_τ) паспорта і загальний для автомобільної дороги ($R_{\text{заг}}$):

$$R_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^{\tau} R_\tau \quad (2.9)$$

2.3 Кваліметрична модель визначення ефективності використання даних паспортизації автомобільних доріг

Застосування підходів кваліметрії дає можливість комплексно проаналізувати використання даних паспортизації та встановити ефективність їх використання [93]. Кваліметрична модель для визначення ефективності використання даних паспортизації з урахуванням обраних критеріїв оцінки (суттєвість, якість даних) наведена на рис. 24.

На першому рівні (R_1) встановлюється множина даних, що визначається при паспортизації автомобільних доріг (перелік технічних показників $P_1, P_2, \dots, P_n$). На другому рівні (R_2) виконується групування (віднесення) показників до конкретних об'єктів автомобільної дороги та визначаються коефіцієнти використання технічних показників ($K_1, K_2, \dots, K_n$), що характеризує їх використання при функціонуванні ПАК.

На наступному рівні (R_3) визначається вагомість технічних показників з використанням кількісних та якісних критеріїв аналізу. Третій рівень кваліметричної моделі є одним із ключових, оскільки дозволяє проаналізувати рівень використання даних паспортизації автомобільних доріг існуючими ПАК.

Четвертий рівень (R_4) кваліметричної моделі використовується для оцінки даних паспортизації з урахуванням функціональних особливостей автомобільної дороги за наступними групами показників: цільові, експлуатаційні, ергономічні, надійнісні, естетичні та щодо безпеки руху.

На п'ятому рівневі (R_5) встановлюється комплексний показник ефективності даних (E), що характеризує результат удосконалення структури паспорта да доцільність збору окремих даних (технічних показників) при паспортизації автомобільних доріг.

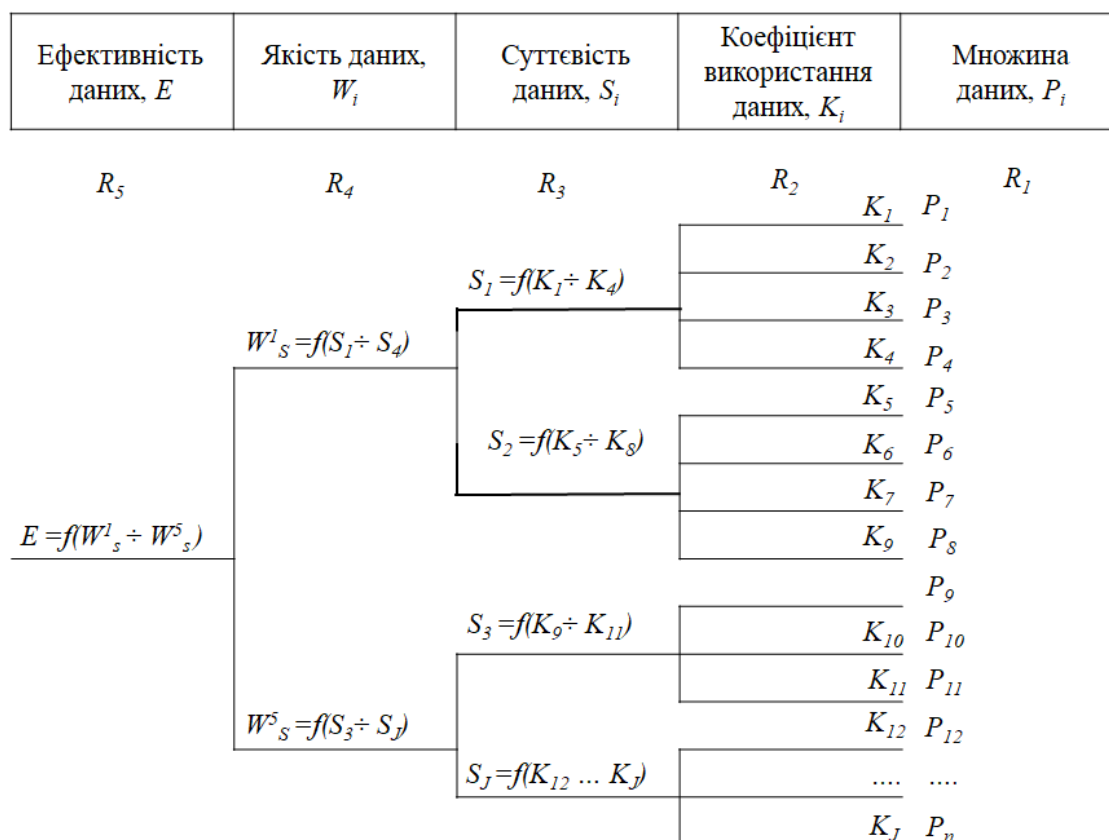


Рисунок 24 – Кваліметрична модель визначення ефективності
використання даних паспортизації

Відповідно до запропонованої кваліметричної моделі визначається критерій ефективності (K_E) використання даних паспорта автомобільної дороги [94].

У якості індикатора досягнення поставлених задач необхідно використовувати 95-й ($K_E - opt$) та 99-й ($K_E - max$) проценти розподілення результатів дослідження [95], тобто необхідно максимізувати таке значення критерія ефективності (K_E), якого можна досягнути або перевищити з 95-% та 99-% вірогідністю (див. рис.25).

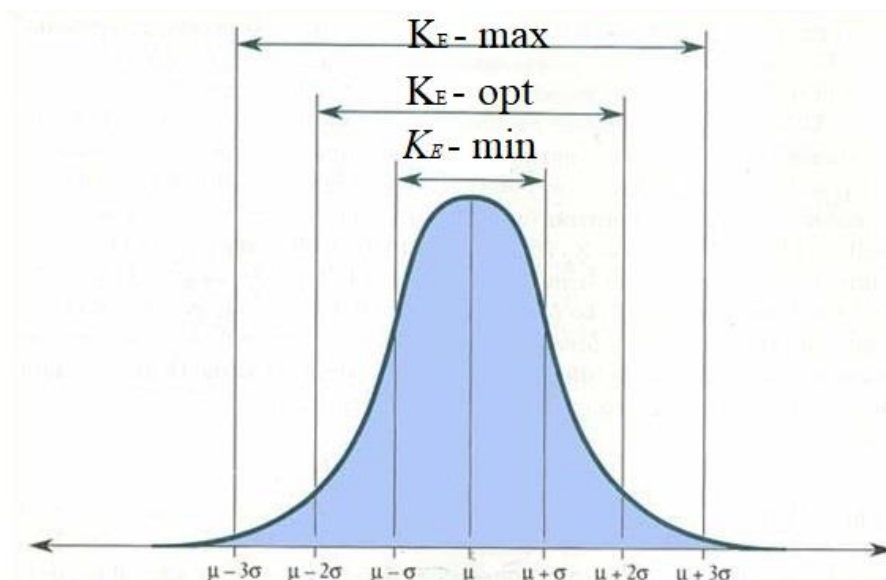


Рисунок 25 – Графічне відображення процентилів розподілення K_E

2.4 Алгоритм удосконалення паспортизації автомобільних доріг

Відповідно до запропонованої економіко-математичної моделі удосконалення паспортизації автомобільних доріг з урахуванням прийнятих обмежень щодо ефективності виконання робіт (рівень ефективності та витрати), розроблено алгоритм визначення ефективності даних паспортизації – встановлення значення K_E .

Послідовність виконання дослідження при заданих рівнях ефективності визначається для раціональної кількості технічних показників ($K_E - opt$) паспорта автомобільної дороги (див. рис.26).

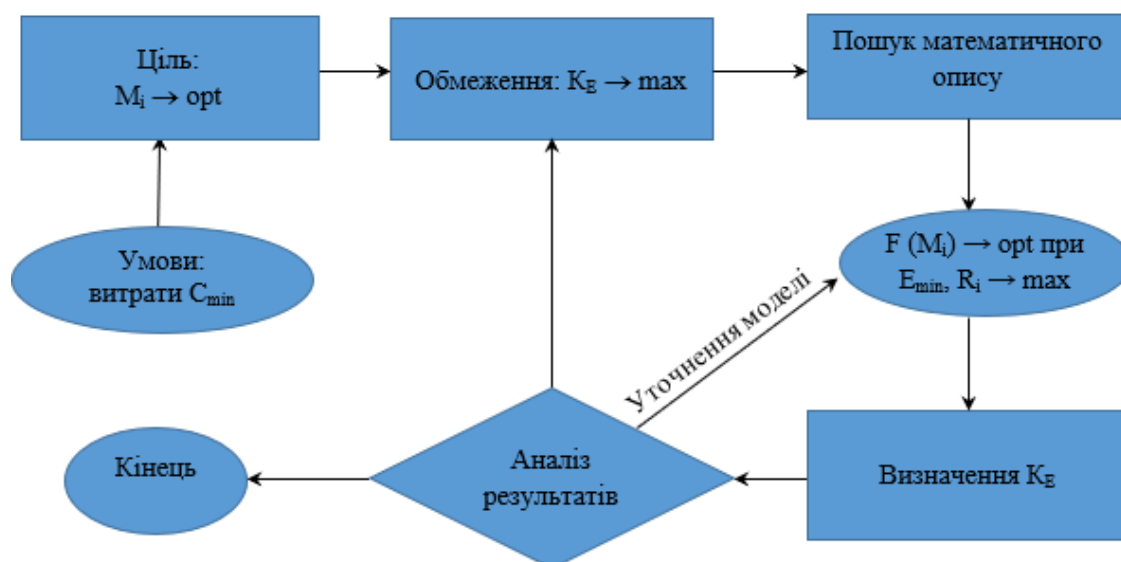


Рисунок 26 – Алгоритм визначення ефективності даних паспортизації при раціональній кількості технічних показників паспорта

Верхня межа ефективності визначається при мінімальній кількості технічних показників паспорта.

Нижня межа вартості – мінімальні витрати на паспортизацію, при якій використання даних паспорта в ПАК знаходиться на рівні 95 %.

Верхня межа вартості - максимальні витрати на паспортизацію, при якій ефективність використання даних паспорта в ПАК знаходиться на рівні 99 %.

Результуюча функція ефективності (критерій ефективності K_E) паспортизації автомобільних доріг має вигляд [88, 96]:

$$K_E = f(B_P, B_K, K_j^{\text{заг}}, S, R_{\text{заг}}) \rightarrow \max \quad (2.10)$$

B_P – витрати на збір даних про автомобільну дорогу (польові роботи);

B_K – витрати на обробку, систематизацію даних та створення паспорта автомобільної дороги (камеральна обробка даних);

$K_j^{\text{заг}}$ – коефіцієнт використання технічних показників;

S_i – рівень вагомості технічних показників;

$R_{\text{заг}}$ – ранг технічних показників.

2.5 Висновки до розділу 2

1. Для підвищення ефективності виконання робіт з паспортизації автомобільних доріг (E) необхідна раціоналізація складових, які безпосередньо впливають на кінцевий результат: витрат пов'язаних зі збором даних про технічні показники (B_P – польові роботи) та витрат, пов'язаних зі створенням паспорта, зберіганням та оновленням даних про технічні показники (B_K – камеральна обробка даних).

2. Розроблена економіко-математична модель для визначення критерію оцінки ефективності даних паспортизації (K_E) дозволяє оцінити «ефект» від паспортизації (E) та мінімізувати «витрати» (B).

3. Для забезпечення ієрархічності структури даних паспорта та для врахування впливу окремого технічного показника на загальну ефективність (K_E) розроблені критерії аналізу даних: K_j – коефіцієнт використання i -го технічного показника; S_i – вагомість i -го технічного показника та R_i – ранг i -го технічного показника, визначеного на основі попередніх критеріїв аналізу.

4. Для узагальнення оцінки ефективності паспортизації автомобільних доріг з урахуванням багатопараметричності та ієрархічності даних, розроблена п'яти рівнева кваліметрична модель:

- на рівні (R_1) встановлюється множина даних, що визначається при паспортизації автомобільних доріг (перелік технічних показників $P_1, P_2, \dots, P_n$);
- на рівні (R_2) виконується групування (віднесення) показників до конкретних об'єктів автомобільної дороги ($b_1, b_2, \dots, b_n$), які характеризують її конструктивні елементи або функціональний стан;
- на рівні (R_3) визначається вагомість даних з використанням кількісних та якісних критеріїв оцінки;
- рівень (R_4) використовується для оцінки даних урахуванням функціональних особливостей автомобільної дороги за групами показників: цільові, експлуатаційні, ергономічні, надійнісні, естетичні та щодо безпеки руху;

– на рівні (R_5) встановлюється комплексний показник ефективності даних (K_E), що характеризує доцільність збору та використання окремих даних (технічних показників) при паспортизації автомобільних доріг.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ПАСПОРТИЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ НА ЕТАПІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

3.1 Мета та задачі експериментального дослідження

Метою експериментальних досліджень є перевірка адекватності розроблених теоретичних підходів (розділ 2) та отриманих результатів теоретичних досліджень щодо удосконалення паспортизації автомобільних доріг.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні задачі:

- аналіз методів та технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг;
- розроблення кількісних і якісних критеріїв аналізу технічних показників для удосконалення структури паспорта автомобільної дороги;
- побудова кваліметричної моделі для визначення ефективності використання даних паспортизації;
- проведення розрахунків щодо використання технічних показників з використання розроблених критеріїв аналізу;
- ранжування технічних показників при заданих рівнях ефективності для удосконалення паспорта автомобільних доріг;
- розроблення практичних рекомендацій з удосконалення структури паспорта автомобільної дороги та паспортизації в цілому.

3.1.1 Алгоритм дослідження з удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації

Ціллю експериментального дослідження є визначення ефективності використання даних паспортизації та встановлення раціонального переліку

технічних показників паспорта автомобільної дороги. Для цього потрібно виконати дослідження згідно етапів наведених на рис. 27.

1 етап	• Визначення мети - удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації
2 етап	• Формування системи критеріїв (якісних і кількісних) для аналізу та удосконалення структури паспорта автомобільної дороги
3 етап	• Побудова кваліметричної моделі для оцінки ефективності використання даних паспортизації
4 етап	• Виконання розрахунків згідно розробленого алгоритму визначення удосконалення паспортизації
5 етап	• Ранжування технічних показників паспорта за результатами багатокритеріального аналізу
6 етап	• Аналіз ефективності методів і технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг
7 етап	• Розроблення практичних рекомендацій щодо удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації

Рисунок 27 – Алгоритм дослідження з удосконалення паспортизації автомобільних доріг

3.1.2 Теоретичні основи удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації

Удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації з урахуванням розробленого алгоритму виконання дослідження, базується на таких теоретичних основах:

1. Витрати, пов'язані зі збором даних при паспортизації на сьогодні є досить значними, тому при удосконаленні структури паспорта автомобільної

дороги необхідно передбачити максимально ефективне використання наявних даних.

2. До складу паспорта автомобільної дороги повинні входити тільки ті технічні показники, які використовуються галузевими ПАК.

3. Ієрархічна структура даних про автомобільну дорогу може бути сталою, а структура окремих блоків може змінюватись в залежності від існуючих та перспективних задач.

4. Структура паспорта автомобільної дороги та перелік технічних показників повинні забезпечувати максимальне використання зібраних даних при заданих рівнях ефективності (не нижче 95 %).

3.2 Етапи удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації

Етап 1 – Визначення мети

Метою удосконалення паспортизації є встановлення раціонального переліку технічних показників паспорта автомобільних доріг, які максимально ефективно ($K_E \rightarrow \max$) будуть використовуватися в діючих та перспективних галузевих ПАК.

Етап 2 – Формування системи критеріїв (якісних і кількісних) для аналізу структури паспорта автомобільної дороги з метою її удосконалення

Аналіз множини технічних показників паспорта автомобільної дороги за допомогою прийнятих якісних та кількісних критеріїв (коефіцієнт використання технічних показників (K_j), вагомість технічних показників (S_i), ранг i -го технічного показника (R_i)).

Етап 3 – Виконання розрахунків згідно розробленої кваліметричної моделі для визначення ефективності використання даних паспортизації

Проведення аналізу для визначення ефективності використання даних паспортизації з використанням розробленої кваліметричної моделі дозволить

встановити перелік технічних показників паспорта автомобільної дороги для прийнятих рівнів ефективності ($K_E = 95\%$ та $K_E = 99\%$).

Етап 4 – Виконання розрахунків згідно прийнятого алгоритму удосконалення паспортизації автомобільних доріг при різних рівнях ефективності використання даних.

Виконання розрахунків згідно прийнятого алгоритму (підрозділ 2.4) з урахуванням можливої наявності різних підходів щодо паспортизації автомобільних доріг:

- потреба в раціональній кількості технічних показників ($K_E = 95\%$) при мінімальній вартості робіт з паспортизації або;
- потреба в максимально доцільній кількості технічних показників ($K_E = 99\%$) при максимальній вартості робіт з паспортизації.

Етап 5 – Ранжування технічних показників паспорта за результатами багатокритеріального аналізу

Ранжування технічних показників паспорта на основі результатів багатокритеріального аналізу з використанням алгоритму удосконалення паспортизації автомобільних доріг в діапазоні від раціонального до максимального переліку технічних показників ($95\% < K_E < 99\%$).

Етап 6 – Аналіз ефективності методів і технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг

На даному етапі виконується аналіз ефективності використання сучасних методів та технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг (підрозділ 1.4) з урахуванням вимог до деталізації даних (по аналогії до рівнів якості інформації – Information Quality Levels (IQL)) [8].

Етап 7 – Розроблення практичних рекомендацій щодо удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації

На основі проведених досліджень розроблення практичних рекомендацій щодо удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації.

3.3 Розрахунок за кваліметричною моделлю визначення ефективності використання даних паспортизації

Відповідно до розробленої кваліметричної моделі для визначення ефективності використання даних паспортизації (підрозділ 2.3) виконуємо аналіз структури паспорта автомобільної дороги з використанням обраних критеріїв оцінки (K_j – коефіцієнт використання i -го технічного показника; S_i – вагомість i -го технічного показника; R_i – ранг i -го технічного показника) для її удосконалення.

1) На першому рівні (R_1) встановлюється множина даних, що визначається при паспортизації автомобільних доріг (перелік технічних показників $M_1, M_2, \dots, M_n$).

Перелік технічних показників за окремими об'єктами автомобільної дороги та з класифікацією за видами даних (за змістом і за терміном дії) наведено в табл. А.1 додатку А.

2) На другому рівні (R_2) виконується групування (віднесення) показників до конкретних об'єктів автомобільної дороги та визначаються коефіцієнти використання технічних показників ($K_1, K_2, \dots, K_n$), що характеризує їх використання при функціонуванні ПАК.

Результати аналізу частоти використання технічних показників паспорта при функціонуванні ПАК наведено в табл.7 та графічно представлені на рис. 28.

Частота використання i -го технічного показника фіксується у разі його участі при вирішенні функціональних завдань j -го об'єкта дослідження (формула 2.5).

Таблиця 7 – Частота використання технічних показників паспорта при функціонуванні ПАК

	Частота використання n_j , разів							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Кількість технічних показників	674	490	185	168	71	17	0	0

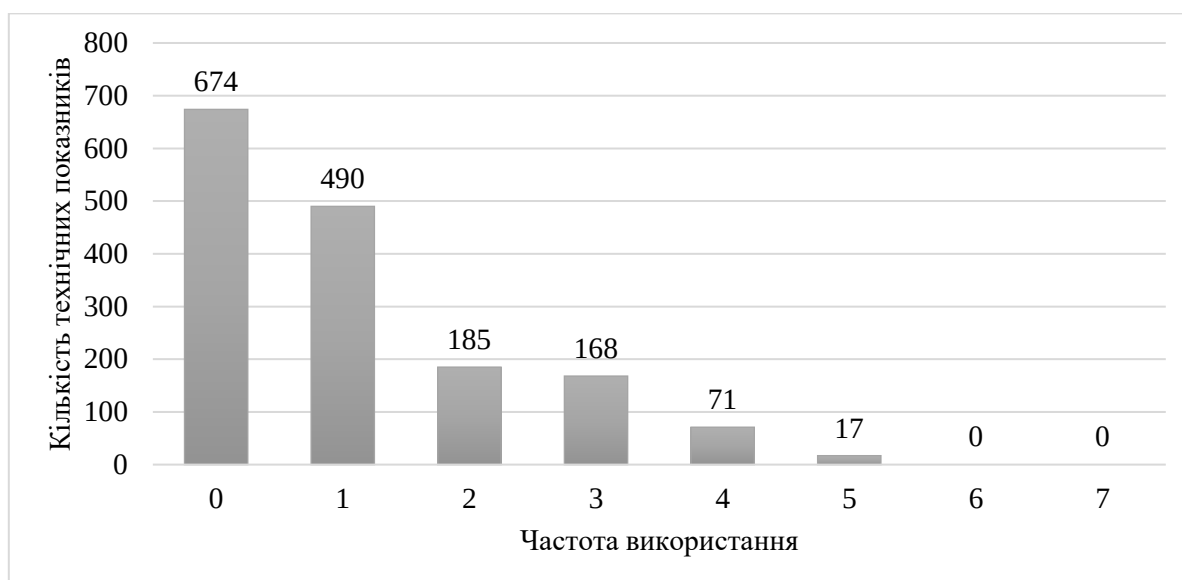


Рисунок 28 – Частота використання технічних показників паспорта при функціонуванні ПАК

Зведені результати визначення величини середньо-гармонічного зваженого значення i -го показника в j -му об'єкті аналізу $K_j^{\text{заг}}$ (формула 2.8) в залежності від значення коефіцієнта K_j та від частоти показників наведено в табл. 8.

Таблиця 8 – Зведені результати визначення коефіцієнта використання технічних показників $K_j^{\text{заг}}$

Ч.ч.	Назва об'єкту	Кількість показників	Значення показників		
			n_j	K_j	$K_j^{\text{заг}}$
1	2	3	4	5	6
1	Облікова відомість титулів автомобільних доріг	10	0,30	0,43	0,70
2	Облікова відомість органів управління	12	1,67	2,86	0,58
3	Облікова відомість підрядників з експлуатаційного утримання	13	1,54	2,86	0,54
4	Дані про цифрову модель автомобільної дороги та рельєф навколишньої місцевості	8	1,13	1,29	0,88
6	Дані про смугу відведення	12	0,83	1,43	0,58
7	Проїзна частина	33	3,18	15,00	0,21
8	Радіуси горизонтальних кривих	13	0,00	0,00	0,00
9	Дані про дорожній одяг	9	2,89	3,71	0,78
10	Дані про конструктивні шари дорожнього одягу	10	0,70	1,00	0,70

Продовження таблиці 8

1	2	3	4	5	6
15	Дані про геометричні розміри земляного полотна	37	1,35	7,14	0,19
11	Дані про міцність дорожнього одягу	11	3,00	4,71	0,64
12	Дані про рівність покриття	10	2,20	3,14	0,70
13	Дані про зчіпні якості	15	2,80	6,00	0,47
14	Дані про пошкодження дорожнього одягу	11	2,55	4,00	0,64
16	Облікова картка з'їздів та виїздів	12	2,00	3,43	0,58
17	Дані про з'їзд або виїзд	24	1,83	6,29	0,29
18	Облікова відомість тунелів транспортних	16	1,06	2,43	0,44
19	Дані про тунель	50	0,66	4,71	0,14
20	Дані про портал тунелю	20	0,20	0,57	0,35
21	Дані про тіло тунелю	14	0,50	1,00	0,50
22	Дані про очисну споруду	16	0,00	0,00	0,00
23	Дані про технічну документацію	4	0,00	0,00	0,00
24	Облікова відомість мостів	21	2,24	6,71	0,33
25	Дані про міст	74	1,64	5,00	0,33
26	Дані про прогін	23	1,13	3,71	0,30
27	Дані про опору	18	1,11	2,86	0,39
28	Облікова відомість підземних пішохідних переходів	14	0,43	0,86	0,50
29	Дані про підземний пішохідний перехід	32	0,34	1,57	0,22
30	Дані про портал підземного пішохідного переходу	20	0,10	0,29	0,35
31	Дані про тіло підземного пішохідного переходу	13	0,15	0,29	0,54
32	Дані про надбудови підземного пішохідного переходу	10	0,20	0,29	0,70
33	Облікова відомість надземних пішохідних переходів	17	0,41	1,00	0,41
34	Дані про надземний пішохідний перехід	50	0,50	3,57	0,14
35	Дані про підходи до надземного пішохідного переходу	15	0,93	2,00	0,47
36	Облікова відомість селезахисних споруд	15	0,80	1,71	0,47
37	Дані про селезахисну споруду	41	0,34	2,00	0,17
38	Облікова відомість труб водопропускних	18	1,83	4,71	0,39
39	Дані про трубу водопропускну	31	1,52	6,71	0,23
40	Дані про ВПЕ	16	1,06	2,43	0,44
41	Дані про оголовки	16	0,13	0,29	0,44
42	Облікова відомість автобусних зупинок та автопавільйонів	13	0,54	1,00	0,54
43	Дані про автобусну зупинку	19	0,53	1,43	0,37
44	Дані про автопавільйон	12	0,25	0,43	0,58
45	Облікова відомість підпірних стінок	15	0,87	1,86	0,47

Продовження таблиці 8

1	2	3	4	5	6
46	Дані про підпірну стінку	20	0,70	2,00	0,35
47	Облікова відомість стабілізаційних полів	10	0,10	0,14	0,70
48	Дані про стабілізаційне поле	18	0,17	0,43	0,39
49	Облікова відомість лотків	14	0,71	1,43	0,50
50	Дані про лоток, перепад, швидкотік	19	0,74	2,00	0,37
51	Облікова відомість дренажних споруд	14	0,29	0,57	0,50
52	Дані про дренажну споруду	34	0,21	1,00	0,21
53	Облікова відомість майданчиків	13	1,31	2,43	0,54
54	Дані про майданчик	15	1,47	3,14	0,47
55	Дані про елемент благоустрою	8	0,00	0,00	0,00
56	Облікова відомість тротуарів та велодоріжок	17	1,53	3,71	0,41
57	Дані про тротуар, велодоріжку	16	1,81	4,14	0,44
58	Облікова відомість огорожень	17	1,41	3,43	0,41
59	Дані про окрему ділянку огороження	15	1,53	3,29	0,47
60	Облікова відомість напрямних пристроїв	14	1,43	2,86	0,50
61	Дані про напрямний пристрій або їх сукупність	15	1,00	2,14	0,47
62	Облікова відомість шумозахисних та протизасліплювальних споруд	14	0,71	1,43	0,50
63	Дані про протизасліплювальну споруду	12	0,83	1,43	0,58
64	Облікова картка шумозахисної споруди	27	0,30	1,14	0,26
65	Облікова відомість знаків дорожніх	16	0,56	1,29	0,44
66	Дані про знак дорожній	15	1,00	2,14	0,47
67	Розмітка дорожня	17	2,41	5,86	0,41
68	Дані про розмітку дорожню	13	2,23	4,14	0,54
69	Облікова відомість штучних насаджень	16	1,50	3,43	0,44
70	Дані про штучні насадження	19	0,89	2,43	0,37
71	Облікова відомість автоматичних електронних засобів збору даних	12	1,25	2,14	0,58
72	Дані про автоматичний електронний засіб збору даних	10	1,20	1,71	0,70
73	Облікова відомість власних комунікацій	12	1,50	2,57	0,58
74	Дані про власну комунікацію	13	1,38	2,57	0,54
75	Тимчасові снігозахисні засоби	9	0,11	0,50	0,22
76	Дані про топографічні та кліматичні умови	6	0,00	0,00	0,00
77	Дані про ділянки дороги підвищеної складності утримання	9	1,44	1,86	0,78
78	Ділянки перетину із залізничними коліями	28	0,75	3,00	0,25
79	Дані про важливі об'єкти дорожньої інфраструктури	8	0,88	1,00	0,88
80	Облікова відомість комунікацій третіх осіб	7	1,14	2,80	0,41
81	Дані про комунікацію третіх осіб в межах смуги відведення	6	2,17	4,80	0,45

Кінець таблиці 8

1	2	3	4	5	6
82	Дані про транспортні потоки	24	2,63	9,00	0,29
83	Дані про швидкісні режими руху	11	1,18	1,86	0,64
84	Ділянки з незабезпеченою просторовою видимістю	11	0,00	0,00	0,00
85	Журнал ДТП	3	1,67	3,00	0,56

3) На третьому рівні (R_3) визначається вагомість технічних показників з використанням кількісних та якісних критеріїв аналізу. Третій рівень кваліметричної моделі є одним із ключових, оскільки дозволяє проаналізувати рівень використання даних паспортизації автомобільних доріг існуючими ПАК.

Відповідно до встановленої класифікації (підрозділ 2.2.2) встановлюємо рівні вагомості для технічних показників (S_i) у складі об'єктів паспорта автомобільної дороги. Зведені результати кількості технічних показників за рівнями вагомості даних наведені в табл. 9.

Таблиця 9 – Зведені результати визначення рівні вагомості для технічних показників (S_i) у складі об'єктів паспорта автомобільної дороги

Рівень вагомості показника, S_i	Значення $K_j^{\text{заг}}$	Кількість технічних показників
максимальний	$S_1 = 0,75 \leq K_j^{\text{заг}} \leq 1$	34
високий	$S_2 = 0,5 \leq K_j^{\text{заг}} \leq 0,75$	342
середній	$S_3 = 0,25 \leq K_j^{\text{заг}} \leq 0,5$	689
низький	$S_4 = 0,1 \leq K_j^{\text{заг}} \leq 0,25$	317
дуже низький	$S_5 = K_j^{\text{заг}} < 0,1$	58

При графічному відображенні отриманих результатів дослідження (рис. 29) рівнів вагомості для технічних показників даним характерний нормальний розподіл, що опосередковано характеризує адекватність використаних підходів [88, 97].

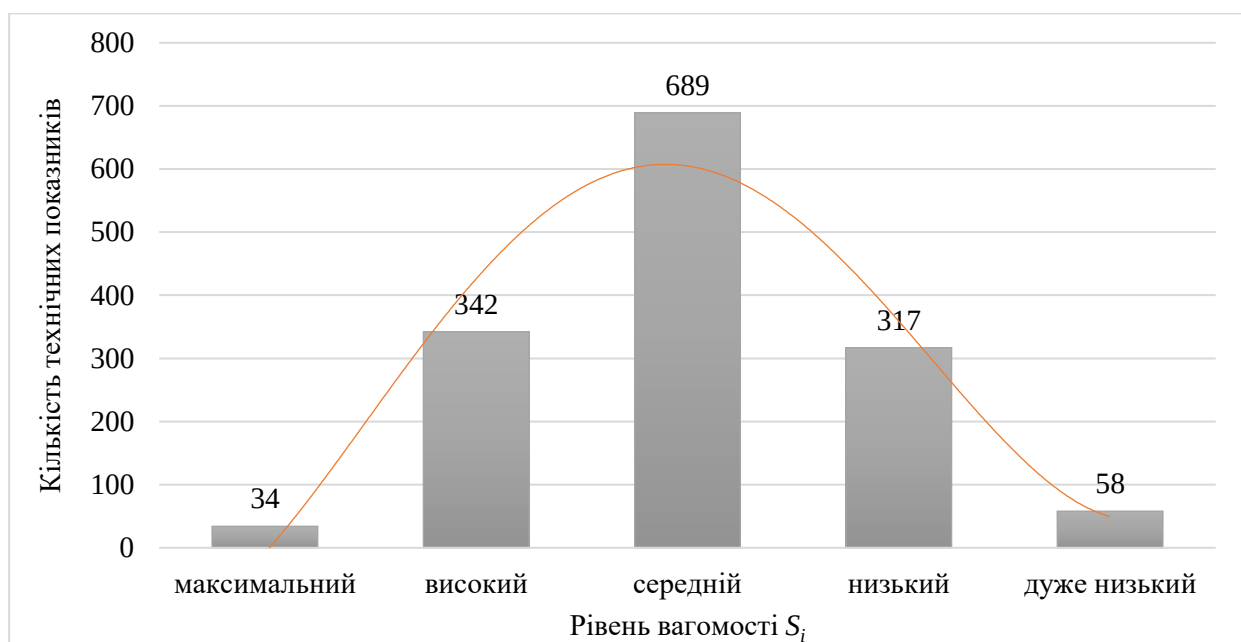


Рисунок 29 – Розподіл технічних показників паспорта відповідно до рівнів їх вагомості (S_i)

4) Четвертий рівень (R_4) кваліметричної моделі використовується для аналізу даних паспортизації з урахуванням функціональних особливостей автомобільної дороги за наступними групами показників: цільові, експлуатаційні, ергономічні, надійнісні, естетичні та щодо безпеки руху.

З урахуванням отриманих даних щодо вагомості окремих технічних параметрів паспорта виконано аналіз функціональних особливостей автомобільної дороги для удосконалення групування об'єктів за основними цільовими напрямками [13, 98, 99]. В результаті запропонована класифікація груп об'єктів паспорта автомобільної дороги з урахуванням рівнів їх вагомості, що найбільш ефективно описують отримані результати досліджень:

- загальна інформація
- цифрові моделі: автомобільної дороги та рельєфу, смуги відведення, горизонтальних кривих.
- основні об'єкти автомобільної дороги: проїзна частина та земляне полотно;
- дані про навколишнє середовище
- дані про транспортні потоки та безпека руху

- додаткові об'єкти автомобільної дороги: з'їзди, тунелі, мости, шляхопроводи, труби, автобусні зупинки і павільйони тощо
- дані моніторингу поточного стану.

5) На п'ятому рівневі (R_5) встановлюється комплексний показник ефективності даних (E), що характеризує результат удосконалення структури паспорта та доцільність збору окремих даних (технічних показників) при паспортизації автомобільних доріг.

Для прийнятої групи об'єктів паспорта автомобільної дороги з урахуванням функціональних особливостей автомобільної дороги визначаємо ефективність використання даних паспортизації (E). Результати розрахунків для окремих об'єктів наведено в табл. 10.

Таблиця 10 – Результати розрахунків ефективності використання даних паспорта автомобільної дороги

Ч.ч.	Група об'єктів паспорта	Назва об'єкту паспорта	Показник ефективності $E_{\text{ПАК}}$
1	2	3	4
1	Загальна інформація	Загальна інформація про дорогу	0,88
2		Балансоутримувачі	0,82
3		Підрядники по утриманню	0,72
4	Цифрові моделі	Автомобільної дороги та рельєфу	0,82
5		Смуга відводу	0,72
6		Радіуси горизонтальних кривих	0,68
7		Обмеження габариту по висоті	0,55
8	Основні об'єкти автомобільної дороги	Проїзна частина	0,77
9		Земляне полотно	0,63
10	Навколишнє середовище	Топографічні та кліматичні умови	0,68
11		Ділянки підвищеної складності утримування	0,6
12	Транспортні потоки та безпека руху	Транспортні потоки	0,8
13		Швидкісні режими	0,74
14		Ділянки з незабезпеченою видимістю	0,65
15		Дані про ДТП	0,48
16		Потенційно небезпечні ділянки	0,35
17	Додаткові об'єкти автомобільної дороги	Мости, шляхопроводи, естакади, галереї	0,75
18		Тунелі	0,7
19		Труби	0,68
20		Підпірні стінки	0,6
21		Дренажні системи	0,59

Кінець таблиці 10

1	2	3	4
22	Додаткові об'єкти автомобільної дороги	Стабілізаційні поля	0,45
23		Майданчики	0,42
24		Знаки дорожні	0,4
25		Розмітка дорожня	0,4
26		Тротуари та велосипедні доріжки	0,35
27		Огородження	0,33
28		Напрямні пристрої	0,3
29		Екрани	0,25
30		З'їзди	0,25
31		Об'єкти дорожнього сервісу	0,24
32		Автоматичні засоби збору даних	0,23
33		Автобусні зупинки і павільйони	0,21
34		Очисні споруди	0,17
35		Селезахистні споруди	0,17
36		Засоби поверхневого водовідведення	0,15
37		Підземні пішохідні переходи	0,1
38		Надземні пішохідні переходи	0,1
39		Ортофотоплани	0,09
40		Озеленення	0,09
41		Угіддя	0,07
42		Водойми та водотоки	0,06
43		Власні комунікації	0,06
44		Важливі об'єкти інфраструктури	0,05
45	Дані моніторингу поточного стану	Оперативні дані	0,42

3.4 Аналіз ефективності методів і технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг

3.4.1 Загальна методика аналізу ефективності методів і технологій збору даних

Для встановлення ефективності методів і технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг необхідно визначитися з критеріями оцінки, з використанням яких максимально точно можна виконати аналіз.

При аналізі методів і технологій збору даних для визначення їх ефективності ($E_{\text{ПАК}}$) основними є значення таких характеристик [33]:

- 1) Кількість технічних показників паспорта автомобільної дороги,

які можна визначати з використанням окремого методу або технології збору даних (M_p);

2) Відсоток використання зібраних даних в ПАК ($W_{\text{ПАК}}$);

Основними факторами, які будуть впливати на показник ефективності методів і технологій збору даних є:

- витрати на збір даних про 1 км (1 об'єкта) автомобільних доріг при використанні i -го методу або технології (B_{pi});
- рівень деталізації даних при паспортизації автомобільних доріг (J_i);
- стабільність виконання робіт з паспортизації автомобільних доріг (F_i) відповідно до [21].

Для оцінки ефективності методів і технологій збору даних ($E_{\text{ПАК}}$) методами факторного аналізу [100, 101, 102] з використанням обраних факторів, встановлюємо розрахунковий діапазон їх значень від $\min$ до $\max$ та крок їх можливої зміни в межах діапазону (табл. 11).

Методика аналізу ефективності методів і технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг з використанням обраних факторів впливу складається з таких кроків [89, 103, 104, 105]:

1. Із загального переліку технічних показників паспорта автомобільної дороги, встановлюється перелік показників - вимірюються або вираховуються у фізичних одиницях (M_Z), дані про які можна отримати з використанням прийнятих методів і технологій збору (Z);

2. З використанням результатів аналізу (підрозділ 1.4), встановлюються перелік кількісних показників із множини (M_p), які використовуються при вирішенні функціональних завдань окремо для кожного ПАК - M_{Zi}

$$M_{Zi} = (M_Z, Z_i) \quad (3.1)$$

3. Для кожного методу або технології збору даних (Z_i) встановлюємо розрахунковий діапазон значень для прийнятих факторів впливу ($B_{pi}; J_i; F_i$):

$$\begin{aligned}
 I_{Bpi} &= (B_{P(min;max)}, Z_i) \\
 I_{Ji} &= (J_{(min;max)}, Z_i) \\
 I_{Fi} &= (F_{(min;max)}, Z_i)
 \end{aligned}
 \tag{3.2}$$

Таблиця 11 - Характеристика розрахункового діапазону значень факторів впливу на ефективність методів і технологій збору даних

Фактор впливу	Позначення фактору	Одиниця виміру	Значення фактору			Крок зміни фактору
			min	max	розрахункове	
Вартість збору даних для 1 км доріг	B_{Pi}	тис.грн	50	200	50	25
Рівень деталізації даних	J_i	рівень	1	5	3	1
Стадійність виконання робіт	F_i	стадія	1	5	I	1

4. Виконуємо розрахунки для i -тих методів збору (Z_i) в розрахунковому діапазоні значень факторів впливу ($B_{Pi}; J_i; F_i$) для встановленої множини кількісних показників (M_Z).

Основою розрахунку є почергова зміна факторів впливу ($B_{Pi}; J_i; F_i$) від їх *max* до *min* значення в межах розрахункового діапазону.

5. Визначається коефіцієнти кореляції (k_i) та виконується побудова кореляційної матриці (W_{Zi}) для кожного ПАК (Z_i):

$$k_i = f(W_{Zi}, Z_i) \tag{3.3}$$

Коефіцієнт кореляції ($k_i, k_{i+1}, \dots, k_n$) визначається при усіх можливих значеннях факторів впливу (фрагмент наведено в табл. 12):

Таблиця 12 - Фрагмент значень коефіцієнтів кореляції при зміні факторів впливу у встановлених інтервалах

k_i	B_{Pi}	J_i	F_i
k_1	$B_{min} = 50$	$J_{min} = 1$ рівень	$F_{min} = I$ стадія
k_2	$B_{min+1} = 100$	$J_{min} = 1$ рівень	$F_{min} = I$ стадія
k_3	$B_{min+2} = 150$	$J_{min} = 1$ рівень	$F_{min} = I$ стадія
k_4	$B_{max} = 200$	$J_{min} = 1$ рівень	$F_{min} = I$ стадія

Кінець таблиці 12

1	2	3	4
k_5	$B_{min} = 50$	$J_{min+1} = 2$ рівень	$F_{min} = I$ стадія
k_6	$B_{min+1} = 100$	$J_{min} = 1$ рівень	$F_{min} = I$ стадія
...	...	...	
k_n	$B_{max} = 200$	$J_{max} = 5$ рівень	$F_{max} = V$ стадія

Кореляційна матриця для i -го методу збору даних (W_{Zi}) має вигляд:

$$W_{Zi} = \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \dots \\ k_n \end{pmatrix} \quad (3.4)$$

Загальна кореляційна матриця методів збору даних має вигляд:

$$W_Z = \begin{pmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} \\ \dots & \dots & \dots \\ k_n & k_n & k_n \end{pmatrix} \quad (3.5)$$

6. Методами факторного аналізу визначасмо величину впливу кожного фактору ($B_{Pi}; J_i; F_i$) на кінцеву ефективність використання методів і технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг ($E_{ПАК}$):

$$E_{ПАК} = \{W_Z; k_i\} \quad (3.6)$$

7. Виконуємо аналіз отриманих результатів дослідження та робимо висновки щодо ефективності використання i -го методу і технології збору даних при можливих факторах впливу, що впливають на ефективність його використання при паспортизації автомобільних доріг.

8. Підготовка рекомендацій щодо доцільності використання окремих методів та технологій збору даних для отримання максимальної ефективності при паспортизації автомобільних доріг.

3.4.2 Результати кількісного аналізу методів та технологій збору даних

Відповідно до виконаного аналізу та розрахунків щодо можливості використання різних методів та технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг (підрозділ 1.4) узагальнюємо результати щодо кількості технічних показників паспорта (M_z) (таблиця 9) та ефективності використання окремого методу ($E_{\text{ПАК}}$).

Відповідно до розробленої методики визначення ефективності методів та технологій збору даних, одним із факторів впливу на ефективність є стадійність виконання робіт з паспортизації автомобільних доріг (F_i) [21].

Виконання робіт з паспортизації можливо виконувати за 1 – 5 стадій (див. табл.13). Наприклад, при 1-стадійному виконанні робіт всі показники визначаються заразом за один етап.

Таблиця 13 - Стадійність виконання робіт зі збору даних про технічні показники паспорта автомобільної дороги

Ч.ч.	Стадія	Назва об'єкту	Кількість технічних показників
1	2	3	4
1	1	Облікова відомість титулів автомобільних доріг	10
2		Облікова відомість органів управління	12
3		Облікова відомість підрядників з експлуатаційного утримання	13
4		Дані про цифрову модель автомобільної дороги та рельєф навколишньої місцевості	8
Разом			43
16	2	Облікова картка з'їздів та виїздів	12
17		Дані про з'їзд або виїзд	24
18		Облікова відомість тунелів транспортних	16
19		Дані про тунель	50
20		Дані про портал тунелю	20
21		Дані про тіло тунелю	14
22		Дані про очисну споруду	16
23		Дані про технічну документацію	4
24		Облікова відомість мостів	21
25		Дані про міст	74
26		Дані про прогін	23
27		Дані про опору	18
28		Облікова відомість підземних пішохідних переходів	14
29		Дані про підземний пішохідний перехід	32

Продовження таблиці 13

1	2	3	4
30	2	Дані про портал підземного пішохідного переходу	20
31		Дані про тіло підземного пішохідного переходу	13
32		Дані про надбудови підземного пішохідного переходу	10
33		Облікова відомість надземних пішохідних переходів	17
34		Дані про надземний пішохідний перехід	50
35		Дані про підходи до надземного пішохідного переходу	15
36		Облікова відомість селезахисних споруд	15
37		Дані про селезахисну споруду	41
38		Облікова відомість труб водопропускних	18
39		Дані про трубу водопропускну	31
40		Дані про ВПЕ	16
41		Дані про оголовок	16
42		Облікова відомість автобусних зупинок та автопавільйонів	13
43		Дані про автобусну зупинку	19
44		Дані про автопавільйон	12
45		Облікова відомість підпірних стінок	15
46		Дані про підпірну стінку	20
47		Облікова відомість стабілізаційних полів	10
48		Дані про стабілізаційне поле	18
49		Облікова відомість лотків	14
50		Дані про лоток, перепад, швидкотік	19
51		Облікова відомість дренажних споруд	14
52		Дані про дренажну споруду	34
53		Облікова відомість майданчиків	13
54		Дані про майданчик	15
55		Дані про елемент благоустрою	8
56		Облікова відомість тротуарів та велодоріжок	17
57		Дані про тротуар, велодоріжку	16
58		Облікова відомість огорожень	17
59		Дані про окрему ділянку огороження	15
60		Облікова відомість напрямних пристроїв	14
61		Дані про напрямний пристрій або їх сукупність	15
62		Облікова відомість шумозахисних та протизасліплювальних споруд	14
63		Дані про протизасліплювальну споруду	12
64		Облікова картка шумозахисної споруди	27
Разом			971
6	3	Дані про смугу відведення	12
7		Проїзна частина	33
8		Радіуси горизонтальних кривих	13
9		Дані про дорожній одяг	9
10		Дані про конструктивні шари дорожнього одягу	10
11		Дані про міцність дорожнього одягу	11
12		Дані про рівність покриття	10

Кінець таблиці 9

1	2	3	4
13	3	Дані про зчіпні якості	15
14		Дані про пошкодження дорожнього одягу	11
15		Дані про геометричні розміри земляного полотна	37
Разом			161
69	4	Облікова відомість штучних насаджень	16
70		Дані про штучні насадження	19
71		Облікова відомість автоматичних електронних засобів збору даних	12
72		Дані про автоматичний електронний засіб збору даних	10
73		Облікова відомість власних комунікацій	12
74		Дані про власну комунікацію	13
75		Тимчасові снігозахисні засоби	9
76		Дані про топографічні та кліматичні умови	6
77		Дані про ділянки дороги підвищеної складності утримання	9
78		Ділянки перетину із залізничними коліями	28
79		Дані про важливі об'єкти дорожньої інфраструктури	8
80		Облікова відомість комунікацій третіх осіб	7
81		Дані про комунікацію третіх осіб в межах смуги відведення	6
Разом			155
82	5	Дані про транспортні потоки	24
83		Дані про швидкісні режими руху	11
84		Ділянки з незабезпеченою просторовою видимістю	11
85		Журнал ДТП	3
65		Облікова відомість знаків дорожніх	16
66		Дані про знак дорожній	15
67		Розмітка дорожня	17
68		Дані про розмітку дорожню	13
Разом			110

Загальна кількість технічних показників паспорта автомобільної дороги, дані про які необхідно збирати згідно вимог [10] на кожній із стадій проведення робіт з паспортизації [21] наведено на рис.30.

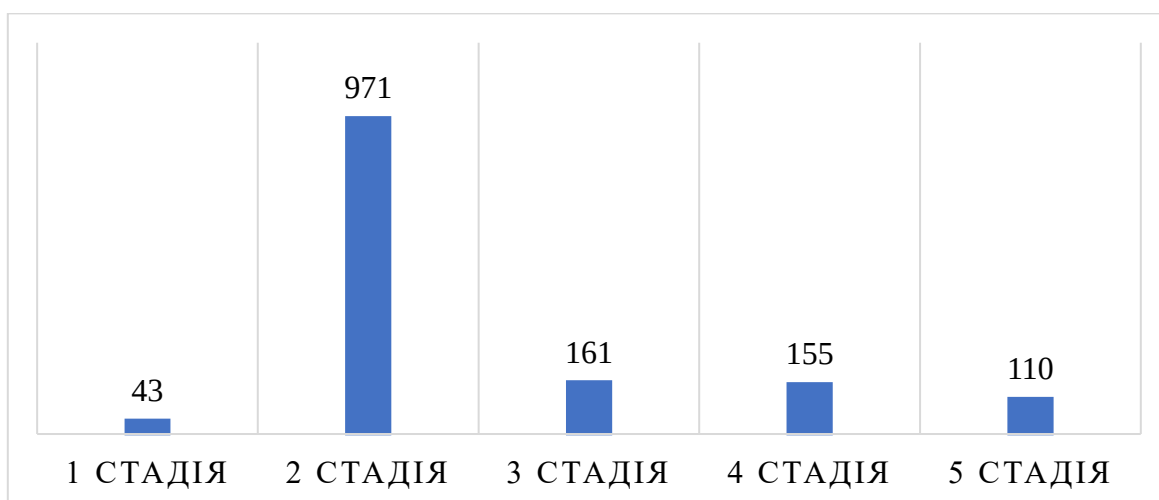


Рисунок 30 – Кількість технічних показників паспорта залежно від стадії проведення робіт з паспортизації

З урахуванням стадійності виконання робіт з паспортизації, виконано аналіз методів та технологій збору даних відповідно до можливості їх застосування на кожній із стадій. Результат аналізу наведено в табл. 14.

Таблиця 14 – Кількість технічних показників паспорта (M_z), значення яких збираються прийнятими методами і технологіями збору даних

Характеристики ефективності методів	Стадія	Методи і технології збору даних, (M_z)						
		ТО	Інс. обст	Авт. засоби	Обст. шт. споруд	ДТП	ДЗЗ	БЛА
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Виконання робіт в 1 стадії								
Кількість технічних показників паспорта, M_z	1-5 стадія	161	272	76	174	171	533	281
Виконання робіт в 2 стадії								
Кількість технічних показників паспорта, M_z	1-4 стадія	116	259	51	174	137	453	252
	5 стадія	45	13	25	0	34	80	29
Виконання робіт в 3 стадії								
Кількість технічних показників паспорта, M_z	1-3 стадія	111	224	37	174	94	405	225
	4 стадія	5	35	14	0	43	48	27
	5 стадія	45	13	25	0	34	80	29

Кінець таблиці 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Виконання робіт в 4 стадії								
Кількість технічних показників паспорта, M_z	1-2 стадія	34	150	0	174	93	333	174
	3 стадія	77	74	37	0	1	72	51
	4 стадія	5	35	14	0	43	48	27
	5 стадія	25	12	0	0	26	60	12
Виконання робіт в 5 стадій								
Кількість технічних показників паспорта, M_z	1 стадія	13	11	0	0	0	42	9
	2 стадія	21	139	0	174	93	291	165
	3 стадія	77	74	37	0	1	72	51
	4 стадія	5	35	14	0	43	48	27
	5 стадія	45	13	25	0	34	80	29

Відповідно до п. 4 – 6 методики аналізу ефективності методів та технологій збору даних (підрозділ 3.1) виконані розрахунки, результати якого наведено в табл. 15 та в графічному вигляді на рис.31.

Таблиця 15 – Результати аналізу ефективності використання методу та технології збору даних

Ч.ч	Назва методу/технології збору даних	Кількість технічних показників паспорта, (M_z)	Ефективність використання методу, $E_{\text{ПАК}}$
1	Технічний облік (періодичний моніторинг)	169	0,42
2	Інструментальні обстеження (лазерне сканування тощо)	279	0,58
3	Автоматичні системи збору даних (лічильники руху, датчики, метеостанції)	76	0,32
4	Обстеження окремих штучних споруд (мостів і труб)	174	0,44
5	Збір даних про ДТП та їх облік	172	0,44
6	Дистанційне зондування землі	416	0,80
7	Безпілотні літальні апарати	282	0,60

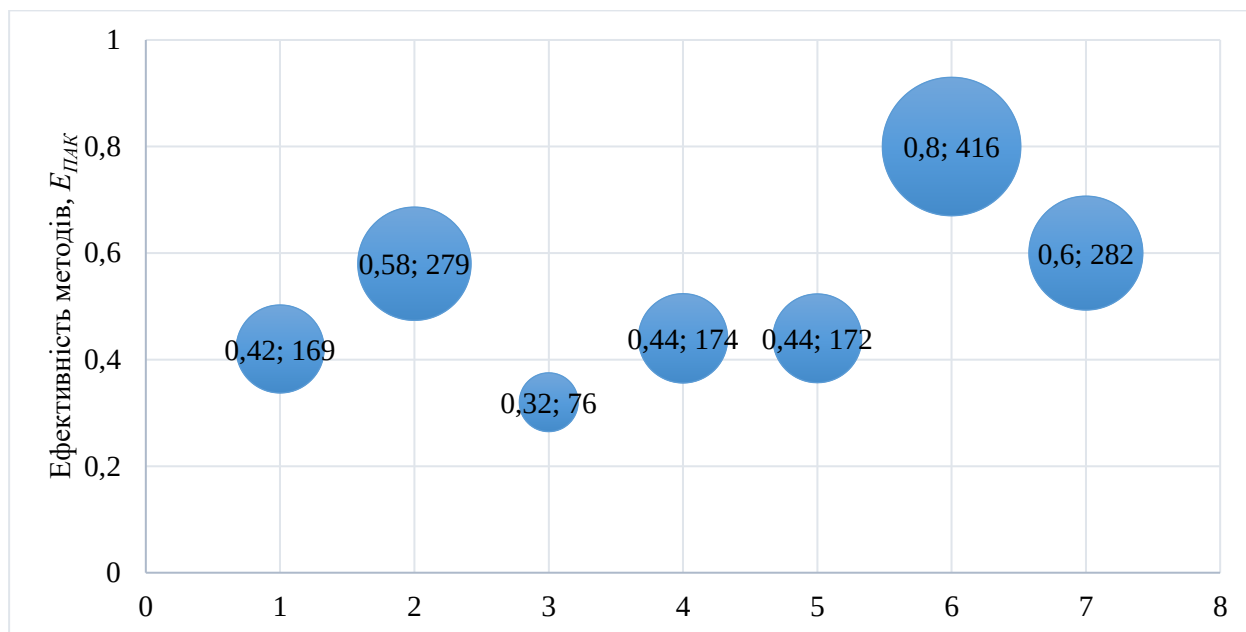


Рисунок 31 – Результати аналізу ефективності використання методу та технології збору даних

Аналіз результатів досліджень в графічному вигляді за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel 2019 представлені на рис. 32 – 34.

Основними факторами, які будуть впливати на показник ефективності методів і технологій збору даних є:

- витрати на збір даних про 1 км (1 об'єкта) автомобільної дороги при використанні окремого методу або технології (B_{Pi});
- рівень деталізації даних при паспортизації автомобільних доріг (U_{IQL});
- стабільність виконання робіт з паспортизації автомобільних доріг (F_i) відповідно до [8].

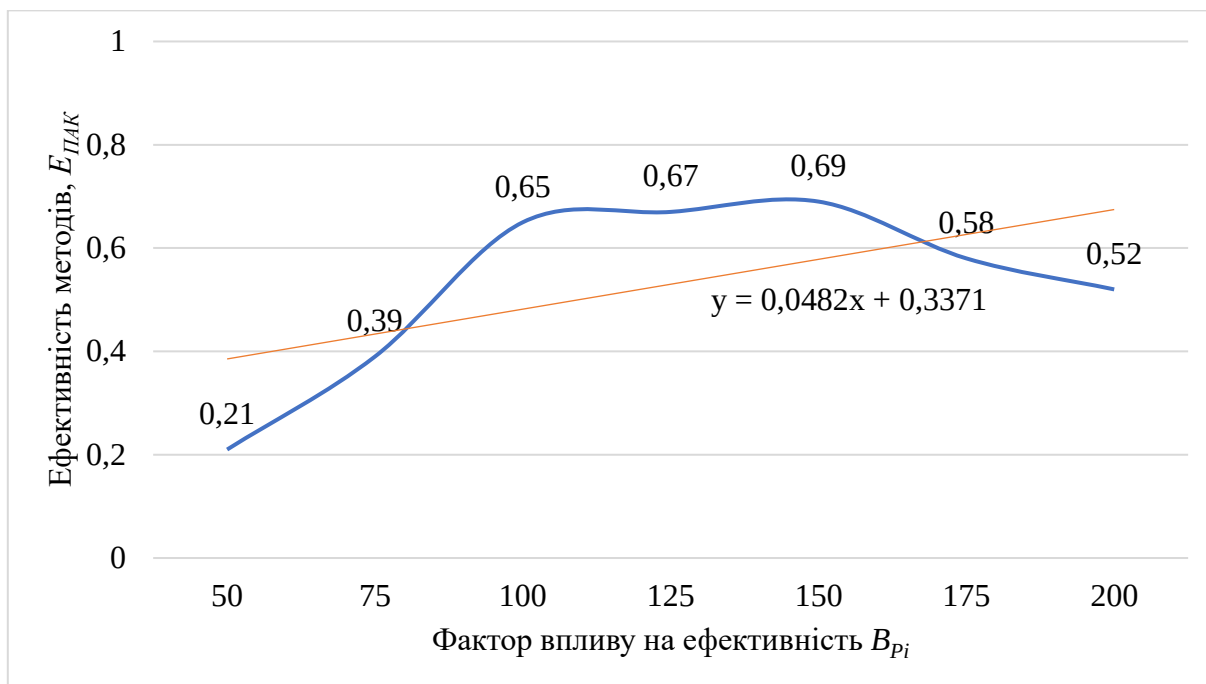


Рисунок 32 – Зміна рівня ефективності методів і технологій збору даних при варіації фактору B_{Pi}

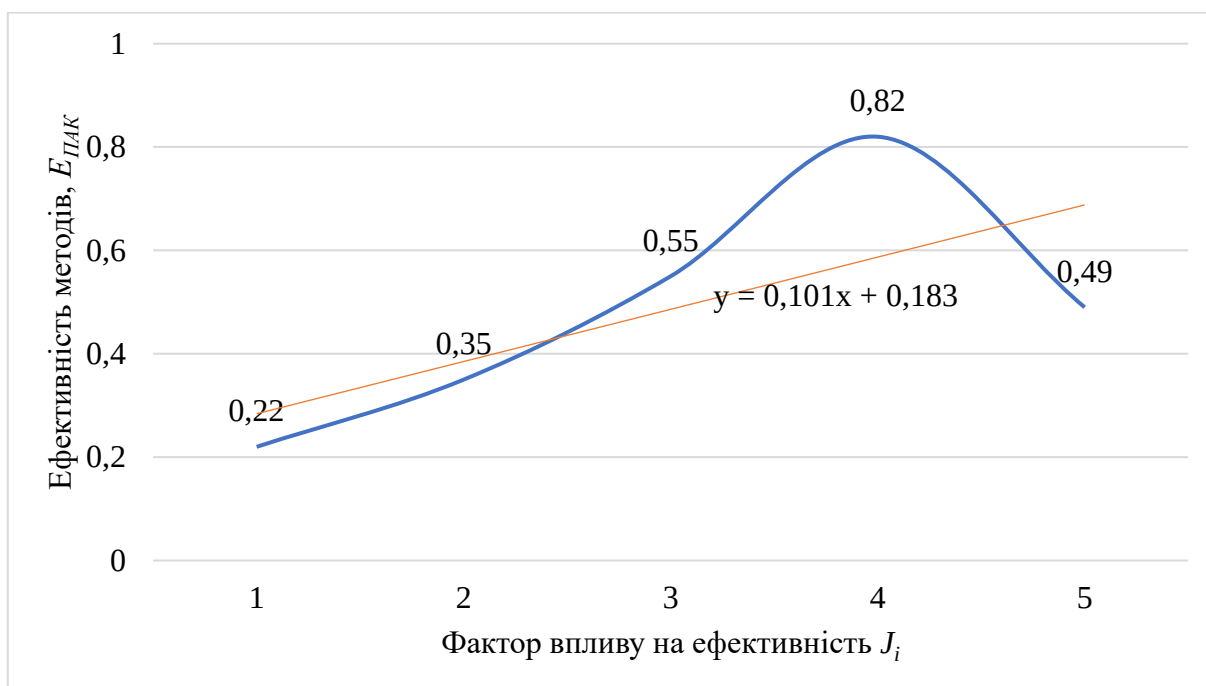


Рисунок 33 – Зміна рівня ефективності методів і технологій збору даних при варіації фактору J_i

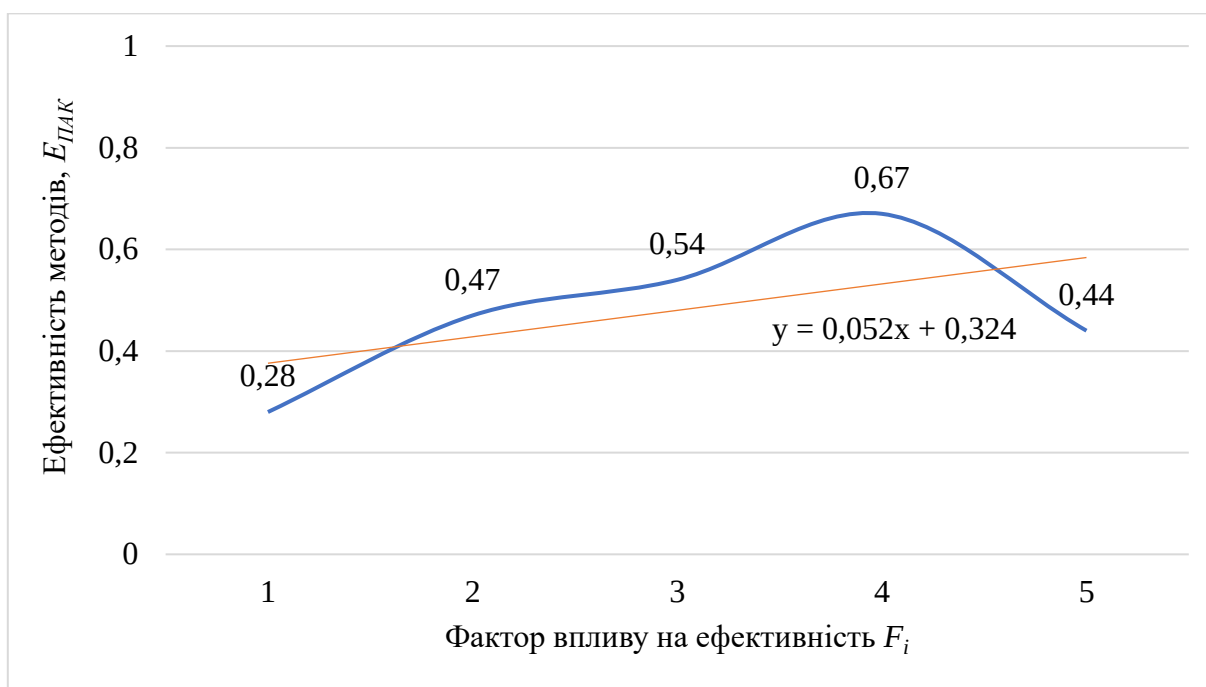


Рисунок 34 – Зміна рівня ефективності методів і технологій збору даних при варіації фактору F_i

В результаті проведених досліджень були отримані результати, які дозволили встановити зміну ефективності методів та технологій збору даних при варіації значень факторів в прийнятих розрахункових діапазонах.

3.4.3 Розрахунок тісноти зв'язків між факторами впливу

Визначення тісноти зв'язку між факторами передбачають, що сукупності, до яких вони застосовуються, мають нормальний, або близький до нормального розподіл. Тісноту зв'язку між факторами F_i можна обчислити за допомогою непараметричних критеріїв визначення тісноти зв'язку [97].

Особливістю цих критеріїв є те, що тіснота зв'язку між ознаками визначається не за кількісними значеннями варіантів, а за допомогою порівняння їх рангів. Під рангом розуміють порядковий номер одиниці сукупності в ранжированому ряду розподілу. Чим менші розбіжності між рангами, тим тісніший зв'язок між ознаками.

До непараметричних критеріїв показників тісноти зв'язку відносяться коефіцієнти: кореляції рангів, знаків Фехнера, асоціації, контингенції та ін. [97].

Коефіцієнт кореляції рангів - це один з найпростіших показників тісноти зв'язку (його же називають ранговим коефіцієнтом кореляції Спірмена). Суть розрахунку полягає в наступному:

- значення коефіцієнтів кореляції для парних двох факторів (результативної і факторної) ранжируються, а потім відповідно величині коефіцієнта йому надається ранг від 1 до n . Тіснота зв'язку визначається на основі близькості рангів і формула коефіцієнта кореляції рангів буде мати вигляд [72]:

$$r_F = 1 - \frac{6 \times \sum d^2}{n \times (n^2 - 1)} \quad (3.14)$$

де n - кількість ранжируваних ознак (факторів);

d - різниця між рангами за двома значеннями R_F для кожного випробуваного;

$\sum d^2$ - сума квадратів різниць рангів.

При наявності однакових рангів формула розрахунку коефіцієнта лінійної кореляції Спірмена буде дещо іншою. У цьому випадку в формулу розрахунку коефіцієнтів кореляції (3.14) додаються два нових показники, що враховують однакові ранги. Вони називаються поправками на однакові ранги і додаються в чисельник розрахункової формули [97]:

$$d_1 = \frac{n^3 - n}{12} \quad (3.15)$$

де n - число однакових рангів у першому ряді,

$$d_2 = \frac{k^3 - k}{12} \quad (3.16)$$

до k - число однакових рангів у другому ряді.

Якщо є дві групи однакових рангів, в будь-якому стовпці то формула (3.14) поправки дещо ускладнюються:

$$d_3 = \frac{(n^3 - n) + (k^3 - k)}{12} \quad (3.17)$$

де n - число однакових рангів в першій групі ранжируемого ряду,

k - число однакових рангів у другій групі ранжируемого ряду.

Модифікація формули (3.14) в загальному випадку така:

$$r_F = 1 - \frac{6 \times \sum d^2 + d_1 + d_2 + d_3}{n \times (n^2 - 1)} \quad (3.18)$$

Таблиця 16 – Коефіцієнти кореляції факторів F_i в інтервалі I_F

	B_{Pi}	J_i	F_i
B_{Pi}	1		
J_i	-0,92	1	
F_i	-0,87	0,95	1

Результати розрахунків величини тісноти зв'язків між факторами за ранговим коефіцієнтом кореляції Спірмена наведено в таблицях 17 – 19.

Таблиця 17 – Розрахунок рангового коефіцієнта кореляції Спірмена для фактору (B_{Pi})

	Показник рангу фактору в ряді		
B_{Pi}	1	2	3
B_{Pi}	2	3	1
d	-1	-1	0
d ²	1	1	0
d ₁	0		
d ₂	0,5		
d ₃	0		
r_F	0,025		
B_{Pi}	1	2	3
J_i	2	1	3
d	-1	-2	0
d ²	1	4	0
d ₁	0,5		
d ₂	0		
d ₃	0		
r_F	-0,175		
B_{Pi}	1	2	3
F_i	2	3	1
d	-1	-1	-1
d ²	1	1	1
d ₁	0,5		
d ₂	0,5		
d ₃	0,17		
r_F	0,142		

Таблиця 18 – Розрахунок рангового коефіцієнта кореляції Спірмена для фактору (J_i)

	Показник рангу фактору в ряді		
J_i	2	3	1
J_i	1	2	3
d	1	1	1
d ²	1	1	1
d ₁	0,5		
d ₂	0,5		
d ₃	0		
r_F	0,3		

Кінець таблиці 18

1	2	3	4
J_i	2	3	1
B_{Pi}	2	1	3
d	0	-1	1
d ²	0	1	1
d ₁	0,5		
d ₂	0		
d ₃	0,17		
r_F	0,667		
J_i	2	3	1
F_i	2	3	1
d	0	0	0
d ²	0	0	0
d ₁	0,5		
d ₂	0,5		
d ₃	0,25		
r_F	0,4		

Таблиця 19 – Розрахунок рангового коефіцієнта кореляції Спірмена для фактору (F_i)

	Показник рангу фактору в ряді		
F_i	2	1	3
F_i	1	2	3
d	1	2	-1
d ²	1	4	1
d ₁	0,5		
d ₂	0		
d ₃	0,5		
r_F	-0,575		
F_i	2	1	3
J_i	2	3	1
d	0	1	-2
d ²	0	1	4
d ₁	0		
d ₂	0,5		
d ₃	0,17		
r_F	0,517		
F_i	2	1	3
B_{Pi}	2	3	1

Кінець таблиці 19

1	2	3	4
d	0	1	-1
d ²	0	1	1
d ₁	0		
d ₂	0,5		
d ₃	1		
Г _F	0,775		

3.5 Висновки до розділу 3

1. Згідно розробленої економіко-математичної моделі встановлено послідовність удосконалення паспортизації автомобільних доріг, яка включає 7 окремих етапів.

2. З урахуванням запропонованих етапів удосконалення паспортизації автомобільних доріг, встановлено основні фактори, які безпосередньо впливають на показник ефективності методів і технологій збору даних:

- витрати на збір даних про 1 км (1 об'єкта) автомобільних доріг при використанні i -го методу або технології (B_{Pi});
- рівень деталізації даних при паспортизації автомобільних доріг (J_i);
- стадійність виконання робіт з паспортизації автомобільних доріг (F_i).

3. Дослідження структури даних паспорта автомобільної дороги за умови зміни обраних факторів впливу, дозволило зменшити перелік об'єктів паспорта та встановити раціональну кількість технічних показників для кожного об'єкта. Таким чином кількість об'єктів було зменшено з 85 штук до 45 штук, або на 47 % при встановленій ефективності на рівні 95 %.

4. На основі проранжованих результатів дослідження технічних показників паспорта автомобільної дороги за рівнем їх вагомості (S_i) було встановлено:

- 58 технічних показники (4,0 % від загальної кількості) знаходяться в діапазоні 0 – 0,1, мають дуже низький рівень вагомості;
- 317 технічних показники (22,0 % від загальної кількості)

знаходяться в діапазоні 0,1 – 0,25, тобто мають низький рівень вагомості;

– 689 технічних показники (47,8 % від загальної кількості) знаходяться в діапазоні 0,25 – 0,5, тобто мають середній рівень вагомості;

– 342 технічних показники (23,8 % від загальної кількості) знаходяться в діапазоні 0,5 – 0,75, тобто мають високий рівень вагомості;

34 технічних показники (2,4 % від загальної кількості) знаходяться в діапазоні 0,75 – 1, тобто мають дуже високий рівень вагомості.

5. За результатами аналізу ефективності використання методів і технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг встановлено, що найбільш ефективним є використання дистанційного зондування землі (ефективність методу $E_{\text{ПАК}} = 0,80$), безпілотних літальних апаратів (ефективність методу $E_{\text{ПАК}} = 0,60$) та інструментальних обстежень з використанням лазерного сканування (ефективність методу $E_{\text{ПАК}} = 0,58$).

РОЗДІЛ 4

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПАСПОРТИЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

4.1 Рекомендації з удосконалення паспортизації автомобільних доріг загального користування

На основі отриманих в розділі 3, запропонована класифікація груп об'єктів паспорта автомобільної дороги з урахуванням рівнів їх вагомості:

- загальна інформація
- цифрові моделі: автомобільної дороги та рельєфу, смуги відведення, горизонтальних кривих.
- основні об'єкти автомобільної дороги: проїзна частина та земляне полотно;
- дані про навколишнє середовище
- дані про транспортні потоки та безпека руху
- додаткові об'єкти автомобільної дороги: з'їзди, тунелі, мости, шляхопроводи, труби, автобусні зупинки і павільйони тощо
- дані моніторингу поточного стану.

Запропоновану класифікацію даних паспорта доцільно враховувати при розробленні планів виконання робіт з паспортизації та визначенню обсягу необхідних матеріально-технічних ресурсів.

Загальна структурна схема паспорта автомобільної дороги з урахуванням встановлених рівнів ефективності використання даних наведена на рис. 35.

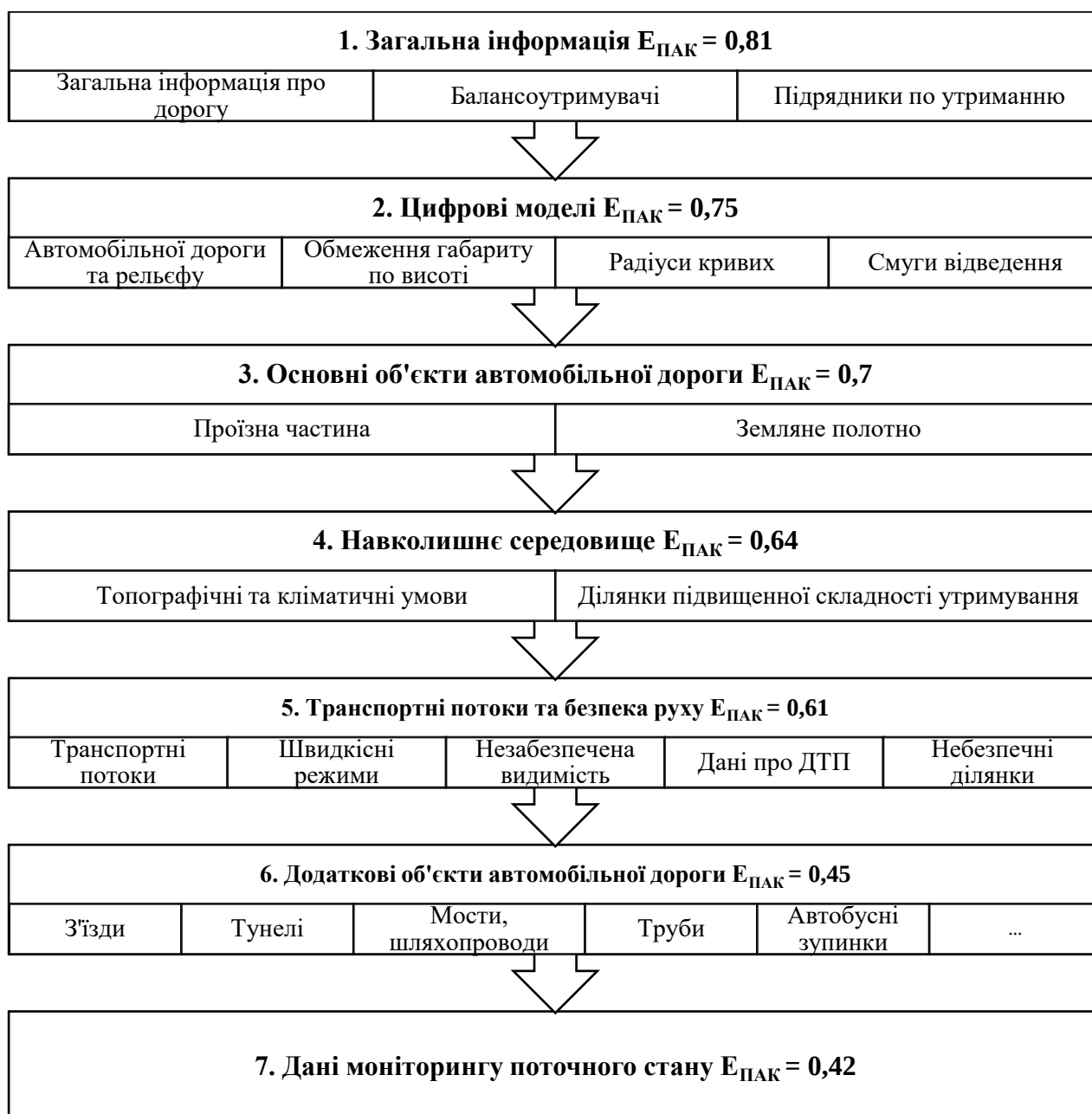


Рисунок 35 – Загальна удосконалена структура паспорта автомобільної дороги

Зведені результати визначення рівнів даних об'єктів паспорта автомобільної дороги державного та місцевого значення в залежності від показника ефективності $E_{ПАК}$ наведено в табл.20.

Таблиця 20 – Структура об'єктів паспорта автомобільної дороги державного та місцевого значення в залежності від рівня даних

Ч.ч ·	Група об'єктів паспорта	Назва об'єкту паспорта	Показник ефективност і $E_{ПАК}$	Кількість	Рівень даних	
					державного значення	державного значення
1	2	3	4	5	6	7
1	Загальна інформація	Загальна інформація про дорогу	0,88	10	1	1
2		Балансоутримувачі	0,82	12	1	1
3		Підрядники по утриманню	0,72	13	2	2
4	Цифрові моделі	Автомобільної дороги та рельєфу	0,82	8	1	2
5		Смуга відводу	0,72	12	2	3
6		Радіуси горизонтальних кривих	0,68	13	2	2
7		Обмеження габариту по висоті	0,55	8	2	3
8	Основні об'єкти автомобільної дороги	Проїзна частина	0,77	53	1	1
9		Земляне полотно	0,63	37	2	2
10	Навколишнє середовище	Топографічні та кліматичні умови	0,68	6	2	3
11		Ділянки підвищеної складності утримування	0,6	9	2	2
12	Транспортні поток та безпека руху	Транспортні потоки	0,8	24	1	1
13		Швидкісні режими	0,74	11	2	2
14		Ділянки з незабезпеченою видимістю	0,65	11	2	2
15		Дані про ДТП	0,48	15	3	3
16		Потенційно небезпечні ділянки	0,35	10	3	4
17	Додаткові об'єкти автомобільної дороги	Мости, шляхопроводи, естакади, галереї	0,75	150	2	2
18		Тунелі	0,7	65	2	2
19		Труби	0,68	24	2	2
20		Підпірні стінки	0,6	22	2	4
21		Дренажні системи	0,59	18	2	3
22		Стабілізаційні поля	0,45	18	3	4
23		Майданчики	0,42	15	3	4
24		Знаки дорожні	0,4	15	3	3

Кінець таблиці 22

1	2	3	4	5	6	7
25	Додаткові об'єкти автомобільної дороги	Розмітка дорожня	0,4	17	3	3
26		Тротуари та велосипедні доріжки	0,35	17	3	3
27		Огородження	0,33	15	3	3
28		Напрямні пристрої	0,3	14	3	3
29		Екрани	0,25	27	4	4
30		З'їзди	0,25	24	4	4
31		Об'єкти дорожнього сервісу	0,24	8	4	4
32		Автоматичні засоби збору даних	0,23	12	4	4
33		Автобусні зупинки і павільйони	0,21	19	4	4
34		Очисні споруди	0,17	15	4	5
35		Селезахистні споруди	0,17	15	4	5
36		Засоби поверхневого водовідведення	0,15	19	4	5
37		Підземні пішохідні переходи	0,1	18	5	5
38		Надземні пішохідні переходи	0,1	22	5	5
39		Ортофотоплани	0,09	15	5	5
40		Озеленення	0,09	32	5	5
41		Угіддя	0,07	9	5	5
42		Водойми та водотоки	0,06	12	5	5
43		Власні комунікації	0,06	13	5	5
44		Важливі об'єкти інфраструктури	0,05	16	5	5
45	Дані моніторингу поточного стану	Оперативні дані	0,42	192	3	3

Удосконалені структури паспорта автомобільної дороги державного та місцевого значення з урахуванням отриманих результатів дослідження щодо вагомості технічних показників та загальної ефективності використання даних окремих об'єктів паспорта наведено відповідно на рис.36 та рис. 37.



Рисунок 36 – Структурна схема об'єктів паспорта автомобільної дороги державного значення



Рисунок 37 – Структурна схема об'єктів паспорта автомобільної дороги місцевого значення

4.2 Розрахунок економічної ефективності наукових розробок

Наразі для визначення вартості паспортизації автомобільних доріг використовується ресурсний метод з поелементною оцінкою нормування трудомісткості на виконання робіт, що передбачає використання існуючих норм витрат та розцінок з відповідними поправочними коефіцієнтами по кожному із етапів [67].

Загальні етапи виконання робіт починаючи зі збору даних до створення власне паспорта автомобільної дороги наступні:

- 1 Підготовчі роботи
- 2 Створення цифрової моделі місцевості
- 3 Створення цифрової моделі земляного полотна М1:500
- 4 Визначення конструкції дорожнього одягу
- 5 Визначення транспортно-експлуатаційних характеристик проїзної частини
- 6 Облік транспортного потоку
- 7 Поточна відеозйомка автомобільної дороги
- 8 Технічний облік мостових споруд
- 9 Технічний облік труб
- 11 Камеральні роботи з розробки паспорта автомобільної дороги

4.2.1 Витрати пов'язані зі створенням бази даних технічних показників

Орієнтовна загальна вартість виконання робіт з паспортизації мережі автомобільних доріг загального користування державного та місцевого значення з урахуванням вимог [10], становить близько 10,5 млрд.грн.

Розрахунок складових вартості робіт з паспортизації автомобільних доріг державного та місцевого значення I технічної категорії наведено в додатку В. Для інших технічних категорій автомобільних доріг розрахунок

вартості паспортизації здійснюється з урахуванням їх протяжності, геометричних параметрів та наявності штучних споруд.

Зведений результат розрахунків орієнтовної вартості паспортизації загальної мережі автомобільних доріг державного та місцевого значення наведено в табл. 21 та табл. 22.

Таблиця 21 – Зведені витрати на проведення робіт з паспортизації автомобільних доріг державного значення

Ч.ч.	Комплекс робіт	Вартість робіт з паспортизації, млн.грн				
		Категорія автомобільної дороги				
		I кат.	II кат.	III кат.	IV кат.	V кат.
1	2	3	4	5	6	7
1	Підготовчі роботи	57	260	430	246	6
2	Створення цифрової моделі місцевості	28 242	85 804	113 193	54 556	1 231
3	Створення цифрової моделі земляного полотна М1:500	17 398	78 756	130 421	74 573	1 841
4	Поточна відеозйомка	743	3 364	5 571	3 185	79
5	Технічний облік мостів	1 128	2 911	4 818	2 757	73
6	Технічний облік труб	21 921	99 234	164 556	94 217	2 329
7	Проектні роботи з розробки паспорта	9 766	44 209	73 210	41 861	1 033
8	Кошторисна вартість	79 255	314 537	492 198	271 394	6 592
9	Податок на додану вартість (20%)	15 851	62 907	98 440	54 279	1 318
10	Загальна вартість	297 207	1 179 514	1 845 742	1 017 728	24 720
11	Вартість паспортизації 1 км	107	94	89	86	84

Таблиця 22 - Розрахунок витрат на проведення робіт з паспортизації та створення паспортів автомобільних доріг місцевого значення

Ч.ч.	Комплекс робіт	Вартість робіт з паспортизації, млн.грн				
		Категорія автомобільної дороги				
		I кат.	II кат.	III кат.	IV кат.	V кат.
1	2	3	4	5	6	7
1	Підготовчі роботи	57	260	430	246	6
2	Створення цифрової моделі місцевості	54	3 113	37 391	427 864	71 080
3	Створення цифрової моделі земляного полотна М1:500	33	2 858	43 082	584 851	106 272

Кінець таблиці 22

1	2	3	4	5	6	7
4	Поточна відеозйомка	1	122	1 840	24 981	4 539
5	Технічний облік мостів	8	45	613	8 253	1 504
6	Технічний облік труб	7	586	8 835	119 924	21 789
7	Проектні роботи з розробки паспорта	19	1 604	24 183	328 299	59 655
8	Кошторисна вартість	180	8 589	116 374	1 494 416	264 844
9	Податок на додану вартість (20%)	36	1 718	23 275	298 883	52 969
10	Загальна вартість	673	32 209	436 401	5 604 062	993 166
11	Вартість паспортизації 1 км	127	71	64	60	59

4.2.2 Витрати пов'язані з оновленням даних паспорта автомобільної дороги

Витрати на оновленням даних паспорта автомобільної дороги складаються з таких частин [106, 107]:

- витрати на обслуговування електронного паспорта автомобільної дороги;
- витрати на збір даних при моніторингу поточного стану автомобільної дороги та їх внесення до паспорта.

Перша частина витрат залежить від використаного програмного забезпечення та серверного обладнання, яке використовується безпосередньо для функціонування електронної версії паспорта автомобільної дороги.

Друга частина витрат залежить від перелік технічних показників (короткострокових), які вимірюються із заданою періодичністю та вносяться до паспортів автомобільних доріг.

Доцільно при встановленні переліку короткострокових даних використовувати підходи контрактів на основі кінцевих результатів при експлуатаційному утриманні автомобільних доріг [108]. Наразі в Україні впроваджується пілотного проєкту OPRC (Output and Performance-based Road Contract) по утриманню ділянки автомобільної дороги загального

користування державного значення М-06 Київ – Чоп в межах Львівської області [109].

Ключовою характеристикою контрактів на основі кінцевих результатів при експлуатаційному утриманні автомобільних доріг є термін усунення (ліквідації) виявлених дефектів або недоліків. Тому, з урахуванням цього, доцільним є застосування поняття як термін прийняття рішення – період часу від виявлення дефектів або недоліків в утриманні автомобільних доріг до прийняття відповідного рішення щодо їх усунення та виконання. Такий період може вимірюватися в годинах, днях, тижнях або місяцях в залежності від величини впливу на умови та безпеку руху на автомобільній дорозі.

Перелік недоліків, їх характеристики та терміни прийняття рішень на їх виявлення та усунення наведено в додатку Г.

Зведені дані щодо кількості показників об'єктів автомобільної дороги при моніторингу її поточного стану наведені в табл. 23.

Таблиця 23 - Зведені дані щодо кількості показників об'єктів автомобільної дороги при моніторингу її поточного стану

Ч.ч	Об'єкт автомобільної дороги	Кількість показників
1	Проїзна частина	25
2	Узбіччя з твердим покриттям	20
3	Узбіччя без покриття	7
4	Мости та підходи	24
5	Автобусні зупинки, зони паркування та сервісу	21
6	Тротуари з твердим покриттям	13
7	Укоси насипів, виїмок, берми	5
8	Розподільчі смуги, острівки безпеки	3
9	Труби та дренажі	12
10	Кювети ґрунтові	6
11	Елементи поверхневого водовідведення	6
12	Дорожні знаки, розмітка, засоби безпеки руху	33
13	Озеленення	5
14	Майданчики для відпочинку	4
15	Дані при зимовому утриманні	8

4.3 Рекомендації щодо використання результатів дослідження на різних етапах «життєвого циклу» автомобільної дороги

При функціонуванні автомобільної дороги дані паспортизації можуть використовуватися на таких етапах її «життєвого циклу» [65, 77]:

- планування розвитку мережі автомобільних доріг;
- роботи з вишукування та проектування;
- створення тривимірних моделей автомобільної дороги та смуги відведення;
- будівництво та утримання автомобільної дороги.

Виконання робіт з паспортизації є досить важливим на усіх етапах «життєвого циклу» автомобільної дороги, оскільки дані паспорта являються частиною вихідної інформації для розробки відповідної технічної документації та прийняття конкретних рішень в процесі експлуатації автомобільних доріг [110, 111, 112].

На основі отриманих результатів щодо ефективності використання методів та технологій збору даних, запропоновано доцільність їх використання на окремих етапах «життєвого циклу» автомобільної дороги (див. табл.24).

Таблиця 24 - Застосування методів та технологія збору даних при паспортизації на різних етапах «життєвого циклу» автомобільної дороги

Ч.ч.	Етап «життєвого циклу»	Метод та технологія збору даних	Результат використання даних
1	2	3	4
1	Планування розвитку мережі автомобільних доріг	1. Дистанційне зондування землі 2. Автоматичні системи збору даних	Розробка програми розвитку мережі автомобільних доріг в розрізі: - країни - регіону тощо Техніко-економічне обґрунтування різних варіантів інвестицій

Кінець таблиці 24

1	2	3	4
2	Роботи з вишукування та проектування	1. Дистанційне зондування землі 2. Інструментальні обстеження 3. Обстеження окремих штучних споруд	Вихідні дані для розробки проектної документації на стадіях техніко-економічного обґрунтування, робочого проекту та проекту
3	Створення тривимірних моделей		
	автомобільної дороги	1. Дистанційне зондування землі 2. Інструментальні обстеження	Цифрова модель рельєфу місцевості та автомобільної дороги з елементами облаштування
	смуги відведення	1. Дистанційне зондування землі 2. Безпілотні літальні апарати	Цифрова модель рельєфу смуги відведення
4	Будівництво та утримання		
	нове будівництво	1. Технічний облік 2. Інструментальні обстеження	Збір даних та створення електронного паспорта автомобільної дороги
	реконструкція та ремонт	1. Інструментальні обстеження 2. Технічний облік	Внесення відповідних змін до паспорта автомобільної дороги
	інженерно-технічний супровід	1. Інструментальні обстеження 2. Безпілотні літальні апарати	Контроль ходу виконання та якості дорожньо-будівельних робіт, прийняття в експлуатацію завершених ділянок будівництва та ремонту
	оцінка технічного стану	2. Інструментальні обстеження 3. Автоматичні системи збору даних	Визначення транспортно-експлуатаційних показників автомобільної дороги та оцінка рівня безпеки дорожнього руху
	моніторинг	1. Безпілотні літальні апарати 2. Інструментальні обстеження 3. Автоматичні системи збору даних	Актуалізація короткострокових даних із визначеною періодичністю

4.3.1 Планування розвитку мережі автомобільних доріг

На сьогодні відновлення і розвиток автомобільних доріг загального користування державного значення для інтеграції їх до європейської транспортної системи та підвищення на них рівня безпеки руху, швидкості, комфортності та економічності перевезень здійснюється відповідно до Державної цільової економічної програми розвитку на 2018-2022 роки [113]. Реалізація заходів зазначеної програми дозволить запровадити ГІС управління автомобільними дорогами загального користування державного значення та розвитку існуючих ПАК (СУСП, АЕСУМ, база даних ДТП).

Також необхідним є впровадження довгострокових контрактів (на п'ять - сім років) на експлуатаційне утримання автомобільних доріг загального користування державного значення (насамперед міжнародних) з використанням нової системи оцінки результатів роботи підрядника на підставі кількісних показників транспортно-експлуатаційного стану, що корелюються з рівнем безпеки та споживчими якостями автомобільних доріг [113].

Тому для впровадження ефективних рішень щодо напрямків розвитку та відновлення мережі автомобільних доріг необхідна достовірна інформація про транспортно-експлуатаційного стану, умови руху транспортних засобів, показники рівнів безпеки та споживчих властивостей автомобільної дороги [114, 115]. Зазначена інформація має бути в складі паспорта автомобільної дороги з метою ефективного використання даних паспортизації на даному етапі «життєвого циклу» автомобільної дороги [116].

4.3.2 Вишукування та проектування автомобільних доріг

На даному етапі «життєвого циклу» дороги можливе застосовування окремих інформаційних систем та технологій, проте з урахуванням

отриманих результатів дослідження, ефективним є використання ГІС, що призначені для акумулювання великої кількості різномасштабної картографічної інформації, аналізу взаємозв'язків об'єктів у просторі, управління атрибутивними характеристиками об'єктів. На етапі проектування мережі автомобільних доріг ГІС допомагають проаналізувати різні варіанти проходження трас автомобільних доріг, в першу чергу, як засіб відображення тематичних карт і як інструмент просторового аналізу [116, 117].

Дані паспорта автомобільної дороги можуть бути ефективно використані для оцінки екологічно допустимої інтенсивності руху в населених пунктах та обґрунтуванні доцільності будівництва автомобільних доріг обхід населених пунктів [118, 119].

4.3.3 Створення тривимірних моделей автомобільної дороги

Для створення тривимірних моделей автомобільної дороги використовуються системи автоматизованого проектування (САПР), що дозволяють виконувати будь-які стадії проектів будівництва, реконструкції та ремонту автомобільних доріг всіх категорій [120]. Структурно процес проектування за допомогою САПР можна розбити на наступні основні етапи:

- підготовка цифрової моделі місцевості;
- визначення траси дороги в плані і профілі;
- тривимірне моделювання автомобільної дороги;
- розрахунок обсягів робіт і створення вихідної документації.

На етапі створення тривимірної моделі автомобільної дороги визначають типові поперечні профілі (конструкції) земляного полотна. Конструкції збираються з елементів, що приєднуються до базової лінії (лінії траси). В САПР включена велика бібліотека елементів конструкцій, що представляють собою елементи земляного полотна (вихід на рельєф, ланки

по зсувах, ухилам і т.п.), дорожнього одягу (багатошарові смуги руху, узбіччя, тротуари і т.д.), елементів штучних споруд, підпірних стінок, водовідведення (ширина, товщина, поперечний ухил тощо) і цільові параметри (можливість визначення планового і висотного положення з характеристик інших об'єктів - трас, профілів) [120].

Таким чином для підвищення точності створення тривимірних моделей автомобільної дороги з використанням САПР доцільним є їх поєднання з інформаційними базами паспортів автомобільних доріг, що містять усі необхідні параметри та характеристики.

4.3.4 Будівництво та утримання автомобільних доріг

На сьогодні одним з ключових напрямків в сфері інформаційних технологій, здатним якісно змінити ситуацію у всьому ланцюжку «життєвого циклу» автомобільних доріг, стає розвиток і впровадження концепції інформаційного моделювання (Building Information Modeling, BIM) [121]. Суть цієї концепції полягає в тому, що в процесі проектування, будівництва і експлуатації створюється не сукупність креслень і описів (текстових, табличних) будівельного об'єкта, а його інформаційна модель, яка виступає в якості загального ресурсу знань і отримання інформації про об'єкт, забезпечуючи прийняття оптимальних рішень на всіх етапах його «життєвого циклу» [121].

Використання розглянутих методів та технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг (лазерне сканування, ГІС, БЛА), за своєю суттю, є невід'ємними компонентами BIM, проте їх використання на сьогодні є частковим в окремих пілотних проектах [14, 17]. Для можливості широкомасштабного впровадження BIM технологій при інформаційному моделюванні усіх етапів «життєвого циклу» автомобільної дороги доцільним є розробка тимчасових стандартів на основі досвіду передових країн світу, що ефективно такі технології впровадили [122].

Одним із основних завдань при впровадженні ВІМ на етапах будівництва, ремонтів та утримання автомобільних доріг є встановлення рівнів геометричних та атрибутивних даних інформаційної моделі [122]. Такі дані мають містити інформацію про ступінь деталізації (точності, подробности опису) інформаційної моделі для кожного елементу автомобільної дороги, а також перелік технічних показників (атрибути, параметри, властивості), що характеризують об'єкти транспортної інфраструктури [123].

4.4 Висновки до розділу 4

1. За результатами дослідження розроблено рекомендації з удосконалення паспортизації автомобільних доріг загального користування: загальну кількість об'єктів паспорта автомобільної дороги зменшено з 85 до 45 штук, або на 47 %.

2. Запропоновано структуру об'єктів паспорта автомобільної дороги державного та місцевого значення в залежності від рівня даних. Кількість технічних показників по рівнях даних наступна:

Автомобільні дороги державного значення:

Рівень 1 – 107 технічних показників та 5 об'єктів паспорта;

Рівень 2 – 399 технічних показників та 9 об'єктів паспорта;

Рівень 3 – 328 технічних показників та 11 об'єктів паспорта;

Рівень 4 – 139 технічних показників та 9 об'єктів паспорта;

Рівень 5 – 137 технічних показників та 8 об'єктів паспорта.

Автомобільні дороги місцевого значення:

Рівень 1 – 99 технічних показників та 4 об'єктів паспорта;

Рівень 2 – 341 технічних показників та 8 об'єктів паспорта;

Рівень 3 – 329 технічних показників та 11 об'єктів паспорта;

Рівень 4 – 155 технічних показників та 9 об'єктів паспорта;

Рівень 5 – 186 технічних показників та 12 об'єктів паспорта.

3. Економічний ефект від впровадження результатів дослідження при виконанні робіт з паспортизації 1 км автомобільної дороги держаного значення становить 23,4 тис.грн та при паспортизації 1 км автомобільної дороги місцевого значення становить 33,5 тис.грн. Загальний ефект в межах всієї дорожньої мережі України становить 3,5 млрд.грн.

4. Використання результатів дослідження є доцільним на різних етапах «життєвого циклу» автомобільної дороги з метою використання раціональних методів та технологій збору вихідних даних. При створенні цифрових моделей автомобільної дороги та впровадженні концепції інформаційного моделювання (BIM технології) на етапі проектування та будівництва, раціональним є використання результатів дисертаційного дослідження щодо рівнів даних паспорта автомобільної дороги.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено науково-практичне завдання удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації, що дозволить зменшити обсяг поточних даних, що потребує постійного оновлення на різних етапах життєвого циклу автомобільної дороги. Вирішення поставленого завдання дозволило одержати наступні наукові та практичні результати.

1. Із аналізу відомих літературних даних та досліджень стосовно стану інформатизації дорожньої галузі встановлено, що основні концептуальні рішення щодо розвитку системи інформаційного забезпечення, яка наразі впроваджується в дорожній галузі України відповідають сучасному рівню розвитку технологій, проте потребує удосконалення з урахуванням можливостей.

2. Аналіз методів та технологій збору даних при паспортизації автомобільних доріг дозволив встановити найбільш ефективні з урахуванням діючої структури паспорта. Найменшу кількість технічних показників при паспортизації автомобільних доріг – 5,3 % від загальної кількості, можна визначити з використанням автоматичних засобів збору даних. Найбільшу кількість – 29 %, з використанням дистанційного зондування землі, зокрема методами аерофотозйомки.

3. Розроблена економіко-математична модель для визначення критерію оцінки ефективності (K_E), дозволяє кількісно оцінити ефект від удосконалення паспортизації та зменшення фінансових витрат на виконання зазначених робіт. Економічний ефект згідно даної моделі від впровадження результатів дослідження становить 23,4 тис.грн при паспортизації 1 км автомобільної дороги держаного значення та 33,5 тис.грн при паспортизації 1 км автомобільної дороги місцевого значення. Загальний ефект в межах всієї дорожньої мережі України становить 3,5 млрд.грн.

4. Для аналізу технічних показників та структури паспорта автомобільної дороги раціональним є використання наступних кількісних та якісних критеріїв аналізу: K_j – коефіцієнт використання i -го технічного показника; S_i – вагомість i -го технічного показника та R_i – ранг i -го технічного показника, визначеного на основі попередніх критеріїв аналізу.

5. Для узагальнення оцінки ефективності паспортизації автомобільних доріг з урахуванням багатопараметричності та ієрархічності даних, розроблена п'яти рівнева кваліметрична модель:

- на рівні (R_1) встановлюється множина даних, що визначається при паспортизації автомобільних доріг;
- на рівні (R_2) виконується групування (віднесення) показників до конкретних об'єктів автомобільної дороги, які характеризують її конструктивні елементи або функціональний стан;
- на рівні (R_3) визначається вагомість даних з використанням кількісних та якісних критеріїв оцінки;
- рівень (R_4) використовується для оцінки даних з урахуванням функціональних особливостей автомобільної дороги за групами показників: цільові, експлуатаційні, ергономічні, надійнісні, естетичні та щодо безпеки руху;
- на рівні (R_5) встановлюється комплексний показник ефективності даних (K_E), що характеризує доцільність збору та використання окремих даних при паспортизації автомобільних доріг.

6. На основі проранжованих результатів дослідження технічних показників паспорта автомобільної дороги за рівнем їх вагомості (S_i) було встановлено:

- 58 технічних показники (4,0 % від загальної кількості) знаходяться в діапазоні 0 – 0,1, мають дуже низький рівень вагомості;
- 317 технічних показники (22,0 % від загальної кількості) знаходяться в діапазоні 0,1 – 0,25, тобто мають низький рівень вагомості;
- 689 технічних показники (47,8 % від загальної кількості)

знаходяться в діапазоні 0,25 – 0,5, тобто мають середній рівень вагомості;

- 342 технічних показники (23,8 % від загальної кількості) знаходяться в діапазоні 0,5 – 0,75, тобто мають високий рівень вагомості;

- 34 технічних показники (2,4 % від загальної кількості) знаходяться в діапазоні 0,75 – 1, тобто мають дуже високий рівень вагомості.

Найбільш ефективним за результатами розрахунків згідно розробленої методики є використання методів дистанційного зондування землі (ефективність методу $E_{\text{ПАК}} = 0,80$), безпілотних літальних апаратів (ефективність методу $E_{\text{ПАК}} = 0,60$) та інструментальних обстежень з використанням лазерного сканування (ефективність методу $E_{\text{ПАК}} = 0,58$) для збору даних при паспортизації автомобільних доріг.

7. Розроблено практичні рекомендації щодо удосконалення структури паспорта для автомобільних доріг державного та місцевого значення. За результатами дослідження кількість об'єктів паспорта автомобільної дороги зменшено з 85 до 45 штук, або на 47 %.

Кількість технічних показників по рівнях даних наступна:

Автомобільні дороги державного значення: Рівень 1 – 107 технічних показників та 5 об'єктів паспорта; Рівень 2 – 399 технічних показників та 9 об'єктів паспорта; Рівень 3 – 328 технічних показників та 11 об'єктів паспорта; Рівень 4 – 139 технічних показників та 9 об'єктів паспорта; Рівень 5 – 137 технічних показників та 8 об'єктів паспорта.

Автомобільні дороги місцевого значення: Рівень 1 – 99 технічних показників та 4 об'єктів паспорта; Рівень 2 – 341 технічних показників та 8 об'єктів паспорта; Рівень 3 – 329 технічних показників та 11 об'єктів паспорта; Рівень 4 – 155 технічних показників та 9 об'єктів паспорта; Рівень 5 – 186 технічних показників та 12 об'єктів паспорта.

8. Практичне впровадження результатів дослідження в організаціях: ДП «Укрдіпродор» (м. Київ), Служба автомобільних доріг у Запорізькій області (м. Запоріжжя), Служба автомобільних доріг у Сумській області (м. Суми), Служба автомобільних доріг у Харківській області (м. Харків).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року станом на 30.05.2018 р. № 430-2018-р / Верховна Рада України. Київ: Парлам. вид-во, 2018. (Закони України). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-p#n13>
2. Стратегія реформування та розвитку дорожньої галузі України. Міністерство інфраструктури України [Електронний ресурс]. URL: <https://mtu.gov.ua/files/Ministry%20of%20Infrastructure%20-%20Road%20Sector%20Reforms%20-%20v3.pdf>
3. Програма розвитку автомобільних доріг загального користування державного значення на 2018-2022 станом на 22.12.2020 р. № 382-2018-п / Верховна Рада України. Київ: Парлам. вид-во, 2020. (Закони України). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/382-2018-p#Text>
4. Інформаційна система Державного агентства автомобільних доріг України: онлайн-платформа E-ROAD. URL: <https://e-road.ukravtodor.gov.ua>
5. Підсумки пілотного проекту системи зважування-в-русі (WIM): ЩО ДАЛІ? [Електронний ресурс]. Презентація Державного агентства автомобільних доріг України. URL: <https://ukravtodor.gov.ua/>
6. Досвід впровадження Аналітичної експертної системи управління мостами, Боднар Л.П., Панібратець Л.Г., Завгородній С.С., Борисенко М.А.
7. Канін О.П., Соколова Н.М., Харченко А.М. Інформаційно-аналітична система управління дорожнім господарством. *Журнал Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*, 2012– Вип. 84. с. 133-138
8. Asset management manual a guide for practitioners. World Road Association (PIARC). URL: <https://road-asset.piarc.org/en/management/asset-management-implementation>
9. John Messner, Chimay Anumba, Craig Dubler, Sean Goodman, Colleen Kasprzak, Ralph Kreider, Robert Leicht, Chitwan Saluja, and Nevena Zikic. BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.2. Computer integrated

construction research program, penn state. University Park, PA, USA. January 2019/ URL: <https://psu.pb.unizin.org/bimprojectexecutionplanningv2x2/>

10. СОУ 42.1-37641918-038:2016. Паспорт автомобільної дороги. [Текст]. – Чинний від 2016.03.01. – Київ: Державне агентство автомобільних доріг України, 2016. 135 с.

11. СОУ 42.1-37641918-122:2014. Автомобільні дороги. Вимоги до комплексу робіт з інформаційного забезпечення. [Текст]. – Чинний від 2015.02.01. – Київ: Державне агентство автомобільних доріг України, 2014. 38 с.

12. СОУ 42.1-37641918-063:2016. Геоінформаційна система автомобільних доріг. Вимоги до складу, змісту та застосування. [Текст]. – Чинний від 2016.03.01. – Київ: Державне агентство автомобільних доріг України, 2016. 68 с.

13. СОУ 45.2-00018112-077:2012. Споживчі властивості автомобільних доріг загального користування. [Текст]. – Чинний від 2012.04.01. – Київ: Державне агентство автомобільних доріг України, 2012. 55 с.

14. Сизоненко В.В., Рибіцький Л.Л. Тенденції розвитку управління дорожнім господарством на основі новітніх світових геоінформаційних технологій [Текст]. *Дорожня галузь України*. – 2008. – №3. – с. 62–63.

15. Сизоненко В.В. ГІС до ЄВРО 2012 // *Дорожня галузь України*. № 3, 2011. – с. 52–53

16. Ковальчик О.А., Дмитрів Д.В. Інформаційні системи в автодорожній галузі: стан і тенденції розвитку / О. Ковальчик, // *Галицький економічний вісник*. - 2012. - №2(35). - с.52-61

17. Рибіцький, Л.Л., Харченко Г.А. Геоінформаційна система управління автомобільними дорогами України – на допомогу водіям [Текст] *Дорожня галузь України*. – 2010. – №1. – с. 49–52.

18. Бахарев, А. Опыт внедрения информационных технологий в дорожной отрасли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.connect.ru/article.asp?id=7587>

19. Constantinos Antoniou, Ramachandran Balakrishna, Haris N. Koutsopoulos. A Synthesis of emerging data collection technologies and their impact on traffic management applications. November 2011. *European Transport Research Review* 3 (3) URL: <https://www.researchgate.net/publication/257787575>

20. Углова Е.В., Тиратурян А.Н., Шамраев Л.Г. Современный подход к оценке транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог. *Журнал САПР и ГИС автомобильных дорог*. № 1 (6). 2016. DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.7

21. Зміна 1 СОУ 42.1-37641918-038:2016. Паспорт автомобільної дороги. [Текст]. – Чинна від 2018.12.01. – Київ: Державне агентство автомобільних доріг України, 2018. 5 с.

22. William D. O. Paterson, Thomas Scullion. Information systems for road management: draft guidelines on system design and data issues. World Bank, Washington, DC. World Bank. 1990. URL: <http://documents1.worldbank.org/curated/pt/196321468762908116/pdf/multi-page.pdf>

23. National Building Information Modeling Standard. Version 1. Part 1: Overview, Principles, and Methodology. National Institute of building sciences, 2007. 183 p.

24. Баранник С.В. Обзор британских стандартов семейства PAS 1192. *САПР и ГИС автомобильных дорог*. – 2016. – № 1(6). С. 24-27. DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.4 URL: <http://www.cadgis.ru/2016/6/04>

25. PAS 1192-2:2013. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. BSI Standards, 2013. 68 p.

26. PAS 1192-3:2014, incorporating corrigendum No. 1. Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling. BSI Standards, 2013. 44 p.

27. Zvezdan Lazic. From Road Condition Data Collection to Effective Maintenance Decision Making: Saskatchewan Highways and Transportation Approach. *Roadway Inventory and Condition Rating Data for Effective Maintenance Decision Making*. Annual Conference of the Transportation Association of Canada St. John's, Newfoundland and Labrador, Canada, 2003. URL: <http://conf.tac-atc.ca/english/resourcecentre/readingroom/conference/conf2003/pdfs/lazic1.pdf>

28. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Впровадження геоінформаційних технологій для удосконалення процесу управління автомобільними дорогами. *Автошляховик України*. 2015, № 5. - С. 44 – 46

29. Миронюк В.П. Структура информационной модели автомобильной дороги на предпроектной стадии. *Журнал САПР и ГИС автомобильных дорог*. № 2 (5). 2015. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.4

30. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования. *САПР и ГИС автомобильных дорог*. – 2015. – № 1(4). С. 4-14. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.1 URL: <http://www.cadgis.ru/2015/4/01>

31. Канін, О. П. Сутність та призначення інформаційно-аналітичних систем управління дорожнім господарством України [Текст] / О. П. Канін, А. М. Харченко // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – 2012. – Вип. 9. – С. 71–78

32. Пальчик А.М., Тимощук О.Ю. Аналіз структури даних, що характеризують поточний стан автомобільних доріг. *Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. К.: НТУ, 2018. – Вип. 103, С. 084 – 089

33. Тимощук О. Ю., Пальчик А.М. Кількісні та якісні критерії оцінки бази даних технічних показників автомобільної дороги. *Журнал «Scientific*

Letters of Academic Society of Michal Baludansky» (ISSN 1338-9432),
Словаччина, 2020. – Вип. 8, № 2/2020 – С. 110 – 115

34. Slavinska, O., Stozhka, V., Kharchenko, A., Bubela, A., Kvatadze, A. 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*. 2019, 1/9 (Vol.97), P. 46–59. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156519>

35. МР Г.1-03450778-853:2015. Методичні рекомендації щодо складу, змісту, порядку надання технічних умов на провадження виробничої діяльності у межах смуги відведення автомобільних доріг загального користування. [Текст]. Рекомендовано Науковою радою Укравтодору; протокол від 09.12.2015 № 1. 23 с.

36. ВБН В.3.2-218-193:2005. Паспортизація об'єктів сервісу на автомобільних дорогах загального користування. [Текст]. – Чинні від 2005.10.01. – Київ: Державна служба автомобільних доріг України, 2005. 9 с.

37. Р В.3.2-218-03450778-782:2011. Рекомендації з оцінки ефективності виконаних заходів з підвищення безпеки руху. [Текст]. – Рекомендовано Науковою радою Укравтодору; протокол від 23.03.2011 № 1. 35 с.

38. Р В.3.2-218-03450778-790:2011. Рекомендації щодо стратегії обґрунтованого і ефективного планування та впровадження заходів з поліпшення безпеки дорожнього руху. [Текст]. – Рекомендовано Науковою радою Укравтодору; протокол від 21.12.2011 № 4. 32 с.

39. A F Dove, J C Pearson, P A Weston. Data collection from road traffic accidents. *Archives of Emergency Medicine*, 1986, 3,193-198. URL: <https://emj.bmj.com/content/emmermed/3/3/193.full.pdf>

40. СОУ 45.2-00018112-066:2011. Безпека дорожнього руху. Порядок проведення лінійного аналізу аварійності та оцінка умов безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування. [Текст]. – Чинний від

2011.06.01. – Київ: Державне агентство автомобільних доріг України, 2011. 28 с.

41. МР В.2.3-37641918-891:2017. Методичні рекомендації щодо оцінювання відповідності існуючих дорожніх умов вимогам безпеки руху з урахуванням інтенсивності руху та складу транспортних потоків. [Текст]. – Рекомендовано Науковою радою Укравтодору; протокол від 17.01.2018 № 1. 51 с.

42. М 03450778-700:2012. Методика проведення аудиторських перевірок з безпеки дорожнього руху на стадії експлуатації автомобільних доріг загального користування. [Текст]. (Офіційний документ Державного агентства автомобільних доріг України). Київ, 2012. 63 с.

43. Миронюк В.П. Структура информационной модели автомобильной дороги на предпроектной стадии. *САПР и ГИС автомобильных дорог*. – 2015. – № 2(5) DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.4 URL: <http://www.cadgis.ru/2015/5/04>

44. М 218-03450778-643:2008. Методика оцінки необхідності влаштування шумозахисних екранів на автомобільних дорогах загального користування. [Текст]. (Офіційний документ Державного агентства автомобільних доріг України). Київ, 2008. 11 с.

45. Р В.2.3-03450778-857:2015. Рекомендації щодо внесення показників екологічного стану автомобільних доріг загального користування при складанні паспорта автомобільної дороги. [Текст]. – Рекомендовано Науковою радою Укравтодору; протокол від 09.12.2015 № 1. 28 с.

46. Наказ Міністерства інфраструктури України, Міністерства фінансів України від 21.09.2012 № 573/1019 «Про затвердження Методики визначення обсягу фінансування будівництва, реконструкції, ремонту та утримання автомобільних доріг та нормативів витрат, пов'язаних з утриманням автомобільних доріг», Зареєстровано в Міністерстві юстиції

України 16 жовтня 2012 р. за № 1734/22046. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1734-12#Text>

47. М 218-02070915-660:2009. Методика соціально-економічного обґрунтування реконструкції та капітального ремонту окремих ділянок автомобільних доріг. [Текст]. (Офіційний документ Державного агентства автомобільних доріг України). Київ, 2009. 26 с.

48. М 218-02070915-669:2010. Методика управління системою виконання поточного ремонту та експлуатаційного утримання доріг державного значення. [Текст]. (Офіційний документ Державного агентства автомобільних доріг України). Київ, 2010. 30 с.

49. ДБН В.2.3-6-2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження та випробування. – Чинні від 2010.03.01. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 48 с.

50. Посібник № 1 до ДБН В.2.3-6:2016 Мости та труби. Обстеження і випробування. [Текст]. (Офіційний документ Державного агентства автомобільних доріг України). Київ, 2016. 74 с.

51. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. Чинний від 2013.12.01. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 38 с.

52. Посібник до ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. Чинний від 2011.12.13. – Київ: Державна служба автомобільних доріг України, 2011. – 149 с.

53. Р В.2.3-218-02070915-759:2009. Рекомендації з прогнозування та покращення умов руху на основі інформаційної бази електронного паспорта автомобільних доріг, СУСП, АЕСУМ, ОДР. [Текст]. – Рекомендовано Науково-технічною радою Укравтодору; протокол від 19.11.2009 № 14. 20 с.

54. МВ 218-02070915-627:2007. Методичні вказівки щодо визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожнього покриття

універсальним дорожнім вимірювальним обладнанням. [Текст]. (Офіційний документ Державного агентства автомобільних доріг України). Київ, 2007. 17 с.

55. М 218-21476215-662:2009 Методика проведення моніторингу стану дорожніх одягів. [Текст]. (Офіційний документ Державної служби автомобільних доріг України). Київ, 2009. 13 с.

56. Jannat Ysyraïlova, Anara Sherbekova. Роль и значение диагностики и оценки состояния автомобильных дорог для их воспроизводства. *International conference on Eurasian economies*, 2017. URL: <https://avekon.org/papers/2024.pdf>

57. Славінська О.С., Савенко В.Я., Стьошка В.В. Метод оптимізації визначення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг. *Вісник Національного транспортного університету*. - 2012. - № 26(1). - С. 560-566

58. Леонова Т.И., Калажокова Ю.А. Квалиметрическая модель оценки качества научно-технических работ [Электронный ресурс] // Фундаментальные исследования. - 2015. - № 6-1. - С. 143-147

59. Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П. О квалиметрии М.: Издательство стандартов, 1973. - 172 с.

60. Баринов Н.П., Аббасов М.З. О корректном использовании квалиметрических процедур при оценке недвижимости [Электронный ресурс] // Библиотека LABRATE.RU 01.02.2016

61. Азгальдов Г.Г., Галичев А. В., Крапивенский З.Н. и др. Квалиметрия - наука об измерении качества продукции.- М.: Стандарты и качество №1, 1968

62. Сиденко В. М. Управление качеством в дорожном строительстве [Текст] / В. М. Сиденко, С. Ю. Рокас. – М.: Транспорт, 1981. – 252 с.

63. Заворицкий В.И., Аленич М.Д., Фещенко А.Н. Основы стандартизации и управления качеством в дорожном строительстве. Учеб. пособие [Текст] К.: УМК ВО, 1992. – 191 с.

64. Савчук С.О., Соколенко Т.В. Застосування супутникових геодезичних карт при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг. *Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. К.: НТУ, 2015. – Вип. 93, С. 026 – 038.

65. Петров, А.В. Инвентаризация, паспортизация и диагностика автомобильных дорог / А.В. Петров // Дорожная техника. - 2008. - С. 38-42.

66. Mitsuru Jido, Ryo Ejiri, Toshimori Otazawa, Kiyoshi Kobayashi. Road pavement management accounting system application. *Journal of Infrastructure Systems*. Volume 14, SPECIAL ISSUE: Advances in Infrastructure Condition Assessment, Deterioration Modeling, and Optimal Rehabilitation - Part II

67. СОУ 45.2-37641918-084:2012. Норми часу на паспортизацію автомобільних доріг. [Текст]. – Чинний від 2011.06.01. – Київ: Державне агентство автомобільних доріг України, 2011. 28 с.

68. ДСТУ 3587-97. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану. Чинний від 1998.01.01. – Київ: Держстандарт України, 1997. – 24 с.

69. Майсурадзе Ш.Г., Майсурадзе И.Г. Решение инженерных дорожных задач на основе данных мобильного лазерного сканирования. *САПР и ГИС автомобильных дорог*. – 2016. – № 2(7). DOI: 10.17273/CADGIS.2016.2.2 URL: <http://www.cadgis.ru/2016/7/02>

70. Довгополук Л.О., Неизвестна Н.В. Геодезичне забезпечення при паспортизації автомобільних доріг. *Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. К.: НТУ, 2016. – Вип. 96, С. 003 – 010.

71. Bennett, Christopher R.; De Solminihas, Hernán; Chamorro, Alondra. Data collection technologies for road management. *Transport Notes Series*; No. TRN 30. World Bank, Washington, DC. World Bank. 2006 URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/11776>

72. Орещенко А. В. Способы программной реализации тривимірних реалістичних картографічних моделей. *Геодезія, картографія і*

аерофотознімання: Міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 72 / Нац. ун-т «Львівська політехніка»; – Л.: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 84 с.

73. Батракова А.Г., Урдзік С.М., Дорожко Е.В. Геоінформаційне забезпечення систем управління станом покриття. *Комунальне господарство міст: Науково-технічний збірник*. [Серія: Технічні науки] - Харків: ХНУМГ– 2019, № 147, С. 27-34

74. Фортуна Ю.А. Особенности инженерно-геодезических изысканий для разработки проектов ремонта, капитального ремонта и реконструкции автомобильных дорог. *САПР и ГИС автомобильных дорог*. – 2015. – № 2(5). DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.9 URL: <http://www.cadgis.ru/2015/5/09>

75. Петров А.А. Инвентаризация, паспортизация и диагностика автомобильных дорог /*Дорожная Техника 2008*/ URL: http://www.slavutich-media.ru/catalog/dorozhnaya_tehnika/inventarizatsiya_pasportizatsiya_i_diagnostics_avtomobilnih_dorog_dorozhnaya_tehnika_2008.html

76. Fwa TF, Sinha KC and Reversion JDN. 1988. Highway Routine Maintenance Programming at Networking Level. *Journal of Transportation Engineering*. ASCE 1988;114 (5):539-54.

77. Закревський А.І., Вольвах В.С., Крупко А.І. 3d моделювання території аеропорту на базі ГІС технологій для забезпечення безпеки польотів. *Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. К.: НТУ, 2017. – Вип. 102, С. 045 – 052.

78. Омельчук С.К., Хом'як А.Я., Неізнестна Н.В., Соловійова Н.П. Аерогеодезичні методи при топографогеодезичних зніманнях. *Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. К.: НТУ, 2018. – Вип. 103, С. 006 – 013.

79. Зацерковний В.І., Бурачек В.Г., Железняк О.О., Терещенко А.О. Геоінформаційні системи і бази даних: монографія. – Кн.1 Ніжин: НДУ ім. Гоголя, 2014. – 492 с.

80. Тимощук О. Ю. Методологічні основи удосконалення інформаційної бази даних паспорта автомобільної дороги. / Тимощук О. Ю., Рахуба О. І. // *LXXI Наук. конф. проф.-викл. складу, аспірантів, студ. та співр. відокремл. структур. підрозд. ун-ту* : тези доп. К. : НТУ, 2015. – С. 43.

81. Матейчик В.П., Вайганг Г.О., Римарук К.В. До вибору ГІС-програм для візуалізації рівня забруднення автомобільних доріг. *Вісник Національного транспортного університету*. - 2013. - № 27. - С. 125-130

82. Dohyung Kim. Pedestrian and Bicycle Volume Data Collection Using Drone Technology. *Journal of Urban Technology* 27(11):1-16. February 2020
URL: <https://www.researchgate.net/publication/339087659>

83. Catherine Cardno. Drone Technology to Aid Italian Smart Highway. *Civil Engineering Magazine Archive* 88(6): 36-37 June 2018. URL: <https://www.researchgate.net/publication/228582220>

84. Jesse J Sanchez. Applications of Drone Technology with BIM to Increase Productivity. June 2019. URL: <https://www.researchgate.net/publication/334389415>

85. Тихомирова А. Н., Сидоренко Е. В. Модификация метода анализа иерархий Т. Саати для расчета весов критериев при оценке инновационных проектов // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 2. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6009>

86. Мажукин В.И., Королева О.Н. Математическое моделирование в экономике: Учебное пособие. – М.: Издательство «Флинта» МГУ, 2004. – 232с.

87. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Оцінка впливу групи параметрів паспорта автомобільної дороги на ефективність їх використання із застосуванням факторного аналізу (на прикладі шумозахисних споруд). *Збірник Дороги і мости. Розділ «Будівництво та цивільна інженерія»*, К.: ДП «ДерждорНДІ», 2018. – Вип. № 18, С. 146 – 158.

88. Самарский А.А., Михайлов Ф.П. Математическое моделирование. М.: Наука. 1997. – 212 с.

89. Хазанова И.Э. Математическое моделирование в экономике: Учебное пособие. – М.: Издательство БЕК, 1998. – 132 с.

90. Клебанова Т.С., Дубровина Н.А., Полякова О.Ю., Раевнева Е.В., Моделирование экономической динамики: Учебное пособие. – Х.: Издательский дом «ИНЖЭК», 2005. – 244 с.

91. Олейников Б. В., Бескорсый Н. С. О влиянии шкалы на результаты многокритериального выбора в методологии АНР Т. Саати // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 1 (4). С. 331–337. URL: https://www.muiv.ru/vestnik/pdf/pp/ot_2014_1_331-337.pdf

92. Тихомирова А. Н., Сидоренко Е. В. Модификация метода анализа иерархий Т. Саати для расчета весов критериев при оценке инновационных проектов // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 2. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6009>

93. Астратова Г.В., Латыпова Л.В., Шапошников В.А., Бабичевская А.М., Баженова Е.В., Евсиевич М.О., Игонина Е.Н., Минин В.В., Сысоева С.В., Шапченко А.Н., Эберц Г.Р. Квалиметрия: методы количественного оценивания качества различных объектов (курс лекций и практических занятий) : учеб. пособие.; Сургут : РИО СурГПУ, 2014. – 160

94. Тимощук О.Ю. Використання підходів кваліметрії для оцінки якості даних паспортизації автомобільних доріг. *Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. К.: НТУ, 2019. – Вип. 106, С. 084 – 089.

95. Доля В.Т. Економетрія: навч. посібник / В.Т. Доля; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 171 с.

96. Сіднєв С.П., Шарапов О.Д. Математичні методи підвищення якості управлінських рішень. [Текст]: підручник / Київський держ. економічний ун-т. - К.: [б.в.], 1997. - 480 с.

97. Мармоза А. Т. Теорія статистики [текст] підручник / А. Т. Мармоза – 2-ге вид. перероб. та доп. – К.: «Центр учбової літератури», 2013. – 592 с.

98. Transportation Performance Management (TPM). Implementation Plan. U.S. Department of Transportation. URL: <https://www.fhwa.dot.gov/tpm/plan.pdf>

99. Arjol Lule, Shkelqim Daja. Comparing different equipment and applications in pavement data collection as part of road management system. *European Journal of Engineering and Formal Sciences*. September-December 2019. Volume 3, Issue 3. URL: <https://journals.euser.org/index.php/ejef/article/view/4577>

100. Бродский В.З. Введение в факторное планирование эксперимента.; Изд-во: М.: Наука, 1976 г.

101. Фріндт М. Методика використання ГІС для оцінки факторів впливу на утворення зсувів автомобільної дороги Сімферополь-Ялта-Севастополь/М. Фріндт // *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія*. -К.:КНУ ім. Тараса Шевченка, 2010. т. Вип. 51.-с.41-44

102. Должанский А.М., Бондаренко О.А., Петлеваний Е.А. Влияние вида средней взвешенной оценки на зависимость комплексного показателя качества от параметров объекта. [Электронный ресурс] // Приборы и методы измерений. 2017;8(4):398-407

103. Ковальчик О.А. Системний підхід до функціонування та техніко-економічної оцінки автодорожнього комплексу. *Галицький економічний вісник*. - 2010 . - №3 (28). с. 86-92

104. Вікіпедія. Вільна енциклопедія. Стаття про динамічне програмування. – <http://uk.wikipedia.org>.

105. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. Под редакцией А. А. Первозванского. – М.: Наука. Главная редакция Физико-математической литературы, 1965. – 460 с.

106. Князюк Е.М., Субботин С.А. ГИС IndorRoad для анализа данных диагностики автомобильных дорог. *САПР и ГИС автомобильных дорог*. –

2016. – № 2(7). DOI: 10.17273/CADGIS.2016.2.3 URL: <http://www.cadgis.ru/2016/7/03>

107. Traffic Data Collection and Analysis. Ministry of works and transport roads department. Gaborone, Botswana. URL: <https://www.vegvesen.no/attachment/336339/binary/585485>

108. Цифра Т.Ю. Практичний досвід реалізації міжнародних будівельних контрактів в Україні. *Вісник КНУБА «Будівельне виробництво»*. - 2017. - № 63/2. - С. 78-84.

109. Пілотний контракт з нагляду за виконанням робіт та послуг за контрактами на утримання доріг на основі кінцевих результатів. URL: <https://www.egis-ukraine.com.ua/avtodoroga-m06-pilotniy-kontrakt-z-naglyadu-za-vikonannyam>

110. Сохань В.В. Метод оперативного управління в дорожньому будівництві. *Вісник Національного транспортного університету*. - 2014. - № 29(2). - С. 106-112.

111. Тимощук О. Ю. Етапи створення раціональної бази даних паспорта автомобільної дороги. / Тимощук О. Ю., Рахуба О. І. // *LXVIII Наук. конф. проф.-викл. складу, аспірантів, студ. та співр. відокремл. структур. підрозд. ун-ту*: тези доп. К. : НТУ, 2012. – С. 43.

112. Батракова А.Г., Гредасова О.Ю. Анализ методов оценки безопасности движения в процессе жизненного цикла автомобильной дороги. *Комунальне господарство міст: Науково-технічний збірник*. [Серія: Технічні науки] - Харків: ХНУМГ– 2015, № 124, С. 77-81

113. Постанова Кабінету Міністрів України від 21 березня 2018 р. № 382 «Про затвердження Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування державного значення на 2018-2022 роки». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/382-2018-%D0%BF#Text>

114. Мельниченко О.І., Сохань В.В. Моделі механізмів оперативного управління в дорожньому будівництві. *Управління проектами, системний*

аналіз і логістика. Технічна серія. - 2012. - Вип. 10. - С. 155-160. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upsal_2012_10_30

115. Аналітична записка «Щодо удосконалення механізмів розвитку дорожньої галузі в контексті реалізації реформи державного управління автомобільними дорогами». *Національний інститут стратегічних досліджень* [Електронний ресурс]. URL: <http://www.niss.gov.ua/articles/1661/>

116. Тимошук О.Ю., Рахуба О.І. Доцільність паспортизації автомобільних доріг місцевого значення. *Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. К.: НТУ, 2017. – Вип. 99, С. 011 – 014.

117. Артюх К. Особливості визначення просторових координат автомобільних доріг. *Матеріали 82-ї міжнародної студентської наукової конференції «Інноваційні методи проектних та геодезичних робіт»* К.: ХНАДУ, 2020. С. 014 – 024.

118. Пальчик А.М., Савчук С.О. Використання GPS-технологій при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг. *Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. К.: НТУ, 2013. – Вип. 90, С. 012 – 019.

119. М 218-02070915-674:2010 Методика визначення рівня завантаженості та пропускної здатності автомобільних доріг. [Текст]. (Офіційний документ Державного агентства автомобільних доріг України). Київ, 2010. 31 с.

120. Арсеньєва Н.О., Крухмальова О.В. Аналіз програмних комплексів автоматизованого проектування автомобільних доріг. *Журнал «Розвиток інформативних технологій в міському господарстві і будівництві»*. К.: ХНАДУ, С. 025 – 029.

121. Сарычев Д.С., Скворцов А.В. Проекты стандартов и регламентов ВІМ для автомобильных дорог. *САПР и ГИС автомобильных дорог.* – 2017. – № 1(8). DOI: 10.17273/CADGIS.2017.1.2

122. Баранник С.В. Обзор практических документов национального BIM-стандарта США NBIMS-US V3. *САПР и ГИС автомобильных дорог*. 2017. № 1(8). С. 4-8. DOI: 10.17273/CADGIS.2017.1.1

123. Сарычев Д.С., Скворцов А.В. Элементы моделей автомобильных дорог и уровни проработки как основа требований к информационным моделям // *САПР и ГИС автомобильных дорог*. 2015. № 1(4). С. 30-36. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.4

ДОДАТОК А

СТРУКТУРА БАЗИ ДАНИХ ТЕХНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ

Таблиця А.1

Розділ згідно з	Назва розділу	Назва об'єкту	Кількість показників	Вимоги до виду даних				
				за змістом			за терміном дії	
				атрибутивні дані	геодані	метадані	довгостро- кові дані	коротко- строкові дані
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.1	Загальна інформація	Облікова відомість титулів автомобільних доріг	10	2	0	8	9	0
5.1		Облікова відомість органів управління	12	4	3	5	12	0
5.1		Облікова відомість підрядників з експлуатаційного утримання	13	6	3	4	13	0
5.2	Цифрова модель автомобільної дороги та рельєфу навколишньої місцевості	Дані про цифрову модель автомобільної дороги та рельєф навколишньої місцевості	8	2	2	4	8	0
5.5	Радіуси горизонтальних кривих	Дані про смугу відведення	12	2	4	6	12	0
5.3	Смуга відведення	Проїзна частину	33	2	4	27	33	0
5.4	Проїзна частина	Радіуси горизонтальних кривих	13	2	7	4	13	0
5.6	Дорожній одяг	Дані про дорожній одяг	9	2	4	4	8	1
5.6		Дані про конструктивні шари дорожнього одягу	10	0	0	10	3	7
5.6		Дані про міцність дорожнього одягу	11	2	3	6	7	4
5.6		Дані про рівність покриття	10	2	3	5	7	3
5.6		Дані про зчипні якості	15	2	3	10	7	8
5.6		Дані про пошкодження дорожнього одягу	11	2	3	6	8	3
5.7	Земляне полотно	Дані про геометричні розміри земляного полотна	37	2	2	33	37	0

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.8	З'їзди та виїзди	Облікова картка з'їздів та виїздів	12	2	2	7	11	1
5.8		Дані про з'їзд або виїзд	24	2	2	20	22	2
5.9	Тунелі транспортні	Облікова відомість тунелів транспортних	16	2	2	12	13	3
5.9		Дані про тунель	50	0	1	48	45	5
5.9		Дані про портал тунелю	20	0	0	20	20	0
5.9		Дані про тіло тунелю	14	0	0	14	14	0
5.9		Дані про очисну споруду	16	0	1	15	12	4
5.9		Дані про технічну документацію	4	0	0	4	4	0
5.10	Мости	Облікова відомість мостів	21	2	2	17	18	3
5.10		Дані про міст	74	0	3	71	68	6
5.10		Дані про прогін	23	0	0	22	21	1
5.10		Дані про опору	18	0	0	18	18	0
5.11	Підземні пішохідні переходи	Облікова відомість підземних пішохідних переходів	14	2	1	11	12	2
5.11		Дані про підземний пішохідний перехід	32	0	1	30	26	5
5.11		Дані про портал підземного пішохідного переходу	20	0	0	20	20	0
5.11		Дані про тіло підземного пішохідного переходу	13	0	0	12	12	0
5.11		Дані про надбудови підземного пішохідного переходу	10	0	0	10	10	0
5.12	Надземні пішохідні переходи	Облікова відомість надземних пішохідних переходів	17	2	1	14	14	3
5.12		Дані про надземний пішохідний перехід	50	0	1	49	44	6
5.12		Дані про підходи до надземного пішохідного переходу	15	0	2	13	15	0
5.13	Селезахисні споруди	Облікова відомість селезахисних споруд	15	2	1	12	12	3
5.13		Дані про селезахисну споруду	41	0	1	40	35	6
5.14	Труби водопропускні	Облікова відомість труб водопропускних	18	2	2	14	15	3

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.14		Дані про трубу водопропускну	31	0	1	30	26	5
5.14		Дані про ВПЕ	16	0	0	16	16	0
5.14		Дані про оголовок	16	0	0	16	16	0
5.15	Автобусні зупинки та автопавільйони	Облікова відомість автобусних зупинок та автопавільйонів	13	2	2	9	10	3
5.15		Дані про автобусну зупинку	19	0	1	18	18	1
5.15		Дані про автопавільйон	12	0	1	11	12	0
5.16	Підпірні стінки	Облікова відомість підпірних стінок	15	2	4	9	12	3
5.16		Дані про підпірну стінку	20	0	0	20	18	2
5.17	Стабілізаційні поля	Облікова відомість стабілізаційних полів	10	2	3	5	7	3
5.17		Дані про стабілізаційне поле	18	0	0	18	16	2
5.18	Лотки	Облікова відомість лотків	14	2	3	8	11	3
5.18		Дані про лоток, перепад, швидкотік	19	0	2	17	17	2
5.19	Дренажні споруди	Облікова відомість дренажних споруд	14	2	3	8	11	3
5.19		Дані про дренажну споруду	34	0	4	30	33	1
5.20	Майданчики	Облікова відомість майданчиків	13	2	2	9	10	3
5.20		Дані про майданчик	15	0	1	14	13	2
5.20		Дані про елемент благоустрою	8	0	0	8	8	0
5.21	Тротуари та велодоріжки	Облікова відомість тротуарів та велодоріжок	17	2	3	11	13	3
5.21		Дані про тротуар, велодоріжку	16	0	2	12	12	2
5.22	Огородження	Облікова відомість огорожень	17	2	3	12	14	3
5.22		Дані про окрему ділянку огороження	15	0	2	13	14	1
5.23	Напрямні пристрої	Облікова відомість напрямних пристроїв	14	2	3	9	11	3
5.23		Дані про напрямний пристрій або їх сукупність	15	0	3	12	14	1
5.24	Споруди шумозахисні та протизасліплювальні	Облікова відомість шумозахисних та протизасліплювальних споруд	14	2	3	9	11	3
5.24		Дані про протизасліплювальну споруду	12	0	3	9	12	0
5.24		Облікова картка шумозахисної споруди	27	0	3	24	22	5

Кінець таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.25	Знаки дорожні	Облікова відомість знаків дорожніх	16	2	3	11	13	3
5.25		Дані про знак дорожній	15	0	2	10	12	3
5.26	Розмітка дорожня	Дані про розмітку дорожню	17	2	4	11	14	3
5.26		Дані про розмітку дорожню	13	0	2	11	12	1
5.27	Озеленення	Облікова відомість штучних насаджень	16	2	4	10	14	2
5.27		Дані про штучні насадження	19	0	2	17	16	3
5.28	Автоматичні електронні засоби збору даних	Облікова відомість автоматичних електронних засобів збору даних	12	2	3	7	9	3
5.28		Дані про автоматичний електронний засіб збору даних	10	0	1	9	9	1
5.29	Власні комунікації	Облікова відомість власних комунікацій	12	2	3	7	10	2
5.29		Дані про власну комунікацію	13	0	3	10	12	1
5.30	Тимчасові снігозахисні засоби	Тимчасові снігозахисні засоби	9	2	3	4	9	0
5.31	Топографічні та кліматичні умови	Дані при топографічні та кліматичні умови	6	2	1	3	6	0
5.32	Ділянки підвищеної складності утримання	Дані про ділянки дороги підвищеної складності утримання	9	2	3	4	9	0
5.33	Ділянки перетину із залізничними коліями	Ділянки перетину із залізничними коліями	28	2	3	19	22	2
5.34	Важливі об'єкти дорожньої інфраструктури	Дані про важливі об'єкти дорожньої інфраструктури	8	2	3	3	8	0
5.35	Комунікації третіх осіб в межах смуги відведення	Облікова відомість комунікацій третіх осіб	7	2	2	3	7	0
5.35		Дані про комунікацію третіх осіб в межах смуги відведення	6	0	3	3	6	0
5.36	Транспортні потоки	Дані про транспортні потоки	24	2	5	17	4	20
5.37	Швидкісні режими руху	Дані про швидкісні режими руху	11	2	3	6	4	7
5.38	Ділянки з незабезпеченою просторовою видимістю	Ділянки з незабезпеченою просторовою видимістю	11	2	3	6	4	7
5.39	Журнал ДТП	Журнал ДТП	3	2	1	0	3	0
		Разом:	1440	98	173	1153	1238	191

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 - Перелік технічних показників, які можна визначати при проведенні періодичного моніторингу

Розділ згідно з [1]	Назва розділу	Назва об'єкту	Кількість показників
5.1	Загальна інформація	Облікова відомість титулів автомобільних доріг	1
5.1		Облікова відомість органів управління	7
5.1		Облікова відомість підрядників з експлуатаційного утримання	5
5.5	Радіуси горизонтальних кривих	Дані про смугу відведення	1
5.3	Смуга відведення	Проїзна частину	25
5.4	Проїзна частина	Радіуси горизонтальних кривих	1
5.6	Дорожній одяг	Дані про дорожній одяг	8
5.6		Дані про конструктивні шари дорожнього одягу	2
5.6		Дані про міцність дорожнього одягу	11
5.6		Дані про рівність покриття	10
5.6		Дані про зчіпні якості	9
5.6		Дані про пошкодження дорожнього одягу	10
5.9	Тунелі транспортні	Дані про технічну документацію	1
5.10	Мости	Облікова відомість мостів	11
5.10		Дані про міст	9
5.25	Знаки дорожні	Дані про знак дорожній	1
5.26	Розмітка дорожня	Дані про розмітку дорожню	16
5.26		Дані про розмітку дорожню	8
5.28	Автоматичні електронні засоби збору даних	Облікова відомість автоматичних електронних засобів збору даних	1
5.28		Дані про автоматичний електронний засіб збору даних	3
5.35	Комунікації третіх осіб в межах смуги відведення	Дані про комунікацію третіх осіб в межах смуги відведення	1
5.36	Транспортні потоки	Дані про транспортні потоки	20
		Разом:	161

Таблиця Б.2 - Перелік технічних показників, які визначають при проведенні інструментального обстеження стану автомобільних доріг

Розділ згідно з [1]	Назва розділу	Назва об'єкту	Кількість показників
1	2	3	4
5.1	Загальна інформація	Облікова відомість органів управління	4
5.1		Облікова відомість підрядників з експлуатаційного утримання	4

Продовження таблиці Б.2

1	2	3	4
5.2	Цифрова модель автомобільної дороги та рельєфу навколишньої місцевості	Дані про цифрову модель автомобільної дороги та рельєф навколишньої місцевості	3
5.5	Радіуси горизонтальних кривих	Дані про смугу відведення	5
5.3	Смуга відведення	Проїзна частину	25
5.4	Проїзна частина	Радіуси горизонтальних кривих	10
5.6	Дорожній одяг	Дані про дорожній одяг	4
5.6		Дані про міцність дорожнього одягу	4
5.6		Дані про рівність покриття	6
5.6		Дані про зчіпні якості	11
5.6		Дані про пошкодження дорожнього одягу	4
5.7	Земляне полотно	Дані про геометричні розміри земляного полотна	4
5.8	З'їзди та виїзди	Облікова картка з'їздів та виїздів	1
5.8		Дані про з'їзд або виїзд	14
5.9	Тунелі транспортні	Облікова відомість тунелів транспортних	7
5.9		Дані про тунель	13
5.9		Дані про портал тунелю	2
5.9		Дані про тіло тунелю	3
5.10	Мости	Дані про міст	12
5.11	Підземні пішохідні переходи	Облікова відомість підземних пішохідних переходів	1
5.11		Дані про підземний пішохідний перехід	1
5.12	Надземні пішохідні переходи	Дані про надземний пішохідний перехід	2
5.12		Дані про підходи до надземного пішохідного переходу	4
5.13	Селезахисні споруди	Облікова відомість селезахисних споруд	4
5.13		Дані про селезахисну споруду	6
5.14	Труби водопропускні	Облікова відомість труб водопропускних	1
5.14		Дані про трубу водопропускну	5
5.15	Автобусні зупинки та автопавільйони	Облікова відомість автобусних зупинок та автопавільйонів	2
5.15		Дані про автопавільйон	1
5.16	Підпірні стінки	Облікова відомість підпірних стінок	5
5.16		Дані про підпірну стінку	3
5.18	Лотки	Облікова відомість лотків	4
5.18		Дані про лоток, перепад, швидкотік	3
5.20	Майданчики	Облікова відомість майданчиків	3
5.20		Дані про майданчик	3
5.21	Тротуари та велодоріжки	Облікова відомість тротуарів та велодоріжок	6
5.21		Дані про тротуар, велодоріжку	5
5.22	Огородження	Облікова відомість огорожень	4
5.22		Дані про окрему ділянку огороження	3
5.23	Напрямні пристрої	Облікова відомість напрямних пристроїв	4

Кінець таблиці Б.2

1	2	3	4
5.23	Напрямні пристрої	Дані про напрямний пристрій або їх сукупність	3
5.24	Споруди шумозахисні та протизасліплювальні	Облікова відомість шумозахисних та протизасліплювальних споруд	4
5.24		Дані про протизасліплювальну споруду	5
5.24		Облікова картка шумозахисної споруди	4
5.25	Знаки дорожні	Облікова відомість знаків дорожніх	3
5.25		Дані про знак дорожній	1
5.26	Розмітка дорожня	Дані про розмітку дорожню	5
5.26		Дані про розмітку дорожню	3
5.27	Озеленення	Облікова відомість штучних насаджень	5
5.27		Дані про штучні насадження	4
5.28	Автоматичні електронні засоби збору даних	Облікова відомість автоматичних електронних засобів збору даних	3
5.29	Власні комунікації	Облікова відомість власних комунікацій	4
5.29		Дані про власну комунікацію	3
5.30	Тимчасові снігозахисні засоби	Тимчасові снігозахисні засоби	1
5.33	Ділянки перетину із залізничними коліями	Ділянки перетину із залізничними коліями	9
5.34	Важливі об'єкти дорожньої інфраструктури	Дані про важливі об'єкти дорожньої інфраструктури	2
5.35	Комунікації третіх осіб в межах смуги відведення	Облікова відомість комунікацій третіх осіб	2
5.35		Дані про комунікацію третіх осіб в межах смуги відведення	2
5.36	Транспортні потоки	Дані про транспортні потоки	1
		Разом:	273

Таблиця Б.3 - Перелік технічних показників, які можна з використанням автоматичних електронних засобів збору даних

Розділ згідно з [1]	Назва розділу	Назва об'єкту	Кількість показників
1	2	3	4
5.3	Смуга відведення	Проїзна частину	7
5.6	Дорожній одяг	Дані про дорожній одяг	6
5.6		Дані про конструктивні шари дорожнього одягу	4
5.6		Дані про міцність дорожнього одягу	7
5.6		Дані про зчіпні якості	13
5.28	Автоматичні електронні засоби збору даних	Облікова відомість автоматичних електронних засобів збору даних	10
5.28		Дані про автоматичний електронний засіб збору даних	4
5.36	Транспортні потоки	Дані про транспортні потоки	19
5.37	Швидкісні режими руху	Дані про швидкісні режими руху	6
		Разом:	76

Таблиця Б.4 - Перелік технічних показників, які збираються при обстеженні окремих штучних споруд (мостів і труб) наведено в таблиці Б.4.

Розділ згідно з [1]	Назва розділу	Назва об'єкту	Кількість показників
1	2	3	4
5.10	Мости	Облікова відомість мостів	20
5.10		Дані про міст	66
5.10		Дані про прогін	22
5.10		Дані про опору	15
5.14	Труби водопропускні	Облікова відомість труб водопропускних	17
5.14		Дані про трубу водопропускну	21
5.14		Дані про ВПЕ	8
5.14		Дані про оголовок	2
		Разом:	174

Таблиця Б.5 - Перелік технічних показників, які збираються при обліку ДТП для оцінки безпеки та умов руху

Розділ згідно з [1]	Назва розділу	Назва об'єкту	Кількість показників
1	2	3	4
5.7	Земляне полотно	Дані про геометричні розміри земляного полотна	1
5.8	З'їзди та виїзди	Облікова картка з'їздів та виїздів	8
5.8		Дані про з'їзд або виїзд	5
5.20	Майданчики	Облікова відомість майданчиків	9
5.20		Дані про майданчик	5
5.20		Дані про елемент благоустрою	1
5.21	Тротуари та велодоріжки	Облікова відомість тротуарів та велодоріжок	13
5.21		Дані про тротуар, велодоріжку	10
5.22	Огородження	Облікова відомість огорожень	14
5.22		Дані про окрему ділянку огороження	9
5.23	Напрямні пристрої	Облікова відомість напрямних пристроїв	12
5.23		Дані про напрямний пристрій або їх сукупність	6
5.25	Знаки дорожні	Облікова відомість знаків дорожніх	1
5.25		Дані про знак дорожній	7
5.26	Розмітка дорожня	Дані про розмітку дорожню	12
5.26		Дані про розмітку дорожню	6
5.27	Озеленення	Облікова відомість штучних насаджень	8
5.27		Дані про штучні насадження	2
5.28	Автоматичні електронні засоби збору даних	Дані про автоматичний електронний засіб збору даних	1
5.29	Власні комунікації	Облікова відомість власних комунікацій	9
5.29		Дані про власну комунікацію	5

Кінець таблиці Б.5

1	2	3	4
5.31	Топографічні та кліматичні умови	Дані при топографічні та кліматичні умови	1
5.32	Ділянки підвищеної складності утримання	Дані про ділянки дороги підвищеної складності утримання	7
5.34	Важливі об'єкти дорожньої інфраструктури	Дані про важливі об'єкти дорожньої інфраструктури	1
5.35	Комунікації третіх осіб в межах смуги відведення	Облікова відомість комунікацій третіх осіб	5
5.35		Дані про комунікацію третіх осіб в межах смуги відведення	4
5.36	Транспортні потоки	Дані про транспортні потоки	5
5.37	Швидкісні режими руху	Дані про швидкісні режими руху	2
5.38	Ділянки з незабезпеченою просторовою видимістю	Ділянки з незабезпеченою просторовою видимістю	1
		Разом:	173

Таблиця Б.6 - Перелік технічних показників, які можуть збиратися з використанням методів дистанційного зондування землі

Розділ згідно з [1]	Назва розділу	Назва об'єкту	Кількість показників
1	2	3	4
5.1	Загальна інформація	Облікова відомість титулів автомобільних доріг	10
5.1		Облікова відомість органів управління	12
5.1		Облікова відомість підрядників з експлуатаційного утримання	13
5.2	Цифрова модель автомобільної дороги та рельєфу навколишньої місцевості	Дані про цифрову модель автомобільної дороги та рельєф навколишньої місцевості	7
5.6	Дорожній одяг	Дані про дорожній одяг	4
5.6		Дані про конструктивні шари дорожнього одягу	2
5.6		Дані про міцність дорожнього одягу	7
5.6		Дані про рівність покриття	8
5.6		Дані про зчіпні якості	7
5.6		Дані про пошкодження дорожнього одягу	7
5.7	Земляне полотно	Дані про геометричні розміри земляного полотна	36
5.10	Мости	Облікова відомість мостів	8
5.10		Дані про міст	14
5.14	Труби водопропускні	Облікова відомість труб водопропускних	18
5.14		Дані про трубу водопропускну	31
5.14		Дані про ВПЕ	16

Кінець таблиці Б.6

1	2	3	4
5.14	Труби водопропускні	Дані про оголовок	16
5.15	Автобусні зупинки та автопавільйони	Облікова відомість автобусних зупинок та автопавільйонів	13
5.15		Дані про автобусну зупинку	19
5.15		Дані про автопавільйон	11
5.18	Лотки	Облікова відомість лотків	14
5.18		Дані про лоток, перепад, швидкотік	19
5.19	Дренажні споруди	Облікова відомість дренажних споруд	14
5.19		Дані про дренажну споруду	33
5.22	Огородження	Облікова відомість огорожень	17
5.22		Дані про окрему ділянку огороження	15
5.23	Напрямні пристрої	Облікова відомість напрямних пристроїв	14
5.23		Дані про напрямний пристрій або їх сукупність	14
5.25	Знаки дорожні	Облікова відомість знаків дорожніх	16
5.25		Дані про знак дорожній	15
5.26	Розмітка дорожня	Дані про розмітку дорожню	17
5.26		Дані про розмітку дорожню	12
5.28	Автоматичні електронні засоби збору даних	Облікова відомість автоматичних електронних засобів збору даних	12
5.28		Дані про автоматичний електронний засіб збору даних	10
5.29	Власні комунікації	Облікова відомість власних комунікацій	12
5.29		Дані про власну комунікацію	12
5.35		Дані про комунікацію третіх осіб в межах смуги відведення	1
5.36	Транспортні потоки	Дані про транспортні потоки	20
		Разом:	534

Таблиця Б.7 - Перелік технічних показників дані про які можна збирати з використанням БЛА

Розділ згідно з [1]	Назва розділу	Назва об'єкту	Кількість показників
1	2	3	4
5.1	Загальна інформація	Облікова відомість титулів автомобільних доріг	1
5.1		Облікова відомість органів управління	4
5.1		Облікова відомість підрядників з експлуатаційного утримання	4
5.5	Радіуси горизонтальних кривих	Дані про смугу відведення	5
5.3	Смуга відведення	Проїзна частину	19
5.4	Проїзна частина	Радіуси горизонтальних кривих	4
5.6	Дорожній одяг	Дані про дорожній одяг	2
5.6		Дані про міцність дорожнього одягу	2

Продовження таблиці Б.7

1	2	3	4
5.6	Дорожній одяг	Дані про рівність покриття	2
5.6		Дані про зчіпні якості	2
5.6		Дані про пошкодження дорожнього одягу	4
5.7	Земляне полотно	Дані про геометричні розміри земляного полотна	11
5.8	З'їзди та виїзди	Облікова картка з'їздів та виїздів	3
5.8		Дані про з'їзд або виїзд	9
5.9	Тунелі транспортні	Облікова відомість тунелів транспортних	5
5.9		Дані про тунель	8
5.10	Мости	Облікова відомість мостів	7
5.10		Дані про міст	15
5.10		Дані про прогін	3
5.10		Дані про опору	5
5.11	Підземні пішохідні переходи	Облікова відомість підземних пішохідних переходів	4
5.11		Дані про підземний пішохідний перехід	5
5.11		Дані про портал підземного пішохідного переходу	2
5.11		Дані про тіло підземного пішохідного переходу	2
5.11		Дані про надбудови підземного пішохідного переходу	2
5.12	Надземні пішохідні переходи	Облікова відомість надземних пішохідних переходів	5
5.12		Дані про надземний пішохідний перехід	11
5.12		Дані про підходи до надземного пішохідного переходу	5
5.13	Селезахисні споруди	Облікова відомість селезахисних споруд	4
5.13		Дані про селезахисну споруду	8
5.14	Труби водопропускні	Облікова відомість труб водопропускних	9
5.14		Дані про трубу водопропускну	4
5.14		Дані про ВПЕ	2
5.15	Автобусні зупинки та автопавільйони	Облікова відомість автобусних зупинок та автопавільйонів	2
5.15		Дані про автопавільйон	1
5.16	Підпірні стінки	Облікова відомість підпірних стінок	5
5.16		Дані про підпірну стінку	3
5.18	Лотки	Облікова відомість лотків	4
5.18		Дані про лоток, перепад, швидкотік	3
5.20	Майданчики	Облікова відомість майданчиків	3
5.20		Дані про майданчик	3
5.21	Тротуари та велодоріжки	Облікова відомість тротуарів та велодоріжок	6
5.21		Дані про тротуар, велодоріжку	5
5.22	Огородження	Облікова відомість огорожень	4
5.22		Дані про окрему ділянку огороження	3
5.23	Напрямні пристрої	Облікова відомість напрямних пристроїв	2

Кінець таблиці Б.7

1	2	3	4
5.24	Споруди шумозахисні та протизасліплювальні	Облікова відомість шумозахисних та протизасліплювальних споруд	3
5.25	Знаки дорожні	Облікова відомість знаків дорожніх	3
5.25		Дані про знак дорожній	1
5.26	Розмітка дорожня	Дані про розмітку дорожню	5
5.26		Дані про розмітку дорожню	3
5.27	Озеленення	Облікова відомість штучних насаджень	7
5.27		Дані про штучні насадження	4
5.29	Власні комунікації	Облікова відомість власних комунікацій	4
5.29		Дані про власну комунікацію	3
5.33	Ділянки перетину із залізничними коліями	Ділянки перетину із залізничними коліями	3
5.34	Важливі об'єкти дорожньої інфраструктури	Дані про важливі об'єкти дорожньої інфраструктури	2
5.35	Комунікації третіх осіб в межах смуги відведення	Облікова відомість комунікацій третіх осіб	2
5.35		Дані про комунікацію третіх осіб в межах смуги відведення	2
5.36	Транспортні потоки	Дані про транспортні потоки	15
5.37	Швидкісні режими руху	Дані про швидкісні режими руху	2
		Разом:	286

ДОДАТОК В

РОЗРАХУНОК ВАРТОСТІ РОБІТ З ПАСПОРТИЗАЦІЇ МЕРЕЖІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ДЕРЖАВНОГО ЗНАЧЕННЯ

В.1 Калькуляція вартості робіт з паспортизації автомобільних доріг I категорії державного значення

№ пп	Комплекс робіт	Види робіт	Початкові дані			Розцінка, грн		Вартість, грн (без ПДВ)		Показники	
			назва	одиниця виміру	значення	польові роботи	камеральні роботи	польові роботи	камеральні роботи	сума	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Підготовчі роботи	Збір загальної інформації про дорогу	кількість доріг	шт.	39				57037,50	57037,50	0,07
2	Створення цифрової моделі місцевості М1:1000	Аерофотознімальні роботи	довжина дороги	км	2768	4940		13674380		13674380	16,39
			коефіцієнт 1 (рельєф)		1						
			коефіцієнт 2 (прикордонний)		1						
3		Планова прив'язка аерофотознімків (або космічних знімків) для стереотопографічної зйомки	категорія складності		V			433349		433349	0,52
			площа	км ²	830,46	524					
			індекс		1,99						
			коефіцієнт		0,5						
4		Висотна підготовка при стереотопографічній зйомці	категорія складності		V			228929		228929	0,27
			площа	км ²	830,46	277					
			індекс		1,99						
			коефіцієнт		0,5						

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5		Дешифрування на фотосхемах забудованих територій при стереотопографічній зйомці	категорія складності		I			2185570		2185570	2,62
			площа	км ²	692,05	1587					
			індекс		1,99						
6		Дешифрування на фотосхемах дорожніх об'єктів при стереотопографічній зйомці	категорія складності		V			1292067		1292067	1,55
			площа	км ²	138,41	4691					
			індекс		1,99						
7		Стереотопографічна зйомка	категорія складності		VIII				3081862	3081862	3,69
			площа	км ²	830,46		1760				
			індекс		2,1086						
8		Редагування зібраної цифрової інформації і контроль якості її збирання на стереоцифровій фотограмметричній станції	категорія складності		X				2183299	2183299	2,62
			площа	км ²	830,46		1247				
			індекс		2,1086						
9		Виготовлення цифрових ортофотопланів дороги та оточуючої місцевості	категорія складності		V				1130130	1130130	1,35
			площа	км ²	830,46		645				
			індекс		2,1086						
10		Розробка векторних графічних шарів для ортофотоплану	категорія складності		X				5737348	5737348	6,88
			площа	км ²	830,46		3276				
			індекс		2,1086						

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	Створення цифрової моделі земельного полотна М1:500	Закупівля даних про просторові координати вибраної номенклатури державних пунктів триангуляції	кількість	шт	830				87059	87059	0,10
			вартість	грн/шт	104,84						
			додатково	грн	41,68						
12		Зйомка земельного полотна існуючих автомобільних доріг в межах земельного полотна	категорія складності		III	604	4	16214200	156662	16370862	19,62
			довжина дороги	км	2768						
			кількість поперечників	шт/км	50						
			індекс1 - польові		8,9						
			індекс2 - камеральні		7,77						
			індекс3 - інтенсивність		1,1						
			коефіцієнт1 розділ 3		1,5						
			коефіцієнт2 інші таблиці		1,21						
			коефіцієнт3		1,32						
			коефіцієнт4		0,5						
		- внутрішній транспорт	відстань до бази	км	від 15 до 20	0		1621420		1621420	1,94
			кошторисна вартість	тис. руб	2429,09						
		- зовнішній транспорт	відстань до дороги	км	до 300					1783562	2,14
			тривалість робіт	міс	2	0					

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	Визначення конструкції дорожнього одягу	Буріння та відбір кернів по товщині конструкції дорожнього одягу								0	0,00
14	Визначення транспортно-експлуатаційних характеристик проїзної частини	Визначення транспортно-експлуатаційних характеристик проїзної частини								0	0,00
15	Облік транспортного потоку	Облік транспортного потоку								0	0,00
16	Поточна відео зйомка автомобільної дороги	Поточна відео зйомка автомобільної дороги	довжина дороги	км	2768			95340	647756	743096	0,89
17	Технічний облік великих штучних споруд	Міст р. Корабельна	матеріал		з/б					1127992	1,35
		- обстеження	довжина	м	11603			704848			
		- обмірювання	коефіцієнт 1 (ширина моста)		0,83			352424			
		- фото та відеозйомка	коефіцієнт 2 (висота моста)		1,25			62809	731		
		- складання креслень	коефіцієнт 3 (неповний обсяг)		0,65				4095		
		- складання облікових карток (технічних звітів)	коефіцієнт 4 (довжина моста)		1,825				3085		
18	Технічний облік середніх штучних споруд	Технічний облік труб								3376554	4,05
		- з 1 ВПЕ	кількість	шт	1888			1472494	1323300		

Кінець таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
18	Технічний облік середніх штучних споруд	- з 1 ВПЕ	довжина	м	43394						
		- з 2 ВПЕ	кількість	шт	471,8883			249936	330825		
			довжина	м	10848,56						
		Технічний облік підпірних стінок								190115	0,23
			кількість	шт	99			120514	69601		
			довжина	м	18179						
		Технічний облік автобусних зупинок з автопавільйоном	кількість	шт	19218			2741989	15612725	18354714	22,00
19	Технічний облік малих штучних споруд	Технічний облік лотків, дренажів	кількість	шт				0	0	0	0,00
			довжина	м							
20	Проектні роботи з розробки паспорту автомобільної дороги	Занесення зібраних даних до геобаз за допомогою "комплексу підготовки даних"	довжина дороги	км	2768				8535151	8535151	10,23
			коефіцієнт 1 (категорія)		0,8						
			коефіцієнт 2 (проектування)		1,9						
21		Візуальна перевірка занесених даних в програмі "PassRoad"	довжина дороги	км	2768				1230736	1230736	1,48
			коефіцієнт 1 (категорія)		0,8						
			коефіцієнт 2 (проектування)		1,9						

В.2 Калькуляція вартості робіт з паспортизації автомобільних доріг I категорії місцевого значення

№ пп	Комплекс робіт	Види робіт	Початкові дані			Розцінка, грн		Вартість, грн (без ПДВ)		Показники	
			назва	одиниця виміру	значення	польові роботи	камеральні роботи	польові роботи	камеральні роботи	сума	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Підготовчі роботи	Збір загальної інформації про дорогу	кількість доріг	шт	39				57038	57038	30,44
2	Створення цифрової моделі місцевості М1:1000	Аерофотознімальні роботи	довжина дороги	км	5	4925,60		26106		26106	13,93
			коефіцієнт 1 (рельєф)		1						
			коефіцієнт 2 (прикордонний)		1						
3		Планова прив'язка аерофотознімків (або космічних знімків) для стереотопографічної зйомки	категорія складності		V			830		830	0,44
			площа	км ²	1,59	524,44					
			індекс		1,99						
			коефіцієнт		0,5						
4		Висотна підготовка при стереотопографічній зйомці	категорія складності		V			438		438	0,23
			площа	км ²	1,59	277,05					
			індекс		1,99						
			коефіцієнт		0,5						

Продовження таблиці В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	Створення цифрової моделі місцевості М1:1000	Дешифрування на фотосхемах забудованих територій при стереотопографічній зйомці	категорія складності		I			4200		4200	2,24
			площа	км ²	1,33	1586,99					
			індекс		1,99						
6		Дешифрування на фотосхемах дорожніх об'єктів при стереотопографічній зйомці	категорія складності		V			2520		2520	1,35
			площа	км ²	0,27	4690,99					
			індекс		1,99						
7		Стереотопографічна зйомка	категорія складності		VIII				5901	5901	3,15
			площа	км ²	1,59		1759,95				
			індекс		2,1086						
8		Редагування зібраної цифрової інформації і контроль якості її збирання на стереоцифровій фотограмметричній станції	категорія складності		X				4180	4180	2,23
			площа	км ²	1,59		1246,81				
			індекс		2,1086						
9		Виготовлення цифрових ортофотопланів дороги та оточуючої місцевості	категорія складності		V				2164	2164	1,15
			площа	км ²	1,59		645,38				
			індекс		2,1086						
10		Розробка векторних графічних шарів для ортофотоплану	категорія складності		X				10985	10985	5,86
			площа	км ²	1,59		3276,41				
			індекс		2,1086						
11	Створення цифрової моделі земельного полотна М1:500	Закупівля даних про просторові координати вибраної номенклатури державних пунктів триангуляції	кількість	шт	2				251	251	0,13
			вартість	грн/шт	104,84						
			додатково	грн	41,68						

Продовження таблиці В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	Створення цифрової моделі земляного полотна М1:500	Зйомка земляного полотна існуючих автомобільних доріг в межах земляного полотна	категорія складності		III	602,60	3,67	30954	299	31254	16,68
			довжина дороги	км	5						
			кількість поперечників	шт/км	50						
			індекс1 - польові		8,9						
			індекс2 - камеральні		7,77						
			індекс3 - інтенсивність		1,1						
			коефіцієнт1 розділ 3		1,5						
			коефіцієнт2 інші таблиці		1,21						
			коефіцієнт3		1,32						
			коефіцієнт4		0,5						
		- внутрішній транспорт	відстань до бази	км	від 15 до 20	10%		3095		3095	1,65
			кошторисна вартість	тис. руб	4,64						
		- зовнішній транспорт	відстань до дороги	км	до 300					3405	1,82
			тривалість робіт	міс	2	11%					
12	Поточна відео зйомка автомобільної дороги	Поточна відео зйомка автомобільної дороги	довжина дороги	км	5			183	1240	1423	0,76
13	Технічний облік великих штучних споруд	Міст р. Корабельна	матеріал		з/б					8080	4,31
		- обстеження	довжина	м	0			0			
		- обмірювання	коефіцієнт 1 (ширина моста)		0,83			0			

Продовження таблиці В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	Технічний облік великих штучних споруд	- фото та відеозйомка	коефіцієнт 2 (висота моста)		1,25			169	731		
		- складання креслень	коефіцієнт 3 (неповний обсяг)		0,65				4095		
		- складання облікових карток (технічних звітів)	коефіцієнт 4 (довжина моста)		1,825				3085		
14	Технічний облік середніх штучних споруд	Технічний облік труб								5195	2,77
		- з 1 ВПЕ	кількість	шт	4			1167	2986		
			довжина	м	42						
		- з 2 ВПЕ	кількість	шт	1,064888			295	747		
			довжина	м	10,51						
		Технічний облік підпірних стінок								170	0,09
			кількість	шт	0			74	96		
			довжина	м	0						
		Технічний облік автобусних зупинок з автопавільйоном	кількість	шт	2			214	1220	1435	0,77
15	Проектні роботи з розробки паспорту автомобільної дороги	Занесення зібраних даних до геобаз за допомогою "комплексу підготовки даних"	довжина дороги	км	5				16342	16342	8,72
			коефіцієнт 1 (категорія)		0,8						
			коефіцієнт 2 (проектування)		1,9						

Кінець таблиці В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	Проектні роботи з розробки паспорту автомобільної дороги	Візуальна перевірка занесених даних в програмі "PassRoad"	довжина дороги	км	5				2356	2356	1,26
			коефіцієнт 1 (категорія)		0,8						
			коефіцієнт 2 (проектування)		1,9						

ДОДАТОК Г

**ПЕРЕЛІК ДАНИХ ПРИ МОНІТОРИНГУ ПОТОЧНОГО СТАНУ
АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ**

Таблиця Г.1

Об'єкт паспорта	Вид недоліку	Характеристика недоліків	Термін прийняття
1	2	3	4
Проїзна частина	Вибоїни	Діаметр та глибина вибоїн	1 день
	Неякісний ремонт вибоїн	Розміри та розташування заплати	2 тижні
	Лінійні тріщини	Ширина та довжина тріщини	2 тижні
	Якість ліквідації тріщин	Висота герметика в тріщині над покриттям, мм	2 тижні
	Сітка тріщин	Ширина, довжина та площа сітки тріщин	2 тижні
	Руйнування кромки	Ширина проникнення та сумарна протяжність	2 тижні
	Колії на проїзній частині	Глибина та протяжність	2 тижні
	Хвилястість	Глибина	2 тижні
	Просідання	Глибина	2 тижні
	Пучини та напливи	Висота	2 тижні
	Вихід в'язучого на поверхню покриття	Площа випотівання	1 тиждень
	Розшарування	Площа розшарування	1 день
	Коефіцієнт зчеплення	Значення коефіцієнта зчеплення	1 тиждень
	Незабезпечений поверхневий водовідвід	Глибина та площа стоячої води	1 тиждень
	Сміття	Площа сміття	1 тиждень
	Небезпечний матеріали та перешкоди	Наявність небезпечного матеріалу або перешкоди	1 день
	Кинутий транспортний засіб	Наявність кинутого транспортного засобу	1 день
Узбіччя з твердим покриттям	Вибоїни	Еквівалентний діаметр та глибина	1 тиждень
	Неякісний ремонт вибоїн	Розміри та розташування заплати	2 тижні
	Лінійні тріщини	Ширина та довжина тріщини	2 тижні
	Неякісна ліквідація лінійних тріщин, по висоті	Висота герметика в тріщині над покриттям	2 тижні
	Сітка тріщин	Ширина, довжина та площа сітки тріщин	2 тижні
	Руйнування кромки	Ширина проникнення та сумарна протяжність	2 тижні
	Деформація покриття	Розмір деформації покриття	2 тижні

Продовження таблиці Г.1

1	2	3	4
Узбіччя з твердим покриттям	Різниця у висоті покриття та узбіччя	Протяжність деформації, м	2 тижні
	Незабезпечений поперечний похил	Поперечний похил узбіччя	2 тижні
	Сміття	Площа покриття із сміттям	2 тижні
	Небезпечний матеріали та перешкоди	Наявність небезпечного матеріалу або перешкоди	1 тиждень
	Кинутий транспортний засіб	Наявність кинутого транспортного засобу	1 день
Узбіччя без покриття	Вибоїни та просідання	Еквівалентний діаметр та глибина, мм	1 тиждень
	Перепад поверхні між узбіччям та покриттям дороги	Висота перепаду	1 тиждень
	Поперечний похил в сторону покриття	Величина похилу	2 тижні
	Сміття	Площа сміття	1 тиждень
	Небезпечний матеріали та перешкоди	Наявність небезпечного матеріалу або перешкоди	1 тиждень
	Кинутий транспортний засіб	Наявність кинутого транспортного засобу	1 день
Мости та підходи	Дефекти верхньої будови (бетонної та кам'яної)	Площа та розмір пошкоджень	1 місяць
	Дефекти сталевих елементів конструкції	Втрата матеріалу	1 місяць
		Стан зєднань	1 місяць
		Площа фарби	1 місяць
	Дефекти сталевих, алюмінієвих перил	Тип пошкодження	1 місяць
		Площа корозії	1 день
	Дефекти температурних швів	Відсутній, пошкоджений, або забруднений	1 місяць
	Дефекти механічного шву верхньої будови	Площа непошкодженої фарби або покриття	1 місяць
	Дефекти герметизованого шву верхньої будови	Наявність дефектів	1 місяць
	Дефекти опорних елементів	Наявність дефектів	1 місяць
	Дефекти опор	Площа та розміри пошкоджень поверхні	1 місяць
		Наявність сторонніх написів	1 місяць
		Розмір розмиву фундаментів опор та устоїв земляних підпірних стінок	1 місяць
		Пошкодження габіонів та інших масивних конструкцій	1 місяць
	Дефекти дренажної системи	Наявність пошкоджень або перешкод	2 тижні

Продовження таблиці Г.1

1	2	3	4
Мости та підходи	Перешкоди в руслі	Наявність рослинності та сторонніх предметів	2 тижні
	Перехідна плита	Висота перепаду	21 день
	Кинутий транспортний засіб	Наявність кинутого транспортного засобу	1 день
Автобусні зупинки, зони паркування та сервісу	Вибоїни	Діаметр, площа та глибина вибоїн	1 тиждень
	Неякісний ремонт вибоїн	Розміри та розташування заплати	2 тижні
		Вид ремонтного матеріалу	2 тижні
	Лінійні тріщини	Ширина та довжина тріщин	до 1 день5 вересня
	Неякісна ліквідація лінійних тріщин, по висоті	Висота герметика над покриттям	2 тижні
	Сітка тріщин	Ширина, площа тріщин і сумарна довжина дефектів	2 тижні
	Деформація покриття	Розмір деформації покриття	2 тижні
	Незабезпечений поверхневий водовідвід	Глибина та площа стоячої води	2 тижні
	Сміття	Протяжність сміття	1 тиждень
	Небезпечний матеріал та перешкода	Наявність небезпечного матеріалу або перешкоди	4
	Кинутий транспортний засіб	Наявність кинутого транспортного засобу	1 день
	Неналежний стан автобусної зупинки	Наявність руйнувань та сторонніх написів	2 тижні
Тротуари з твердим покриттям	Вибоїни	Еквівалентний діаметр та глибина вибоїн	2 тижні
	Неякісний ремонт вибоїн	Вид ремонтного матеріалу	1 місяць
		Висота над покриттям та розмір стиків	1 місяць
	Лінійні тріщини	Ширина та довжина тріщин	2 тижні
	Неякісна ліквідація лінійних тріщин, по висоті	Висота герметика над покриттям	2 тижні
	Сітка тріщин	Ширина, довжина та площа тріщин	1 місяць
	Деформація покриття	Наявність деформації покриття	2 тижні
	Неприбрані перешкоди	Наявність перешкод	1 тиждень
Укоси насипів, виїмок, берми	Неприйнятний стан укосів	Наявність деформацій та зсувів, або розмір ерозійних канав	1 день
		Площа рослинності	1 місяць

Продовження таблиці Г.1

1	2	3	4
Укоси насипів, виїмок, берми	Стан укосів	Наявність укріплення	1 тиждень
Розподілові смуги, островки безпеки	Тип рослинності не відповідає вимогам	Тип та висота рослинності	1 місяць
	Кинутий транспортний засіб	Наявність кинутого транспортного засобу	1 день
Труби та дренажі	Невірний напрямок похилу в стоках	Похил до проїзної частини	2 тижні
	Не очищені стоки	Наявність мулу та сміття	1 тиждень
	Порушення цілісності конструкції стоків	Наявність дефектів	1 тиждень
	Невірне положення дренажних та стічних труб	Наявність зворотних уклонів	2 тижні
	Не очищені дренажні труби та стоки	Наявність мулу та сміття	2 тижні
	Порушення цілісності конструкції дренажів та стічних труб та оголовків	Наявність дефектів	2 тижні
	Замуленість елементів труб та оголовків	Об'єм мулу та сміття	1 тиждень
	Дефекти труб та оголовків	Наявність дефектів	2 тижні
	Порушення цілісності оглядових, водостічних колодязів, відстійників	Наявність дефектів	2 тижні
	Дефекти кришок та решіток колодязів	Наявність дефектів	2 тижні
Кювети ґрунтові	Невірний напрямок похилу	Повздовжній похил, глибина та довжина стоячої довжині	2 тижні
	Замуленість та засміченість	Об'єм мулу та сміття	2 тижні
	Пошкодження стінок та дна	Наявність пошкодження або рослинності	2 тижні
Елементи поверхневого водовідведення	Замуленість водотоку	Об'єм мулу	2 тижні
	Дефекти конструкції	Наявність дефектів	2 тижні
	Неякісний стан решіток	Об'єм мулу та сміття	1 тиждень
	Неякісний стан решіток	Наявність дефектів	1 тиждень
Дорожні знаки, розмітка, засоби безпеки руху	Недоліки знаків попереджувальних, пріоритету, заборонних, наказових та вертикальної розмітки	Наявність знаків	1 день
		Стан знаків	1 тиждень
		Наявність дефектів	2 тижні
	Недоліки інформаційно-вказівних знаків	Наявність знаків	1 тиждень
		Стан знаків	2 тижні
		Наявність дефектів	2 тижні

Кінець таблиці Г.1

1	2	3	4
Дорожні знаки, розмітка, засоби безпеки руху	Недоліки кілометрових стовпчиків	Наявність стовпчиків	2 тижні
		Стан знаків	2 тижні
	Недоліки тимчасових дорожніх знаків	Наявність знаків	1 день
		Стан стовпчиків	1 день
	Недоліки дорожньої розмітки	Наявність розмітки	1 тиждень
		Стан розмітки	1 тиждень
	Недоліки світлофорів	Стан світлофорів та недоліки в роботі	4
	Недоліки катафотів на огороженнях та інших пристроях безпеки	Наявність катафотів	1 тиждень
		Видимість катафотів	1 тиждень
	Недоліки вказівників дренажу (комунікацій), прикромочних маркерів, тумб, тощо	Наявність та положення	21 день
		Стан	21 день
	Недоліки бордюрного каменю	Наявність бордюрів	21 день
		Висота бордюрів	1 день
		Стан бордюрів	21 день
	Недоліки металевих огорожень/огорожень безпеки	Наявність дефектів	2 тижні
		Стан кріплення	1 день
		Стан огорожень	2 тижні
	Недоліки бетонних бар'єрів	Наявність бар'єрів	21 день
		Стан бар'єрів	1 день
	Недоліки освітлення	Дефекти стовпів та світильників	2 тижні
		Наявність ламп	2 тижні
		Дефекти елементів освітлення	2 тижні
	Недоліки шумових смуг	Стан шумових смуг	2 тижні
	Світлоповертаючі елементи, вбудовані в покриття	Стан та наявність	21 день
Озеленення	Недоліки рослинного покриву	Тип рослинності	1 місяць
		Висота рослинності	2 тижні
	Кинутий транспортний засіб	Наявність кинутого транспортного засобу	1 день
Майданчики для відпочинку	Неприбране сміття на всіх смугах руху і узбіччях, за межами населених пунктів	Розмір сміття	1 тиждень
	Сміття в баках	Заповненість баків	1 тиждень
	Кинутий транспортний засіб	Наявність кинутого транспортного засобу	1 день
Дані при зимовому утриманні	Сніг на проїзній частині	Наявність та товщина снігу	1 день
	Лід на проїзній частині, за виключенням критичних зон	Площа льоду	1 день
	Накопичення снігу та льоду на поверхнях з твердим покриттям та тротуарах мостів	Наявність снігу та льоду	1 день

Список публікацій здобувача.

Публікації у наукових фахових виданнях України.

1. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Впровадження геоінформаційних технологій для удосконалення процесу управління автомобільними дорогами. *Автошляховик України*. 2015, № 5. - С. 44 – 46

2. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Доцільність паспортизації автомобільних доріг місцевого значення. *Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. К.: НТУ, 2017. – Вип. 99, С. 011 – 014.

3. Пальчик А.М., Тимощук О.Ю. Аналіз структури даних, що характеризують поточний стан автомобільних доріг. *Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. К.: НТУ, 2018. – Вип. 103, С. 084 – 089.

4. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Оцінка впливу групи параметрів паспорта автомобільної дороги на ефективність їх використання із застосуванням факторного аналізу (на прикладі шумозахисних споруд). *Збірник Дороги і мости. Розділ «Будівництво та цивільна інженерія»*, К.: ДП «ДерждорНДІ», 2018. – Вип. № 18, С. 146 – 158.

5. Тимощук О.Ю. Використання підходів кваліметрії для оцінки якості даних паспортизації автомобільних доріг. *Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. К.: НТУ, 2019. – Вип. 106, С. 084 – 089.

Публікації у наукових періодичних виданнях іноземних держав.

6. Тимощук О. Ю., Пальчик А.М. Кількісні та якісні критерії оцінки бази даних технічних показників автомобільної дороги. *Журнал «Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky» (ISSN 1338-9432)*, Словаччина, 2020. – Вип. 8, № 2/2020 – С. 110 – 115.

Публікації апробаційного характеру.

7. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Етапи створення раціональної бази даних паспорта автомобільної дороги. *Матеріали LXVIII наукової конференції*

професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. К.: НТУ, 2012. С. 160.

8. Тимощук О. Ю., Рахуба О. І. Критерії для обґрунтування раціональної кількості показників бази даних електронного паспорта автомобільної дороги (ЕПАД). *Матеріали LXXVIII наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. К.: НТУ, 2012. С. 160.*

9. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Методологічні основи удосконалення інформаційної бази даних паспорта автомобільної дороги. *Матеріали LXXI наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. К.: НТУ, 2015. С. 194 – 195.*

10. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Підвищення ефективності функціонування інформаційної бази даних паспорта автомобільних доріг. *Матеріали LXXIII наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. К.: НТУ, 2017. С. 193.*

11. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Теоретичні основи створення раціональної інформаційної бази паспорта автомобільної дороги. *Матеріали LXXIV наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. К.: НТУ, 2018. С. 210.*

12. Тимощук О.Ю., Рахуба О.І. Використання імітаційного моделювання при формуванні раціональної структури інформаційної бази даних паспорта автомобільної дороги. *Матеріали LXXIV наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. К.: НТУ, 2018. С. 210.*

Свідоцтва та патенти.

13. Свідоцтво серія № 93146 Літературно-письмовий твір наукового характеру «Оцінка впливу групи параметрів паспорта автомобільної дороги на ефективність їх використання із застосуванням факторного аналізу (на прикладі шумозахисних споруд)» / Тимощук О.Ю. Дата реєстрації 17.10.2019 р.

ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ



ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО –
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ
З ПРОЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ
ДОРОЖНЬОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРДІПРОДОР



Management Service

03037, м. Київ, Повітрофлотський пр-кт, 39/1
тел./факс: (044) 206-64-30
e-mail: okt@diprodor.com

"23" 09 2020 р.

№ 1208-01

на № _____ від _____

ДОВІДКА

про впровадження

Цією довідкою підтверджується, що результати дослідження, які відображені у дисертації аспіранта кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою Національного транспортного університету Тимошука Олександра Юрійовича «Удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації» використовуються ДП «Укрдіпродор» при виконанні робіт з паспортизації автомобільних доріг загального користування.

Надані в дисертаційному дослідженні рекомендації щодо удосконалення структури паспорта автомобільної дороги використані при функціонуванні галузевого програмно-розрахункового комплексу – Система управління станом покриття (СУСП).

Впровадження результатів роботи, що отриманні під час виконання дисертаційного дослідження, сприяють використанню сучасних методів та технології збору даних при паспортизації автомобільних доріг.

Заступник головного інженера, к.т.н



Федір ГОНЧАРЕНКО



Державне агентство автомобільних доріг України
(УКРАВТОДОР)

Служба автомобільних доріг у Харківській області

вул. Ахсарова, 2, м. Харків, 61202

тел. (057) 336-83-28
факс (057) 336-80-55
E-mail: kh_sad@ukravtodor.gov.ua

“01” 10 2020 р. № 2514/06

ВІДГУК

Служба автомобільних доріг у Харківській області надає відгук на дисертаційне дослідження за темою «Удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації» Тимощука О.Ю. – аспіранта кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою Національного транспортного університету.

В дисертаційній роботі виконано ґрунтовний аналіз галузевих програмно-розрахункових комплексів (СУСП, АЕСУМ), дані з яких використовуються Службою автомобільних доріг для прийняття відповідних рішень при управлінні мережею автомобільних доріг державного значення в Харківській області.

Отримані результати при виконанні дисертаційного дослідження та надані рекомендації щодо оптимізації структури паспорта автомобільної дороги дозволять підвищити ефективність паспортизації автомобільних доріг та сприятимуть розвитку галузевих програмно-розрахункових комплексів дорожнього господарства України.

Начальник Служби

Андрій АЛЕКСЕЄВ



“УКРАВТОДОР”

СЛУЖБА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ У СУМСЬКІЙ ОБЛАСТІ

вул. Роменська, 79/2, м. Суми, 40002

тел. (0542)700-280, факс (0542) 65-22-77

e-mail:dsuad@ukr.net Код ЄДРПОУ 24014538

01.10.2020 № 01/1579

на № _____ від _____

ВІДГУК

Служба автомобільних доріг у Сумській області надає відгук на дисертаційне дослідження аспіранта кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою Національного транспортного університету Тимощука О.Ю. «Удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації».

Надані в дисертаційному дослідженні рекомендації використанні при розробленні Технічного завдання на виготовлення паспортів автомобільних доріг загального користування державного значення, зокрема Н-12 Суми – Полтава з обходом м. Суми.

Впровадження результатів роботи, що отриманні під час виконання дисертаційного дослідження, дозволяють ефективніше використовувати ресурси, передбачені на паспортизацію автомобільних доріг державного значення в Сумській області.

Заступник начальника з розвитку доріг

С.М. Овчаренко



УКРАВТОДОР

СЛУЖБА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ У ЗАПОРІЗЬКІЙ ОБЛАСТІ

вул. Українська, 50, м. Запоріжжя, 69095,
 тел. (061)787-63-11, факс (061)787-64-30
 E-mail: sad@sad-zp.com.ua Код ЄДРПОУ 25891336

02.10.2020

№ 22 / 2306

На №

від

ВІДГУК

Служба автомобільних доріг у Запорізькій області надає відгук на дисертаційну роботу аспіранта кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою Національного транспортного університету Тимощука Олександра Юрійовича за темою «Удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації».

При виконанні дисертаційного дослідження отримані важливі, з практичної точки зору, аналітичні залежності між кількістю технічних показників паспорта автомобільної дороги та ефективністю їх виконання в галузевих програмно-розрахункових комплексів (СУСП, АЕСУМ тощо).

Впровадження наведених в дисертаційній роботі практичних рекомендацій щодо удосконалення паспортизації автомобільних доріг на етапі експлуатації підвищать ефективність використання бюджетних коштів та сприятимуть розвитку галузевих програмно-розрахункових комплексів дорожнього господарства України.

З повагою,
 В.о. начальника Служби



О.М. Шандиба

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 93146

Літературно-письмовий твір наукового характеру "Оцінка впливу групи параметрів паспорта автомобільної дороги на ефективність їх використання із застосуванням факторного аналізу (на прикладі шумозахисних споруд)"
(вид, назва твору)

Автор(и) Тимошук Олександр Юрійович
(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації 17.10.2019



Заступник Міністра розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України Д. О. Романович



ІПК «Україна» Засн. 19.09.2001. 2019 р. 1 кс.



**МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ
ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ
(Мінекономіки)**

вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Тел. (044) 200-47-53, факс (044) 253-63-71
E-mail: meconomy@me.gov.ua, <http://www.me.gov.ua>, код ЄДРПОУ 37508596

Р І Ш Е Н Н Я

ПРО РЕЄСТРАЦІЮ АВТОРСЬКОГО ПРАВА НА ТВІР

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України
розглянуло заяву

Тимошук Олександр Юрійович, пр-т Відрадний, 14/45, кв. 144, м. Київ, 03061

(повне ім'я автора, адреса)

заявка від 04.09.2019 № 94320

про реєстрацію авторського права на твір і прийняло рішення зареєструвати авторське право на твір Літературно-письмовий твір наукового характеру "Оцінка впливу групи параметрів паспорта автомобільної дороги на ефективність їх використання із застосуванням факторного аналізу (на прикладі шумозахисних споруд)"; Тимошук Олександр Юрійович

(вид, повна, скорочена (за наявності) назва твору, повне ім'я, псевдонім (за наявності) автора (ів))

Внесення відомостей до Державного реєстру свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір та видача свідоцтва будуть здійснені за умови сплати збору за оформлення і видачу свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір відповідно до п.3 постанови Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2001 року № 1756 "Про державну реєстрацію авторського права і договорів, які стосуються права автора на твір".

Якщо протягом трьох місяців від дати одержання заявником рішення про реєстрацію авторського права на твір Управління державних реєстрацій Департаменту інтелектуальної власності Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України не одержало документ про сплату збору за оформлення і видачу свідоцтва у розмірі та порядку, визначених законодавством, або копію документа, що підтверджує право на звільнення від сплати зазначеного збору, заявка вважається відхиленою і реєстрація авторського права та публікація відомостей про реєстрацію Управлінням державних реєстрацій Департаменту інтелектуальної власності Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України не проводиться.

**Заступник Міністра
розвитку економіки, торгівлі
та сільського господарства України**



Д. О. Романович