

ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ДЕМЧИНА Василь Романович

УДК 005.8 : 656.025

ДИСЕРТАЦІЯ

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

073 Менеджмент

07 Управління та адміністрування

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

_____ В. Р. Демчина

Науковий керівник:

Зачко Олег Богданович, заслужений діяч науки і техніки України, доктор
технічних наук, професор

Львів – 2025

АНОТАЦІЯ

Демчина В. Р. Моделі та методи управління проєктами розвитку транспортної інфраструктури. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 073 Менеджмент (07 Управління та адміністрування). Львівський державний університет безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій, Львів, 2025.

На підставі виконаних досліджень у дисертації розв’язано важливу науково-прикладну задачу підвищення якості реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період завдяки розробленню нових та вдосконаленню існуючих моделей і методів, які базуються на сучасних інформаційних технологіях та інтегруються в інструментарій управління такими проєктами. Обґрунтовано доцільність та особливості управління проєктами розвитку транспортної інфраструктури, що лежать в основі розробки ефективних моделей та методів для управління зазначеними проєктами у післявоєнний час. Означені принципи управління забезпечують успішну реалізацію проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час, їх ефективність, врахування потреби різних зацікавлених сторін та створення максимальної цінності від отриманого продукту – об’єктів транспортної інфраструктури. На їх основі слід створювати ефективний управлінський інструментарій, який враховуватиме особливості та специфіку управління проєктами розвитку транспортної інфраструктури.

Розроблена модель аналізу стану транспортної інфраструктури під час реалізації проєктів її розвитку у післявоєнний період, яка передбачає системне виконання 9 кроків. Вони базуються на використанні фреймворку OpenStreetMap та методі ентропії Шеннона для визначення показників стану транспортної інфраструктури окремих населених пунктів, що забезпечують автоматизоване визначення показників стану транспортної інфраструктури

окремих населених та формування бази даних і знань для виконання управлінського процесу вивчення пропускну́ї спроможності доріг заданих населених пунктів за обмеженого доступу до даних про реальні об'єкти. На основі розробленої моделі обґрунтовано залежності для оцінки впливу реалізації нових інфраструктурних проєктів на транспортну інфраструктуру, а також для прогнозування кількісного значення транспортної доступності у межах заданого населеного пункту, що дають можливість місцевим органам влади та проєктним менеджерам врахувати вплив реалізації інфраструктурних проєктів на транспортну мережу.

На основі розробленої моделі аналізу стану транспортної інфраструктури під час реалізації проєктів обґрунтовано залежності для оцінки впливу реалізації нових інфраструктурних проєктів на транспортну інфраструктуру, а також для прогнозування кількісного значення транспортної доступності у межах заданого населеного пункту. Вони дають можливість місцевим органам влади та проєктним менеджерам врахувати вплив реалізації нових інфраструктурних проєктів на транспортну мережу.

Розроблено схему ідентифікації проєктів розвитку транспортної інфраструктури, який базується на обґрунтованих особливостях та принципах управління та передбачає системне виконання 6 етапів. Вона забезпечує автоматизований збір даних стосовно характеристик проєктного середовища та об'єктів транспортної інфраструктури. Для цього використовується розроблена модель на основі фреймворку OpenStreetMap, що лежать в основі обґрунтування пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури.

Розроблено модель аналізу стану транспортної інфраструктури під час реалізації проєктів її розвитку у післявоєнний. Вона передбачає системне виконання 9 кроків, які базуються на використанні фреймворку OpenStreetMap та методі ентропії Шеннона для визначення показників стану транспортної інфраструктури окремих населених пунктів. Особливістю цієї моделі є те, що формування бази даних та знань здійснюється автоматизовано із

використанням даних фреймворку OpenStreetMap для вивчення пропускної спроможності доріг населених пунктів. Це забезпечує визначення показників стану транспортної інфраструктури окремих населених пунктів. Зазначені показники лежать в основі моделювання та визначення раціонального сценарію реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури окремих населених пунктів.

Розроблений метод визначення пріоритетних об'єктів передбачає 9 взаємопов'язаних кроків. Вони забезпечують ідентифікацію проєктів відновлення транспортної інфраструктури окремих населених пунктів у післявоєнний час та базується на використанні фреймворку OpenStreetMap та серверного програмного забезпечення Overpass API з відкритим вихідним кодом. Основною управлінською операцією цього методу є швидкий та точний збір інформації про транспортну інфраструктуру. Для цього запропоновано отримувати просторові дані про об'єкти транспортної інфраструктури із відкритого сервісу OpenStreetMap із запитам до бази даних OSM та використанні мови запитів Overpass QL. Вони забезпечують швидке та точне виявлення, а також візуалізацію пріоритетних об'єктів. Це є основою для ініціації проєктів відновлення транспортної інфраструктури окремих населених пунктів у післявоєнний час.

Запропонований метод визначення сценаріїв реалізації проєктів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час передбачає виконання восьми етапів. Вони базуються на моделюванні транспортних потоків, яке забезпечує визначення та аналіз показників транспортних потоків для усіх сценаріїв реалізації проєктів. Окрім того, передбачається визначення з-поміж них раціонального сценарію реалізації проєктів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури із обмеженими ресурсами, який забезпечує отримання максимальної цінності (соціально-економічних вигод) для стейкхолдерів.

На основі визначених сценаріїв проводиться порівняльний аналіз проектів розвитку транспортної інфраструктури, які найкраще відповідають вимогам стейкхолдерів та критеріям їх ефективності. Цей аналіз включає в себе комплексний підхід, що враховує як кількісні, так і якісні показники. Для цього виконується збір потрібної інформації відносно кожного проекту із використанням визначених критеріїв (бюджет проекту, очікувана цінність, соціальна значимість, екологічний вплив, технологічна здійсненність та ризиків проекту). У подальшому кожен із проектів розвитку транспортної інфраструктури оцінюється за визначеними критеріями та виконується їх ранжування за ступенем відповідності критеріям.

Завдяки використанню запропонованого інструментарію обґрунтовано потрібну базу знань для управління проектами розвитку транспортної інфраструктури із використанням розроблених моделей та методів. На підставі використання розробленої моделі виконано аналіз транспортної інфраструктури заданих населених пунктів. Вони характеризуються просторовими мережами (вулиці, мости та транзитні розв'язки), які візуалізовано за допомогою відповідних графів із фреймворку OpenStreetMap. На підставі написаного програмного коду, який використовує бібліотеку OSMnx та передбачає створення циклу, здійснено побудову графіків орієнтації транспортної мережі для кожного із населених пунктів.

Для заданого проектного середовища встановлено, що за показниками створеної транспортної інфраструктури існує 3 кластери досліджуваних населених пунктів. Більшість із них належить до кластеру 1 (47,9%). Водночас до кластеру 0 належить 39,1%, а до кластеру 2 – 13%. Діаграми скрипок дозволяють візуально порівняти розподіл показників оцінки транспортної інфраструктури між різними кластерами населених пунктів. Це дає можливість полегшити ідентифікацію пріоритетних об'єктів для розвитку транспортної інфраструктури та розподілу ресурсів в межах проекту.

Отримані діаграми скрипок відображають не тільки медіани, але й розподіл даних навколо центральної тенденції. Це дозволяє виявити варіацію показників оцінки транспортної інфраструктури всередині кожного кластеру

населених пунктів та виявити, наскільки однорідним є процес розвиток транспортної інфраструктури. Діаграми скрипок також використовуються для порівняння розподілу показників транспортної інфраструктури в різні періоди часу (до початку бойових дій та відповідно пошкодження об'єктів транспортної інфраструктури та після цього) або між різними адміністративними областями та їх населеними пунктами. Саме це лежить в основі процесу аналізу динаміки змін та визначення тенденцій розвитку транспортної інфраструктури.

Для заданого проектного середовища нами здійснено моделювання транспортних потоків за різними сценаріями відновлення та/або розвитку пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури. Встановлено, що раціональним для відновлення транспортної мережі є сценарій Scenario_1.1, який забезпечує найшвидший рух транспортних засобів та найменших витрат часу на подолання відстані у дослідженій пріоритетній для відновлення транспортній мережі. Отримані результати для проектних менеджерів дають можливість полегшити ідентифікацію пріоритетних об'єктів для розвитку транспортної інфраструктури та здійснити ефективний розподіл ресурсів.

Запропонований управлінський інструментарій був впроваджений у практику, що дозволило автоматизувати виконання процесів ідентифікації та планування проєктів розвитку транспортної інфраструктури завдяки використанню розроблених алгоритмів та програмних модулів. Впроваджені у практику методика та рекомендації для розв'язання задач ідентифікації та планування проєктів розвитку транспортної інфраструктури. Вони базуються на використанні запропонованих у роботі моделей і методів. Окрім того, враховують специфіку проектного середовища населених пунктів у післявоєнний період, що забезпечує підвищення ефективності управлінської діяльності.

Ключові слова: проєкти, моделі, методи, управління, транспортна інфраструктура, розвиток, післявоєнний період.

ABSTRACT

Demchyna V. R. Models and methods for managing transport infrastructure development projects. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 073 Management (07 Management and Administration). Lviv State University of Life Safety of the State Emergency Service of Ukraine, Lviv, 2025.

Based on the research, the thesis solves an important scientific and applied problem of improving the quality of implementation of transport infrastructure development projects in the post-war period by developing new and improving existing models and methods based on modern information technologies and integrated them into the management tools of such projects. The expediency and features of transport infrastructure development project management underlying the development of effective models and methods for managing these projects in the postwar period are substantiated. The specified management principles ensure the successful implementation of transport infrastructure development projects in the post-war period, their effectiveness, taking into account the needs of various stakeholders and creating maximum value from the resulting product - transport infrastructure facilities. On their basis, an effective management toolkit should be created that will take into account the features and specifics of managing transport infrastructure development projects.

A model for analyzing the state of transport infrastructure during the implementation of projects for its development in the post-war period has been developed, which involves the systematic implementation of 9 steps. They are based on the use of the OpenStreetMap framework and the Shannon entropy method to determine the indicators of the state of transport infrastructure of individual settlements, which provide automated determination of indicators of the state of transport infrastructure of individual settlements and the formation of a database and knowledge base for performing the management process of studying the capacity of roads of given settlements with limited access to data on real objects. Based on the developed model, dependencies are substantiated for assessing the impact of the implementation of new infrastructure projects on transport infrastructure, as well as

for predicting the quantitative value of transport accessibility within a given settlement, which allow local authorities and project managers to take into account the impact of the implementation of infrastructure projects on the transport network.

Based on the developed model for analyzing the state of transport infrastructure during project implementation, dependencies for assessing the impact of new infrastructure projects on transport infrastructure and for predicting the quantitative value of transport accessibility within a given settlement are substantiated. They enable local authorities and project managers to take into account the impact of new infrastructure projects on the transport network.

A scheme for identifying transport infrastructure development projects has been developed, based on sound features and management principles and involving the systematic implementation of 6 stages. It provides automated data collection on the characteristics of the project environment and transport infrastructure facilities. For this purpose, the developed model based on the OpenStreetMap framework is used to justify priority transport infrastructure facilities.

A model for analyzing the state of transport infrastructure during the implementation of its development projects in the postwar period has been developed. It involves the systematic implementation of 9 steps based on the use of the OpenStreetMap framework and the Shannon entropy method to determine the indicators of the state of transport infrastructure in individual settlements. The peculiarity of this model is that the formation of the database and knowledge is automated using data from the OpenStreetMap framework to study the road capacity of settlements. This ensures the determination of indicators of the state of the transport infrastructure of individual settlements. These indicators are the basis for modeling and determining a rational scenario for the implementation of transport infrastructure development projects in individual settlements.

The developed method for prioritizing objects includes 9 interrelated steps. They ensure the identification of projects to restore the transport infrastructure of individual settlements in the post-war period and are based on the use of the OpenStreetMap framework and the open-source Overpass API server software. The main management operation of this method is to quickly and accurately collect

information about the transport infrastructure. For this purpose, it is proposed to obtain spatial data on transport infrastructure objects from the open service OpenStreetMap with queries to the OSM database and using the Overpass QL query language. They provide fast and accurate detection and visualization of priority objects. This is the basis for initiating projects to restore the transport infrastructure of individual settlements in the post-war period.

The proposed method for determining scenarios for the implementation of projects for the restoration of transport infrastructure facilities in the postwar period involves eight stages. They are based on traffic flow modeling, which ensures the determination and analysis of traffic flow indicators for all project implementation scenarios. In addition, it is envisaged to determine among them a rational scenario for the implementation of projects for the restoration of transport infrastructure facilities with limited resources, which ensures maximum value (socio-economic benefits) for stakeholders.

Based on the identified scenarios, a comparative analysis of transport infrastructure development projects is carried out, which best meet the requirements of stakeholders and their effectiveness criteria. This analysis includes a comprehensive approach that takes into account both quantitative and qualitative indicators. To do this, the necessary information is collected for each project using the identified criteria (project budget, expected value, social significance, environmental impact, technological feasibility and project risks). Subsequently, each of the transport infrastructure development projects is assessed according to the identified criteria and they are ranked according to the degree of compliance with the criteria.

Using the proposed tools, the necessary knowledge base for managing transport infrastructure development projects using the developed models and methods is substantiated. Based on the use of the developed model, the transport infrastructure of the given settlements was analyzed. They are characterized by spatial networks (streets, bridges, and transit interchanges), which are visualized using the corresponding graphs from the OpenStreetMap framework. Based on the written program code, which uses the OSMnx library and provides for the creation of

a loop, the graphs of the transport network orientation for each of the settlements were constructed.

For the given project environment, it was found that there are 3 clusters of the studied settlements in terms of the created transport infrastructure. Most of them belong to cluster 1 (47.9%). At the same time, 39.1% belong to cluster 0, and 13% to cluster 2. The obtained violin diagrams allow us to visually compare the distribution of transport infrastructure assessment indicators between different clusters of settlements. This makes it possible to facilitate the identification of priority objects for the development of transport infrastructure and the allocation of resources within the project.

The resulting violin diagrams reflect not only medians, but also the distribution of data around the central tendency. This allows us to identify the variation in transport infrastructure assessment indicators within each cluster of settlements and to identify how homogeneous the process of transport infrastructure development is. Violin diagrams are also used to compare the distribution of transport infrastructure indicators in different periods of time (before the start of hostilities and, accordingly, damage to transport infrastructure facilities and after that) or between different administrative regions and their settlements. This is what underlies the process of analyzing the dynamics of changes and determining trends in transport infrastructure development.

For a given project environment, we have modeled traffic flows under different scenarios for the restoration and/or development of priority transport infrastructure facilities. It has been established that Scenario_1.1 is the most rational for the restoration of the transport network, as it provides the fastest movement of vehicles and the least time spent on covering the distance in the studied priority transport network. The results obtained for project managers make it possible to facilitate the identification of priority objects for the development of transport infrastructure and to carry out an effective allocation of resources.

The proposed management tools were put into practice, which made it possible to automate the processes of identifying and planning transport infrastructure development projects through the use of developed algorithms and software modules.

Methods and recommendations for solving the problems of identifying and planning transport infrastructure development projects have been implemented. They are based on the use of the models and methods proposed in the paper. In addition, they take into account the specifics of the project environment of settlements in the postwar period, which ensures increased efficiency of management activities.

Keywords: projects, models, methods, management, transport infrastructure, development, postwar period.

Список публікацій здобувача.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у міжнародних наукових виданнях і тих, що входять до міжнародних наукометричних баз (МНБ):

1. Zachko O., **Demchyna V.**, Zachko I., Intellectual Models of Projects for the Development of Transport Infrastructure of Urban Territorial Systems. *Proceedings of the 3rd International Workshop IT Project Management (ITPM 2022)*. Conference. Kyiv, Ukraine, August 26, 2022. pp. 159-169. <https://ceur-ws.org/Vol-3295/paper15.pdf> (0,8 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus.** Особистий внесок автора полягає у розробленні інтелектуальні моделі проектів розвитку транспортної інфраструктури територіальних систем та становить 0,4 друк. арк.
2. Tryhuba A., **Demchyna V.**, Ratushnyi A., Koval L. Identification of priority objects for the implementation of projects to restore the transport infrastructure of settlements in the post-war period. *Proceedings of the 5nd International Workshop IT Project Management (ITPM 2024)*. Conference. Bratislava, Slovakia, May 22, 2024. pp. 219-231. https://doi.org/10.23939/IW_itpm2024.219 (0,9 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus.** Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні підходу до збору просторових даних про об'єкти транспортної інфраструктури з відкритого сервісу OpenStreetMap (OSM) та становить 0,25 друк. арк.

Статті у наукових фахових виданнях України:

3. Тригуба А. М., Ратушний А. Р., Демчина В. Р., Коваль Л. С. Особливості управління проектами відновлення транспортної та безпекової інфраструктури сільських громад у післявоєнний період. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 2023, 28, 44-54. <https://doi.org/10.32447/20784643.28.2023.05> (1,2 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні особливостей управління проектами відновлення транспортної інфраструктури сільських громад у післявоєнний період, що становить 0,35 друк. арк.*

4. Тригуба А. М., Демчина В. Р., Ратушний А. Р., Коваль Л. С. Метод та результати визначення пріоритетних об'єктів під час ініціації проектів відновлення транспортної інфраструктури у післявоєнний час. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 2024, 29, 141-151. <https://doi.org/10.32447/20784643.29.2024.15> (1,01 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні методу визначення пріоритетних об'єктів під час ініціації проектів відновлення транспортної інфраструктури у післявоєнний час, що становить 0,5 друк. арк.*

5. Демчина В. Р., Ратушний А. Р. Модель та результати оцінення стану населених пунктів під час реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, 2024, Вип. 1(144), 46-53. <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2024.1.6> (0,65 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в розробці моделі оцінення стану населених пунктів під час реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період, що становить 0,35 друк. арк.*

6. Когут М., Содома Р., Демчина В. Розвиток транспортної інфраструктури як фактор підвищення глобальної конкурентоспроможності. Економіка та суспільство. 2024, 60. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-108> (0,6 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в аналізі стану та обґрунтуванні рекомендації щодо транспортної інфраструктури в Україні, зокрема через модернізацію та реконструкцію, що становить 0,2 друк. арк.*

7. Тригуба А. М., Демчина В. Р., Тригуба І. Н., Коваль Л. С. Визначення сценаріїв реалізації проєктів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний період на основі моделювання транспортних потоків. *Управління розвитком складних систем*, Київ: КНУБА, Випуск 59, 2024. С.105-114. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.59.105-114> (0,18 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у визначенні варіантів можливих сценаріїв реалізації проєктів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури та становить 0,05 друк. арк.*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

8. Демчина В. Р., Зачко О.Б. Моделі управління безпекою транспортних інфраструктурних проєктів. *Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення: збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Львів, 12-13 жовтня 2022 року. Львів, ЛДУ БЖД, 2022. С.501-503. (0,2 д. а.). Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні моделей управління безпекою транспортних інфраструктурних проєктів та становить 0,1 друк. арк.*

9. Тригуба А., Маланчук О., Тригуба І., Мармуляк А., Демчина В. Андрушків О., Олійник Р. Вплив сучасних інформаційних технологій на процеси ініціації та планування проєктів розвитку громад та регіонів. *Вісник Львівського національного університету природокористування: агроінженерні дослідження. №28. Львів: Львів НУП, 2024. С. 148–158. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2024.28.148> (1,25 д. а.). Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні потреби реалізації проєктів, управління якими потребує використання різноманітних інформаційних технологій, що становить 0,15 друк. арк.*

10. Демчина В. Р. Використання обчислювального інтелекту для управління проєктами розвитку транспортної інфраструктури. *Інформаційна безпека та інформаційні технології: збірник тез доповідей VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, студентів і курсантів, м. Львів, 30 листопада 2023 року. Львів, ЛДУ БЖД, 2023. С.288-290. (0,2 д. а.).*

11. **Демчина В. Р.** Доцільність реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури. *Зб. наук. праць XIX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів.*, м. Львів 28-29 березня 2024 року. Львів: ЛДУ БЖД, 2024. С.332-336. (0,17 д. а.).

12. Тригуба А. М., **Демчина В. Р.**, Ратушний А. Р., Коваль Л. С., Андрушків О. Я. Архітектура системи збору даних та моделі об'єктів інфраструктурних проєктів. *Вчені Львівського національного аграрного університету виробництва: каталог інноваційних розробок*; за заг. ред. В. І. Лопушняка, Б. І. Гулька. Вип. 24. Львів: Львів. нац. ун-т. природ., 2024. С. 18. (0,08 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у визначенні особливостей та складових системи збору даних щодо об'єктів інфраструктурних проєктів та становить 0,02 друк. арк.*

13. Тригуба А. М., **Демчина В. Р.** Підхід до збору даних для реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період на основі фреймворку OpenStreetMap. *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT – 2024) [Збірник матеріалів XVI Міжнародної науково-практичної конференції (29–31 травня 2024 р., м. Одеса)]*. Одеса: Херсонська державна морська академія, 2024. С. 258-261. (0,22 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні доцільності збору даних для реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період, що становить 0,05 друк. арк.*

14. Тригуба А.М., **Демчина В.Р.**, Ратушний А.Р., Коваль Л.С. Визначення сценаріїв реалізації проєктів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури населених пунктів у післявоєнний час. *XXI Міжнародна конференція. Управління проєктами у розвитку суспільства. Тема: «Управління проєктами післявоєнної розбудови України»*. м. Київ, 24 травня 2024 року, С. 229-233. (0,2 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у визначенні варіантів сценаріїв реалізації проєктів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час, що становить 0,03 друк. арк.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	18
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРЕДМЕТНОЇ ГАЛУЗІ ТА НАУКИ ІЗ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	27
1.1. Сучасний стан транспортної інфраструктури на території України	27
1.2. Аналіз методологій, моделей та методів управління проектами розвитку транспортної інфраструктури	36
1.3. Аналіз інформаційних технологій для управління проектами розвитку транспортної інфраструктури	41
1.4. Важливість та особливості реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час	49
Висновки до розділу 1	53
РОЗДІЛ 2 ДОЦІЛЬНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ.....	55
2.1. Доцільність реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період.....	55
2.2. Особливості реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час	61
2.3. Принципи управління проектами розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час	68
2.4. Моделювання транспортного потоку для визначення сценарії реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час	74
2.5. Використання обчислювального інтелекту для управління проектами розвитку транспортної інфраструктури	80
Висновки до розділу 2	83
РОЗДІЛ 3 МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	86

3.1. Розробка схеми ідентифікації проєктів розвитку транспортної інфраструктури	86
3.2. Модель аналізу стану транспортної інфраструктури	89
3.3. Метод визначення пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури для відновлення у післявоєнний час	95
3.4. Метод визначення сценаріїв реалізації проєктів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час на основі моделювання транспортних потоків	103
Висновки до розділу 3	113
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОРИСТАННЯ ОБҐРУНТУВАНОЇ БАЗИ ЗНАНЬ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	115
4.1. Результати аналізу стану транспортної інфраструктури населених пунктів, що знаходилися у зоні бойових дій	115
4.2. Результати обґрунтування пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури	125
4.3. Результати визначення сценаріїв реалізації проєктів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час на основі моделювання транспортних потоків	138
4.4. Рекомендації для проєктних менеджерів щодо ідентифікації та планування проєктів розвитку транспортної інфраструктури	146
Висновки до розділу 4	149
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	152
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	155
ДОДАТКИ.....	177
Додаток А Список публікацій здобувача за темою дисертації	178
Додаток Б Відомості про апробацію результатів дисертації	182
Додаток В Графічне представлення транспортної інфраструктури та її орієнтації для окремих населених пунктів	183
Додаток Г Результати аналізу стану проєктного середовища.....	195

Додаток Д Результати моделювання транспортних потоків для визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення об’єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час 199

Додаток Е Аналіз стану транспортної інфраструктури населених пунктів, що потребують відновлення транспортної інфраструктури 208

Додаток Ж Акти впровадження науково-дослідної роботи у практику..... 210

ВСТУП

Актуальність теми. Розвиток транспортної інфраструктури є основою для економічного зростання та соціального добробуту мешканців будь-якої країни. У сучасних умовах глобалізації та інтенсивного розвитку технологій управління проектами в цій сфері набуває особливого значення. Особливо актуальними є проекти розвитку транспортної інфраструктури у тих регіонах України, які постраждали від військової агресії росії. Після закінчення війни важливо буде якнайшвидше відновити транспортну інфраструктуру. Однак ресурси є обмеженими, що зумовлює визначати пріоритетні об'єкти для відновлення, які будуть основою для вибору проектів розвитку транспортної інфраструктури та обґрунтування сценаріїв їх реалізації.

Дослідження впливу стану проектного середовища на особливості проектів розвитку галузей та територій є достатньо актуальною науково-прикладною задачею, яка потребує розроблення специфічного інструментарію [8]. На особливу увагу заслуговують проекти розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період, які мають свої особливості та потребують використання специфічних принципів до управління ними [9]. На даний час опубліковано багато наукових робіт, у яких пропонується загальна концепція відбудови транспортної інфраструктури, однак поза увагою науковців залишилася розробка інструментарію для управління такими проектами.

Вітчизняні та зарубіжні вчені, такі як Бушуєв С. Д., Бушуєва Н. С., Бідняк М. Н., Воркут Т. А., Воропаєв В. І., Гогунський В. Д., Данченко О. Б., Данчук В. Д., Дружинін Є. А., Зачко О. Б., Кобилкін Д.С., Кононенко І. В., Кошкін К. В., Левковець П. Р., Морозов В. В., Мельниченко О. І., Пітерська В. М., Рассел А., Рак Ю. П., Ратушний Р. Т., Рач В. А., Руденко С. В., Сидорчук О. В., Танака Х., Тесля Ю. М., Тригуба А. М., Харченко А. М., Хрутьба В.О., Чернов С. К., Чумаченко І. В., Шахов А. В. та інші. Вказані науковці та їх учні розробили методології, підходи, моделі та методи, які стали важливими інструментами для

управління проектами, програмами та їх портфелями різних предметних сфер. Однак, інструментарій для управління проектами розвитку транспортної інфраструктури ще не повністю адаптований до сучасних інформаційних технологій та не враховує особливості проектного середовища у післявоєнний час.

Дисертація присвячена вирішенню важливої науково-прикладної задачі підвищення якості реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період, які мають свої особливості. Це здійснюється завдяки розробці нових та вдосконаленню існуючих моделей і методів, що базуються на сучасних інформаційних технологіях та інтегруються в інструментарій управління такими проектами. Таким чином, проведені дослідження спрямовані на вирішення достатньо актуальної науково-прикладної задачі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана відповідно до «Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року», (розпорядження КМУ від 30.05.2018р. № 430-р.), «Програми підтримки та розвитку транспорту і зв'язку Львівської області на 2022 – 2025 роки» (рішення № 336 Львівської обласної ради від 23.12.2021 р.), концепції НДР Львівського державного університету безпеки життєдіяльності «Розроблення управлінських, організаційних, технічних, інформаційних методів та заходів у галузі цивільного захисту», а також, згідно з планами НДР кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності «Наукові основи повоєнного відновлення та реновації регіональних систем критичної інфраструктури України: бенчмаркінг світового досвіду та HR-фактор» (ДР № 01231Л102890), у якій автор розробив нові та удосконалив існуючі моделі та методи ініціації та планування проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період.

Мета і завдання дослідження. *Метою роботи є розробка моделей і методів управління проектами розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період.*

Для досягнення поставленої мети було визначені наступні *завдання*:

- провести аналіз поточного стану предметної галузі, наукових досліджень та практики управління проектами розвитку транспортної інфраструктури населених пунктів, визначити потребу в розробці нових та вдосконаленні існуючих моделей і методів;
- обґрунтувати доцільність та особливості управління проектами розвитку транспортної інфраструктури, що забезпечують розробку ефективних моделей та методів для управління зазначеними проектами у післявоєнний час;
- розробити модель аналізу стану транспортної інфраструктури під час реалізації проектів її розвитку у післявоєнний період та на її основі обґрунтувати залежності для оцінки впливу реалізації нових інфраструктурних проектів на транспортну інфраструктуру, а також для прогнозування кількісного значення транспортної доступності у межах заданого населеного пункту;
- розробити схему ідентифікації проектів розвитку транспортної інфраструктури, удосконалити метод визначення пріоритетних об'єктів відновлення транспортної інфраструктури та метод визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний період, що базуються на сучасних інформаційних технологіях;
- розробити алгоритми та програмні модулі для визначення показників конфігурації транспортної інфраструктури населених пунктів та обґрунтування пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури;
- обґрунтувати базу знань для управління проектами розвитку транспортної інфраструктури із використанням розроблених моделей та методів;
- впровадити у практику методику та рекомендації з ідентифікації та планування проектів розвитку транспортної інфраструктури на основі використання розроблених алгоритмів та програмних модулів.

Об'єктом дослідження є управлінські процеси ідентифікації та планування проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період.

Предметом дослідження є моделі та методи ідентифікації та планування проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період.

Методи дослідження. Науково-прикладна задача підвищення якості реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період розв'язувалась на основі чинних міжнародних стандартів із управління проєктами із використанням сучасних інформаційних технологій для підтримки прийняття рішень щодо ідентифікації та планування проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період; аналізу наукової літератури та нормативно-законодавчих актів для формування теоретичної бази дослідження, встановлення обмежень та вимог під час проведення досліджень; системного підходу для опису взаємозв'язків між управлінськими процесами ідентифікації та планування проєктів розвитку транспортної інфраструктури, аналізу, синтезу, індукції та дедукції для обґрунтування особливостей проєктів розвитку транспортної інфраструктури; теорії та методів моделювання систем, аналізу та синтезу чинників проектного середовища для формулювання управлінських завдань та означення інструментарію їх розв'язання, що базується на сучасних інформаційних технологіях; використання сервісу Overpass Turbo для отримання потрібної інформації про стан об'єктів транспортної інфраструктури; використання мови запитів Overpass QL для пошуку та аналізу геоданих, необхідних для визначення стану об'єктів транспортної інфраструктури та потреб у відновленні транспортної інфраструктури; використання фреймворку OpenStreetMap та серверного програмного забезпечення Overpass API з відкритим вихідним кодом для визначення пріоритетних об'єктів під час ініціації проєктів відновлення транспортної інфраструктури у післявоєнний час; кореляційно-регресійного аналізу для встановлення взаємозв'язків між показниками пріоритетності об'єктів транспортної інфраструктури заданих населених пунктів; аналогій та

узагальнення для дослідження процесів ідентифікації та планування проєктів розвитку транспортної інфраструктури, а також обґрунтування їх доцільності; кластерного аналізу для дослідження населених пунктів за показниками створеної транспортної інфраструктури; метод розрахунку ентропії Шеннона для визначення показників стану транспортної інфраструктури окремих населених пунктів; моделювання, ітерацій та комп'ютерних експериментів для визначення раціонального сценарію реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури окремих населених пунктів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в розробці моделей і методів ідентифікації та планування проєктів розвитку транспортної інфраструктури із використання сучасних інформаційних технологій, а також визначення сценаріїв реалізації проєктів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний період на основі моделюванні транспортних потоків, що забезпечують підвищення якості прийняття управлінських рішень за обмеженого доступу до інформації про об'єкти транспортної інфраструктури у післявоєнний період та отримання максимальної цінності (соціально-економічних вигод) для стейкхолдерів. Завдяки цьому отримано наступні наукові результати:

➤ вперше:

– розроблено модель аналізу стану транспортної інфраструктури під час реалізації проєктів її розвитку у післявоєнний період, яка базуються на використанні фреймворку OpenStreetMap та методу ентропії Шеннона, що забезпечують автоматизоване визначення показників стану транспортної інфраструктури окремих населених та формування бази даних і знань для виконання управлінського процесу вивчення пропускної спроможності доріг заданих населених пунктів за обмеженого доступу до даних про реальні об'єкти. Це підвищує ефективність визначення раціонального сценарію реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури окремих населених пунктів;

– отримано залежності кількості доріг від чисельності населення у

окремих населених пунктах та нормалізованого показника конфігурації транспортної інфраструктури від показника середньої кривизни доріг досліджуваних населених пунктів, які отримано із використанням розробленої моделі аналізу стану транспортної інфраструктури під час реалізації проектів її розвитку у післявоєнний період. Вони забезпечують оцінку впливу реалізації нових інфраструктурних проектів на транспортну інфраструктуру, а також у проектах розвитку транспортної інфраструктури для прогнозування кількісного значення транспортної доступності у межах заданого населеного пункту, що дає можливість місцевим органам влади та проектним менеджерам врахувати вплив реалізації інфраструктурних проектів на транспортну мережу;

➤ удосконалено:

– метод визначення пріоритетних об'єктів відновлення транспортної інфраструктури, що на відміну від існуючих базується на використанні фреймворку OpenStreetMap та серверного програмного забезпечення Overpass API з відкритим вихідним кодом, якими забезпечується швидкий та точний збір інформації про транспортну інфраструктуру, візуалізацію пріоритетних об'єктів та є основою для створення системи підтримки прийняття рішень ініціації проектів відновлення транспортної інфраструктури окремих населених пунктів у післявоєнний час;

– метод визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний період, що на відміну від існуючих базується на моделюванні транспортних потоків, яке забезпечує визначення та аналіз показників транспортних потоків для усіх сценаріїв реалізації проектів, а також визначення з-поміж них раціонального сценарію реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури із обмеженими ресурсами, який забезпечує отримання максимальної цінності (соціально-економічних вигод) для стейкхолдерів;

➤ набули подальшого розвитку концепція управління проектами розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період, термінологія та

база знань, яка лежить в основі ідентифікації та планування зазначених проєктів із використанням сучасних інформаційних технологій.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані наукові результати забезпечили розробку:

- алгоритми та програмні модулі для визначення показників конфігурації транспортної інфраструктури населених пунктів та обґрунтування пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури, які базуються на використанні фреймворку OpenStreetMap (OSM) та серверного програмного забезпечення Overpass API з відкритим вихідним кодом, що забезпечують швидкий та точний збір інформації про транспортну інфраструктуру заданого населеного пункту, візуалізацію пріоритетних об'єктів, а також дають можливість автоматизувати виконання зазначених управлінських процесів;

- методику та рекомендації з ідентифікації та планування проєктів розвитку транспортної інфраструктури на основі використання розроблених алгоритмів та програмних модулів. Вони базуються на розроблених та удосконалених моделях і методах, що враховують специфіку проєктного середовища населених пунктів у післявоєнний період, а також сприяють підвищенню ефективності проєктного управління.

Результати представлених у дисертації досліджень впроваджено у 2 Спеціальному центрі швидкого реагування ДСНС України (акт впровадження від 02.08.2024р.) та департаменті дорожнього господарства Львівської ОВА (акт впровадження від 10.12.2024р.). На підставі виконаних ад'юнктом досліджень розроблені та використовуються у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності методичні рекомендації для здобувачів освітньо-професійних програм «Управління проєктами» другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 073 «Менеджмент» галузі знань 07 «Управління та адміністрування» та «Транспортні технології» (на автомобільному транспорті) спеціальності 275 «Транспортні технології» (за видами) галузі знань 27 «Транспорт» (акт впровадження від 09.12.2024 р.).

Особистий внесок здобувача. Наукові положення, розробки та результати, представлені на захист, стосуються галузі менеджменту (управління проектами та програмами) і були здобуті ад'юнктом самостійно. Внесок ад'юнкта в наукові роботи, виконані у співавторстві, детально вказаний у списку опублікованих праць за темою дисертації.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації були представлені та схвалені на 9 міжнародних і всеукраїнських науково-практичних форумах, конференціях та семінарах: 3rd International Workshop IT Project Management (ITPM 2022) (Kyiv, 2022), Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення» (Львів, 2022), 3th Workshop Information Technologies in Energy and Agro-industrial Complex (ITEA-WS 2023) (Dubliany, Lviv region, 2023), Всеукраїнської науково-практичній конференції молодих учених, студентів і курсантів «Інформаційна безпека та інформаційні технології» (Львів, 2023), 5nd International Workshop IT Project Management (ITPM 2024) (Bratislava, 2024), XIX Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених ЛДУ БЖД (Львів, 2024), XVI Міжнародної науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті» (Одеса, 2024), XXI-й Міжнародній науково-практичній конференції «Управління проектами у розвитку суспільства : Управління проектами післявоєнної розбудови України» (Київ, 2024), щорічних звітних конференціях здобувачів Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (Львів, 2020–2024).

Публікації. У напрямку дисертації опубліковано 14 наукових праць, включаючи 7 наукових статей. З них 2 опубліковано в зарубіжних виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах даних Scopus, 5 – у наукових фахових виданнях України. Додатково опубліковано 6 праць у вигляді тез та матеріалів міжнародних і національних наукових форумів, конференцій та семінарів, а також 1 наукова праця, яка додатково висвітлює

результати дисертації. Загальний обсяг публікацій становить 12,73 друкованих аркушів, з яких 2,79 належать особисто автору.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 212 сторінок, з яких основний зміст викладено на 135 сторінках. Дисертація включає 38 рисунків, 12 таблиць, список використаних джерел із 182 найменувань та 7 додатків, розміщених на 34 сторінках.

Розділ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ПРЕДМЕТНОЇ ГАЛУЗІ ТА НАУКИ ІЗ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

1.1. Сучасний стан транспортної інфраструктури на території України

У сучасних умовах розвитку України транспорт та транспортні системи мають вирішальне значення як для окремих підприємств, так і для країни в цілому. Вони є основними засобами забезпечення ефективного руху людей, товарів та послуг в межах країни та на міжнародному рівні.

Транспортна інфраструктура є необхідною умовою для розвитку економіки, торгівлі та соціальної сфери. Вона забезпечує підприємствам доступ до ринків збуту та сировинних ресурсів, сприяє розвитку міжнародного співробітництва та зовнішньої торгівлі. Крім того, якісна та ефективна транспортна система забезпечує належний рівень життя громадян, забезпечуючи доступність медичних, освітніх та інших послуг [28].

Україна, знаходячись на перехресті важливих транспортних маршрутів, має стратегічне положення для розвитку транспортної інфраструктури. Проте для досягнення повного потенціалу цей сектор потребує постійних інвестицій, модернізації та вдосконаленого управління.

Розвиток транспортної інфраструктури в Україні регулюється рядом нормативно-правових актів на різних рівнях влади, включаючи Конституцію України, закони, постанови Кабінету Міністрів України та інші нормативні акти [48]. Основні правові засади, що визначають розвиток транспортної інфраструктури в країні:

1. Україна має ряд законів, що регулюють транспортний сектор. До них входять Закон «Про автомобільний транспорт», «Про залізничний транспорт», «Про водний транспорт» та інші. Ці закони визначають права та

обов'язки учасників транспортного процесу, порядок функціонування та розвитку інфраструктури.

Згідно з Законом України «Про транспорт», до складу Єдиної транспортної системи України входять наступні складові [48]:

- транспорт загального користування – включає в себе всі види транспорту, доступні для загального користування, такі як залізничний, морський, річковий, автомобільний, авіаційний та міський електротранспорт, включаючи метрополітен.
- промисловий залізничний транспорт – складова транспортної системи, яка обслуговує потреби промислових підприємств і заводів у перевезенні вантажів та сировини.
- відомчий транспорт – включає в себе транспортні системи, які належать конкретним державним органам або галузевим установам, наприклад, військовий транспорт.
- трубопровідний транспорт – система трубопроводів для перевезення різних речовин, таких як нафта, газ, вода тощо.
- шляхи сполучення загального користування – це інфраструктура, яка забезпечує зв'язок між різними видами транспорту та їх взаємодію.

Ці складові формують систему транспорту, яка сприяє забезпеченню ефективності переміщення людей та вантажів в Україні, а також забезпечує її інтеграцію в міжнародний транспортний простір. Уряд України розробляє різні стратегії та програми розвитку транспортної галузі, які визначають пріоритети, напрямки та ресурси для подальшого розвитку інфраструктури. Постанови Кабінету Міністрів України та рішення інших органів влади – ці нормативні акти містять конкретні рішення щодо реалізації політики розвитку транспортної інфраструктури, включаючи затвердження планів будівництва, фінансування проектів та інше.

Розвиток транспортної інфраструктури в Україні взяв свій старт з моменту отримання країною незалежності. Значна увага приділялася покращенню та розширенню транспортних мереж у всіх регіонах країни. Цей

процес був спрямований на підвищення доступності транспортних засобів для громадян та підтримку економічного розвитку країни.

Попит на послуги транспорту визначає велику частину розвитку транспортної інфраструктури. Населення та підприємства потребують ефективного, безпечного та доступного транспорту для переміщення людей, товарів та послуг. Саме цей попит визначає необхідність вдосконалення та розширення існуючих транспортних систем, а також впровадження нових технологій та рішень для задоволення потреб суспільства. Основні елементи транспортної інфраструктури наведені на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Основні складові транспортної інфраструктури

Джерело: складено автором на основі [21]

Україна в останні роки реалізувала кілька проектів розвитку транспортної інфраструктури в населених пунктах (табл. 1.1). Основним з них, являється програма «Велике будівництво».

Таблиця 1.1 – Реалізовані проекти транспортної інфраструктури

Місто	Проекти розвитку транспортної інфраструктури
Київ	Розширення мережі метрополітену, модернізація громадського транспорту, розвиток велоінфраструктури, благоустрій та ремонт інфраструктури для пішоходів
Харків	Розширення мережі метрополітену, модернізація громадського транспорту, розвиток велоінфраструктури
Львів	Модернізація громадського транспорту, розвиток велоінфраструктури
Одеса	Модернізація громадського транспорту, розвиток велоінфраструктури
Дніпро	Розширення мережі метрополітену, модернізація громадського транспорту, розвиток велоінфраструктури, благоустрій та ремонт інфраструктури для пішоходів
Запоріжжя	Модернізація громадського транспорту, розвиток велоінфраструктури
Хмельницький	Модернізація громадського транспорту, розвиток велоінфраструктури
Чернівці	Модернізація громадського транспорту, розвиток велоінфраструктури
Івано-Франківськ	Модернізація громадського транспорту, розвиток велоінфраструктури

Джерело: складено автором на основі [38; 45]

Всі вказані проекти являються частиною програми «Велике будівництво».

Програма «Велике будівництво» в Україні є однією з ключових ініціатив у сфері інфраструктурного розвитку, яка запроваджена урядом з метою стимулювання економічного зростання, покращення життєвого рівня населення та підвищення конкурентоспроможності країни. Програма включає реалізацію різноманітних інфраструктурних проектів у різних галузях, таких як транспорт, енергетика, житлово-комунальне господарство, медична та освітня інфраструктура та інші [45].

Незважаючи на ці позитивні кроки, існують деякі недоліки у розвитку транспортної інфраструктури населених пунктів України (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Недоліки розвитку транспортної інфраструктури в Україні

Недоліки	Сутність впливу
1	2
Недостатня інтеграція транспортних систем	У багатьох містах України існує проблема з недостатньою інтеграцією різних видів транспорту (автомобільний, громадський, велосипедний тощо), що ускладнює переміщення мешканців та створює транспортні затори.
Застаріла та неефективна інфраструктура	Багато доріг, мостів та інших об'єктів транспортної інфраструктури в Україні залишаються застарілими та потребують серйозного ремонту або реконструкції. Це може призводити до аварій та обмежень у руху.
Неадекватна публічна транспортна система	У багатьох містах проблемою є неадекватність громадського транспорту, який часто характеризується низькою якістю обслуговування, недостатньою частотою руху, відсутністю зручних маршрутів тощо.
Екологічні проблеми	Недостатній розвиток екологічно чистих видів транспорту та неефективне використання ресурсів може призводити до забруднення навколишнього середовища та погіршення якості повітря.

Продовження табл. 1.2

1	2
Недостатній розвиток велоінфраструктури	У багатьох містах відсутній достатній розвиток велоінфраструктури, що ускладнює використання велосипедів як засобу пересування та підтримки екологічних ініціатив.
Недоліки у безпеці дорожнього руху	Проблеми у системі безпеки дорожнього руху, включаючи заходи щодо підвищення світлового, візуального та технічного обладнання на дорогах.
Нестабільність фінансування	Бюджетні обмеження ускладнюють виконання проектів з розвитку транспортної інфраструктури та призводять до затримок у їх реалізації.
Відсутність інтегрованих транспортних систем	Деякі міста мають проблеми з координацією між різними видами громадського транспорту, що може ускладнювати переміщення мешканців.
Недостатня увага до екології	Не всі проекти розвитку транспортної інфраструктури беруть до уваги екологічні аспекти, такі як зменшення викидів та покращення якості повітря.

Джерело: складено автором на основі [8]

Згідно з даними Міністерства інфраструктури загальна протяжність пошкоджених доріг внаслідок бойових дій становить 25,1 тис. км, а також 344 мости й мостові переходи державного, місцевого або комунального значення. Попередня оцінка збитків від прямого руйнування дорожньої інфраструктури може складати приблизно 26,7 млрд. дол. США (оцінка в цінах на кінець 2021 року). Оцінка ушкоджень та руйнувань мостів та мостових переходів додає ще 2,6 млрд дол США збитків до інфраструктури [38]. Диференціювання потреб у реконструкції за різними напрямками автомобільної інфраструктури у короткостроковому періоді за 2023–2026 рр. представлено на рис. 1.2.

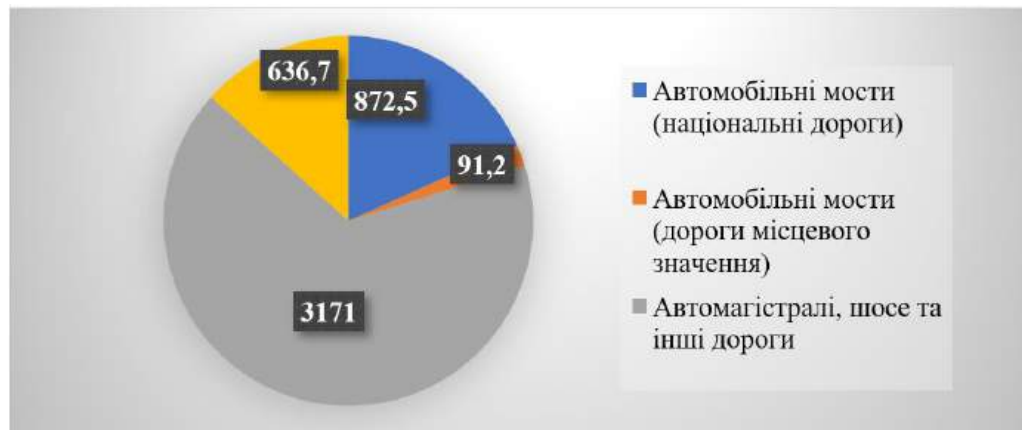


Рисунок 1.2 – Потреби у реконструкції автомобільної інфраструктури України станом на 24 лютого 2023 року, млн. дол. США

Джерело: складено автором на основі [157; 60]

Потреби у відновленні надання послуг у сфері автомобільної інфраструктури України у короткостроковому періоді за 2023–2026 рр. представлено на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Потреби у відновленні надання послуг автомобільної інфраструктури України в короткостроковому періоді за 2023-2026 рр., млн. дол. США

Джерело: складено автором на основі [157; 60]

Військові дії всередині держави серйозно вплинули на сектор транспорту та логістики. Початково вторгнення з боку РФ фактично призупинило можливості експорту країни. Авіасполучення було повністю припинено, інфраструктура аеропортів та залізниць постраждала від часткового зруйнування. Обстріли зачепили складські приміщення та офіси логістичних компаній, що призвело до припинення роботи деяких підприємств або необхідності переносу їх діяльності. Деякі обладнання та технічні засоби були розкрадені окупантами, що призвело до серйозних втрат. Крім того, більшість логістичних ланцюгів зазнали значних перебоїв через складні умови переміщення товарів та обмеження доступу до окремих регіонів.

У військових конфліктах транспортна інфраструктура є особливо вразливою, оскільки вона є ключовою для забезпечення руху військ, гуманітарної допомоги та розвитку економіки. Відновлення та розвиток транспортної інфраструктури після воєнних подій є складним завданням, яке вимагає значних зусиль та ресурсів.

Впровадження інновацій та інформаційних технологій (ІТ) для управління розвитком транспортної інфраструктури може мати ключове значення для покращення ефективності, безпеки та сталості цієї інфраструктури. Основні впровадження стосуються [35]:

1. Оптимізації руху та управління транспортними потоками. ІТ можуть допомогти в розробці та впровадженні систем управління рухом, які забезпечують оптимальне використання транспортної інфраструктури та покращення безпеки на дорогах.

2. Моніторингу та діагностики стану інфраструктури, а саме стану доріг, мостів, залізничних колій тощо, що дозволяє вчасно виявляти потенційні проблеми та запобігати аваріям.

3. Впровадження «розумних» транспортних систем. Інноваційні технології (ІоТ), штучний інтелект та аналітика даних, дозволяють створювати «розумні» транспортні системи, які підтримують автоматизоване керування та оптимізацію транспортних потоків.

4. Підвищення доступності та зручності для користувачів. ІТ можуть бути використані для розробки та впровадження нових сервісів громадського транспорту, електронних платіжних систем, мобільних додатків для маршрутів та інших інструментів, які полегшують користування транспортом.

Щодо визначення пріоритетних об'єктів розвитку транспортної інфраструктури, можуть використовуватися такі методи [45]:

1. Аналіз потреб і попиту. Визначення пріоритетів може базуватися на аналізі потреб населення та підприємств, обсягу транспортних потоків та вимог до інфраструктури.

2. Оцінка стану існуючої інфраструктури. Важливо провести оцінку стану існуючих об'єктів інфраструктури для визначення тих, які потребують найбільшого уваги та відновлення.

3. Прогнозування та стратегічне планування. Розвиток транспортної інфраструктури повинен ґрунтуватися на стратегічному плануванні, яке враховує прогнозовані тенденції розвитку населення, економіки та транспортних потоків.

4. Участь громадськості та зацікавлених сторін. Важливо враховувати думку громадськості, місцевих органів влади, підприємств та інших зацікавлених сторін при визначенні пріоритетів розвитку транспортної інфраструктури.

Транспортна інфраструктура в Україні є важливим фактором для економічного розвитку країни, а також виконує ключову роль у забезпеченні зв'язку між населеними пунктами, підприємствами та міжнародними ринками. Проте, існують певні проблеми та виклики, з якими потрібно боротися, щоб забезпечити ефективну та безпечну роботу всіх видів транспорту.

1.2. Аналіз методологій, моделей та методів управління проектами розвитку транспортної інфраструктури

Аналіз методологій управління проектами розвитку транспортної інфраструктури може включати різноманітні підходи та методики, які застосовуються для успішного впровадження та виконання проектів у цій сфері.

Розглянемо основні методології управління проектами розвитку транспортної інфраструктури. PMBoK (Project Management Body of Knowledge) – це широко визнана методологія управління проектами, розроблена Інститутом управління проектами. PMBOK – це практичний посібник, що містить набір процесів, рекомендацій та стандартів для ефективного управління проектами. PMBoK визначає стандартні практики та процеси управління проектами, включаючи планування, виконання, контроль та закриття. Він призначений для будь-якої організації та галузі, які проводять проекти, і адресується переважно тим, хто готується до отримання сертифіката PMI [85].

Методологія управління проектами PRINCE2 (PRojects IN Controlled Environments), або PR2M, є однією з найбільш відомих та широко використовуваних методологій управління проектами. Це методологія управління проектами, яка надає структурований підхід до планування, контролю та виконання проектів [3]. Принципи PRINCE2:

- ✓ забезпечення фокусу на бізнес-обґрунтуванні та постійне забезпечення цілей проекту;
- ✓ розподіл проекту на керовані стадії, кожна з яких має свої завдання та контрольні точки;
- ✓ управління ризиками
- ✓ ефективне управління змінами у проекті та забезпечення їх відповідності цілям.

У контексті розвитку транспортної інфраструктури населених пунктів, PRINCE2 може бути корисним для великих проектів з численними стейкхолдерами та складними вимогами. Використання PRINCE2 допоможе

забезпечити структурований та систематичний підхід до управління проектами, що сприятиме їх успішній реалізації.

«A Guidebook of Project and Program Management for Enterprise Innovation» (P2M) – це стандарт управління проектами, який створений на основі досвіду Японії з 1999 року. Він спрямований на підвищення ефективності та інноваційності в управлінні проектами та програмами.

P2M надає методики та інструменти для візуалізації проектів з більшою доданою вартістю та інноваційними програмами. Він дозволяє організаціям краще розуміти та керувати проектами, спрямованими на впровадження нововведень та розвиток. Заснований на японському досвіді, P2M відзначається своєю системністю та прагненням до постійного вдосконалення [51]. P2M – це систематизований підхід до керування проектами, спрямований на ефективне впровадження проектів в межах чіткої організаційної структури. Цей підхід охоплює процеси координації роботи команди та завдань у проекті, від початкового планування до управління змінами в ході виконання проекту [3]. P2M дозволяє розділити проект на керовані частини, що сприяє ефективному розподілу ресурсів та систематичному моніторингу прогресу. Єдина термінологія та чітко визначені ролі учасників проекту сприяють зрозумінню та спільному розумінню всіма сторонами. Цей підхід може бути адаптований до будь-якої організації та складності проекту, що робить його універсальним і ефективним інструментом управління проектами.

Agile – це методологія управління проектами акцентується на гнучкості, ітераціях та взаємодії зі зацікавленими сторонами. Він особливо корисний для швидкозростаючих проектів та ситуацій, де вимоги можуть змінюватися [86]. Відмінною особливістю Agile є зосередження на постійному взаємодії з клієнтом та частому випуску функціональності (ітераціям). Agile використовується в ситуаціях, коли вимоги до проекту можуть змінюватися протягом його виконання або коли необхідно швидко реагувати на зміни на ринку. Цей підхід дозволяє забезпечити більшу прозорість, зменшити ризики та підвищити задоволення клієнта від результату проекту.

PERT (Program Evaluation and Review Technique) – це метод управління проектами, яка використовується для аналізу та планування завдань у проекті. Вона спрямована на оцінку часових рамок та імовірностей завершення окремих етапів проекту [94]. Однією з найвідоміших його частин є діаграми взаємозв'язків робіт і подій. Ці діаграми використовуються для візуалізації послідовності завдань у проекті та їх залежностей. У PERT використовуються різні типи діаграм:

- діаграми-графи з роботами на вузлах – це графіки, на яких кожна робота у проекті представлена вузлом, а стрілки показують зв'язки між ними. Ці діаграми допомагають візуалізувати послідовність виконання завдань і визначити критичний шлях у проекті.

- діаграми-графи з роботами на стрілках (мережеві графіки). У цих графіках роботи представлені стрілками, які показують послідовність та залежності між ними. Ці діаграми дозволяють керівникам проекту оцінити тривалість проекту та визначити критичні шляхи.

- Діаграми Ганта - це діаграми, які використовуються для візуалізації часової лінії проекту. Кожне завдання в проекті представлене смугою на горизонтальній осі, а його тривалість відображена у вигляді відрізків на цій смузі. Діаграми Ганта допомагають керівникам проекту встановити терміни виконання робіт та відстежувати прогрес проекту у часі.

Ці діаграми допомагають зрозуміти структуру та послідовність завдань у проекті, що дозволяє ефективно керувати його виконанням.

1. Earned Value Management (EVM) – цей метод вимірює реальний прогрес проекту в порівнянні з планом та бюджетом. Він дозволяє оцінити ефективність використання ресурсів та вчасність виконання робіт [156].

2. Waterfall (Каскадна модель) – це модель передбачає послідовне виконання етапів проекту, починаючи з визначення вимог та планування, а потім переходячи до виконання, тестування та впровадження. Цей підхід підходить для проектів з чітко визначеними вимогами та невеликим ризиком змін [106].

Управління проектами у сфері розвитку транспортної інфраструктури може вимагати комбінації цих методологій в залежності від конкретних вимог та умов проекту. Важливо обирати підхід, який найкраще відповідає потребам та характеристикам конкретного проекту, а також забезпечує ефективну комунікацію та співпрацю між всіма зацікавленими сторонами [25]. Поглянемо на кожен з цих методологій управління проектами з точки зору критичного аналізу (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Критичний аналіз методологій управління проектами

Переваги	Недоліки
1	2
PMBoK (Guide to the Project Management Body of Knowledge)	
PMBoK надає широкий огляд стандартів та практик управління проектами, що дозволяє стандартизувати процеси управління проектами у різних організаціях.	Може бути дещо важким для впровадження через свою об'ємність та складність. Потребує значних зусиль для адаптації до конкретної організаційної потреби.
PRINCE2	
PRINCE2 надає структурований підхід до управління проектами, який дозволяє ефективно контролювати і виконувати проекти.	Може бути дещо формалістичним та важким для впровадження у деяких організаціях. Може вимагати великої кількості документації.
P2M (Project and Program Management for Enterprise Innovation)	
P2M забезпечує підхід до управління як окремими проектами, так і програмами, що сприяє інноваціям у підприємстві.	Може бути менш популярним і менш доступним порівняно з іншими методологіями.
Agile	
Agile надає гнучкий підхід до управління проектами, що дозволяє швидко адаптуватися до змін у вимогах та умовах.	Може бути менш підходящим для проектів з великим обсягом та строгою контрольованістю.
PERT (Program Evaluation and Review Technique)	
PERT дозволяє оцінювати та планувати часові рамки для складних проектів.	Може бути менш ефективним для проектів з низьким рівнем невизначеності часових рамок.
Waterfall	
Waterfall надає структурований підхід до управління проектами, що може бути ефективним для проектів з чітко визначеними вимогами та етапами.	Може бути менш гнучким для проектів, де вимоги часто змінюються

Джерело: складено автором

Кожна з цих методологій має свої переваги та недоліки, і вибір методу управління проектом повинен залежати від специфіки проекту, вимог клієнта та ресурсів, доступних для впровадження.

Можливості використання вказаних методологій для управління проектами розвитку транспортної інфраструктури населених пунктів охарактеризовані в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Можливості використання методологій для управління проектами розвитку транспортної інфраструктури населених пунктів

Методологія	Можливості використання
PMBoK (Guide to the Project Management Body of Knowledge)	PMBoK може бути корисним для управління проектами будівництва доріг, мостів, аеропортів та інших транспортних об'єктів. Він надає структурований підхід до планування, виконання та контролю проектів.
PRINCE2	PRINCE2 може бути використаний для керування складними проектами, такими як будівництво магістралей, розвиток громадського транспорту та інші інфраструктурні проекти.
P2M (Project and Program Management for Enterprise Innovation)	P2M може бути корисним для управління складними проектами з розвитку транспортної інфраструктури, що мають інноваційний характер.
Agile	Agile може бути використаний для проектів, де вимоги та умови можуть змінюватися, наприклад, для розвитку нових транспортних технологій чи послуг.
PERT (Program Evaluation and Review Technique)	PERT може бути корисним для розподілу ресурсів та управління графіком великих проектів із розвитку транспортної інфраструктури.
EVM (Earned Value Management)	EVM може бути корисним для контролю вартості та продуктивності великих проектів розвитку транспортної інфраструктури.
Waterfall	Waterfall може бути використаний для проектів з відомими та стабільними вимогами, такими як розробка транспортної інфраструктури з визначеним обсягом та бюджетом.

Джерело: складено автором

Будь-які розробки та будівництва контролюються стандартами ISO. Стандарти ISO (Міжнародна організація зі стандартизації) є міжнародними нормативами, розробленими для забезпечення якості, безпеки та ефективності в різних сферах діяльності. Один з найбільш відомих стандартів є ISO 9000 – це сімейство стандартів, пов'язаних із системами управління якістю [25].

1.3. Аналіз інформаційних технологій для управління проектами розвитку транспортної інфраструктури

У сучасних умовах інформаційні технології відіграють ключову роль у управлінні проектами розвитку транспортної інфраструктури. Інформаційні технології стали необхідним інструментом для планування, виконання та моніторингу проектів розвитку транспортної інфраструктури. Вони дозволяють збирати, аналізувати та використовувати великі обсяги даних про дороги, мости, залізниці та інші елементи інфраструктури.

Для управління проектами розвитку транспортної інфраструктури існують наступні інформаційні технології:

1. Програмне забезпечення для управління проектами (Project Management Software). Існують різноманітні програмні рішення для управління проектами, включаючи такі, як: Microsoft Project, Oracle Primavera, Asana, Jira тощо [101]. Багато компаній і організацій вже використовують такі програмні продукти для планування, виконання та контролю проектів у сфері транспортної інфраструктури. Ці інструменти допомагають управляти проектами, використовуючи різні методики, від традиційних (наприклад, Waterfall) до Agile, забезпечуючи ефективне планування, виконання та контроль за процесами у сфері транспортної інфраструктури.

2. Інформаційні системи геомоніторингу (Geomatics Information Systems) - це програмне забезпечення, яке використовується для збору, зберігання, аналізу, обробки та візуалізації географічної інформації [84]. GIS стають все більш поширеними в сфері транспортної інфраструктури, проте

вони ще не використовуються у всіх проектах. GIS використовують для аналізу географічних даних, таких як мережі доріг, залізниць, портів, для планування, оптимізації та моніторингу розвитку транспортної інфраструктури. Одні із найпопулярніших систем геомоніторингу [84]:

- ArcGIS. Вона надає розширені можливості для аналізу географічних даних, створення карт, виконання просторових аналітичних операцій та спеціалізованих додатків для управління та планування розвитку транспортної інфраструктури.
- QGIS (Quantum GIS) - це безкоштовна та відкрита для використання географічна інформаційна система, яка надає широкі можливості для аналізу та візуалізації геоданих. Вона часто використовується у наукових дослідженнях, управлінні природними ресурсами та плануванні транспортних маршрутів.
- GRASS GIS - це інструментальний пакет з відкритим вихідним кодом для обробки та аналізу геопросторових даних. GRASS GIS надає різноманітні можливості для роботи з геоданими та виконання геопросторового аналізу для управління розвитком транспортної інфраструктури.
- Google Earth Engine - це хмарна платформа для аналізу та обробки великих обсягів географічних даних. Вона дозволяє використовувати велику кількість даних з супутникових знімків та інших джерел для аналізу змін у транспортній інфраструктурі та середовищі.
- OpenStreetMap (OSM) - це проект з створення вільної та відкритої географічної бази даних, яка може використовуватися для створення карт та аналізу геоданих. OSM надає можливість спільного користування та редагування географічних даних у режимі реального часу.

3. IoT технології. Використовуються для відстеження руху транспортних засобів, контролювання руху на дорогах, виявлення та усунення проблем. Найбільш відомі системи моніторингу та управління рухом транспорту включають [121]:

- GPS-відстеження;
- транспортні системи керування (TMS);

- системи контролю доступу до об'єктів (ACS);
- системи управління паркуванням;
- системи моніторингу трафіку;
- системи відеоспостереження та реєстрації;
- системи автоматизованого керування світлофорами.

IoT технології знаходять все більше застосувань у сфері транспортної інфраструктури, але їх потенціал ще не повністю реалізований. Їх використовують для збору даних про стан транспортної інфраструктури, моніторингу дорожнього руху, управління енергоспоживанням тощо. Покращують ефективність та безпеку перевезень, дозволяють вчасно реагувати на проблеми та забезпечують високу якість обслуговування.

4. Моделювання транспортних потоків. Найбільш відомими програмами для моделювання транспортних систем є DRACULA, AIMSUN 2, VISSIM, CORSIM, PARAMICS. Вони використовуються для розробки та використання моделей транспортних потоків, що допомагає планувати оптимальне використання існуючої інфраструктури, виявляти проблемні ділянки та прогнозувати вплив нових проектів на транспортний рух.

5. Інтегровані системи управління транспортною інфраструктурою (IIMS) - це комплексні програмні рішення, спрямовані на управління різними аспектами транспортної інфраструктури, такими як дороги, залізниці, аеропорти, мости та інші об'єкти [22]. Існують наступні IIMS:

- IBM Maximo - це програмне забезпечення для управління активами, яке часто використовується для обслуговування і управління інфраструктурою транспортних мереж.
- Cityworks - ця система призначена для управління інфраструктурою міських транспортних систем, включаючи дороги, мости, водопровідні мережі тощо.
- TransCAD - це програмне забезпечення для моделювання та аналізу транспортних систем, яке може використовуватися для планування розвитку інфраструктури.

6. Технології штучного інтелекту та машинного навчання активно впроваджуються у сфері транспортної інфраструктури. Вони використовуються для прогнозування потреб в інфраструктурі, оптимізації маршрутів, планування розвитку та прийняття рішень.

7. Біг-дата та аналітика. Зі зростанням кількості даних, що збираються від сенсорів, GPS, мобільних додатків тощо, біг-дата та аналітика стають все важливішими. Аналіз великих обсягів допомагає зрозуміти патерни та тенденції руху транспорту, попит на перевезення, переваги та недоліки існуючих інфраструктурних рішень.

8. Мобільні додатки та платформи для пасажирів. Вони полегшують доступ до інформації та послуг для пасажирів, сприяють оптимізації маршрутів та покращенню якості обслуговування.

9. Хмарні технології забезпечують збереження та обробку даних, доступ до програм та ресурсів з будь-якого місця, дозволяють зберігати великі обсяги даних, спільно працювати над проектами та масштабувати інфраструктуру за потреби.

Ці всі технології сприяють ефективному управлінню та розвитку транспортної інфраструктури, але вони також вимагають комплексного підходу та інтеграції з існуючими процесами та системами.

Зважаючи на перераховані технології та системи, розглянемо більш детальний аналіз їх переваг та недоліків з позиції використання для управління проектами розвитку транспортної інфраструктури.

Ці всі інформаційні технології та системи мають великий потенціал для покращення управління проектами розвитку транспортної інфраструктури, але їх використання потребує уважного аналізу відповідно до потреб і особливостей конкретного проекту.

Як зазначалося раніше, ключовими інструментами у сфері моделювання транспортних систем є програми DRACULA, AIMSUN 2, VISSIM, CORSIM і PARAMICS. Для успішного управління проектами розвитку транспортної інфраструктури важливо ретельно вивчити характеристики, переваги та недоліки

кожної програми і вибрати ту, яка найкращим чином відповідає потребам та обмеженням конкретного проекту (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Переваги та недоліки використання програм для моделювання транспортних систем

Переваги	Недоліки
DRACULA	
Надає можливість моделювання та аналізу великомасштабних транспортних мереж з високою точністю. Програма має потужні інструменти для прогнозування та аналізу руху транспорту у час пік навантаження.	Складна для використання для великих масштабів проектів. Вимагає значних обчислювальних ресурсів для обробки великих об'ємів даних.
AIMSUN 2	
Має високу точність у моделюванні руху транспорту та може враховувати різні аспекти дорожньої інфраструктури. Програма надає багато інструментів для аналізу та оптимізації транспортних мереж.	Ця програма може бути вартісною, якщо потрібні додаткові функції або розширені можливості моделювання.
VISSIM	
Відома своєю зручністю використання. Має широкий набір функцій для аналізу та оптимізації руху транспорту в місті.	Обмежена точність моделювання в деяких випадках, особливо при великих масштабах або складних дорожніх умовах. Може виявитися менш ефективним для великих та складних мереж, порівняно з іншими програмами.
CORSIM	
Відома своєю високою точністю та ефективністю у моделюванні транспортних потоків. Програма має розширені можливості аналізу та інтеграції з іншими системами управління транспортною інфраструктурою.	Вимоглива до ресурсів комп'ютера та важким для налаштування. Її використання може вимагати певного рівня експертизи у моделюванні транспортних потоків.
PARAMICS	
Надає зручний інтерфейс та широкий набір інструментів для моделювання руху транспорту. Володіє високою швидкістю обробки та може ефективно моделювати великі транспортні мережі.	Менш точна у деяких випадках порівняно з більш складними програмами. Може мати певні обмеження у використанні для деяких типів транспортних мереж або умов.

Джерело: складено автором

На даний момент однією із найпопулярніших інформаційних системи геомоніторингу в Україні є OpenStreetMap (OSM) [128].

OpenStreetMap (OSM) є відкритою та вільною географічною базою даних, яка може бути корисною для управління проектами розвитку транспортної інфраструктури. Основні аспекти її використання:

1. Джерело географічних даних. OpenStreetMap надає доступ до великої кількості географічних даних, включаючи дані про дороги, мости, залізниці, аеропорти та інші об'єкти транспортної інфраструктури.

2. Картографічні можливості. OpenStreetMap надає можливості візуалізації географічних об'єктів на мапі з різними рівнями деталізації, що дозволяє краще розуміти розташування та характеристики транспортної інфраструктури.

3. Оновлення та співпраця. OSM заснована на принципах співпраці та взаємодії користувачів, тому дані постійно оновлюються та розширюються завдяки внеску спільноти. Це може бути корисно для залучення громадськості до виявлення проблем та вдосконалення інфраструктури.

4. Інтеграція з іншими системами. OpenStreetMap може бути легко інтегрована з іншими системами та програмним забезпеченням для використання в проектах управління транспортною інфраструктурою.

5. Відкритість та доступність. OSM є відкритою та безкоштовною платформою, що робить її доступною для використання широкому колу користувачів, включаючи урядові та неприбуткові організації.

OpenStreetMap має ряд функціональних можливостей:

1. Відображення географічних об'єктів. OSM показує різні типи географічних об'єктів, такі як дороги, будівлі, водойми, залізниці, ліси, парки та інші (рис.1.4).



Рисунок 1.4 – Карта однієї з вулиць відображених через OSM

Джерело: складено автором на основі [22]

2. Пошук місць. Користувачі можуть шукати конкретні місця або об'єкти за назвою, адресою або координатами.
3. Маршрутизація. OSM дозволяє створювати маршрути між двома або більше точками, враховуючи дорожню мережу та інші обмеження (рис. 1.5).

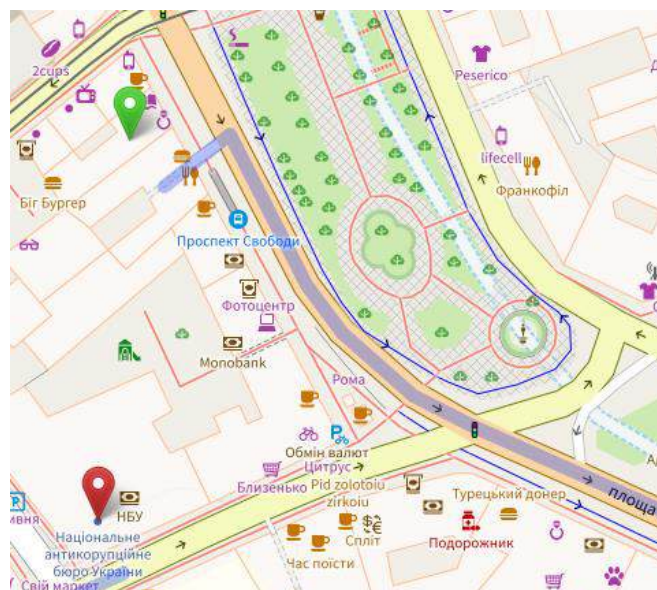


Рисунок 1.5 – Частина транспортного маршруту між необхідними точками
місця призначення

Джерело: складено автором на основі [22]

4. Редагування карти. Будь-хто може вносити зміни до карти, додаючи нові об'єкти, виправляючи помилки або оновлюючи інформацію про існуючі об'єкти.

5. Розширені дані. OSM надає розширені дані про географічні об'єкти, такі як атрибути будівель, класифікація доріг, рельєф території та багато іншого.

6. Використання у різних додатках. Карти OSM використовуються у багатьох мобільних додатках, навігаторах, веб-сайтах та інших програмах для відображення географічної інформації.

7. Різноманітність картографічних стилів. OSM дозволяє вибирати з різноманітних картографічних стилів або навіть створювати власні стилі для відображення картографічної інформації (рис. 1.6).

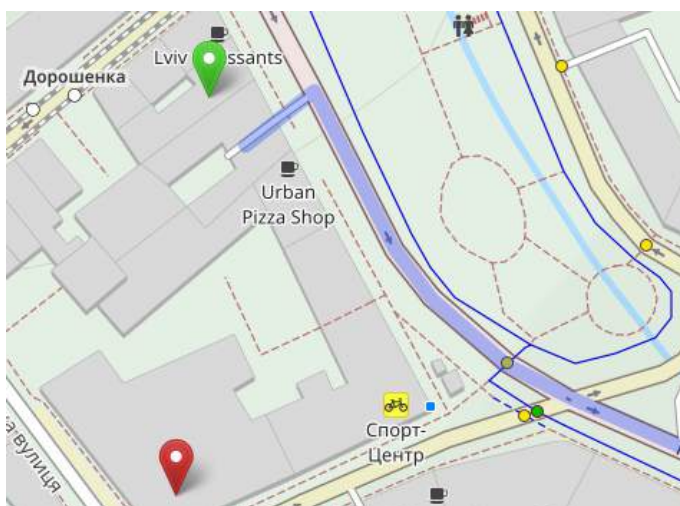


Рисунок 1.6 – Частина велосипедної карти

Джерело: складено автором на основі [22]

8. Відображення тематичної інформації. OSM може відображати тематичну інформацію на карті, таку як місця для відпочинку, магазини, ресторани, аптеки тощо.

Хоча OpenStreetMap має свої переваги, включаючи безкоштовний доступ до даних та гнучкість у використанні, вона також може мати обмеження у точності даних та охопленні областей, залежно від активності спільноти та

області застосування. Також важливо враховувати питання щодо авторських прав та ліцензування при використанні даних OSM у комерційних проектах.

Можна сказати, що використання сучасних інформаційних технологій та програмних засобів є ключовим чинником для ефективного управління проектами розвитку транспортної інфраструктури, що допомагає підвищити ефективність, знизити витрати та покращити якість життя громадян.

1.4. Важливість та особливості реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час

Післявоєнний час є періодом, коли розвиток транспортної інфраструктури набуває особливої важливості через низку факторів [127]:

1. Економічне відновлення. Після війни транспортна інфраструктура буде пошкоджена або зруйнована. Реалізація проектів розвитку транспортної інфраструктури допомагає відновити економіку, стимулюючи економічний розвиток через поліпшення доступності та ефективності транспортних систем.

2. Соціальна стабільність. Функціонуюча та розвинута транспортна інфраструктура сприяє соціальній стабільності, забезпечуючи доступ до освіти, медичних послуг, працевлаштування та інших соціальних ресурсів. Це особливо важливо для України після війни, коли потрібно відновити підтримку громади та повернути її до нормального життя.

3. Безпека та оборона. Розвинена транспортна інфраструктура відіграє ключову роль у забезпеченні безпеки та обороноздатності країни. Вона дозволяє швидко пересувати війська, матеріали та екіпажі, забезпечуючи ефективну реакцію на потенційні загрози, що можуть виникнути у майбутньому.

4. Стале економічне зростання. Проекти розвитку транспортної інфраструктури створюють нові можливості для бізнесу та промисловості,

стимулюючи інвестиції та створюючи робочі місця. Вони також сприяють розвитку туризму, торгівлі та інших секторів економіки.

5. Інтеграція та зв'язок. Розвиток транспортної інфраструктури допомагає забезпечити ефективну інтеграцію регіонів, розв'язати проблеми доступності та зв'язку між населеними пунктами, що сприяє зближенню та співробітництву.

5. Екологічні аспекти. Розвиток транспортної інфраструктури повинен враховувати екологічні аспекти, зменшувати викиди шкідливих речовин та сприяти збереженню природних ресурсів.

У цьому контексті успішна реалізація проектів розвитку транспортної інфраструктури в післявоєнний час передбачає комплексний підхід, який враховує потреби та вимоги сучасного суспільства.

Загальна завдана шкода транспортному сектору оцінюється у 35,7 мільярда доларів США (рис. 1.7).

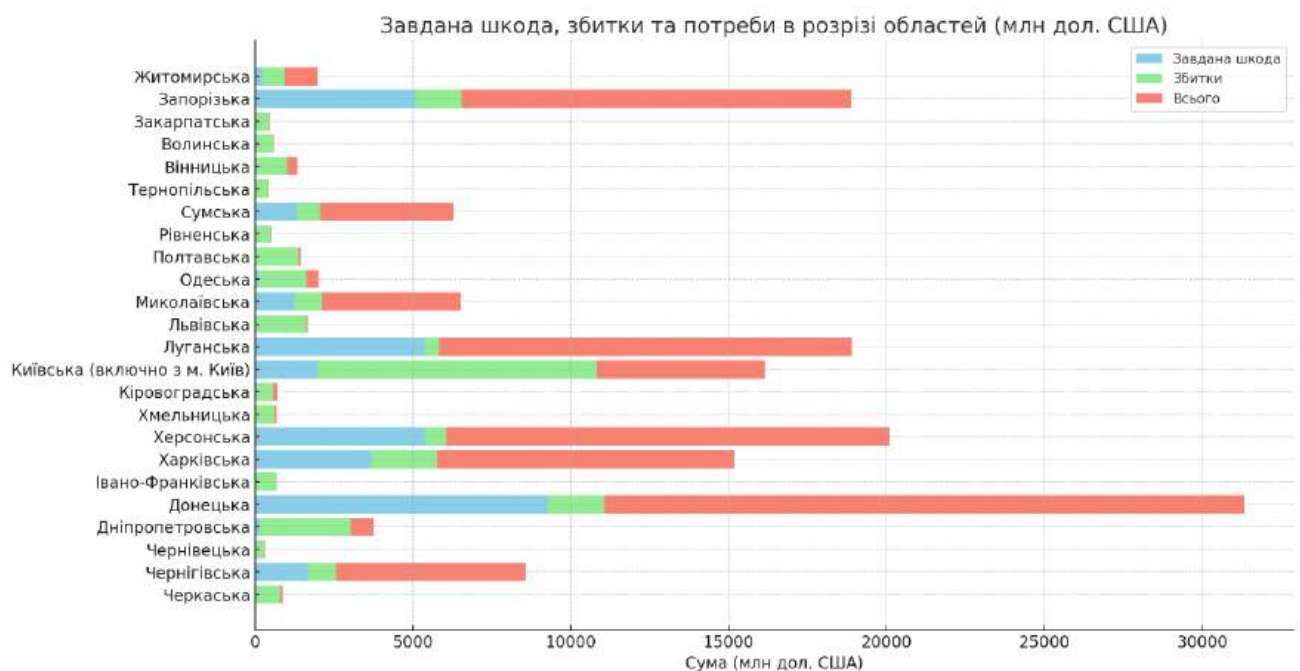


Рисунок 1.7 – Гістограма завданої шкода, збитків та потреби відновлення в розрізі областей України (млн дол. США).

Джерело: складено автором на основі [157]

Найбільших пошкоджень зазнали наступні об'єкти:

- обласні й сільські дороги місцевого значення та вулиці й дороги комунальної власності в межах населених пунктів, разом;
- автомобільні дороги державного значення, а саме: міжнародні, національні, регіональні й територіальні;
- залізнична інфраструктура, рухомий склад, обладнання та інші активи.

Шкода, завдана транспортній інфраструктурі, розподіляється нерівномірно та, очевидно, пов'язана зі змінами інтенсивності подій війни. Значний обсяг завданої шкоди зосереджено у населених пунктах, де точилися більш тривалі бої [157].

Ключові пріоритетні завдання буде зосереджено на задоволенні нагальних потреб, що включають низку заходів [157]. Потреба прискореного обстеження, розмінування та вивільнення земельних ділянок на територіях, які повернулися під контроль уряду України, є критичною для уникнення затримок у відновленні доступу до цих земель. Масштабне обстеження та розмінування стали основною перешкодою для проведення аварійних ремонтних робіт на таких територіях.

Уряд в державних бюджетах на 2026-2027 рр. передбачив щонайменше 350 млн. євро (в гривневому еквіваленті) на будівництво, реконструкцію, відновлення, модернізацію та оновлення пошкоджених та зруйнованих об'єктів транспортної інфраструктури відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року, в тому числі частину з яких буде спрямовано на регіональний рівень (як частина індикатора розділу «Децентралізація» щодо спрямування 20% на субнаціональний рівень).

З усіх інвестицій в транспортний сектор, що фінансуються в рамках Компоненту I Ukraine Facility, ті, що спрямовані на залізницю та портові послуги, сприятимуть вирішенню екологічних та кліматичних проблем. Ці інвестиції становлять приблизно 80% від загального обсягу інвестицій в транспортний сектор за Компонентом I [127].

Задача ефективного використання ресурсів у сфері розвитку транспортної інфраструктури передбачає оптимальне використання фінансових, людських та матеріальних ресурсів з метою максимізації користі. Це включає в себе не лише розподіл доступних коштів, а й ефективне управління проектами, враховуючи їхній потенціал для забезпечення якісної та довготривалої інфраструктури. Проблеми можуть виникати через недостатню координацію різних джерел фінансування, неефективне управління проектами, а також недостатній контроль над використанням ресурсів [50].

Інтеграція новітніх технологій, таких як штучний інтелект, IoT та Big Data, може прискорити процеси планування, будівництва та експлуатації транспортної інфраструктури. Однак інтеграція цих технологій вимагає додаткових витрат на їх розробку, впровадження та підтримку. Проблеми можуть виникнути при пошуку оптимальних рішень з використання цих технологій, а також у забезпеченні їхньої сумісності та безпеки [44].

Сталість та екологічність розвитку транспортної інфраструктури є важливими аспектами в умовах зростаючої екологічної свідомості та вимог до сталого розвитку. Невирішеними залишаються питання щодо впливу будівництва та експлуатації інфраструктури на навколишнє середовище, а також можливості використання екологічних технологій та матеріалів [36].

Управління ризиками та невизначеністю є важливою складовою успішного розвитку проектів транспортної інфраструктури. Оскільки ці проекти часто мають великий масштаб та тривалість, вони можуть супроводжуватися різноманітним ризикам, таким як зміни в політичному середовищі, економічні коливання або природні катастрофи [40].

Залучення громадськості та участь громади є важливими для створення легітимності та підтримки для проектів розвитку транспортної інфраструктури. Проте недостатня увага до цього аспекту може призвести до конфліктів та затримок у реалізації проектів [42].

Управління розробкою інфраструктури в міських середовищах потребує специфічних стратегій та підходів, оскільки ці проекти мають великий вплив на якість життя мешканців та стан довкілля.

Геопросторовий аналіз може забезпечити важливі дані та інформацію для планування та управління проектами транспортної інфраструктури, враховуючи географічні особливості та потреби населення. Однак існує необхідність в подальших дослідженнях та розробці методів аналізу для оптимального використання цієї інформації у практичних проектах [22].

Перераховані вище невирішені завдання потребують реалізації відповідних проектів та вимагають подальших досліджень. Зокрема, це стосується розробки нових методів та моделей управління проектами розвитку транспортної інфраструктури.

Висновки до розділу 1

1. На підставі виконаного аналізу сучасного стану транспортної інфраструктури на території України встановлено, що вона є основою для розвитку економіки, торгівлі, соціальної та інших сфер. Внаслідок воєнної агресії росії в Україні пошкоджених 25,1 тис. км доріг, а також 344 мости й мостові переходи державного, місцевого або комунального значення, що завдало збитків від прямого руйнування дорожньої інфраструктури приблизно на 26,7 млрд. дол. США. Водночас низка урядових програм скеровані на відбудову транспортної інфраструктури держави, що зумовлює доцільність реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури.

2. Виконаний аналіз існуючих методологій, моделей та методів управління проектами розвитку транспортної інфраструктури вказує на необхідність їх адаптації та вдосконалення із врахуванням сучасних умов нашої держави та чинних вимог. Водночас реалізація проектів розвитку транспортної інфраструктури супроводжується численними викликами, такими як збільшення трафіку, потреба у забезпеченні стійкості, зменшенні екологічного впливу та забезпечення безпеки мешканців. Це потребує комплексного підходу

до використання інструментарію управління проектами, та зокрема розробки нових та удосконалення існуючих моделей та методів управління проектами розвитку транспортної інфраструктури, які базуються на сучасних інформаційних технологіях та враховують особливості проектного середовища.

3. Проведений аналіз інформаційних технологій, що використовуються для управління проектами розвитку транспортної інфраструктури, показує їх значний потенціал у підвищенні ефективності та якості проектів. Сучасні інформаційні технології, такі як системи управління проектами є достатньо вагомими інструментами для покращення планування, моніторингу та контролю за виконанням робіт. Проте, незважаючи на їх очевидні переваги, існують певні обмеження та виклики, що унеможливлюють їх повне використання для управління проектами розвитку транспортної інфраструктури в існуючому проектному середовищі. Кожен проект розвитку транспортної інфраструктури має свої унікальні особливості та специфічне проектное середовище, тому існуючі інформаційні технології потребують суттєвої адаптації, щоб відповідати конкретним потребам проекту.

4. Встановлено, що реалізація проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час має особливу важливість і супроводжується унікальними викликами. Післявоєнний період вимагає швидкого та ефективного відновлення зруйнованих об'єктів, а також модернізації та розширення існуючої інфраструктури для забезпечення стабільного економічного розвитку та поліпшення якості життя населення. Розробка та впровадження нових моделей та методів управління проектами розвитку транспортної інфраструктури є ключовим завданням у післявоєнний час. Це дозволить забезпечити ефективне відновлення та модернізацію транспортної мережі, сприяючи стабільному економічному розвитку та підвищенню якості життя населення.

Розділ 2

ДОЦІЛЬНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

2.1. Доцільність реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період

Існуючий стан транспортної інфраструктури на окремих територіях (населених пунктів, громад, районів тощо) безпосередньо впливає на функціонування та розвиток усіх напрямків життя та діяльності населення. Особливо це стосується у післявоєнний час. При цьому значна частина об'єктів транспортної інфраструктури (автомобільні дороги, мости тощо) пошкоджені або знищені із-за бойових дій. Інша частина пошкоджені із-за відсутності належного догляду за ними. Пошкоджені об'єкти транспортної інфраструктури окремих територій суттєво знижують інвестиційну привабливість. Окрім того, вони впливають на безпеку учасників дорожнього руху та вартість житлової нерухомості у цих районах (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Причини, що зумовлюють доцільність реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури

- поганим з'єднанням ділянок дорожньої мережі між собою;
- відсутністю повноцінного доступу до місць праці, відпочинку та навчання різних верст населення;
- зростанням небезпек для населення із-за незадовільного стану транспортної інфраструктури;
- появою соціального незадоволення через те, що населення не може задовольнити свої життєво необхідні потреби.

Під проєктом розвитку транспортної інфраструктури розуміється множина дій, спрямована на покращення та розширення об'єктів транспортних мереж, які стосуються ремонту, будівництва та реконструкції, а також експлуатації та утримання доріг, мостів та інших дорожніх шляхів, що забезпечує отримання цінності для стейкхолдерів та населення окремих територій (вулиць, населених пунктів, громад, районів, країни тощо). Метою таких проєктів є поліпшення доступності та ефективності використання транспортних систем, зменшення транспортних заторів, сприяння економічному зростанню заданих територій, підвищення конкурентоспроможності регіону та полегшення переміщення населення та обігових товарів.

Проєкти розвитку транспортної інфраструктури ініціюються як урядовими, так і приватними суб'єктами для вдосконалення транспортної системи у різних масштабах вулиць, населених пунктів, громад, районів, країни або навіть і міжнародних (будівництво швидкісних автомагістралей тощо).

Розбудова транспортної системи окремих територій значно підвищує ефективність використання як існуючої, так і нової транспортної інфраструктури. Для цього слід аналізувати дані та на їх основі виконувати прогнозування кількості автотранспорту, який використовуватиме транспортні об'єкти, протяжність автомобільних доріг, потребу населення та підприємств у експлуатації транспортній мережі, а також перспективні обсяги житлового будівництва, що значно збільшить навантаження на транспортну інфраструктуру заданої території тощо.

Таблиця 2.1 – Характеристики складових проекту відновлення транспортної інфраструктури заданої території у післявоєнний період

Вид проекту	Проектне середовище	Проект	Продукт проекту	Управління проектом
Проект відновлення транспортної інфраструктури	Природно-кліматичні умови, географічне розташування, демографічні та соціально-економічний стан, рівень розвитку інфраструктури, стан безпеки	Множина дій спрямованих на відновлення до довоєнного стану або модернізацію об'єктів транспортної інфраструктури	Бажана (відновлена або модернізована) транспортна інфраструктура заданої території	Управлінські процеси, методи та моделі управління проектом відновлення транспортної інфраструктури

При цьому характеристики проектного середовища P_{ei} , а також існуючий стан транспортної E_{ti} та безпекової E_{si} інфраструктури заданих територій (населених пунктів, громад, районів тощо) формують вхідні показники X_i кожного із i -х проектів:

$$X_i \in (P_{ei}, E_{ti}), \quad (2.1)$$

де P_{ei} – характеристики проектного середовища; E_{ti} – характеристики існуючого стану транспортної інфраструктури заданих територій.

До характеристик проектного середовища P_{ei} належать:

$$P_{ei} \in (N_{ci}, G_{li}, D_{ei}, S_{ei}), \quad (2.2)$$

де N_{ci} – природно-кліматичні умови заданих територій; G_{li} – географічне розташування заданих територій; D_{ei} – демографічні показники заданих територій; S_{ei} – соціально-економічний стан заданих територій.

До характеристик E_{ti} існуючого стану транспортної інфраструктури заданих територій у післявоєнний період належать:

$$E_{ti} \in (C_{qi}, A_{ci}, A_{ti}, A_{fi}, L_{si}), \quad (2.3)$$

де C_{qi} – стан та якість доріг; A_{ci} – доступність для населення заданих територій транспортних засобів; A_{ti} – доступність для населення заданих територій транспортних послуг; A_{fi} – наявність об'єктів інженерної інфраструктури (мостів, транспортних розв'язок тощо) на заданій території; L_{si} – рівень безпеки дорожнього руху [68].

У післявоєнний період фізичний стан та якість C_{qi} доріг є вкрай незадовільним. Цей показник характеризується довжиною та якістю асфальтованих і ґрунтових доріг. Більшість доріг у сільській місцевості потребують ремонту або реконструкції. Це негативно впливає на безпеку руху, а також ускладнює транспортування вантажів і пасажирів. У багатьох громадах відсутні або недостатньо розвинені автомобільні дороги. Це ускладнює доступ до соціальних послуг, освіти, роботи та інших можливостей для населення громади. [68].

Стосовно доступності транспортних засобів A_{ci} для населення громади, то цей показник відображає кількість транспортних засобів на душу населення, частоту руху автобусів, маршрутних таксі, або інших видів громадського транспорту, а також зручність та доступність транспортних вузлів.

Доступність для населення громади транспортних послуг A_{ti} характеризується наявністю послуг таксі або інших форм індивідуального

транспорту, а також можливістю користування транспортом для медичних потреб (автомобілі швидкої допомоги, медичні транспортні послуги тощо). Врахування цього показника допомагає зрозуміти, наскільки ефективно транспортна інфраструктура в громаді задовольняє потреби мешканців у транспортних послугах, що сприяє розвитку території та сприяє безпеці та зручності руху [68].

Наявність об'єктів інженерної інфраструктури A_{fi} оцінюється за наявністю та якістю різних інженерних споруд, таких як мости та транспортні розв'язки, на заданій території. Цей показник є важливим для визначення рівня розвитку транспортної інфраструктури та забезпечення зручностей для мешканців. Він вказує на те, чи є на заданій території мости, які можуть забезпечувати зв'язок між різними частинами громади або із сусідніми територіями. Наявність різних типів мостів (пішохідні, автомобільні чи залізничні) може задовольняти різні транспортні потреби. Проводиться оцінка наявності транспортних розв'язок, таких як кільцеві перехрестя, перехрестя з підземними/надземними пішохідними переходами, що полегшують рух транспорту та пішоходів. Це виконується для виявлення того, наскільки добре ці транспортні розв'язки вирішують проблеми транспортного руху та забезпечують безпеку. Важливо оцінювати не лише наявність, але і стан різних інженерних споруд. Якщо вони у незадовільному стані, пошкоджені у результаті бойових дій та вторинних вражаючих факторів, а також потребують ремонту, це може впливати на їх функціональність та безпеку. Окрім того, оцінюється те наскільки добре зазначені об'єкти інтегруються з іншими системами, такими як дороги, залізниці, та інші транспортні мережі [68].

Рівень безпеки дорожнього руху L_{si} на заданих територіях у післявоєнний період можна оцінити за інтенсивністю дорожнього руху. Цей показник характеризує кількість транспортних засобів, які перетинають ділянку дороги за певний період часу. Інтенсивність дорожнього руху є одним з найважливіших чинників, що впливають на безпеку дорожнього руху. У

післявоєнний період інтенсивність дорожнього руху у заданих територіях, як правило, зростає, оскільки люди повертаються до своїх домівок та починають активно займатися сільським господарством [68].

Слід звернути увагу на структуру дорожньої мережі. Дорожня мережа заданих територій у післявоєнний період зазвичай потребує ремонту та реконструкції. Це пов'язано з тим, що дорожня інфраструктура була пошкоджена під час бойових дій. Неякісна дорожня поверхня, відсутність тротуарів та облаштування пішохідних переходів підвищують ризик дорожньо-транспортних пригод [68].

У післявоєнний період у громадах часто використовуються транспортні засоби, які були пошкоджені під час бойових дій. Такі транспортні засоби можуть бути несправними та не відповідати вимогам безпеки. Також у цей період у сільських громадах часто спостерігається підвищена агресивність учасників дорожнього руху. Це пов'язано з психологічним станом людей, які пережили війну. Агресивна поведінка учасників дорожнього руху підвищує ризик дорожньо-транспортних пригод. Оцінка цих показників дасть змогу визначити у проектах відновлення транспортної інфраструктури, які дії та заходи слід реалізувати, щоб підвищити безпеку дорожнього руху у сільських громадах у післявоєнний період [68].

Транспортна інфраструктура громад є нерівномірно розвиненою. У деяких громадах транспортна інфраструктура є відносно добре розвиненою, тоді як у інших вона вкрай незадовільна. Це створює додаткові труднощі для розвитку територій. Особливо важливим є розвиток транспортної інфраструктури в громадах, розташованих у віддалених районах. У таких громадах транспортна інфраструктура є особливо важливою для забезпечення доступу до соціальних послуг, освіти, роботи та інших можливостей. [68].

Успішний досвід розвитку транспортної інфраструктури як на українських, так і зарубіжних територіях свідчить про те, що слід здійснювати комплексне управління відповідними проєктами, яке базується на використанні сучасних інтелектуальних засобів, що значно підвищує ефективність прийняття

відповідних управлінських рішень [73]. Зокрема, використання інтелектуальних сервісів, які спрямовані на збір, збереження даних та за потреби використання загальнодоступної геопросторової інформації про стан транспортної інфраструктури та її окремих об'єктів, а також моделювання трафіку, забезпечує розробку ефективного управлінського інструментарію для реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури. Вивчення регламентів, сучасних технологій та можливості залучення інформаційно-комунікаційних технологій забезпечує ефективне планування та обґрунтування ефективних методів та моделей управління проєктами розвитку транспортної інфраструктури.

2.2. Особливості реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час

Реалізація проєктів розбудови транспортної інфраструктури у післявоєнний час має свої унікальні виклики та особливості через те, що воєнні дії призводять до значних пошкоджень та руйнувань транспортних інфраструктурних об'єктів. Однією із найголовніших особливостей є те, що після війни економіка як громад, так і регіонів та держави, зазнає серйозних збитків, що призводить до обмежених бюджетних інвестицій для відновлення та розвитку транспортної інфраструктури (рис. 2.2). При цьому виникає потреба за обмежених фінансових ресурсів ідентифікувати пріоритетні проєкти розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час, які стосуються відновлення або створення нових критичних об'єктів транспортної інфраструктури (мости, переправи, магістральні автошляхи тощо), без яких неможлива життєдіяльність на заданій території (населеному пункті, громаді, районі тощо). Саме це призводить до того, що окремі проєкти розвитку транспортної інфраструктури є достатньо актуальними, однак обмежені інвестиції не дають можливість їх першочергової реалізації. Із цього можна

означити таку особливість проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час, яка відображає доцільність максимізувати цінність для стейкхолдерів за обмеженого бюджету на реалізацію проєктів.



Рисунок 2.2 – Умови реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час

Для відомої кількості n потенційних проєктів, відомого бюджету C_i на реалізацію кожного i -го проєкту, відомої цінності V_i , що отримується від реалізації i -го проєкту та обсягу обмеженого бюджету B на реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури заданої території можна виконати ефективний розподіл обмежених фінансових ресурсів таким чином, щоб максимізувати цінність від реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури. Процес ідентифікації пріоритетних проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час можна описати формулою:

$$\max_{x_1, x_2, \dots, x_n} \sum_{i=1}^n V_i \cdot x_i, \text{ за умови } \sum_{i=1}^n C_i \cdot x_i \leq B, \quad (2.4)$$

де x_i – булева змінна, яка вказує на стан включення проекту розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час до фінального списку пріоритетних проектів ($x_i = 1$ – проект включений, $x_i = 0$ – проект виключений).

За можливості слід залучити міжнародні допомоги на реалізацію проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час та налагодити як інтелектуальне, так і волонтерське партнерство для виконання робіт у зазначених проектах. Міжнародна співпраця та допомога щодо реалізації i -х проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час є вагомими складовими успіху у отриманні бажаного продукту – створення бажаної транспортної інфраструктури для заданої території. При цьому бюджет i -х проектів матиме два джерела фінансування і визначається за формулою:

$$C_i = F_i + D_i, \quad (2.5)$$

де C_i – бюджет i -го проекту розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час; F_i – обсяг фінансування i -го проекту розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час за рахунок міжнародної співпраці та допомоги; D_i – обсяг фінансування i -го проекту розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час за рахунок внутрішніх джерел (бюджет громад, районів, регіонів та держави, спонсори, волонтери тощо).

Представлена формула (2.5) дає можливість врахувати фінансову підтримку та допомогу інших країн або ж міжнародних організацій під час реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час.

Окрім того, глобальні партнерства на міждержавних рівнях забезпечують вагому фінансову підтримку та бажані інвестиції проекти розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час. Окрім того, інтелектуальне

партнерство дає можливість отримати бажані технічні знання та специфічні ресурси (спецтехніка для виконання окремих видів робіт тощо) для реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час.

Попри фінансові ресурси, під час виконання проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час, досить часто існує дефіцит людських та матеріальних ресурсів. Це пов'язано із тим, що післявоєнний час проекти розвитку транспортної інфраструктури реалізуються у багатьох громадах та районах, які зазнали руйнувань, а також паралельно реалізуються проекти відбудови цивільних житлових будинків, об'єктів соціальної інфраструктури та виробничі об'єкти. Усе це спричиняє дефіцит різних видів людських ресурсів (фахівців із виконання окремих видів робіт), недостатність будівельних матеріалів та відповідно їх зростання у вартості. Для врахування дефіциту людських та матеріальних ресурсів під час реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний використовують вирази:

$$\sum_{i=1}^n L_i \leq L_{\partial}, \quad (2.6)$$

$$\sum_{i=1}^n M_i \leq M_{\partial}, \quad (2.7)$$

де n – кількість пріоритетних проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час, які потребують реалізації на заданій території, од; L_i – потреба у людських ресурсах для реалізації i -го проекту розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час, осіб; L_{∂} – кількість доступних людських ресурсів для реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури на заданій території, осіб; M_i – потреба у матеріальних ресурсах для реалізації i -го проекту розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час, од; M_{∂} –

кількість доступних матеріальних ресурсів для реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури на заданій території, од.

Описані вирази (2.6) та (2.7) дозволяють контролювати доступність ресурсів для виконання проектів розвитку транспортної інфраструктури та оцінити дефіцит цих ресурсів під час реалізації проектів у післявоєнний час. Для зниження ризиків несвоєчасно виконаних робіт із-за відсутності різних видів ресурсів слід розробляти та враховувати притиризикові заходи.

Під час планування виконання робіт у проектах розвитку транспортної інфраструктури після війни слід передбачати потребу у виконанні спеціальних видів робіт для пошкоджених об'єктів. Зокрема, на територіях, які зазнали значних руйнувань під час війни, можуть пошкодитися гідротермічні умови та ґрунти, що вимагає спеціальних управлінських рішень та технологій для відновлення транспортної інфраструктури. Це може стосуватися використання інноваційних інженерних технологій для відновлення стійкості ґрунтів, відновлення водних русел та потоків тощо. Для врахування потреби у спеціальних ресурсах під час реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний використовують вираз:

$$\sum_{i=1}^n S_i \leq S_0, \quad (2.8)$$

де S_i – потреба у спеціальних ресурсах для реалізації i -го проекту розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час, од; S_0 – кількість доступних спеціальних ресурсів для реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури на заданій території, од.

Під час реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час часто виникає потреба у розмінуванні окремих територій та об'єктів. Це пов'язано із наявними залишками нерозірваних снарядів, вибухівок, мін та інших небезпечних пристроїв на землі. Саме це є значною

перепорою для виконання робіт у проектах розбудови транспортної інфраструктури, так як існує небезпека для працівників інфраструктурних проектів, місцевого населення та самого процесу будівництва. При цьому важливо передбачити виконання робіт із залученням піротехніків, саперів або вибухотехніків, що забезпечить перевірку та знешкодження вибухонебезпечних об'єктів на території, де планується реалізація проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час. Для врахування потреби виконання робіт щодо вилучення вибухонебезпечних предметів на території реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час використовують вираз:

$$\sum_{i=1}^n Q_i \leq Q_0, \quad (2.9)$$

де Q_i – обсяг робіт із розмінування території для i -го проекту розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час, од; Q_0 – продуктивність доступних спеціальних ресурсів для розмінування заданої території за заданий проміжок часу, відведений на виконання цих робіт, од.

Розмінування дозволяє забезпечити безпеку виконавців робіт у проектах розвитку транспортної інфраструктури та цивільного населення від можливих небезпечних знахідок. Однак, це призводить до зростання бюджету проектів із-за виконання робіт щодо вилучення вибухонебезпечних предметів на території виконання проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час. При цьому, розмінування є необхідним та вагомим етапом у відновленні територій після війни і дозволяє безпечно та ефективно реалізовувати проекти розвитку транспортної інфраструктури, забезпечуючи захист працівників та цивільного населення від потенційних небезпек.

Створення сприятливого законодавства і регулюючих норм є вагомими передумовами для успішної реалізації проектів розвитку транспортної

інфраструктури у післявоєнний період. Вони забезпечують належну правову базу для діяльності щодо відновлення об'єктів транспортної інфраструктури та забезпечують стабільність та прозорість під час реалізації відповідних проектів. Насамперед слід мати таку законодавчу базу, яка повинно створить сприятливі умови для інвесторів, щоб зробити проекти транспортної інфраструктури привабливими для інвестицій. Для цього слід забезпечити сталі правила щодо власності на створені об'єкти інфраструктури, забезпечити захист інвестицій, знизити податкові пільги та реалізувати інші заходи для підтримки потенційних інвесторів. Вагомими є прозорі та пришвидшені процедури щодо узгодження земельних відносин, що достатньо важливим під час використання земельних ділянок для створення об'єктів транспортної інфраструктури. Чинне законодавство повинно забезпечити чіткі правила отримання земельних ділянок, визначення їх цільового призначення та регулювання земельних відносин між зацікавленими сторонами. Особливі слід звернути увагу на норми, що регулюють транспортні відносини між зацікавленими сторонами. Вони стосуються забезпечення дорожнього руху, нормативів для експлуатації транспортних інфраструктурних об'єктів та інші, які дають можливість створити ефективну та безпечну транспортну інфраструктуру заданої території. Сприятливі нормативно-законодавстві акти важливі для визначення обмежень та створення сприятливого проектного середовища під час реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час, що забезпечує прозорість, захист прав зацікавлених сторін та ефективну реалізацію інфраструктурних ініціатив.

Врахування кращих практик щодо розвитку транспортної інфраструктури та інноваційних підходів є важливою умовою ефективної реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час. Саме це забезпечує не лише відновлення та розширення транспортної інфраструктури, але й забезпечує довготривалу цінність для користувачів отриманого продукту – населення територій, підприємства, які використовують об'єкти транспортної інфраструктури. При цьому заслуговують на увагу сучасні смарт-технології та

цифрові інновації, які забезпечують створення систем «розумного» управління транспортною інфраструктурою, що забезпечує оптимізацію руху транспортних потоків та зменшення заторів на найбільш завантажених транспортних об'єктах (дорогах, мостах тощо). Застосування технологій інтернету речей (IoT) для збору даних та аналізу їх впливу на розвиток транспортної інфраструктури, а також використання сучасних інформаційних платформ для моніторингу та управління режимами використання транспортних систем забезпечить зростання цінності від отриманого продукту проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час.

Реалізація проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період для заданої території та проєктного середовища вимагає комплексного підходу, координації та співпраці між різними зацікавленими сторонами, що забезпечує якісне, ефективне та прозоре відновлення і розвиток транспортної інфраструктури.

2.3. Принципи управління проєктами розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час

На підставі вище означених особливостей реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час нами сформовано принципи управління ними, які вимагають використання специфічного адаптивно-безпекового підходу та врахування особливостей післявоєнного відновлення об'єктів транспортної інфраструктури. Структурну схему принципів управління проєктами проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час подано на рис. 2.3.



Рисунок 2.3 – Принципи управління проектами розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час

Управління проектами розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час базується на множині принципів, серед яких важливими є стратегічне планування, яке включає у собі інтегроване планування та

планування ризиків. Цей принцип лежить в основі розробки довгострокових стратегій щодо розвитку транспортної інфраструктури, які базуються на врахуванні цінностей та потреб населення заданих територій, сучасних економічних, екологічних та технологічних тенденцій розвитку галузі. При цьому, достатньо вагомими процесами є аналіз та прогнозування попиту на транспортні послуги та відповідно використання об'єктів транспортної інфраструктури, враховувати існуючий стан проектного середовища та адаптувати використання ресурсів до змін проектного середовища. Щодо інтегрованого планування, то ним передбачається виконання системного планування створення різних об'єктів транспортної інфраструктури, такі як дороги, їх вузли, мости тощо. Інтегроване планування сприяє забезпеченню взаємодії між різними об'єктами транспортної інфраструктури та між різними проектами, що примножує їх цінність для стейкхолдерів.

Невід'ємною складовою такого планування є ідентифікація, аналіз та обґрунтування реакцій на ризики, які впливають на успішне виконання проєктів розвитку транспортної інфраструктури. Зокрема, саме це забезпечує виявлення та виконання процесів аналізу потенційних загроз, визначення ймовірності їх виникнення та впливу на проєкт розвитку транспортної інфраструктури, розробку стратегій мінімізації ризиків та створення плану заходів стосовно зменшення негативних наслідків від настання небажаних подій. Такий комплексний принцип забезпечує ефективне управління та успішне виконання проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період завдяки створенню продукту, який відповідає стратегічним цілям, що досягаються через виконання інтегрованих процесів із передбачуваними ризиками зазначених проєктів.

Залучення окремих груп зацікавлених сторін проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час, таких як місцеві органи влади на території громад, бізнесові структури, наукову спільноту та громадські організації, до виконання процесів планування та реалізації зазначених проєктів забезпечує врахування їх інтересів та відповідно створення цінності для них.

При цьому слід передбачити проведення консультацій із різними зацікавленими сторонами, організації громадських слухань та зустрічей, що забезпечує врахування думок, потреб та поглядів стейкхолдерів під час прийняття управлінських рішень. Передбачення розробки планів проектів та стратегії спільно із усіма зацікавленими сторонами дає можливість врахувати інтереси та потреби стейкхолдерів. Водночас спільне прийняття управлінських рішень щодо реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час із урахуванням думок стейкхолдерів забезпечує всебічну підтримку зазначених проектів.

Забезпечення прозорості впродовж всіх етапів життєвого циклу проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час, включаючи ініціацію, планування, виконання та моніторинг, дає можливість уникнути непорозумінь та конфліктів між стейкхолдерами. Водночас, проведення регулярних зустрічей, а також систематична публікація інформації та надання доступу до даних проекту для всіх зацікавлених сторін забезпечують прозорість дій у проектах та відповідну підтримку стейкхолдерів. Особливу увагу слід звернути на підготовку звітів щодо виконання робіт впродовж всіх етапів життєвого циклу проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час та використання ресурсів для інформування стейкхолдерів та громадськості про стан реалізації проекту. Підготовка цих звітів є одним із процесів управління проектами розвитку транспортної інфраструктури, який дає можливість забезпечити прозорість, взаєморозуміння та відкритий діалог між усіма зацікавленими сторонами зазначених проектів.

Розробка ефективних фінансових стратегій та механізмів під час реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час є важливим управлінським процесом під час реалізації зазначених проектів. На основі аналізу потреб у транспортних послугах та наявних ресурсів у регіоні визначають можливості розвитку об'єктів транспортної інфраструктури. Передбачається аналіз та прогнозування пасажиропотоків, вантажних перевезень, існуючих мереж та об'єктів транспортної інфраструктури. На

основі цього розробляють стратегію розвитку транспортної інфраструктури, визначивши пріоритетні напрямки розвитку, а також пріоритетні проекти та їх цілі. Для кожного із пріоритетних проектів узгоджують можливості та джерела фінансування (державні бюджети, міжнародні кредити та позики, приватні інвестиції, партнерства з приватним сектором та інші джерела фінансування). При цьому слід розробити фінансові плани для окремих пріоритетних проектів із передбаченням процесів управління фінансовими ризиками. При цьому слід співпрацювати з різними зацікавленими сторонами, такими як органи влади на території громад, бізнесові структури, наукова спільнота та громадські організації, для забезпечення всебічної узгодженості проектів. Розробка та впровадження ефективних фінансових стратегій та механізмів для розвитку транспортної інфраструктури лежить в основі створення бажаних продуктів відповідних проектів, що відповідають потребам зацікавлених сторін.

Використання сучасних технологій та інновацій у проектах розвитку транспортної інфраструктури в післявоєнний час значно підвищує ефективність та результативність зазначених проектів. Інтеграція сучасних інформаційних технологій у процеси управління проектами забезпечує точне планування, покращує контроль за виконанням робіт та оптимізацію витрат ресурсів. Зокрема, використання Building Information Modeling (BIM) дозволяє створювати цифрові моделі об'єктів транспортної інфраструктури, що дозволяє знижувати витрати, покращувати якість та ефективність виконання будівельних робіт. Встановлення датчиків та пристроїв IoT на об'єктах транспортної інфраструктури (мостах, дорогах тощо) дозволяє виконувати моніторинг стану та завантаження транспортної інфраструктури в реальному часі. Використання алгоритмів машинного навчання та технологій обчислювального інтелекту лежить в основі якісного планування транспортних маршрутів, прогнозування пасажиропотоків та вантажних перевезень, а також в управління трафіком. Використання безпілотних систем (UAVs) для моніторингу об'єктів транспортної інфраструктури, аерофотозйомок лежить в основі перевірки та діагностики стану цих об'єктів без залучення людських ресурсів та

пришвидшення часу на виконання таких робіт. Використання геоінформаційних системи (GIS) забезпечує якісний аналіз географічних даних та планування проектів створення об'єктів транспортної інфраструктури. Інтеграція цих технологій в управління проектами підвищить ефективність та якість виконання робіт у проектах створення об'єктів транспортної інфраструктури, а також зменшити витрати та час реалізації відповідних проектів.

Одними із основних процесів управління проектами розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час є управління часом та ресурсами. Перед початком будь-якого проекту важливо провести детальне планування, визначити цілі, завдання, терміни та ресурси, які потрібні для успішної реалізації проектів. На підставі визначення критичного шляху та етапів виконання робіт ідентифікують ті етапи проекту, які призводять до зростання ризиків невчасного їх завершення, та відповідно лежать в основі перерозподілу ресурсів. Якісний розподіл доступних ресурсів (людських, фінансових, матеріальних) забезпечує ефективне їх використання та мінімізацію втрат на реалізацію проектів розвитку транспортної інфраструктури.

Забезпечення виконання екологічних стандартів та створення умов для соціальної відповідальності є важливим принципом ефективного реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час. На етапі ініціації проектів слід передбачити вплив отриманого продукту та виконання дій щодо його створення на навколишнє середовище. Для цього виконується оцінка викидів шкідливих речовин, аналізується використання земельних ділянок та вплив на біорізноманіття. Використання технологій та методів будівництва, які передбачають використання відновлюваних джерел енергії, підвищення енергоефективності, зменшення викидів CO₂, забезпечує зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Залучення та врахування інтересів місцевих спільнот та зацікавлених сторін під час планування та реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час

створює умови для соціальної відповідальності. Важливо дотримуватися принципів етичного управління проектами розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час, що лежить в основі прийняття прозорих та точних управлінських рішень із дотриманням стандартів ведення бізнесу.

Описані принципи управління забезпечують успішну реалізацію проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час, забезпечуючи їх ефективність, врахування потреб різних зацікавлених сторін та створення максимальної цінності від отриманого продукту – об'єктів транспортної інфраструктури.

2.4. Моделювання транспортного потоку для визначення сценарії реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час

Для відомих пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури заданого населеного пункту, щоб обґрунтувати сценарії реалізації відповідних проектів, існує потреба у виконанні моделювання транспортного потоку. Це дає можливість визначити показники транспортного потоку, які лежать основі ідентифікації найбільш завантажених відділків транспортної мережі. Для моделювання транспортного потоку пропонується використовувати макроскопічну модель Гріншильда [148].

Після війни важливо швидко зрозуміти, як зміни в інфраструктурі впливають на рух транспорту. Макроскопічна модель Гріншильда проста у використанні та добре підходить для таких оцінок. Вона показує, як щільність машин впливає на швидкість і загальний потік. Це допомагає бачити, де утворюються затори або де потрібно втрутитись у мережу. Модель не вимагає деталізації по кожному автомобілю і саме тому зручно застосовується для розрахунків у масштабі району чи регіону, коли потрібні не деталі, а загальна картина.

Особливістю цієї моделі є те, що вона забезпечує прогнозування безперебійного транспортного потоку та отримання тенденцій, які характерні для реальних транспортних потоків [105]. Зазначена модель Гріншильда є достатньо точною та простою, що дає можливість за обмеженого доступу до інформації у післявоєнний час виконувати моделювання транспортних потоків для визначення сценарії реалізації проектів відновлення пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури у заданих населених пунктах [67].

Для збору даних про пріоритетні об'єкти транспортної інфраструктури у заданих населених пунктах пропонується використовувати фреймворк OpenStreetMap (OSM) [129]. Із його використанням отримано карту дорожньої мережі із відображенням пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури, а також показників: 1) вузол 1; 2) вузол 2; 3) пропускна здатність; 4) відстань; 5) максимальна швидкість руху транспортних засобів; 6) кількість смуг руху; 7) ширина дороги; 8) тип дороги; 9) назва дороги (вулиці).

Одним із показників, який характеризує транспортний потік на заданому відрізку дорожньої мережі (між вузлами 1 та 2) є інтенсивність руху транспортних засобів. Під інтенсивністю руху транспортних засобів (q) розуміється кількість транспортних засобів, які проїжджають точку на ділянці дороги протягом певного інтервалу часу (одиниць транспортних засобів/год). Цей показник визначається за формулою [124]:

$$q = \frac{n}{t}, \quad (2.9)$$

де q – інтенсивність руху транспортних засобів між заданими вузлами 1 та 2 дорожньої мережі, од/год; n – кількість транспортних засобів, які проїжджають між заданими вузлами 1 та 2 дорожньої мережі, од; t – інтервал часу спостереження, год.

Також використовують показник середньої інтенсивності руху, який відображає середню кількість транспортних засобів, яка визначається

відповідно до заданої одиниці часу. Переважено її відображають як середньодобову інтенсивність руху.

Відомо, що показники транспортного потоку можна поділити на два види – макроскопічні та мікроскопічні [103]. Макроскопічні показники характеризують загальний транспортний потік, а мікроскопічні показники характеризують індивідуальну поведінку транспортних засобів, які надають один одному можливості для руху. До макроскопічних показників транспортного потоку належить такі показники, як наявність заторів, базова та розрахункова щільність потоку транспортних засобів, швидкість руху транспортних засобів, тривалість перебування у дорозі, тривалість затримки транспортних засобів.

Для отримання кількісного значення локальної швидкості руху транспортних засобів використовують спрощені формули, які базуються на визначенні відстані, яку проходять транспортні засоби за одиницю часу (км/год, м/с). Швидкість руху транспортних засобів визначають за формулою [103]:

$$V = \frac{L}{t}, \quad (2.10)$$

де V – швидкість руху транспортних засобів, км/год (м/с); L – пройдений шлях, км (м); t – тривалість перебування у дорозі, год (с).

Визначення щільність потоку транспортних засобів (D) здійснюється на основі даних щодо інтенсивності (q) та швидкості (V) їх руху. Зокрема, це виконується на підставі порівняння значень інтенсивності (q) зі швидкістю (V) руху транспортних для окремого спостереження.

$$D = \frac{q}{V}. \quad (2.11)$$

Значення щільності транспортного потоку (D) виражається у одиницях легкових автомобілів (одиниця транспортного потоку) на кілометр ділянки дороги. Одиницею легкових автомобілів вважають одиницю транспортного потоку, в якій потоки різних типів транспортних засобів переводять у легкові автомобілі (включаючи легкові) за допомогою еквіваленту легкового автомобіля (ЕМР). Це дає можливість полегшити виконання аналізу транспортного потоку за допомогою коефіцієнтів переведення у одиниці легкових автомобілів (PCU) для кожного виду транспортного засобу (вантажні транспортні засоби $HV=1,30$; легкові автомобілі $LV=1,00$; мотоцикли $MC=0,40$; немоторизовані транспортні засоби $NMV=1,00$) [88].

Відомо, що існують взаємозв'язки між швидкістю, щільністю та інтенсивністю руху транспортних засобів [132]. Зазначені взаємозв'язки графічно проілюстрована на рис. 2.4.

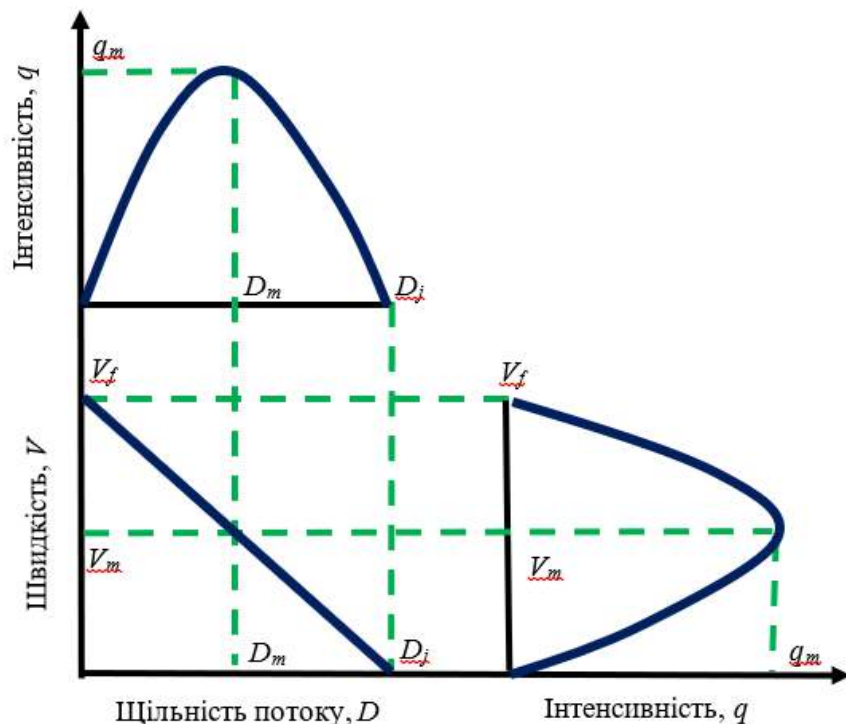


Рисунок 2.4 – Взаємозв'язки між швидкістю, щільністю та інтенсивністю руху транспортних засобів [132]: q_m – максимальна інтенсивність руху транспортних засобів між заданими вузлами 1 та 2 дорожньої мережі, од/год; V_m – швидкість руху транспортних засобів при максимальному транспортному потоці, км/год; D_m – максимальна щільність транспортного потоку, емп/год; D_j – щільність за

заданих умов транспортного потоку, смр/год ; V_f – швидкість руху транспортних засобів за умови, що щільність наближена до 0 (нуля), км/год .

Відповідно до моделі Гріншильда, існує лінійна залежність між швидкістю та щільністю потоку транспортних засобів вважається, як зазначено в рівнянні (2.11). Ця модель є найпершою моделлю, яка була створена для спостереження за поведінкою транспортних потоків. Гріншильд отримав результат, що залежність між швидкістю та щільністю має вигляд лінійної кривої [123].

Швидкість, при якій досягається максимальний пропускна здатність проїжджої частини, описується рівнянням:

$$V_s = V_f - \frac{V_f}{D_j} D. \quad (2.12)$$

Максимальна швидкість руху транспортних засобів V_m виникає, коли щільність досягає точки D_m (пропускна здатність проїжджої частини досягнута). Після досягнення цієї точки інтенсивність руху буде зменшуватись, навіть якщо щільність буде зменшуватись, хоча щільність зростатиме, доки в точці D_j не виникне затор.

Взаємозв'язок між інтенсивністю (q) та щільністю транспортного потоку (D) описується формулою:

$$q = V_f \cdot D - \frac{V_f}{D_j} D^2. \quad (2.13)$$

Взаємозв'язок між інтенсивністю (q) до швидкістю руху транспортних засобів (V) описується формулою:

$$q = D_f \cdot V_s - \frac{V_j}{V_f} \cdot V_s^2. \quad (2.14)$$

де V_s – середня швидкість руху транспортних засобів, км/год; V_f – швидкість руху транспортних засобів в умовах вільного потоку, км/год; D – щільність транспортного потоку, емп/год; D_j – щільність в умовах годинного режиму, км/год.

Максимальну інтенсивності (q_m) руху транспортних засобів для моделі Гріншильда можна розрахувати за допомогою формули:

$$q_m = D_m \cdot V_m. \quad (2.15)$$

де D_m – максимальна щільність транспортного потоку, емп/год; V_m – швидкість руху транспортних засобів при максимальному транспортному потоці, км/год.

Максимальну щільність транспортного потоку (D_m) для моделі Гріншильда можна розрахувати за допомогою формули:

$$D = D_m = \frac{D_j}{2}. \quad (2.16)$$

Швидкість руху транспортних засобів (V_m) при максимальному транспортному потоці для моделі Гріншильда можна розрахувати за допомогою формули:

$$V_s = V_m = \frac{V_f}{2}. \quad (2.17)$$

Якщо рівняння (2.16) та (2.17) підставити у рівняння (2.15), то максимальну інтенсивності (q_m) руху транспортних засобів можна розрахувати за допомогою формули:

$$q_m = \frac{D_j \cdot V_f}{2}. \quad (2.18)$$

Отже, модель Гріншилда, також відома як модель транспортного потоку Гріншилда, є основою для моделювання транспортного потоку з метою визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час. Вона скерована на оціненні зв'язку між щільністю транспортних засобів (кількістю транспортних засобів на одиницю довжини дороги) та їхньою середньою швидкістю. Модель Гріншилда відома своєю простотою і легкістю використання. Це робить її практичним інструментом для різноманітних застосувань, в тому числі і для прогнозування показників транспортного потоку. Водночас, вона не враховує усю множину складових реальних транспортних потоків, базується на емпіричних спостереженнях, а не на глибоких теоретичних формулах.

Сьогодні модель Гріншилда, незважаючи на свої обмеження, відіграє важливу роль у дослідженнях транспортних потоків під час проектування нових та модернізації існуючих об'єктів транспортної інфраструктури заданих населених пунктів. Вона є основою для моделювання транспортного потоку з метою визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час.

2.5. Використання обчислювального інтелекту для управління проєктами розвитку транспортної інфраструктури

Сучасні інформаційні технології залишаються невід'ємною частиною проектного управління. У останні роки спостерігається збільшення кількості наукових праць, у яких автори пропонують використовувати обчислювальний інтелект для вирішення задач у різних сферах діяльності, у тому числі і у проектному менеджменті [118; 171]. Обчислювальний інтелект – це галузь інформатики, яка зосереджена на розробці алгоритмів і програм, здатних виконувати завдання, які зазвичай вимагають людського інтелекту. Обчислювальний інтелект включає в себе широкий спектр напрямів, який

включає машинне навчання, комп'ютерний зір, розпізнавання мови, прийняття рішень і нечітку логіку.

Нами представлено різні напрямки обчислювального інтелекту, а також моделі та алгоритми, які використовуються для управління проектами розвитку транспортних інфраструктур (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Моделі та алгоритми обчислювального інтелекту, які використовуються для управління проектами розвитку транспортних інфраструктур

Напрямок обчислювального інтелекту	Моделі та алгоритми для управління проектами розвитку транспортної інфраструктури
Машинне навчання	Прогнозування обсягів транспортних потоків на основі врахування історичних даних із сформованих великих баз даних. Виявлення раціональних сценаріїв реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури із мінімальними витратами ресурсів та обмеженими бюджетами.
Комп'ютерний зір	Відстеження та аналіз великих обсягів даних з використанням відеоспостереження для контролю за проектним середовищем та реалізацією проектів розвитку транспортної інфраструктури.
Розпізнавання мови	Автоматичний аналіз та відслідковування інформації з різних джерел комунікації між стейкхолдерами проектів розвитку транспортної інфраструктури.
Нечітка логіка	Розробка моделей, методів та алгоритмів для виконання процесів управління проектами розвитку транспортної інфраструктури із врахування невизначеності та ризиків проектного середовища.
Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень	Розробка моделей та алгоритмів із використанням технологій обчислювального інтелекту, які лежать в основі інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, що забезпечують точний та швидкий аналіз даних проектного середовища та реалізації проектів, а також отримання рекомендацій під час виконання процесів управління проектами розвитку транспортної інфраструктури.

Представлена таблиця 2.2 демонструє, як окремі напрямки обчислювального інтелекту можна використати для виконання різних процесів управління проектами розвитку транспортної інфраструктури. Однією з ключових переваг технологій обчислювального інтелекту є те, що є можливість комбінування інструментарію із різних його напрямків для створення комплексних інтелектуальних інформаційних систем. Саме це забезпечує обґрунтування та оптимізацію різних груп управлінських процесів впродовж етапів життєвого циклу проектів розвитку транспортної інфраструктури та вдосконалюють рішення.

Машинне навчання може допомогти покращити точність прогнозування транспортних потоків на основі історичних даних, що забезпечує якісний інструментарій для планування та зниження обсягів використання ресурсів під час реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури. Також цей напрям забезпечує визначення раціональних сценаріїв реалізації проектів.

Відстеження та аналіз великих обсягів даних на основі технологій комп'ютерного зору використовують для ефективного відстеження реалізації робіт у проектах розвитку транспортної інфраструктури та для контролю за ними.

Автоматичний аналіз та відсіювання непотрібної інформації: із використанням технологій розпізнавання мови може полегшити процес комунікацій між стейкхолдерами, дозволяючи ефективніше взаємодіяти та уникати можливих конфліктів.

Розробка моделей для управління ризиками із використанням нечіткої логіки забезпечує врахування невизначеності та ризиків у проектному середовищі, що лежить в основі підвищення точності управлінських рішень стосовно проектів розвитку транспортної інфраструктури та забезпечує обґрунтування та використання адаптивних сценаріїв під час управління зазначеними проектами.

Інтелектуальні системи підтримки рішень, які засновані на технологіях обчислювального інтелекту, дають змогу отримати точний та швидкий аналіз

даних, а також обґрунтувати якісні рекомендації для прийняття оперативних та стратегічних рішень.

На підставі представленого матеріалу можна зробити висновок, що використання обчислювального інтелекту для управління проектами розвитку транспортної інфраструктури є дуже перспективним напрямком. Використання таких технологій, як машинне навчання, комп'ютерний зір, розпізнавання мови, інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень та нечітка логіка, може значно підвищити ефективність управління проектами, зменшити ризики та витрати, а також покращити комунікацію між стейкхолдерами. Для подальших досліджень необхідно розробляти методи та моделі для створення комплексних інтелектуальних систем, які враховують різні аспекти управління проектами розвитку транспортної інфраструктури.

Висновки до розділу 2

1. Обґрунтовано, що відновлення та модернізація транспортної мережі відіграють ключову роль у відбудові країни, забезпеченні економічного зростання та підвищенні якості життя громадян. Реалізація проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період є не лише доцільною, але й необхідною умовою для успішної відбудови країни. Вона забезпечує базу для довгострокового економічного зростання, підвищення соціальної стабільності та екологічної стійкості, створюючи умови для розвитку держави.

2. Встановлено, що реалізація проектів розбудови транспортної інфраструктури у післявоєнний час має свої унікальні виклики та особливості через те, що воєнні дії призводять до значних пошкоджень та руйнувань транспортних інфраструктурних об'єктів. Кожна із окремих територій є унікальною і формує особливе проектне середовище, що вимагає комплексного підходу до управління проектами розвитку транспортної інфраструктури, координації та співпраці між різними зацікавленими сторонами, який

забезпечує якісне формування продукту цих проектів, тобто ефективне та прозоре відновлення і розвиток транспортної інфраструктури.

3. На підставі означених особливостей реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час нами сформовано 6 видів принципів управління ними, які вимагають використання специфічного адаптивно-безпекового підходу та врахування особливостей післявоєнного відновлення об'єктів транспортної інфраструктури. Означені принципи управління забезпечують успішну реалізацію проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час, їх ефективність, врахування потреб різних зацікавлених сторін та створення максимальної цінності від отриманого продукту – об'єктів транспортної інфраструктури.

4. Запропоновано обґрунтовувати сценарії реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури для відомих пріоритетних її об'єктів заданого населеного пункту на підставі моделювання транспортного потоку, що забезпечує визначення показників транспортного потоку, які лежать основі ідентифікації найбільш завантажених відділків транспортної мережі. Пропонується використовувати макроскопічну модель Гріншильда, яка забезпечує прогнозування безперебійного транспортного потоку та отримання тенденцій, які характерні для реальних транспортних потоків. Зазначена модель Гріншильда є достатньо точною та простою, що дає можливість за обмеженого доступу до інформації у післявоєнний час виконувати моделювання транспортних потоків для визначення сценарії реалізації проектів відновлення пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури у заданих населених пунктах.

5. Обґрунтовано, що використання обчислювального інтелекту для управління проектами розвитку транспортної інфраструктури є достатньо перспективним напрямком. Зокрема, використання технологій машинного навчання, комп'ютерного зору та розпізнавання мови, забезпечує створення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, що значною мірою підвищують ефективність управління проектами проектів розвитку

транспортної інфраструктури, зменшують ризики та витрати, а також покращують комунікацію між стейкхолдерами. Для їх використання існує потреба у розробленні методів та моделей, що дасть можливість створити ефективний управлінський інструментарій, який враховуватиме особливості та специфіку управління проектами розвитку транспортної інфраструктури.

Розділ 3

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

3.1. Розробка схеми ідентифікації проєктів розвитку транспортної інфраструктури

Розробка схеми ідентифікації проєктів є одним із основних етапів, який забезпечує для проєктних менеджерів підвищення якості прийняття управлінських рішень під час реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний. Ідентифікація зазначених проєктів розвитку транспортної інфраструктури ґрунтується на їхніх специфічних характеристиках (див. п. 2.2) та управлінських принципах (див. п. 2.3). Вона базуватися на:

- ✓ врахуванні специфічних характеристик проєктного середовища;
- ✓ забезпеченні комплексної оцінки потреб окремих територій щодо розвитку транспортної інфраструктури;
- ✓ врахуванні економічної доцільності реалізації проєктів;
- ✓ врахуванні стратегічних цілей розвитку регіону;
- ✓ оцінці соціальної значущості, що підвищить цінність проєктів.

Запропонована схема ідентифікації проєктів розвитку транспортної інфраструктури передбачає ітераційне виконання 6 етапів, які представлені на рис. 3.1. Зазначений процес ідентифікації проєктів розвитку транспортної інфраструктури починається із збору даних щодо характеристик проєктного середовища. Зокрема, щодо транспортної інфраструктури, то фіксується інтенсивність використання об'єктів транспортної інфраструктури, пропускна здатність об'єктів та середня швидкість руху транспортних засобів на об'єктах транспортної інфраструктури.

Для виконання збору даних про використання транспортної інфраструктури проводяться опитування та анкетування її користувачів. Це

дозволяє зібрати дані про потреби населення окремих територій, а також виявити їхні переваги та проблеми, з якими вони стикаються під час користування транспортною інфраструктурою. Додатково використовуються відкриті дані, надані органами місцевої влади та інші джерела, для створення бази даних щодо використання транспортної інфраструктури.



Рисунок 3.1 – Схема ідентифікації проектів розвитку транспортної інфраструктури

Збір даних про характеристики об'єктів транспортної інфраструктури здійснюється з використанням фреймворку OpenStreetMap (OSM) [129]. Для реалізації цього управлінського процесу необхідно розробити модель системи збору даних.

Виконання аналізу стану транспортної інфраструктури здійснюється на основі розробленої моделі аналізу стану транспортної інфраструктури, описаної у п. 3.2 цієї роботи. Модель передбачає системне виконання дев'яти кроків, що дає можливість виявити закономірності та особливості розподілу показників

оцінки транспортної інфраструктури та обґрунтувати пріоритетні об'єкти транспортної інфраструктури.

Для обґрунтування пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури, що потребують відновлення або розвитку, нами пропонується метод, який описаний у п. 3.3 цієї роботи. Він базується на використанні фреймворку OpenStreetMap та серверного програмного забезпечення Overpass API з відкритим вихідним кодом. Основною управлінською операцією є швидкий та точний збір інформації про транспортну інфраструктуру. Для цього запропоновано отримувати просторові дані про об'єкти транспортної інфраструктури із відкритого сервісу OpenStreetMap із запитом до бази даних OSM та використанні мови запитів Overpass QL [68].

Визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення транспортної інфраструктури в післявоєнний час пропонується виконувати за розробленим методом, який описано у п. 3.4 цієї роботи. Зокрема, ним передбачається прогнозування завантаження транспортної інфраструктури на основі моделювання транспортних потоків. Це дозволить визначити показники використання об'єктів транспортної інфраструктури. Для виконання процесу прогнозування використовуються відомі (історичні) дані про попереднє використання аналогічних об'єктів у заданих населених пунктах.

На наступному етапі виконується відбір проектів розвитку транспортної інфраструктури, а також їх порівняльний аналіз на основі попередньо визначених сценаріїв. Ці сценарії обґрунтовані на основі моделювання транспортних потоків. Саме це дозволяє точно оцінити прогнозоване завантаження та використання об'єктів транспортної інфраструктури.

На основі визначених сценаріїв проводиться порівняльний аналіз проектів розвитку транспортної інфраструктури, які найкраще відповідають вимогам стейкхолдерів та критеріям їх ефективності. Цей аналіз включає в себе комплексний підхід, що враховує як кількісні, так і якісні показники. Для цього виконується збір потрібної інформації відносно кожного проекту із використанням визначених критеріїв (бюджет проекту, очікувана цінність,

соціальна значимість, екологічний вплив, технологічна здійсненність та ризиків проекту). У подальшому кожен із проектів розвитку транспортної інфраструктури оцінюється за визначеними критеріями та виконується їх ранжування за ступенем відповідності критеріям. Після цього проекти порівнюються на основі отриманих оцінок та здійснюється вибір з-поміж них доцільних для реалізації. Використання комплексного підходу та врахування різноманітних критеріїв дозволяє забезпечити вибір раціональних проектів розвитку транспортної інфраструктури. Окрім того, при цьому враховується реальний стан проектного середовища та бажана цінність для стейкхолдерів.

Для визначення пріоритетних проектів розвитку транспортної інфраструктури використовується методика розрахунку інтегральної оцінки проектів. Цей показник формується як зважена сума нормалізованих значень відповідних критеріїв, які описано вище. Після цього проекти ранжуються у порядку спадання цього показника. Проекти з найвищими значеннями інтегральної оцінки вважаються пріоритетними серед інших розглядуваних проектів розвитку транспортної інфраструктури.

3.2. Модель аналізу стану транспортної інфраструктури

Транспортна інфраструктура окремих населених пунктів характеризується просторовими мережами, такими як вулиці, мости та транзитні розв'язки, які забезпечують функціонування складних транспортних систем окремих населених пунктів. Вони лежать в основі формування транспортних маршрутів, формування завантаженості окремих районів автомобільним транспортом, вибору місця проживання тощо [130].

Сьогодні дослідники приділяють значну увагу розробленню моделей, які забезпечують оцінити складність та конфігурацію транспортної інфраструктури O_{Ti} i -х населених пунктів [90]. При цьому складність конфігурації транспортної

інфраструктури O_{Ti} i -х населених пунктів можна оцінити за ентропією. Цей показник забезпечує оцінення порядку у вуличних мережах населених пунктів завдяки встановленню закономірностей просторового порядку та безладу у існуючій транспортній інфраструктурі.

Також відомі наукові праці, у яких їх автори пропонують оцінювати впорядкованість транспортної інфраструктури завдяки аналізу їх схем та визначенню орієнтації через ентропію. Аналіз схем розташування об'єктів транспортної інфраструктури забезпечує визначення конфігурації окремих вулиць населених пунктів, що впливає на швидкість руху транспортних потоків. Визначення орієнтації дорожньої мережі через ентропію забезпечує візуалізацію об'єктів транспортної інфраструктури для оцінки її впорядкованості.

Для аналізу характеристик транспортної інфраструктури O_{Ti} i -х населених пунктів пропонується виконувати дослідження впорядкованості її об'єктів та ентропії на основі даних OpenStreetMap. Це забезпечує оцінення стану транспортної інфраструктури O_{Ti} i -х населених пунктів завдяки встановленню закономірностей розташування та взаємозв'язків між об'єктами.

Для оцінення стану просторового розташування та ентропії транспортної мережі i -х населених пунктів, нами обрано населені пункти, об'єкти транспортної інфраструктури яких постраждали від військових дій. Їх вибір здійснювали за чисельністю населення до початку воєнних дій та станом об'єктів транспортної інфраструктури O_{Ti} під час воєнних дій.

Для виконання аналізу стану транспортної інфраструктури населених пунктів запропоновано модель, яка представлена на рис. 3.2.

На основі отриманих даних щодо досліджуваних i -х населених пунктів нами визначено показники впорядкованості транспортної інфраструктури O_{Ti} i -х населених пунктів. Для цього розроблено програмне забезпечення, яке базується на бібліотеці OSMnx мови програмування Python, яка дає можливість

завантажувати просторові геометричні об'єкти та їх моделювати, проектувати, візуалізувати, а також аналізувати транспортні мережі з API-інтерфейсів фреймворку OpenStreetMap. Саме використання зазначеного інструментарію забезпечує автоматичне завантаження просторових даних об'єктів транспортної інфраструктури O_{Ti} i -х населених пунктів із OpenStreetMap та на основі цих даних створюються теоретико-графові об'єкти для аналізу транспортної інфраструктури.

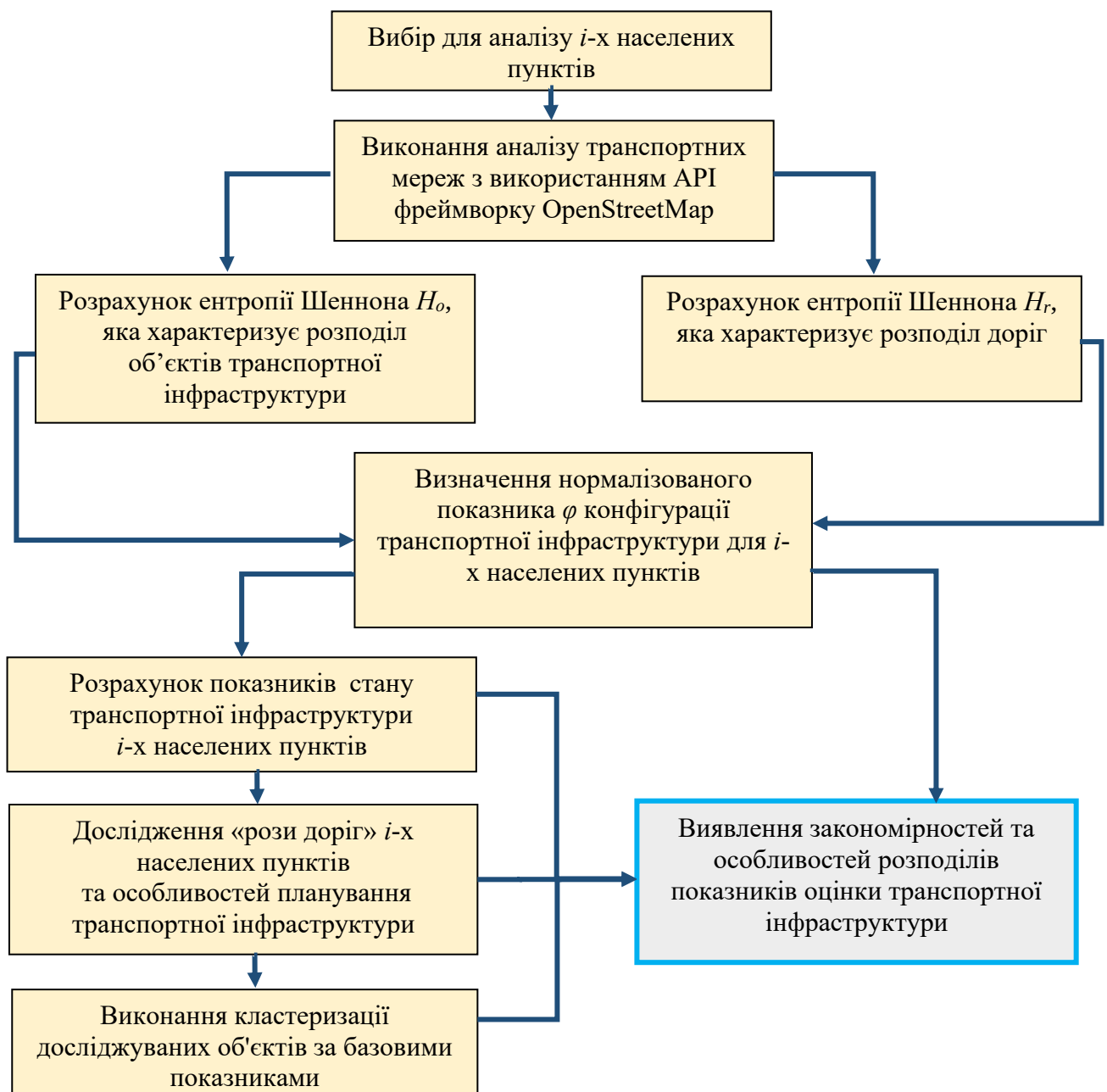


Рисунок 3.2 – Модель аналізу стану транспортної інфраструктури населених пунктів

У подальшому встановлюється значення кута між напрямом спостереження за будь-яким об'єктом транспортної інфраструктури і меридіаном. Цей кут називається пеленгом, який є між площиною меридіана і вертикальною площиною, яка проходить через центр об'єкта транспортної інфраструктури. Після визначення усіх пеленгів (та їх зворотних величин) для всіх країв площини у заданому населеному пункті виконуємо ділення їх на 8 ділянок однакового розміру (тобто, кожна ділянка становить 45°). Розраховується ентропія Шеннона H_0 , яка характеризує розподіл об'єктів транспортної інфраструктури O_{Ti} i -х населених пунктів та її конфігурацію. Для кожного із i -х населених пунктів ентропія H_0 розподілу об'єктів транспортної інфраструктури визначається за формулою:

$$H_0 = -\sum_{i=1}^n P(O_{Ti}) \cdot \log_e P(O_{Ti}), \quad (3.1)$$

де $P(O_{Ti})$ – частка об'єктів транспортної інфраструктури, що потрапляють у i -ту ділянку;

n – загальна кількість ділянок, i – індекси ділянки.

Аналогічно для кожного із i -х населених пунктів розраховується ентропія H_r розподілу доріг за формулою:

$$H_r = -\sum_{i=1}^n P(O_{ri}) \cdot \log_e P(O_{ri}), \quad (3.2)$$

де $P(O_{ri})$ – частка доріг транспортної інфраструктури, що потрапляють у i -ту ділянку;

n – загальна кількість ділянок, i – індекси ділянки.

При цьому H_r відображає форму i -х населених пунктів (через співставлення їх із довжиною), а H_0 не прив'язується до форми i -х населених пунктів. Стосовно $\log_e P(O_{Ti})$ та $\log_e P(O_{ri})$, то ці складові формул

відображають натуральний логарифм досліджуваного об'єкту, який забезпечує отримання відповідно значення H_0 та H_r виражене у безрозмірних одиницях. Максимальна ентропія, $H_{i\max}$, яку може мати будь-який i -х населених пунктів, дорівнює логарифму кількості об'єктів транспортної інфраструктури. Значення $H_{i\max}$ представляє рівномірний розподіл об'єктів транспортної інфраструктури. За умови, що усі об'єкти транспортної інфраструктури потрапили у одну i -ту ділянку, то ентропія була б мінімальною $H_{i\min} = 0$.

На наступному кроці визначається нормалізований показник φ конфігурації транспортної інфраструктури i -х населених пунктів. Він характеризує місце розташування об'єктів транспортної інфраструктури на лінійному спектрі від повністю невпорядкованого (однорідного) до ідеально впорядкованого (сіткоподібного) та визначається за формулою:

$$\varphi_i = 1 - \left(\frac{H_{oi} - H_{gi}}{H_{i\max} - H_{gi}} \right)^2, \quad (3.3)$$

де H_{oi} – ентропія розташування об'єктів транспортної інфраструктури O_{Ti} i -х населених пунктів;

H_{gi} – ідеалізована ентропія розташування об'єктів транспортної інфраструктури O_{Ti} i -х населених пунктів у чотирьох рівних пропорціях (наприклад, північ-південь-схід-захід);

$H_{i\max}$ – максимальна ентропія розташування об'єктів транспортної інфраструктури O_{Ti} i -х населених пунктів.

Таким чином, значення показника конфігурації транспортної інфраструктури i -х населених пунктів, яке дорівнює $\varphi = 0$, вказує на те, що для заданого населеного пункту характерне хаотичне розташування об'єктів транспортної інфраструктури. При цьому спостерігається максимальна

ентропія з рівномірним розподілом об'єктів транспортної інфраструктури у кожному напрямку. Якщо значення показника конфігурації транспортної інфраструктури i -х населених пунктів дорівнює $\varphi=1$, то така конфігурація характеризується високим порядком. Тобто об'єкти транспортної інфраструктури таких населених пунктів ідеально впорядковані у межах чотиристоронньої сітки та для них характерна мінімально можлива ентропія.

Розрахунок показника ξ_{oi} середньої кривизни доріг i -х населених пунктів визначається за формулою:

$$\xi_{oi} = \frac{L_n}{L_g}, \quad (3.4)$$

де L_n – сума довжин усіх ребер у графі; L_g – сума усіх відстаней за великим колом між усіма парами сусідніх вершин.

Таким чином, отримане кількісне значення ξ_{oi} показує, наскільки за протяжністю транспортна мережа є більшою на території i -х населених пунктів порівняно із транспортною мережею, яка має усі ребра під прямим кутом до транспортних вузлів [89].

У подальшому виконується візуалізація описаних вище показників, які характеризують стан транспортної інфраструктури, що дають можливість оцінити взаємозв'язки між об'єктами транспортної інфраструктури. Саме це забезпечує отримання знань стосовно просторового впорядкування об'єктів транспортної інфраструктури. У i -х населених пунктах, які характеризуються високими значеннями показника φ конфігурації транспортної інфраструктури мають вищий рівень зв'язаності (тобто вищі ступені вузлів), більше чотиристоронніх перехресть, менше мертвих зон та закритих перехресть, менше тупиків та і менший показник ξ_{oi} середньої кривизни доріг.

Для систематичної інтерпретації відмінності транспортної інфраструктури i -х населених пунктів виконується кластеризація досліджуваних об'єктів у багатовимірному просторі за базовими показниками

(ступінь вузла $\bar{k}$ – скільки ребер в середньому припадає на один вузол, нормалізований показник φ конфігурації транспортної інфраструктури i -х населених пунктів, середнє значення довжини вулиць l у i -х населених пунктах та показник ξ_{oi} середньої кривизни доріг). Вони характеризують об'єкти транспортної інфраструктури окремих населених пунктів.

3.3. Метод визначення пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури для відновлення у післявоєнний час

Визначення пріоритетних для відновлення об'єктів транспортної інфраструктури окремих населених пунктів у післявоєнний час є одним із базових завдань проектних менеджерів. При цьому для виконання зазначеної управлінської операції пропонується використовувати OpenStreetMap (OSM). Цей фреймворк забезпечує створення та редагування геопросторових даних із і-ми об'єктами O_{ki} транспортної інфраструктури k -х видів у заданому населеному пункті. Завдяки OSM отримується доступ до детальної інформації про об'єкти O_{ki} транспортної інфраструктури k -х видів у заданому населеному пункті (дороги, мости, залізничні колії, велосипедні маршрути тощо) [68].

Удосконалений метод визначення пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури заданого населеного пункту представлено на схемі, яку подано на рис. 3.3.

Для збору інформації про транспортну інфраструктуру населеного пункту використовують серверне програмне забезпечення Overpass API з відкритим вихідним кодом. Overpass API є потужним інструментом для вилучення даних із бази OSM за запитами користувачів. Цей інструмент оптимізований для виконання завдань будь-якої складності. Зокрема для отримання даних із бази про декілька об'єктів O_{ki} транспортної інфраструктури k -х видів у заданому населеному пункті, так і отримання даних про сотні мільйонів таких об'єктів.

Вони відбираються відповідно до запиту користувачів у вигляді XML або Overpass QL (модернізованої версії Overpass XML).

Насамперед виконується запит до Overpass API, що дає можливість отримати географічні дані про об'єкти O_{ki} транспортної інфраструктури k-х видів у заданому населеному пункті. Запит дає можливість отримати дані про дороги, мости, складні розв'язки тощо [68].

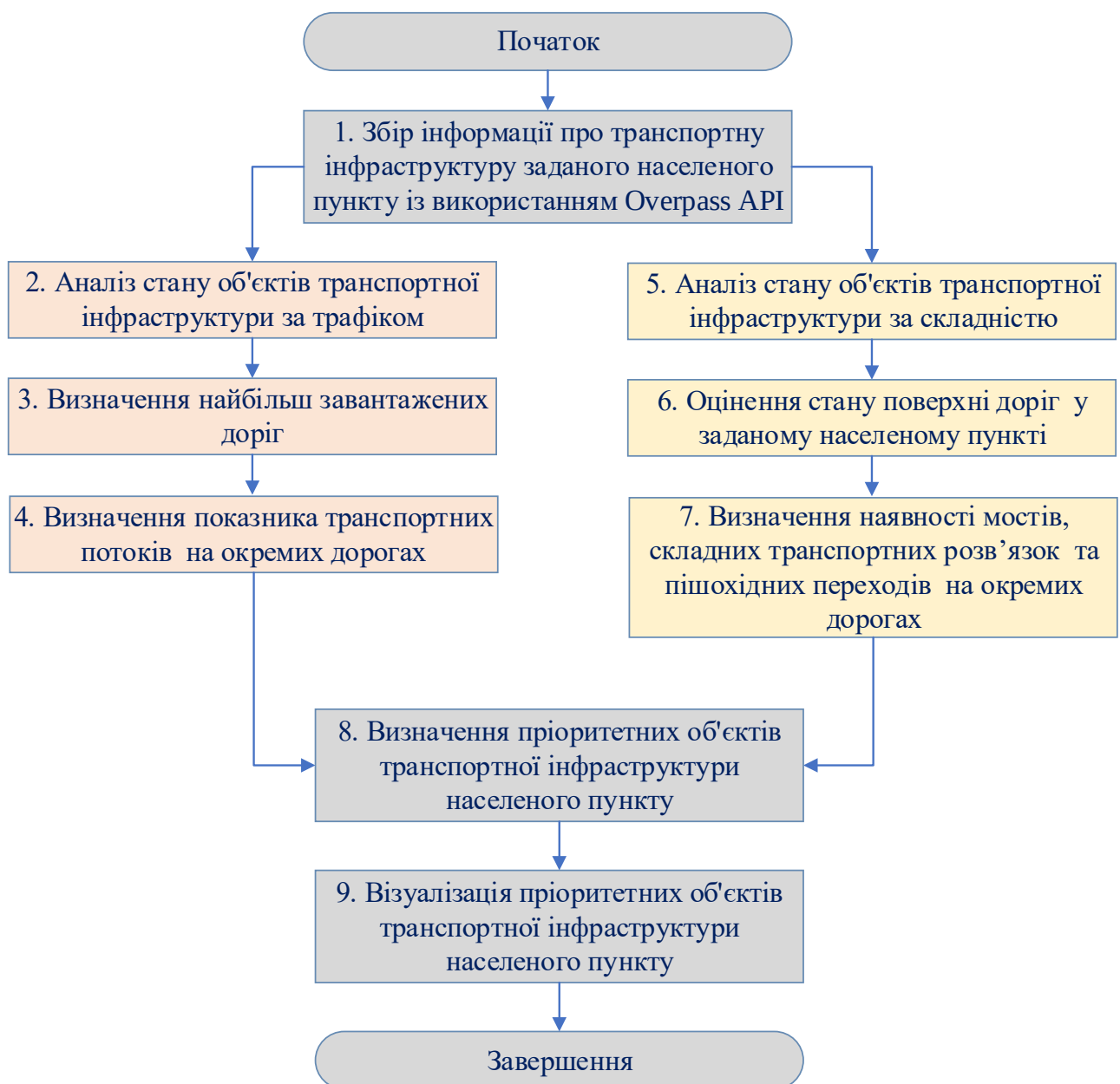


Рисунок 3.3 – Схема удосконаленого методу визначення пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури заданого населеного пункту для відновлення у післявоєнний періоди [68].

Для визначення пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури населеного пункту за трафіком, виконується аналіз стану доріг (R_c):

$$R_c = f(T_r, T_c, S_c), \quad (3.5)$$

де R_c – стан доріг у населеному пункті;

T_r – види доріг у населеному пункті;

T_c – тип покриття доріг у населеному пункті;

S_c – стан поверхні доріг у населеному пункті.

Тип доріг T_r у населеному пункті має наступні категорії: 1) магістральні; 2) основні; 3) вторинні; 4) міські (сільські); 5) вулиці; 6); велодоріжки; 7) некласифіковані. Аналіз типу доріг дає можливість виявити стратегічно важливі дороги. До них належать магістральні та основні дороги. Магістральні дороги призначені для швидкісного руху автомобілів. Мають розділений рух, окремі виїзди, мости та тунелі. Також мають високу пропускну здатність та проходять поза населеними пунктами. Отже, такі важливі об'єкти O_{ki} транспортної інфраструктури, магістральні дороги, відсутні у окремих населених пунктах. Їх у подальшому не приймають до уваги під час ініціації проектів розвитку транспортної інфраструктури населених пунктів [68].

Основна увага під час виділення пріоритетних об'єктів O_{ki} транспортної інфраструктури окремих населених пунктів припадає на основні та вторинні дороги. Такі дороги мають важливе значення у транспортній мережі заданого населеного пункту. Вони є меншими за магістральні дороги, однак можуть мати великий трафік. Це пов'язано із тим, що вони поєднують між собою важливі промислові об'єкти та адміністративні області.

Після цього визначаються найбільш завантажені дороги (R_{mc}), тобто такі що мають найвищий трафік із врахуванням типу доріг та кількості пішохідних переходів [68]:

$$R_{mc} = f(T_h \Leftrightarrow T_r), \quad (3.6)$$

де R_{mc} – найбільш завантажені дороги у населеному пункті;

T_h – показники транспортних потоків на дорогах населеного пункту;

T_r – види доріг у населеному пункті.

У населених пунктах після війни неможливо визначити реальне кількісне значення показника транспортних потоків T_h на окремих дорогах із використанням відомих методів та підходів. Це пов'язано із тим, що повністю або частково пошкоджені дороги не дають можливості виконувати вантажних та пасажирських перевезень. Через те, нами пропонується визначати показник транспортних потоків T_h на окремих дорогах за видом доріг.

Для визначення показника транспортних потоків T_h на окремих дорогах населеного пункту пропонується використовувати Overpass API. При цьому виконання запиту через Overpass API забезпечує доступ до географічних даних OpenStreetMap. Зокрема, виконання GET-запиту до сервера Overpass API дає можливість отримати географічні дані про транспортну інфраструктуру заданого населеного пункту. У OpenStreetMap тег «highway» вказує на тип дороги або автомобільного шляху. Цей тег нами використано для оцінення стану доріг (R_c) за показниками, які представлено у виразі (3.5). Це дає можливість встановити види доріг, тип покриття та стан поверхні доріг [68].

За умови, що для окремої дороги (вулиці) населеного пункту характерні типи доріг як основні (primary) або вторинні (secondary), то показник T_h транспортних потоків збільшується на одиницю для відповідної вулиці. Це дає можливість зафіксувати кількість транспортних потоків на кожній із вулиць

основних або вторинних доріг. Отже, для визначення показника T_h транспортних потоків потрібно сумувати кількість основних N_{rpj} і вторинних N_{rsj} доріг, які проходять через j -ту вулицю населеного пункту [68]:

$$T_{hi} = N_{rpj} + N_{rsj}, \quad (3.7)$$

де T_{hi} – показник транспортних потоків на i -й вулиці населеного пункту; N_{rpj} – кількість основних доріг, які проходять через j -ту вулицю населеного пункту; N_{rsj} – кількість вторинних доріг, які проходять через j -ту вулицю населеного пункту [68].

На основі кількісного значення показника транспортних потоків T_{hi} на i -й вулиці населеного пункту встановлюють її пріоритет для ремонту або модернізації. При цьому, чим більше значення показника транспортних потоків T_{hi} на i -й вулиці, тим вищий буде пріоритет для ремонту або модернізації.

Аналіз стану об'єктів транспортної інфраструктури за складністю передбачає визначення показника складності (I_{ci}):

$$I_{ci} = f(T_c, S_c, N_b, N_{ti}, N_{pc}), \quad (3.8)$$

де T_c – тип покриття доріг у населеному пункті;

S_c – стан поверхні доріг у населеному пункті;

N_b – кількість мостів на дорогах населеного пункту;

N_{ti} – кількість складних транспортних розв'язок на дорогах населеного пункту;

N_{pc} – кількість пішохідних переходів на дорогах населеного пункту.

Тип покриття доріг T_c у населеному пункті має наступні категорії: 1) асфальт; 2) щебінь; 3) гравій; 4) бруківка; 5) ґрунт; 6) бетонні плити; 7) бетонне;

8) природний ґрунт; 9) камінь; 10) плитка. При цьому категорія покриття доріг T_c у населеному пункті впливає на пріоритетність об'єктів розвитку транспортної інфраструктури. Дорогам із якісним покриттям, таким як асфальт, надається вищий пріоритет, оскільки вони потребують менший обсяг виконання робіт із ремонту або відновлення, а ґрунтовим дорогам нижчий пріоритет [68].

Стан поверхні доріг S_c у заданому населеному пункті поділяється на п'ять категорій: 1) відмінний; 2) хороший; 3) середній; 4) поганий; 5) жахливий. Від категорії стану поверхні доріг S_c значною мірою залежить зміст виконуваних робіт у проектах їх відновлення, а також бюджет проектів. Окрім того, S_c впливає на значення показника складності I_{ci} . Найнижче значення показника складності I_{ci} об'єктів транспортної інфраструктури спостерігається за відмінного стану поверхні доріг, а найвище за жахливого стану поверхні доріг [68].

Наявність мостів N_b , складних транспортних розв'язок N_{ti} та пішохідних переходів N_{pc} на окремих дорогах заданого населеного пункту впливає на складність транспортної інфраструктури. Також кількість N_b , N_{ti} та N_{pc} на дорогах заданого населеного пункту впливає на складність реалізації проектів розвитку їх транспортної інфраструктури. Відновлення або будівництво мостів і складних транспортних розв'язок потребує виконання значних обсягів інженерних робіт та технічної експертизи. Наявність різних перешкод, таких як річки, пагорби або житлові райони, ускладнює проектування та будівництво доріг, мостів тощо. Будівництво мостів та інших транспортних об'єктів потребує значних фінансових вкладень у матеріали, технології та робочу силу. Отже, кількість N_b , N_{ti} та N_{pc} на дорогах заданого населеного пункту створює як виклики, так і можливості для реалізації проектів розвитку транспортної

інфраструктури у післявоєнний період. Однак, за обмежених ресурсів слід визначати пріоритетні з-поміж них [68].

Визначення пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури заданого населеного пункту потребує попереднього визначення таких показників, як: 1) загальна кількість вулиць у населеному пункті (N); 2) кількість транспортних потоків (N_{Ti}) на i -й вулиці; 3) тип покриття (S_i) на i -й вулиці; 4) кількість мостів N_{bi} на i -й вулиці; 3) кількість складних транспортних розв'язок N_{ti} на i -й вулиці; 4) кількість пішохідних переходів N_{pci} на i -й вулиці.

На підставі означених показників можна визначити показник пріоритетності (P_{str}) i -х вулиць у заданому населеному пункті [68]:

$$P_{str} = \alpha \cdot N_{Ti} + \beta \cdot N_{S_i} + \gamma \cdot N_{bi} + \delta \cdot N_{ti} + \varepsilon \cdot N_{pci}, \quad (3.9)$$

де $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ – відповідно коефіцієнти транспортних потоків, типу покриття вулиці, наявності мостів, складних транспортних розв'язок та пішохідних переходів, які визначають важливість кожного із критеріїв пріоритетності i -х вулиць у заданому населеному пункті;

N_{Ti} – нормалізована кількість транспортних потоків на i -й вулиці;

N_{S_i} – нормалізований тип покриття на i -й вулиці;

N_{bi} – нормалізована кількість мостів на i -й вулиці;

N_{ti} – нормалізована кількість складних транспортних розв'язок на i -й вулиці;

N_{pci} – нормалізована кількість пішохідних переходів на i -й вулиці.

Для нормалізації показників N_{nor} , які представлено у формулі (3.9) використовується мінімаксний метод. Він забезпечує отримання значень відповідних показників у діапазоні від 0 до 1. Для цього використовується наступна формула:

$$N_{nor} = \frac{N_i - N_{min}}{N_{max} - N_{min}}, \quad (3.10)$$

де N_{nor} – нормалізований показник;

N_i – поточне значення показника;

N_{min}, N_{max} – мінімальне та максимальне значення показника.

Представлений вираз (3.10) дає можливість врахувати основні критерії оцінення вулиць під час визначення їх пріоритету. Цей вираз адаптують до умов заданої транспортної інфраструктури населеного пункту. Після визначення показників пріоритетності (P_{str}) для кожної i -х вулиць у заданому населеному пункті виконують їх ранжування у порядку спадання [68]:

$$P_{str1} \geq P_{str2} \geq \dots \geq P_{strn}, \quad (3.11)$$

де $1, 2, \dots, n$ – відповідно індекс першої, другої та n -ї вулиць заданого населеного пункту у впорядкованому їх списку;

$P_{str1}, P_{str2}, \dots, P_{strn}$ – відповідно значення показника пріоритетності для першої, другої та n -ї вулиць заданого населеного пункту у впорядкованому їх списку.

Останнім кроком виявлення пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури є візуалізація пріоритетних вулиць та представлення на них об'єктів у заданому населеному пункті. Під час цього будуються графіки зміни показників пріоритетності об'єктів транспортної інфраструктури та зазначені об'єкти відображаються на карті населеного пункту [68].

3.4. Метод визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час на основі моделювання транспортних потоків

Відновлення окремих об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час є критичним завданням для стимулювання економічного розвитку та забезпечення добробуту мешканців населених пунктів, які опинилися у зоні бойових дій. Однією із управлінських задач, які повинні розв'язувати проектні менеджери, є визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури. Вирішення цієї задачі виконується із обмеженими даними та без повноцінного доступу до реальних об'єктів транспортної інфраструктури, щоб провести виробничі експерименти (оцінення реального транспортного потоку та його сезонності). Виникає потреба на етапі ініціації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час забезпечити їх ефективне використання без створення корків із транспортних потоків та відповідно незручностей для водіїв та мешканців населених пунктів. Це неможливо зробити без використання управлінського інструментарію та відповідного програмного забезпечення, які забезпечать моделювання використання дорожньої мережі. Саме це дає можливість отримати кількісні значення показників продуктивності транспортної інфраструктури та її окремих об'єктів. Порівняння продуктивності транспортної інфраструктури за означеними сценаріями дає можливість визначити з-поміж них раціональний сценарій реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час.

На підставі виконаного аналізу наявного програмного забезпечення для моделювання транспортних потоків встановлено, що їх є багато. Однак, більшість із них мають окремі недоліки. Зокрема, окремі із них є досить дорого вартісними, мають складний функціонал, вимагають значного обсягу початкових даних, які можна отримати лише експериментально в умовах використання реальних об'єктів транспортної інфраструктури. Одним існують

простіші інструменти, одним із таких є фреймворк MATSim із відкритим вихідним кодом для реалізації великомасштабного транспортного моделювання на основі агентів [122]. Він успішно застосовується для виконання процесів аналізу транспортної інфраструктури та є доступний із відкритим вихідним кодом [182]. Однак, його використання для моделювання транспортних потоків призводить до того, що проблематично отримуються вхідні дані для моделювання окремих об'єктів транспортної інфраструктури. Це стосується даних щодо характеристик об'єктів транспортної інфраструктури, які на практиці збираються із різних джерел (місцевих органів влади, підприємств та установ, розробників топографічних карт тощо) [87]. При цьому збір даних із зазначених джерел призводить до того, що отримуються дані у різних форматах, що затрудняє узгодження окремих наборів даних між собою.

У переважній більшості сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури пропонується виконувати розширення вулиць (доріг) для того, щоб позбутися заторів. Однак такі сценарії є дорогаварісними. Однак існує підхід та інструментарій IFN-Transport [126], який передбачає використання альтернативних сценаріїв. Ними передбачається виконувати звуження вулиць (доріг) для виділення окремих смуг для пішоходів та велодоріжок, щоб збалансувати затори [152; 154].

IFN-Transport має відкритий вихідний код [108], що робить його вільним для використання, модифікації та розповсюдження. У основі цього інструментарію закладено підхід побудови ідеальної мережі із транспортними потоками. Цей підхід базується на використанні обґрунтованої математичної теорії та евристичних методах, в основі якого покладено максимізацію ланцюгів Маркова та отримання максимальної ентропії відповідно до заданих початкових умов для сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури.

Отже, у післявоєнний період за неможливості проведення виробничих експериментів із реальними об'єктами транспортної інфраструктури для збору

даних, які забезпечать моделювання транспортних потоків, пропонується використовувати фреймворк OpenStreetMap (OSM).

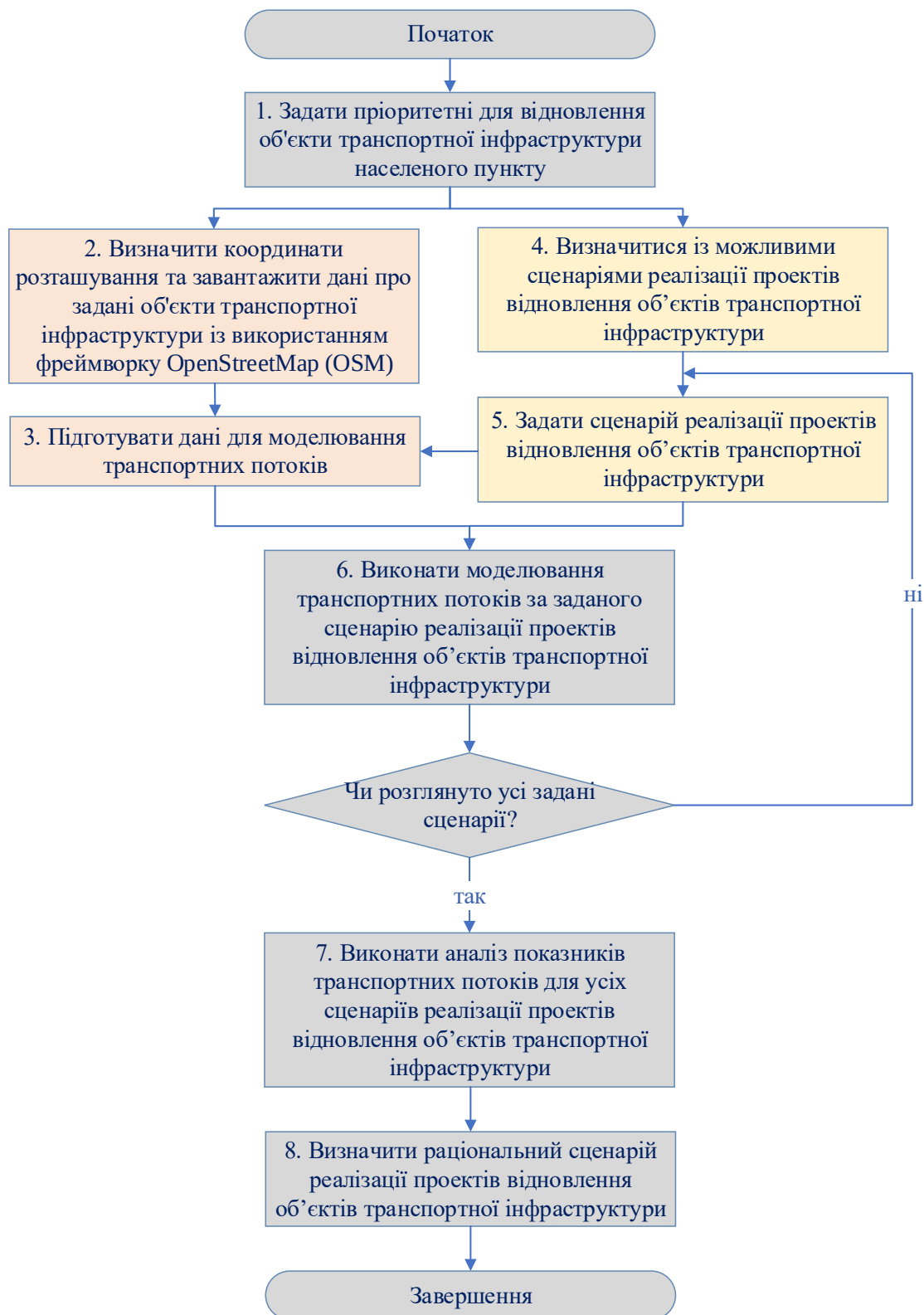


Рисунок 3.4 – Блок-схема методу визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний період

Цей фреймворк є основним джерелом даних для моделювання окремих об'єктів транспортної інфраструктури. При цьому основою формування сценаріїв використання об'єктів транспортної інфраструктури є OSM. Водночас IFN-Transport забезпечує виконання моделювання транспортних потоків.

Запропонований нами пропонується метод визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури базується на моделюванні транспортного потоку, що відіграє важливу роль у визначенні пріоритетів та обґрунтування раціональних сценаріїв реалізації проектів відновлення. Блок-схема запропонованого методу передбачає виконання 8 етапів, які представлено на рис. 3.4.

На першому етапі слід задати пріоритетні для відновлення об'єкти транспортної інфраструктури населеного пункту. Для цього використовується метод визначення пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури для відновлення у післявоєнний час, який описаний вище (див. п. 3.3).

Наступний етап передбачає визначення координати розташування та завантаження даних про задані об'єкти транспортної інфраструктури. Для цього пропонується використовувати фреймворк OpenStreetMap (OSM) [129] (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Визначення координат розташування об'єктів транспортної інфраструктури із використанням фреймворку OpenStreetMap (OSM)

Основною позитивною відмінністю фреймворку OpenStreetMap (OSM) від інших відомих картографічних сервісів, що є власністю та контролюються певними компаніями, є доступність відкритих даних та участі у їх формуванні спільноти волонтерів. Волонтери беруть участь у картографуванні доріг, мостів та інших транспортних об'єктів у різних частинах світу. При цьому кожен із зазначених об'єктів транспортної інфраструктури має свої картографічні дані, які зберігаються у OSM та мають структурований формат. Зокрема, кожен об'єктів транспортної інфраструктури із вузлів, що представляються окремими географічними точками із координатами). Дороги або вулиці представлені впорядкованими списками з'єднаних між собою вузлів, що формують лінійні об'єкти. Між ними є зв'язки, які представляються групами вузлів і лінійних об'єктів, що дає можливість представляти мультиполігони.

Етап підготовки даних для моделювання транспортних потоків передбачає формування масивів із цими даними та їх зберігання у потрібному форматі для подальшої роботи. Для вибраного розташування об'єктів транспортної інфраструктури формуємо масив із даними (D_{COT}) про їх координати:

$$D_{COT} \in (NodeID, X, Y, osmID), \quad (3.12)$$

де $NodeID$ – ідентифікатор вузла транспортної інфраструктури;

X, Y – відповідно координати розташування вузла транспортної інфраструктури;

$osmID$ – ідентифікатор вузла транспортної інфраструктури у фреймворку OSM.

За значеннями масиву даних (D_{COT}) щодо координат пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури здійснюється запит до OSM та виконується формування масиву даних (D_{TIF}) про їх характеристики:

$$D_{TIF} \in \left(\begin{array}{l} LinkID, Node1, Node2, Capacity, Distance, MaxSpeed, \\ NumLane, RoadWidth, RoadType, RoadName \end{array} \right), \quad (3.13)$$

де *LinkID* – ідентифікатор посилання на об'єкт транспортної інфраструктури;

Node1, Node2 – ідентифікатори вузлів транспортної інфраструктури, які відображають межі об'єкта транспортної інфраструктури;

Capacity – пропускна здатність дороги або вулиці, рсц/год;

Distance – відстань, км;

MaxSpeed – максимальна швидкість руху транспортного потоку, км/год;

NumLane – номер дорожнього полотна;

RoadWidth – ширина дороги, м;

RoadType – тип дороги;

RoadName – назва дороги.

Отримані масиви із даними щодо координат пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури (D_{COT}) та їх характеристик (D_{TF}) переводять у формат *.csv та зберігають у окремі файли. Вона є основою для моделювання транспортних потоків за заданого сценарію реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури.

Етап визначення варіантів можливих сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури базується на аналізі існуючих потреб у відновленні та розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час. При цьому вивчаються стан та рівень пошкоджень існуючих об'єктів транспортної інфраструктури, а також оцінюються потреби у забезпеченні доступу до транспортних послуг для населення та підтримки економічного відновлення.

Для формування множини можливих сценаріїв (S) відновлення заданих пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури окремого населеного враховуються різні альтернативні варіанти їх відновлення та розвитку. Вибір найкращого сценарію залежить від конкретних потреб громади та заданих пріоритетів управління транспортною мережею. Нами сформульовано основні варіанти сценаріїв (S) відновлення та розвитку заданих пріоритетних об'єктів

транспортної інфраструктури окремого населеного, які представлено у таблиці 3.1.

Таблиці 3.1 – Основні варіанти сценаріїв (S) відновлення та розвитку пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури окремого населеного пункту [68]

Варіант сценарію	Позначення	Опис
Розширення кількості смуг руху транспортних засобів	S_1	Збільшення кількості смуг руху забезпечує зростання пропускної здатності доріг, особливо на ділянках з великим транспортним потоком, зменшуючи затори.
Збільшення ширини дороги	S_2	Розширення ширини дороги збільшує простір для руху транспортних засобів і покращує їх рух. Це досягається завдяки реконструкції або розширенню існуючого дорожнього покриття. Реалізація такого сценарію забезпечує зменшення заторів та підвищує пропускну здатність окремих ділянок транспортної мережі.
Впровадження нових транспортних мереж або реконструкція існуючих	S_3	Впровадження нових транспортних мереж або реконструкція існуючих сприяє покращенню пропускної здатності регіональних та міських доріг. Це може стосуватися створення нових об'їзних доріг, додаткових автостоянок, покращення систем громадського транспорту тощо.
Покращення інфраструктури для пішоходів та велосипедистів	S_4	Покращення інфраструктури для пішоходів та велосипедистів зменшує транспортний потік, покращує безпеку на дорогах та зменшує затори. Саме це сприяє збільшенню кількості людей, які будуть використовувати альтернативні види транспорту (велосипеди, самокати, гіроскутери тощо).
Впровадження інтелектуальних систем управління трафіком	S_5	Використання інтелектуальних систем управління трафіком, таких як системи світлофорів з адаптивним керуванням, системи моніторингу трафіку та адаптивних систем сигналізації. Це оптимізує потік транспортних засобів та зменшує їх затори на дорогах.

Враховуючи вибрані варіанти сценаріїв (S) відновлення та розвитку пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури окремого населеного формується множина можливих сценаріїв:

$$S = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_n\}, \quad (3.14)$$

де S_i – окремий сценарій відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури.

Задавшись одним із сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури повертаються до етапу 3 і виконують підготовку даних для моделювання транспортних потоків. Маючи сформовані масиви даних щодо координат пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури (D_{COT}) та їх характеристик (D_{TIF}), а також заданий сценарій (S_i) відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури переходять до моделювання транспортних потоків.

Для моделювання транспортного потоку використовується методика, яка представлена у п. 2.4 цієї роботи. При цьому використовується макроскопічна модель Гріншильда [149]. Особливістю цієї моделі є те, що вона забезпечує прогнозування безперебійного транспортного потоку та отримання тенденцій, які характерні для реальних транспортних потоків [105]. Зазначена модель Гріншильда є достатньо точною та простою, що дає можливість за обмеженого доступу до інформації у післявоєнний час виконувати моделювання транспортних потоків за заданих сценаріїв реалізації проектів відновлення пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури у заданих населених пунктах. У результаті моделювання отримують вектор ($R_{MTIF}^{S_i}$) із показниками транспортного потоку за заданого сценарію (S_i) відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури:

$$R_{MTIF}^{S_i} = [q, V, D, I_{ij}], \quad (3.15)$$

де q – інтенсивність руху транспортних засобів між заданими вузлами 1 та 2 дорожньої мережі, од/год;

V – швидкість руху транспортних засобів, км/год;

D – щільність транспортного потоку, емп/год;

I_{ij} – показник максимальних заторів.

За умови проведення моделювання транспортного потоку для всіх попередньо визначених сценаріїв (S) реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури переходять до наступного етапу цього методу. Він стосується аналізу показників транспортних потоків для усіх сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури. Насамперед формується масив (MR) результатів моделювання [68]:

$$MR = \begin{bmatrix} R_{MTIF}^{S_1} \\ R_{MTIF}^{S_2} \\ \dots \\ R_{MTIF}^{S_n} \end{bmatrix}, \quad (3.16)$$

де $R_{MTIF}^{S_1}$, $R_{MTIF}^{S_2}$, ..., $R_{MTIF}^{S_n}$ – відповідно вектори із показниками транспортного потоку за заданих 1, 2 та n сценаріїв відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури.

Отримані кількісні значення масив (MR) результатів моделювання транспортних потоків за різними сценаріями відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури лежать в основі виконання наступного етапу, який стосується визначення з-поміж них раціонального сценарію (S_r).

Останній етап запропонованого методу передбачає визначення раціонального сценарію (S_r) реалізації проектів відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури. Цільова функція для визначення

раціонального сценарію (S_r) передбачає максимізацію цінності із урахуванням обмежень на ресурси:

$$S_r \rightarrow \max \sum_{S_i \in S} v_{S_i} x_{S_i}, \quad (3.17)$$

де S_r – раціональний сценарій реалізації проектів відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури;

S – множина можливих сценаріїв реалізації проектів відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури;

v_{S_i} – соціально-економічні вигоди для стейкхолдерів від реалізації сценарію S_i ;

x_{S_i} – булева змінна, яка дорівнює $S_i = 1$, якщо сценарій S_i обраний, і $S_i = 0$ в іншому випадку.

При цьому, раціональний сценарій (S_r) реалізації проектів відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури обираються так, щоб сумарна вартість реалізації не перевищувала заданого бюджету проекту b_{S_i} :

$$\sum_{S_i \in S} c_{S_i} x_{S_i} \leq b_{S_i}, \quad \forall S_i \in S \quad (3.18)$$

де c_{S_i} – вартість реалізації проекту відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури за сценарій S_i ;

b_{S_i} – бюджет проекту відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури.

Представлені математичні вирази описують задачу максимізації цінності (соціально-економічних вигод) від реалізації проектів за сценаріями S_i із

обмеженими ресурсами b_{s_i} , що дозволяє вибрати раціональний сценарій S_r відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури.

Висновки до розділу 3

1. Запропонована схема ідентифікації проєктів розвитку транспортної інфраструктури ґрунтується на обґрунтованих принципах управління та передбачає системне виконання шести етапів. Запропонована схема передбачає автоматизований збір даних щодо характеристик проектного середовища та об'єктів транспортної інфраструктури. Аналіз стану транспортної інфраструктури здійснюється на базі запропонованої моделі, що допомагає обґрунтувати пріоритетні для відновлення об'єкти транспортної інфраструктури. Визначення сценаріїв реалізації проєктів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури в післявоєнний час проводиться з використанням розробленого методу, який включає моделювання транспортних потоків для визначення показників використання об'єктів транспортної інфраструктури.

2. Запропонована модель аналізу стану транспортної інфраструктури під час реалізації проєктів її розвитку у післявоєнний період передбачає системне виконання 9 кроків, які базуються на використанні фреймворку OpenStreetMap та методі ентропії Шеннона для визначення показників стану транспортної інфраструктури окремих населених пунктів. Особливістю цієї моделі є те, що формування бази даних та знань здійснюється автоматизовано із використанням даних фреймворку OpenStreetMap для вивчення пропускну здатності доріг населених пунктів. Це забезпечує визначення показників стану транспортної інфраструктури окремих населених пунктів, що лежать в основі моделювання та визначення раціонального сценарію реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури окремих населених пунктів.

3. Розроблений метод визначення пріоритетних об'єктів передбачає 9 взаємопов'язаних кроків, які лежить в основі ініціації проектів відновлення транспортної інфраструктури окремих населених пунктів у післявоєнний час та базується на використанні фреймворку OpenStreetMap та серверного програмного забезпечення Overpass API з відкритим вихідним кодом. Основною управлінською операцією є швидкий та точний збір інформації про транспортну інфраструктуру. Для цього запропоновано отримувати просторові дані про об'єкти транспортної інфраструктури із відкритого сервісу OpenStreetMap із запитами до бази даних OSM та використанні мови запитів Overpass QL. Вони забезпечують швидке та точне виявлення, а також візуалізацію пріоритетних об'єктів, що є основою для ініціації проектів відновлення транспортної інфраструктури окремих населених пунктів у післявоєнний час.

4. Запропонований метод визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час передбачає виконання восьми етапів, що базуються на моделюванні транспортних потоків, яке забезпечує визначення та аналіз показників транспортних потоків для усіх сценаріїв реалізації проектів, а також визначення з-поміж них раціонального сценарію реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури із обмеженими ресурсами, який забезпечує отримання максимальної цінності (соціально-економічних вигод) для стейкхолдерів.

Розділ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОРИСТАННЯ ОБҐРУНТУВАНОЇ БАЗИ ЗНАНЬ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

4.1. Результати аналізу стану транспортної інфраструктури населених пунктів, що знаходилися у зоні бойових дій

Для аналізу транспортної інфраструктури заданих населених пунктів, які характеризуються просторовими мережами (вулиці, мости та транзитні розв'язки), нами використано модель, яка представлена у п. 3.2 цієї роботи. Під час виконання аналізу стану транспортної інфраструктури i -х населених пунктів, що знаходилися у зоні бойових дій, нами представлено орієнтацію вуличної мережі для кожного із вибраних населених пунктів. Для цього написано програмний код, який використовує бібліотеку OSMnx та передбачає створення циклу, який забезпечує побудову графіків орієнтації транспортної мережі для кожного із i -х населених пунктів. Також слід зазначити, що для проведення відповідного аналізу виконується завантаження графів із фреймворку OpenStreetMap.

Результати визначення показників конфігурації транспортної інфраструктури населених пунктів представлено у додатку Б (табл. Б.2). На підставі отриманих даних нами побудовано кореляційну матрицю між показниками конфігурації транспортної інфраструктури населених пунктів (рис. 4.1).

На підставі виконаних досліджень встановлено, що населені пункти із найвищою ентропією Шеннона H_0 переважно мають більшу середню довжину вулиць L та більшу їх кількість N_n . Також населені пункти із більшим значенням нормалізованого показника ϕ конфігурації транспортної

інфраструктури мають більшу загальну довжину вулиць L та більшу їх кількість N_n .

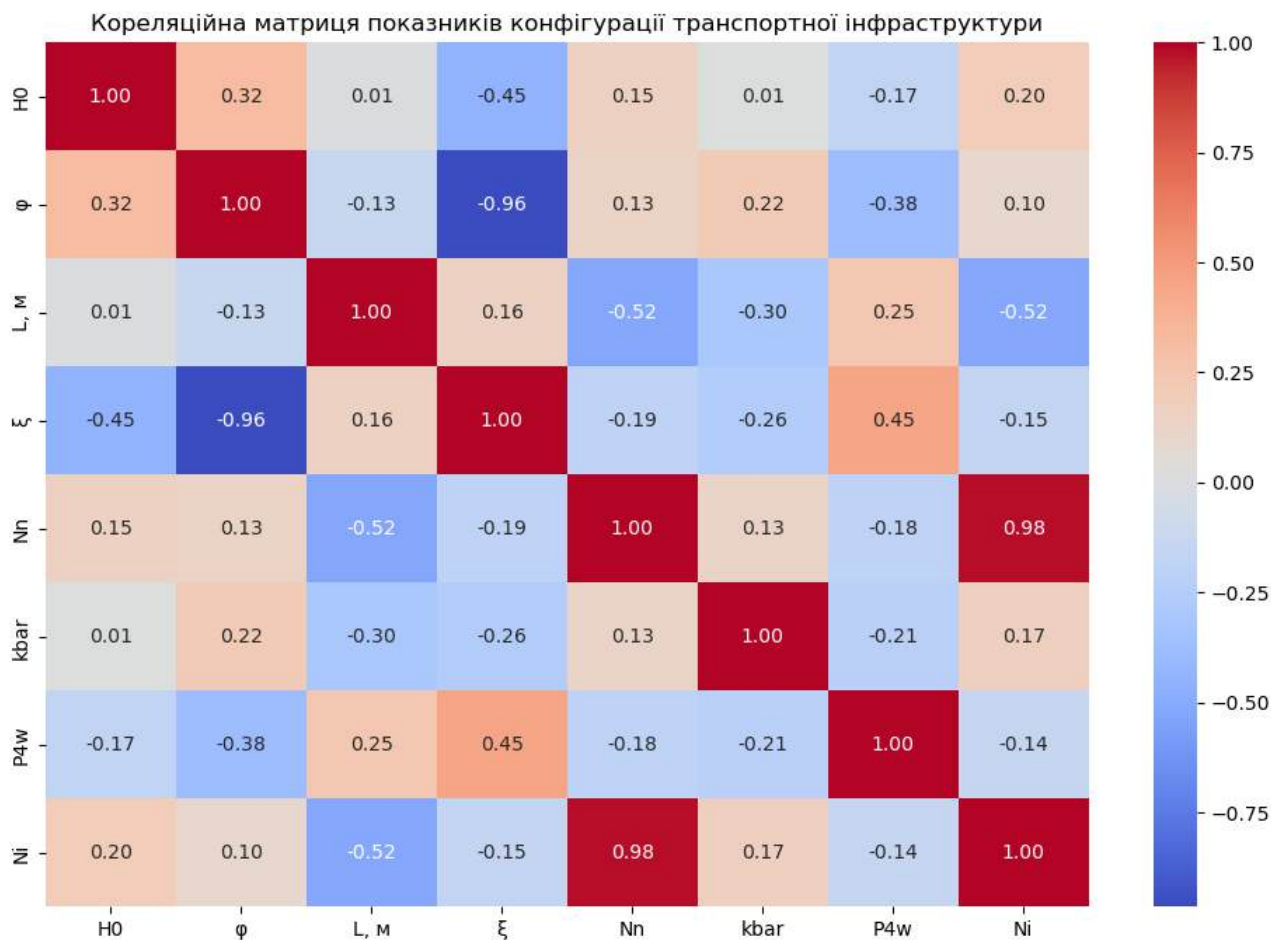


Рисунок 4.1 – Кореляційна матриця між показниками конфігурації транспортної інфраструктури населених пунктів

Встановлено, що існує сильна кореляція між кількістю доріг N_n та чисельністю населення N_i у досліджуваних населених пунктах (рис. 4.2). Вона описується поліномом другого ступеня, що має рівняння:

$$N_n = 8.077e-08 N_i + 0.03128 N_i + 371.1, \quad (4.1)$$

Отриману залежність кількості доріг N_n від чисельності населення N_i у окремих населених пунктах (рис. 4.2) є корисною для проектних менеджерів під час управління проектами розвитку транспортної інфраструктури. Із її

використанням можна прогнозувати, скільки нових доріг слід буде побудувати за зростання чисельності населення, яке буде повертатися після завершення війни. При цьому за такими прогнозами можна визначати потребу у ресурсах на розвиток транспортної інфраструктури, зокрема на будівництво нових доріг.

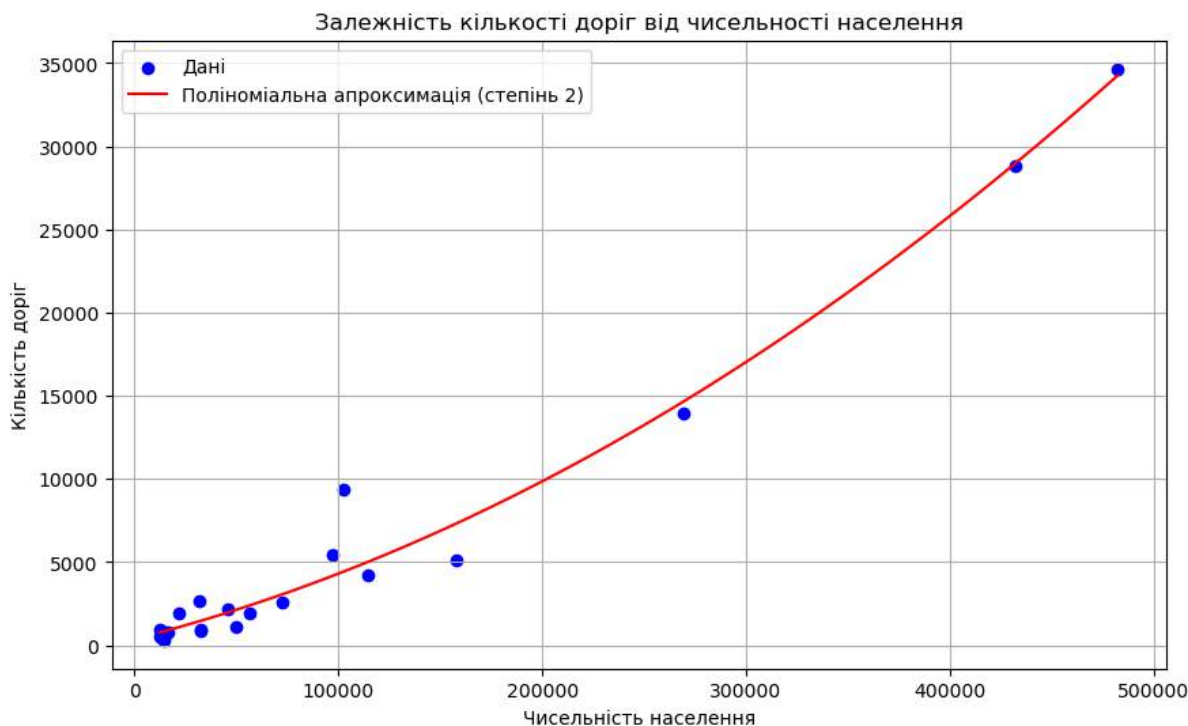


Рисунок 4.2 – Залежність кількості доріг N_n від чисельності населення N_i у окремих населених пунктах

Також отриману залежність можна використовувати для оцінки впливу нових проектів, таких як будівництво нового житлового комплексу або торгового центру, на транспортну інфраструктуру. Саме це дасть можливість місцевим органам влади та проектним менеджерам зменшити негативний вплив нових проектів на транспортну систему.

На кількість доріг N_n окремих населених пунктів впливає багато інших чинників, таких як конфігурація населеного пункту, рівень економічного розвитку та політика місцевих органів влади. Однак, отримана залежність може бути корисним інструментом для прийняття обґрунтованих рішень щодо

розвитку транспортної інфраструктури. Вона допоможе підвищити точність обґрунтованих рішень у проектах розвитку транспортної інфраструктури населених пунктів щодо будівництва нових доріг, ремонту існуючих доріг, планування маршрутів громадського транспорту та моніторингу транспортної системи.

Нормалізований показник φ конфігурації транспортної інфраструктури описує ступінь розгалуженості та зв'язності дорожньої мережі окремих населених пунктів. Показник ξ середньої кривизни доріг характеризує ступінь викривлення доріг. Нами встановлено, що існує сильна кореляція між показником ξ середньої кривизни доріг та нормалізованим показником φ конфігурації транспортної інфраструктури досліджуваних населених пунктів (рис. 4.3).

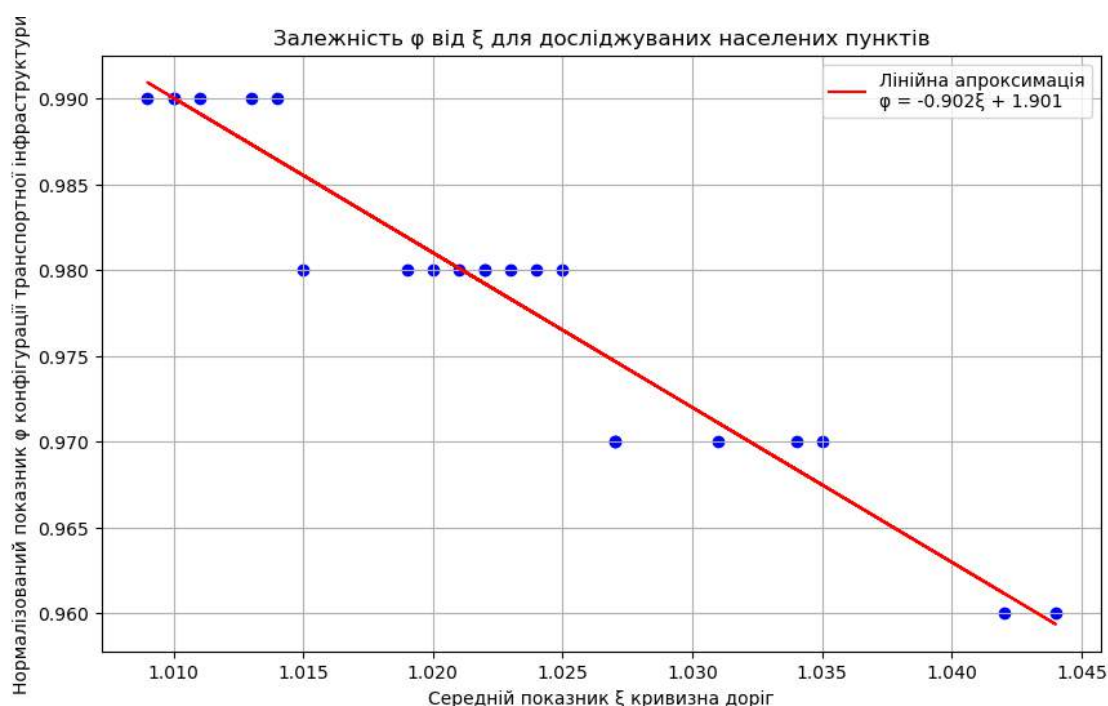


Рисунок 4.3 – Залежність нормалізованого показника φ конфігурації транспортної інфраструктури від показника ξ середньої кривизни доріг досліджуваних населених пунктів

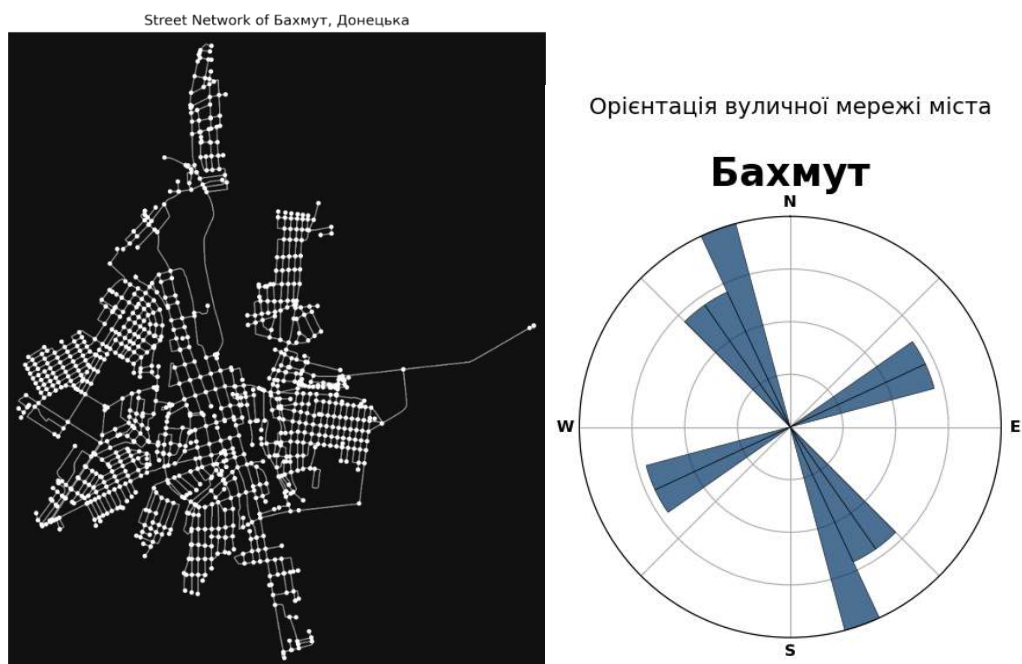
Отримана залежність нормалізованого показника φ конфігурації транспортної інфраструктури від показника ξ середньої кривизни доріг досліджуваних населених пунктів описується лінійним рівнянням:

$$\varphi = -0.902\xi + 1.901, \quad (4.2)$$

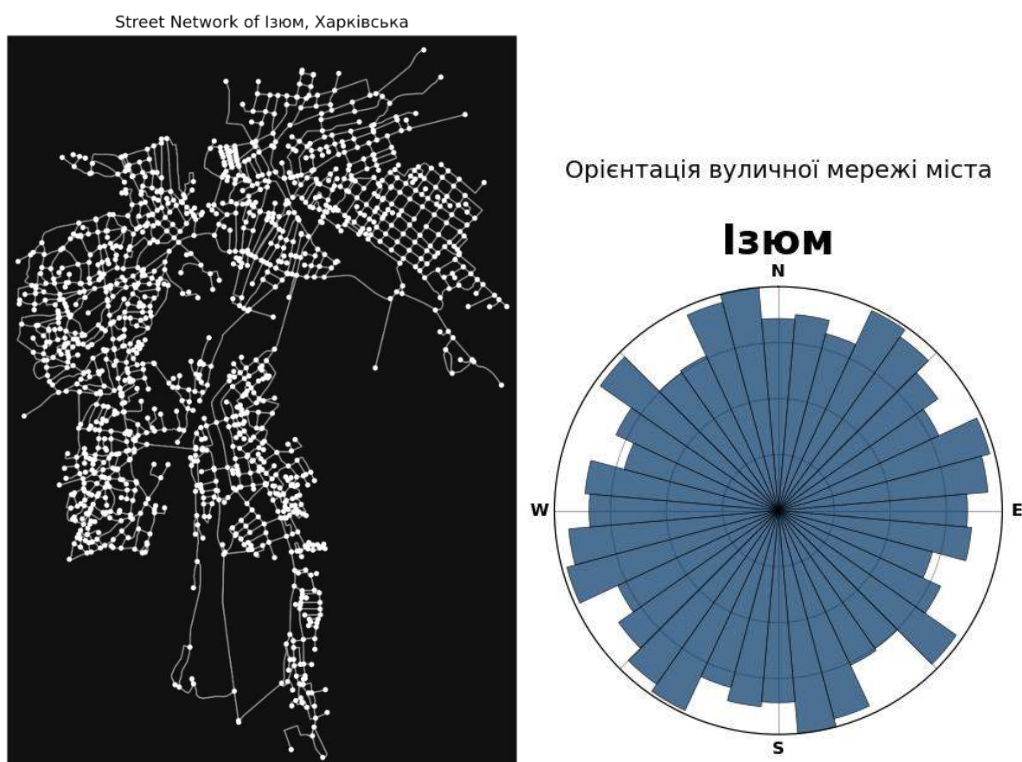
Отримана непряма залежність нормалізованого показника φ конфігурації транспортної інфраструктури від показника ξ середньої кривизни доріг досліджуваних населених пунктів. При цьому для таких населених пунктів характерна більш розгалужена та зв'язна дорожня мережа (вище значення показника φ), що відповідає меншій кривизні доріг (нижче значення показника ξ). Це пов'язано з тим, що в сучасних проектах розвитку транспортної інфраструктури пріоритетом стає безпека та комфорт дорожнього руху, що досягається за рахунок проектування більш плавних доріг.

Отримана залежність нормалізованого показника φ конфігурації транспортної інфраструктури від показника ξ середньої кривизни доріг досліджуваних населених пунктів (рис. 4.3) використовується у проектах розвитку транспортної інфраструктури для прогнозування оцінки транспортної доступності у межах населеного пункту. При цьому за відомим значенням ξ можна прогнозувати φ , що характеризує транспортну доступність у межах населеного пункту. Також отриману залежність (рис. 4.3) можна використати для пошуку оптимального балансу між розгалуженістю/зв'язністю та кривизною доріг під час проектування транспортної інфраструктури.

Для кожного із досліджуваних i -х населених пунктів графіки орієнтації транспортної мережі зберігається у окремі файли з назвою населеного пункту у форматі PNG. У результаті отримали графічне представлення транспортної інфраструктури та її орієнтації для населених пунктів із упорядкованим (рис. 4.4, а) та хаотичним (рис. 4.4, б) плануванням. Для усіх інших досліджуваних населених пунктів графічне представлення транспортної інфраструктури та її орієнтації подано у додатку Б (рис. Б.1).



а)



б)

Рисунок 4.4 – Графічне представлення транспортної інфраструктури та її орієнтації для населених пунктів із упорядкованим (а) хаотичним (б) плануванням

Із отриманих графічних представлень транспортної інфраструктури та її орієнтації для окремих населених пунктів можна чітко прослідкувати різницю у

плануванні їх транспортної інфраструктури. Окремі із них мають чітке зонування кварталів за виключенням незначних провулків та вуличок і вважаються упорядкованими (наприклад м. Бахмут рис. 4.4, а). Окремі із них навпаки, мають хаотичне планування з напрямком вулиць на усі сторони (наприклад м. Ізюм рис. 4.4, б).

Отримані графіки орієнтації транспортної інфраструктури для досліджуваних населених пунктів демонструють ідеальну симетрію обертання на 180° і, як правило, симетрію обертання на 90° . Більше половини досліджуваних населених пунктів (60%) мають приблизну орієнтацію на північ-південь-схід-захід (тобто, 0° - 90° - 180° - 270° – це найпоширеніші чотири напрямки орієнтації вулиць у населених пунктах). Ще 30% мають хаотичне планування транспортної інфраструктури (м. Миколаїв, м. Ізюм, м. Лисичанськ, м. Охтирка, м. Слов'янськ, м. Суми). Переважно хаотичне планування мають великі за чисельністю проживаючого населення.

Виконане графічне представлення транспортної інфраструктури та її орієнтації для населених пунктів (рис. 4.4) дозволяє швидко та легко зрозуміти особливості планування транспортної інфраструктури окремих населених пунктів. Також на їх основі можна виконати порівняння транспортної інфраструктури окремих населених пунктів між собою та ідентифікувати проблеми їх подальшого розвитку.

За досліджуваними показниками (табл. Б.2, додаток Б) нами виконано кластеризацію населених пунктів щодо їх конфігурації транспортної інфраструктури та доступності її для розвитку. Для цього нами було визначено головні компоненти (Principal Components), які являють собою нові змінні. Їх визначення базується на комбінації вхідних змінних, що використовуються для зменшення розмірності даних для ефективного аналізу стану транспортної інфраструктури населених пунктів. Головні компоненти створюються таким чином, щоб вони були ортогональними один одному і максимізували дисперсію даних. Для цього використано метод головних компонент (Principal Component Analysis – PCA), який передбачає спочатку

розрахунок власних векторів та власних значень кореляційної матриці даних, яка представлена на рис. 4.1. Після цього із використанням власних векторів створюються нові змінні (головні компоненти), які представляють собою комбінації вхідних змінних. Перша головна компонента зберігає максимальну кількість дисперсії у даних, друга – максимальну залишкову дисперсію, яка не пояснюється першою компонентною.

Отже, отримані головні компоненти можна використовувати для зменшення розмірності даних, які характеризують стан транспортної інфраструктури населених пунктів. При цьому зберігається якомога більше інформації, або для візуалізації даних у просторі меншої розмірності. Вони також можуть бути корисними для виявлення внутрішніх залежностей між змінними та виявлення основних закономірностей у даних.

У результаті проведення відповідних розрахунків нами здійснено кластеризацію досліджуваних населених пунктів за показниками створеної транспортної інфраструктури, які згруповано у два головні компоненти (рис. 4.5).

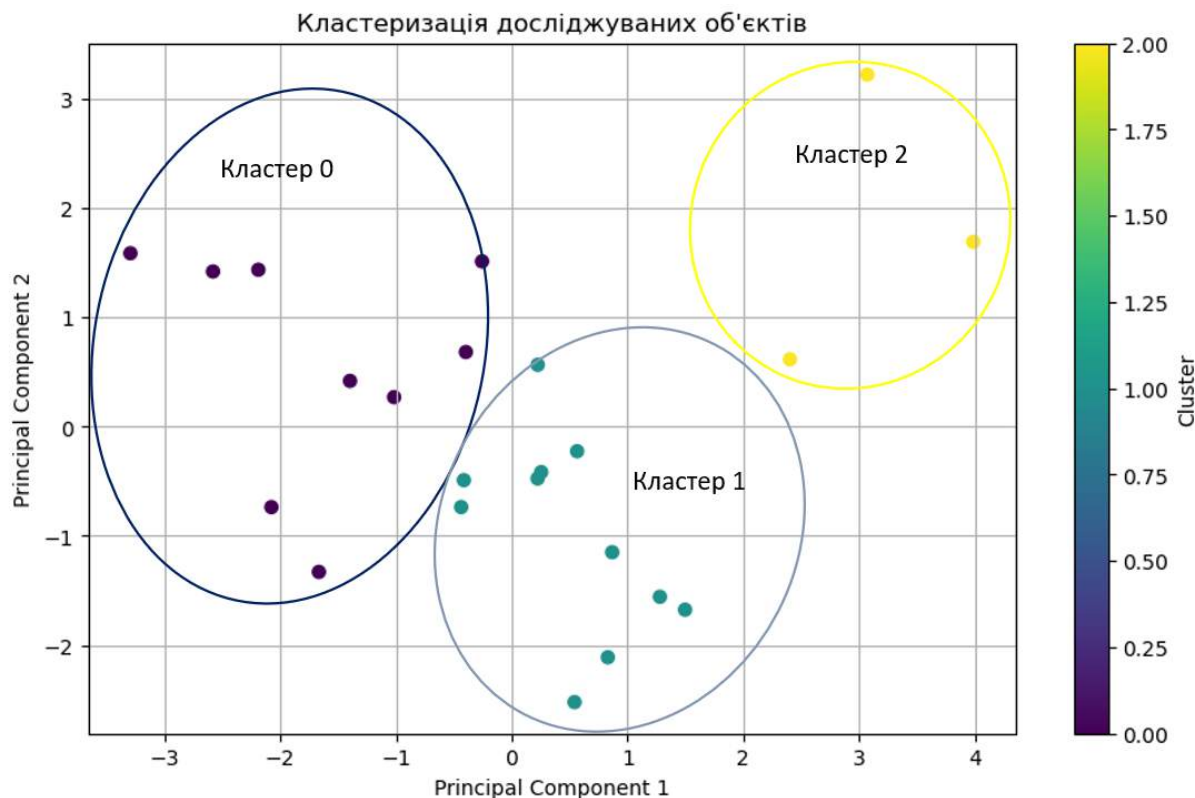


Рисунок 4.5 – Кластеризації досліджуваних населених пунктів за показниками створеної транспортної інфраструктури

Встановлено, що існує 3 кластери досліджуваних населених пунктів за показниками створеної транспортної інфраструктури. Приналежність досліджуваних населених пунктів до окремих кластерів за показниками транспортної інфраструктури подано у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Приналежність досліджуваних населених пунктів до окремих кластерів за показниками транспортної інфраструктури

Назва населеного пункту	Кластер	Назва населеного пункту	Кластер
Миколаїв	2	Торецьк	0
Маріуполь	2	Авдіївка	1
Суми	2	Попасна	1
Краматорськ	1	Старобільськ	0
Слов'янськ	0	Вугледар	1
Сєвєродонецьк	0	Оріхів	1
Лисичанськ	1	Біловодськ	0
Бахмут	1	Гуляйполе	0
Рубіжне	1	Баштанка	1
Охтирка	0	Берислав	1
Ізюм	0	Снігурівка	1
Чугуїв	0	—	—

Виконаний аналіз приналежності досліджуваних населених пунктів до окремих кластерів за показниками транспортної інфраструктури (табл. 4.1) свідчить про те, що більшість досліджуваних населених пунктів належить до

кластеру 1 (47,9%). Водночас до кластеру 0 належить 39,1%, а до кластеру 2 – 13%.

У результаті проведених досліджень здійснено побудову діаграм скрипок (violin plots) для аналізу розподілу окремих показників оцінки транспортної інфраструктури за кластерами (рис. 4.6). Для побудови зазначених діаграм скрипок, які відображають розподіл показників оцінки транспортної інфраструктури за кластерами, використали дані, які представлено у табл. Б.2 (додаток Б). Особливістю їх побудови є те, що окремий графік відображає розподіл тільки однієї змінної (показника оцінки транспортної інфраструктури) за кластерами.

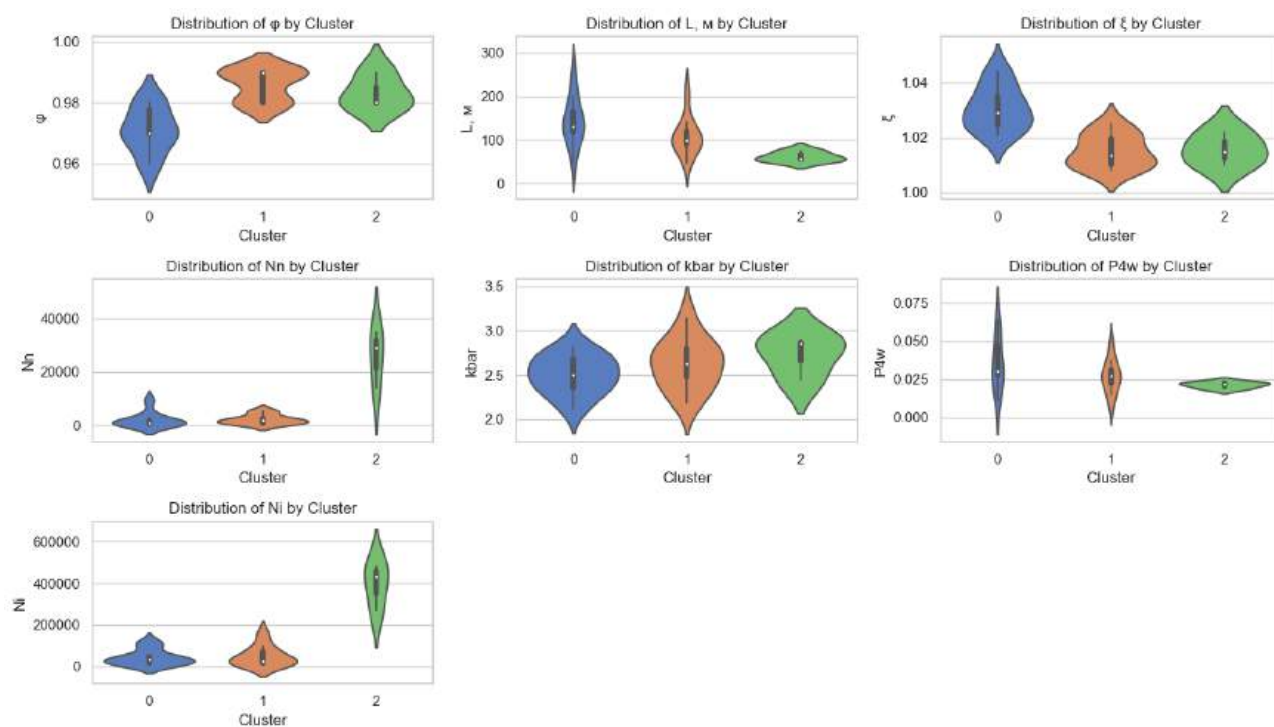


Рисунок 4.6 – Діаграми скрипок розподілу показників оцінки транспортної інфраструктури за кластерами

Отримані діаграми (рис. 4.6) дозволяють візуально порівняти розподіл показників оцінки транспортної інфраструктури між різними кластерами населених пунктів. Це дає можливість полегшити ідентифікацію пріоритетних об'єктів для розвитку транспортної інфраструктури та розподілу ресурсів в межах проекту.

Отримані діаграми скрипок відображають не тільки медіани, але й розподіл даних навколо центральної тенденції. Це дозволяє виявити варіацію показників оцінки транспортної інфраструктури всередині кожного кластеру населених пунктів та виявити, наскільки однорідним є процес розвиток транспортної інфраструктури.

Діаграми скрипок також використовуються для порівняння розподілу показників транспортної інфраструктури в різні періоди часу (до початку бойових дій та відповідно пошкодження об'єктів транспортної інфраструктури та після цього) або між різними адміністративними областями та їх населеними пунктами. Саме це лежить в основі процесу аналізу динаміки змін та визначення тенденцій розвитку транспортної інфраструктури.

Отже, діаграми скрипок є важливим інструментом для аналізу та прийняття рішень у проектах розвитку транспортної інфраструктури. Саме вони дозволяють виявляти різноманітні закономірності, їх тенденції та особливості розподілів показників оцінки транспортної інфраструктури за встановленими кластерами населених пунктів.

4.2. Результати обґрунтування пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури

Для обґрунтування пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури, які потребують відновлення або розвитку нами використано удосконалений метод, який описано у п. 3.3 цієї роботи. Для цього нами вибрано один із населених пунктів, який знаходиться поблизу зони бойових дій і має пошкоджені об'єкти транспортної інфраструктури. Таким населеним пунктом обрано місто Краматорськ Донецької області. Для збору інформації про транспортну інфраструктуру м. Краматорськ використано фреймворк OpenStreetMap (OSM) та серверне програмне забезпечення Overpass API з відкритим вихідним кодом. Їх використання зумовило написання програмного

коду на мові Python використанням інтерактивного середовища розробки Jupyter Notebook [68].

На підставі використання написаного коду нами виконано запит до Overpass API, що дало можливість отримати географічні дані про об'єкти O_{ki} транспортної інфраструктури k -х видів у м. Краматорськ. Зокрема отримано дані про наявні дороги, мости, складні розв'язки, пішохідні переходи тощо. Нами визначено наступні характеристики – види доріг T_r , тип покриття доріг T_c та S_c – стан поверхні доріг у м. Краматорськ. Отримані результати подано у табл. Г.1-Г.3 (додаток Г). Це дало можливість побудувати діаграми видів доріг (рис. 4.7), типу покриття доріг (рис. 4.8) та стану поверхні доріг (рис. 4.9) у місті Краматорськ Донецької області.

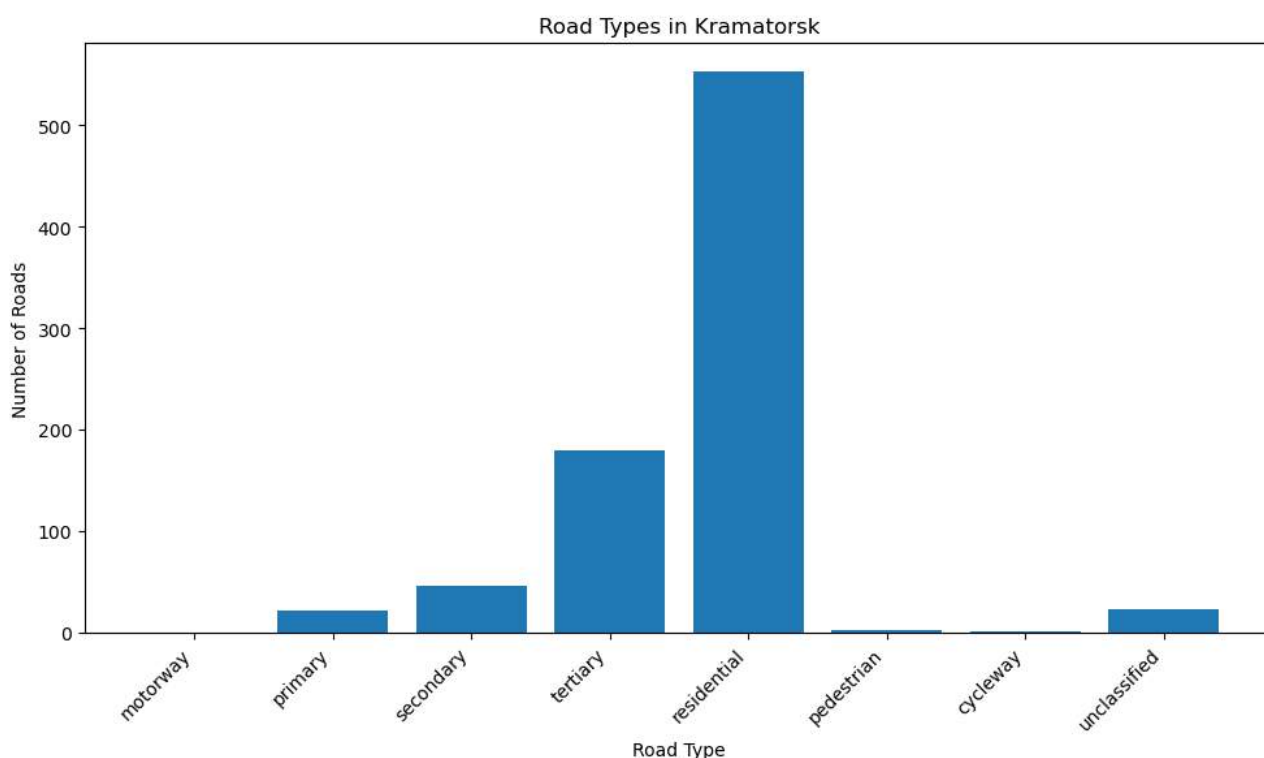


Рисунок 4.7 – Діаграма видів доріг у місті Краматорськ Донецької області

На підставі отриманих даних встановлено, що у м. Краматорськ Донецької області наявно 826 доріг. Виконаний аналіз доріг за їх типами вказує на те, що найбільша їх частка припадає на міські вулиці, що становить 553 од.

або ж 66,95% від загальної кількості доріг у місті. Міські дороги становлять 179 од. або ж 21,66%, основні дороги – 21 од. або ж 2,54% та вторинні дороги – 46 од. або ж 5,57%. Наявні некласифіковані дороги, яких у заданому населеному пункті є 23 од. або 2,78%. Окрім того, такі типи доріг, як магістральні, пішохідні та вело доріжки відсутні у м. Краматорськ.

Отримані результати вказують на те, що міські вулиці та міські дороги є основними складовими транспортної інфраструктури міста Краматорськ. Однак, основну увагу під час виділення пріоритетних об'єктів O_{ki} транспортної інфраструктури м. Краматорськ слід зосередити на основних та вторинних дорогах, яких сумарно у м. Краматорськ є 67 од. або ж 8,11%.

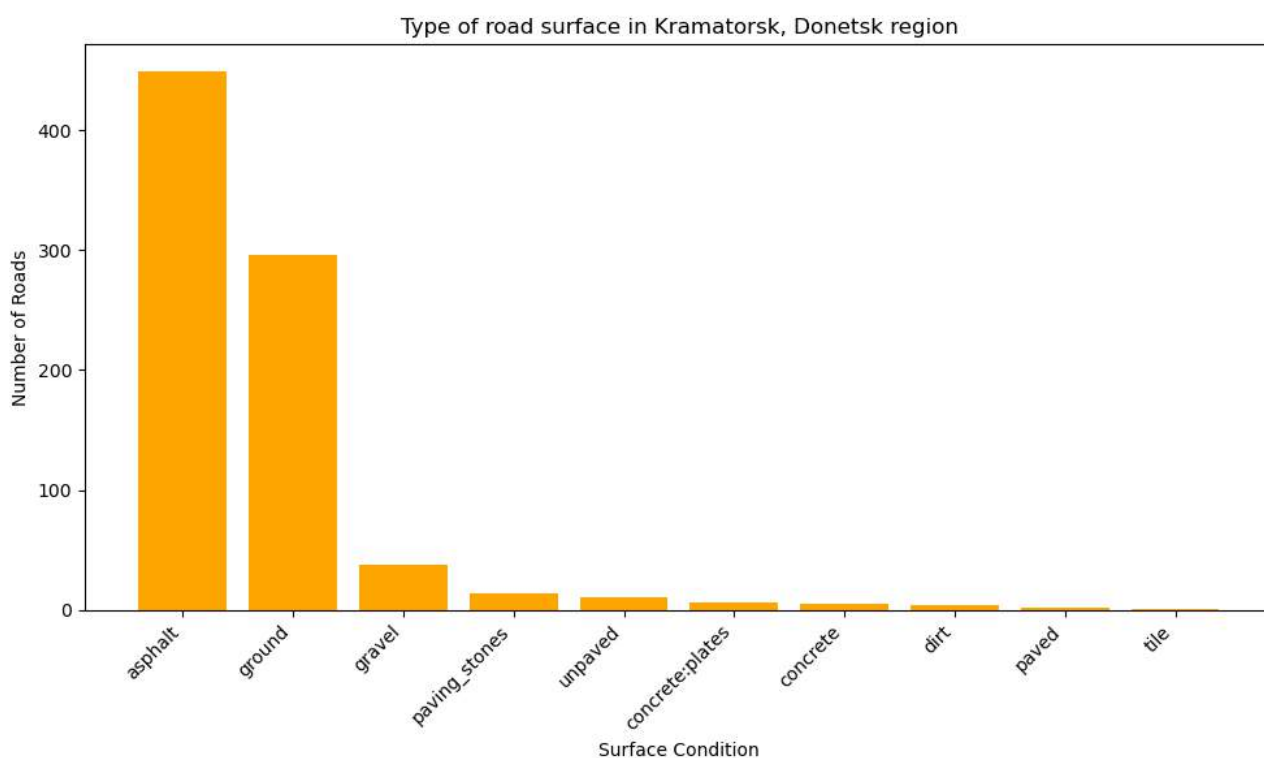


Рисунок 4.8 – Діаграма типу покриття доріг у місті Краматорськ Донецької області

На підставі отриманих даних (рис. 4.8) встановлено, що у м. Краматорськ Донецької найпоширенішим типом покриття доріг є асфальт. Такі дороги становлять 449 од. або ж 54,34% від загальної їх кількості. Другими за

кількістю є дороги із щебеневим покриттям, що становлять 296 од. або ж 35,84%. Дороги із гравію та бруківки становлять меншу частку. Вони відповідно складають 38 од. (4,60%) та 14 од. (1,69%). Також наявні дороги із іншими типами покриття (ґрунт, бетонні плити, бетонне покриття, природний ґрунт, камінь та плитка), які складають менше 1% від загальної їх кількості. Таким чином, дороги із асфальтовим покриттям та покриттям із щебню є найпоширенішими у м. Краматорськ. Тип покриття доріг є різним у м. Краматорськ і це має значний вплив на реалізацію проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час.

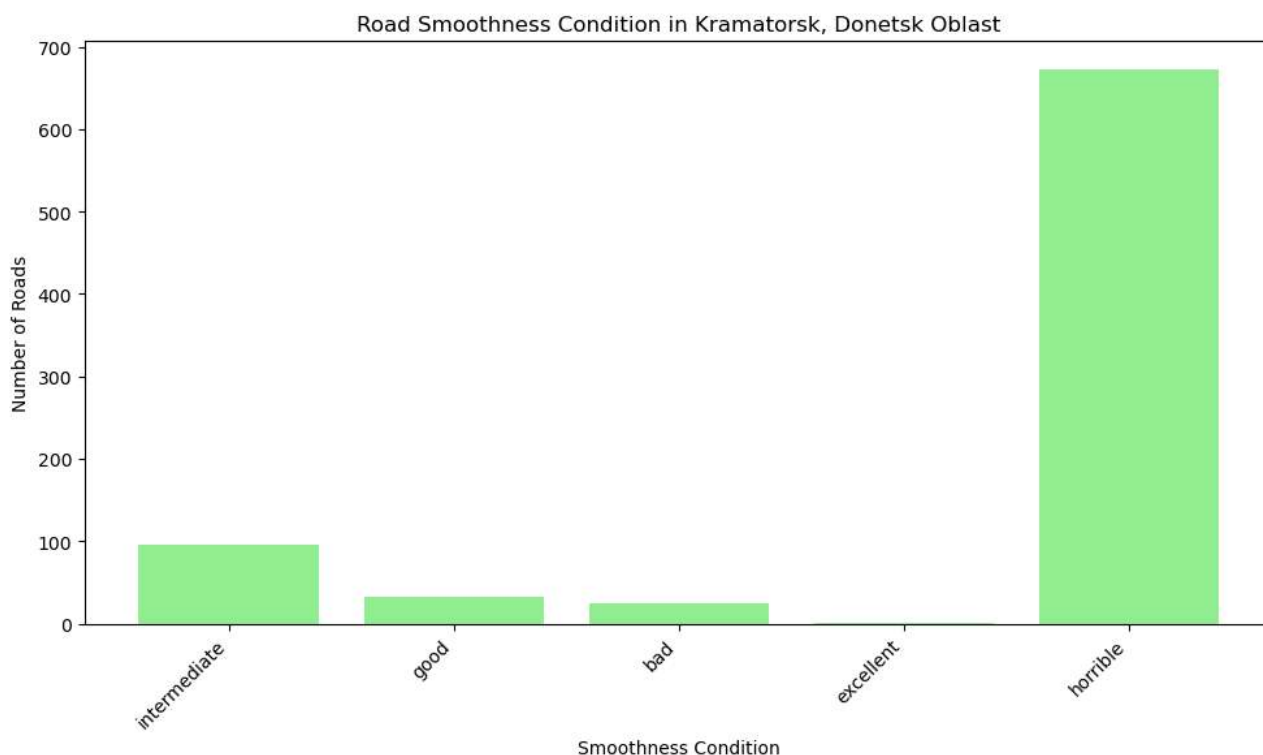


Рисунок 4.9 – Діаграма стану поверхні доріг у місті Краматорськ Донецької області

На підставі отриманих даних (рис. 4.9) встановлено, що у м. Краматорськ Донецької найпоширенішими пошкоджені поверхні доріг із станом «жахливий», що складає 81,43% від загальної їх кількості. Із середнім станом наявно 11,5% доріг, хорошим станом – 3,87%, поганим станом – 3,02% від

загальної їх кількості. Водночас дороги із відмінним станом поверхні зустрічається дуже і їх наявно 0,12% від загальної їх кількості. Отже, проведений аналіз показує на те, що більшість доріг у м. Краматорськ є пошкодженими і мають жахливий стан поверхні. Це вказує на потребу реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час.

На підставі використання формули (3.14) визначено кількісне значення показників T_h транспортних потоків для окремих вулиць у м. Краматорськ. Отримані результати подано у табл. Г.4 (додаток Г). Це дало можливість побудувати діаграму пріоритетних вулиць для ремонту або модернізації за показником транспортних потоків T_h у місті Краматорськ Донецької області (рис. 4.10).

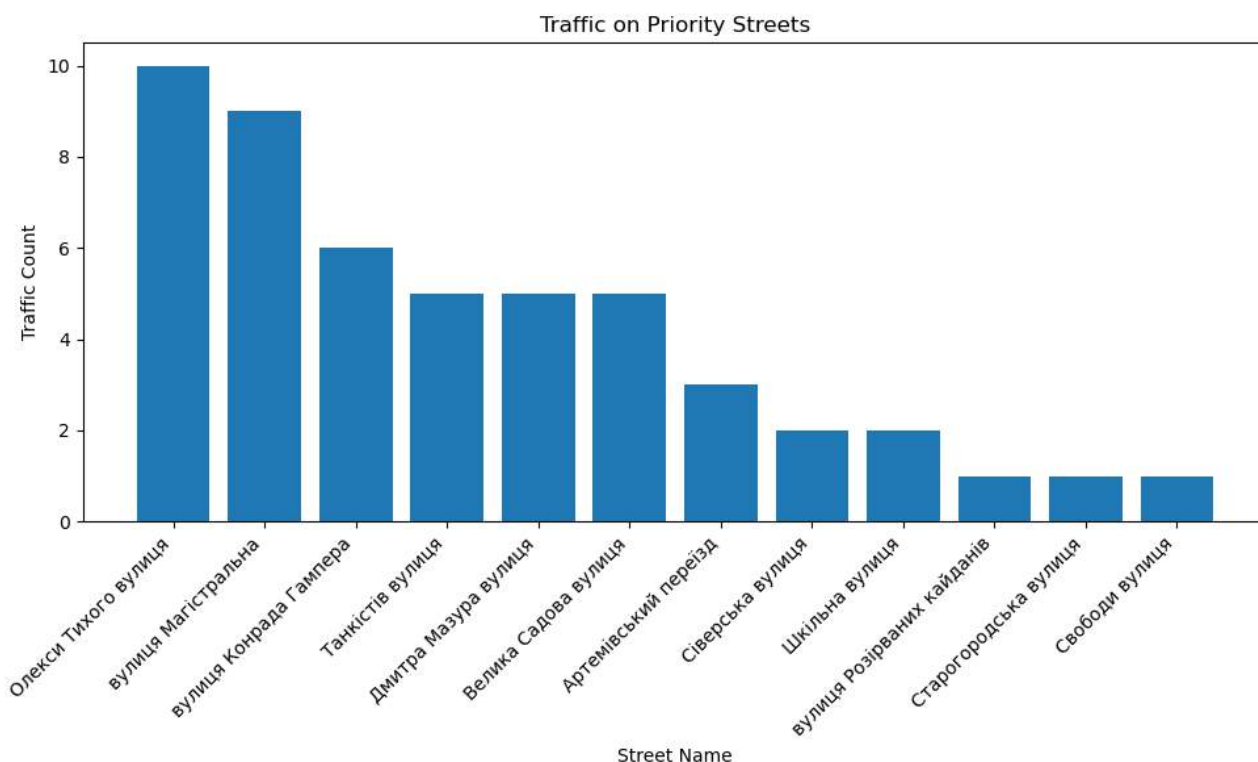


Рисунок 4.10 – Діаграма пріоритетних вулиць для ремонту або модернізації за показником транспортних потоків T_h у місті Краматорськ Донецької області

На основі аналізу представлених результатів на рис. 4.10 щодо визначення пріоритетних вулиць для ремонту або модернізації у м.

Краматорськ Донецької області встановлено наступне. Вулиці «Розірваних кайданів», «Старогородська» та «Свободи» мають найнижчий показник транспортних потоків ($T_{hi}=1$), що свідчить про незначну інтенсивність руху транспортних засобів. Водночас, вулиці «Розірваних кайданів» та «Старогородська» мають найбільшу кількість пішохідних переходів (відповідно $N_{pc}=28$ од. та $N_{pc}=35$ од.). Це вимагає додаткових витрат у бюджеті проектів їх модернізації для забезпечення безпеки пішоходів. Водночас ці вулиці потребують першочергового ремонту або модернізації дорожнього покриття та інфраструктури для забезпечення безпеки пішоходів.

Вулиця «Олекси Тихого» має високе кількісне значення показника транспортних потоків ($T_{hi}=10$ од.) та помірну кількість пішохідних переходів ($N_{pc}=7$ од.). Такий високий рівень транспортних потоків на зазначеній вулиці робить її однією з пріоритетних для ремонту або модернізації.

Вцілому на основі виконаного аналізу визначено пріоритетні вулиці, які потребують першочергового ремонту та модернізації для забезпечення безпеки руху транспорту та пішоходів у м. Краматорськ Донецької області. Отримані результати лежать в основі ідентифікації проектів розвитку транспортної інфраструктури у м. Краматорськ після війни.

На підставі використання формули (3.15) визначено кількісне значення складності I_{ci} окремих вулиць у м. Краматорськ. Отримані результати подано у табл. Г.5 (додаток Г). Це дало можливість побудувати діаграму пріоритетних вулиць для ремонту або модернізації за їх складністю I_{ci} у м. Краматорськ Донецької області (рис. 4.11).

На основі аналізу представлених результатів на рис. 4.11 щодо визначення пріоритетних вулиць для ремонту або модернізації за їх складністю I_{ci} у місті Краматорськ Донецької області встановлено наступне. Найвищий рівень складності мають такі вулиці, як Артемівський переїзд, Магістральна, Дмитра Мазура та Танкістів. Саме вони вимагають найбільших витрат бюджету

проектів їх ремонту або модернізації. Це може пов'язано із значними обсягами виконання робіт у проектах модернізації та відновлення об'єктів транспортної інфраструктури, потреби використання висококваліфікованих виконавців, а також технологій та спеціалізованої техніки.

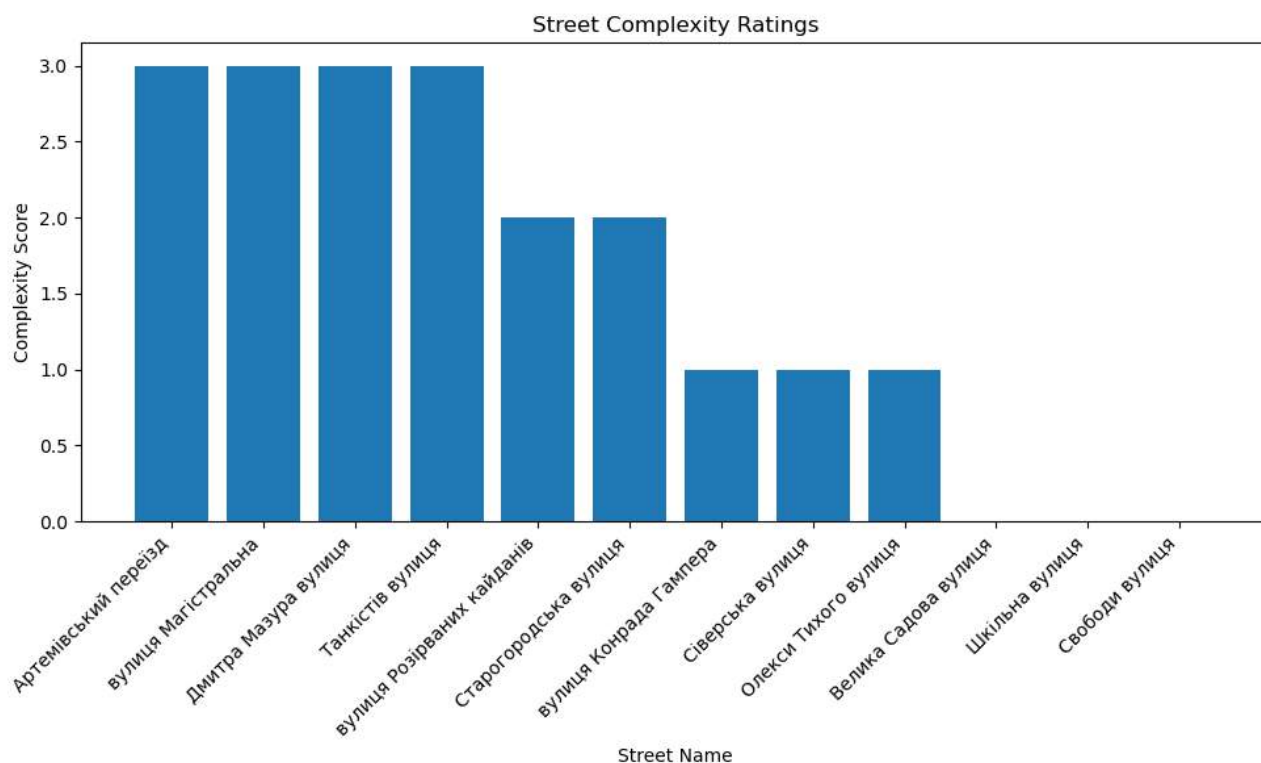


Рисунок 4.11 – Діаграма пріоритетних вулиць для ремонту або модернізації за їх складністю I_{ci} у місті Краматорськ Донецької області

На підставі отриманих пріоритетних вулиць для ремонту або модернізації за показниками транспортних потоків T_h та складності I_{ci} у місті Краматорськ Донецької області, а також із використанням формули (3.16) визначено показник пріоритетності (P_{str}) i -х вулиць у заданому населеному пункті. Враховуючи післявоєнний стан заданого населеного пункту нами прийнято коефіцієнти транспортних потоків та складності відповідно становлять $\alpha = 0,7$ та $\beta = 0,3$. Це пов'язано із тим, що відновлення транспортних потоків буде сприяти економічному розвитку міста у післявоєнний час. Отже, важливість

критерію відновлення транспортних потоків має значно вище значення для визначених пріоритетних i -х вулиць у заданому населеному пункті. Отримані результати представлено у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати визначення показників пріоритетності (P_{str}) i -х вулиць для відновлення у місті Краматорськ Донецької області

Назва населеного пункту	Показник транспортних потоків		Показник складності		Показник пріоритетності (P_{str}) i -х вулиць
	T_h	N_{T_h}	I_{ci}	$N_{I_{ci}}$	
вулиця Магістральна	9	0,89	3	1,00	1,89
вулиця Танкістів	5	0,44	3	1,00	1,44
вулиця Дмитра Мазура	5	0,44	3	1,00	1,44
вулиця Олексі Тихого	10	1,00	1	0,33	1,33
Артемівський переїзд	3	0,22	3	1,00	1,22
вулиця Конрада Гампера	6	0,56	1	0,33	0,89
вулиця Розірваних кайданів	1	0,00	2	0,67	0,67
вулиця Старогородська	1	0,00	2	0,67	0,67
вулиця Велика Садова	5	0,44	0	0,00	0,44
вулиця Сіверська	2	0,11	1	0,33	0,44
вулиця Шкільна	2	0,11	0	0,00	0,11
вулиця Свободи	1	0,00	0	0,00	0,00

Отримані результати розрахунку показників пріоритетності (P_{str}) i -х вулиць для відновлення у місті Краматорськ Донецької області свідчать про те, що вулиця Магістральна характеризується найвищим нормалізованим показником транспортних потоків ($N_{T_h} = 0.89$), що свідчить про значний обсяг транспортного руху на цій ділянці міста. Водночас, на вулиці Свободи спостерігається найнижчий нормалізований показник транспортних потоків (

$N_{T_h} = 0$), що може вказувати на низьку транспортну активність на цій ділянці міста або на її обмежену доступність для транспортних засобів [68].

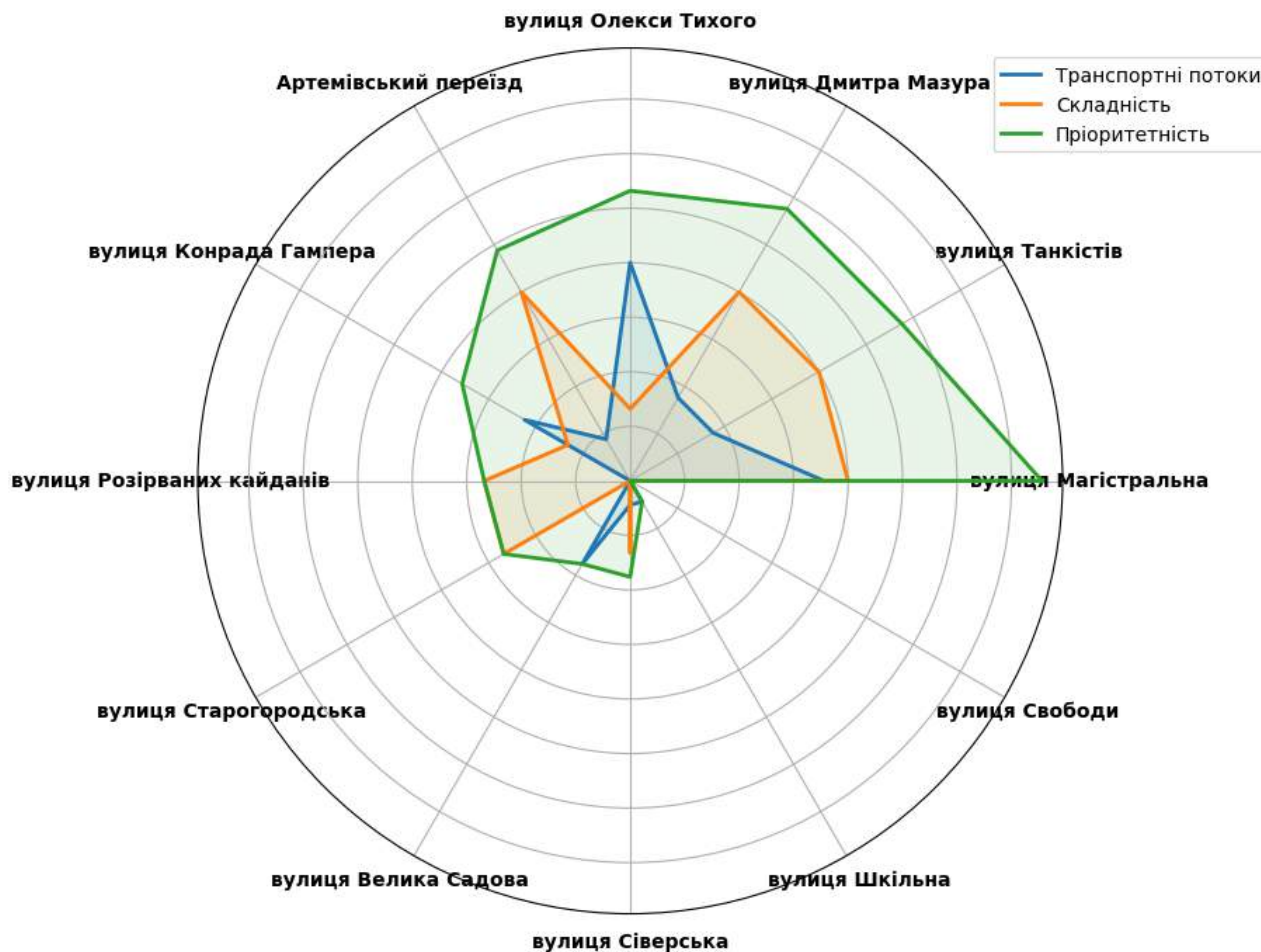


Рисунок 4.12 – Пелюсткова діаграма показників пріоритетності (P_{str}) i -х вулиць для відновлення у місті Краматорськ Донецької області

На вулиці Олексі Тихого спостерігається найвищий нормалізований показник складності, який становить $N_{I_{ci}} = 0.33$. Це означає, що на цій транспортній ділянці міста є обмеження з рухом транспорту через різноманітні чинники, такі як пішохідні переходи, мости, складні розв'язки. Водночас, на вулиці Велика Садова спостерігається найнижчий показник складності, який становить $N_{I_{ci}} = 0.0$. Це означає відсутність перешкод для руху транспортних

засобів, а також організовану та безпечну ділянку транспортної інфраструктури міста [68].

Щодо показника пріоритетності (P_{str}) виконання ремонтів та відновлення об'єктів транспортної інфраструктури на i -х вулицях, то найвище його значення спостерігається для вулиці Магістральна ($P_{str} = 1.89$). Це свідчить про важливість цієї дороги для розвитку транспортної інфраструктури міста. Однак, вулиця Свободи має найнижчий показник пріоритетності ($P_{str} = 0.0$). Це вказує на меншу важливість цієї вулиці з точки зору розвитку транспортної інфраструктури міста [68].

Вцілому, аналіз показників транспортних потоків, складності та пріоритетності окремих вулиць міста допомагає проектним менеджерам зрозуміти, які вулиці потребують першочергової реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури із відновленням їх об'єктів у післявоєнний час. На пріоритетних вулицях створюються проблеми із рухом транспортних засобів, які мають вищі транспортні потоки. Саме вони є ключовими для транспортної мережі міста. Окрім того, для них є першочерговою потреба у відновленні об'єктів транспортної інфраструктури, що забезпечить безпеку та зручності для учасників дорожнього руху.

Для відображення пріоритетних для відновлення доріг (рис. 4.13), мостів (рис. 4.14) та вулиць (рис. 4.15) у місті Краматорськ Донецької області використано сервіс Overpass Turbo. Він являє собою веб-інтерфейс, що забезпечує виконання запитів до бази даних OpenStreetMap (OSM) із використанням мови запитів Overpass QL. За допомогою цього інструменту проектні менеджери можуть створювати складні запити для отримання географічних даних про пріоритетні для відновлення об'єкти транспортної інфраструктури з OSM та візуалізувати їх на картах прямо у веб-браузері.

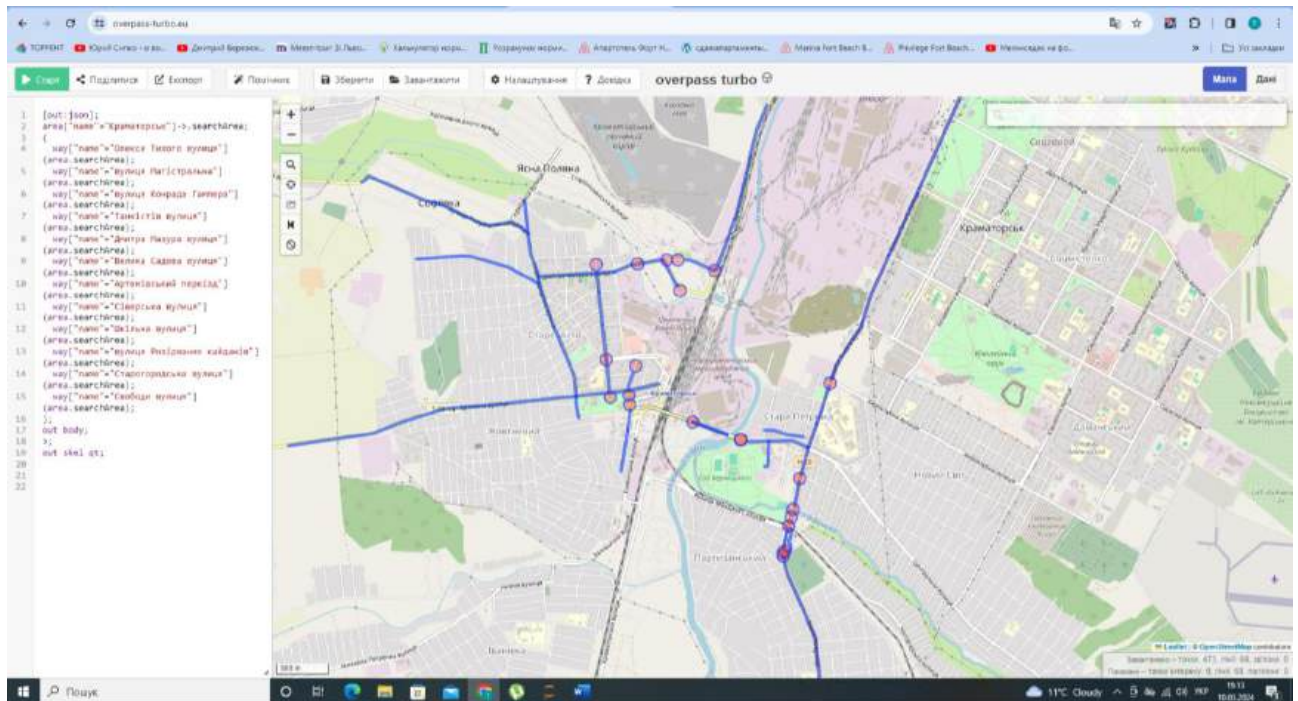


Рисунок 4.13 – Результати використання сервісу Overpass Turbo для відображення пріоритетних для відновлення доріг у місті Краматорськ Донецької області

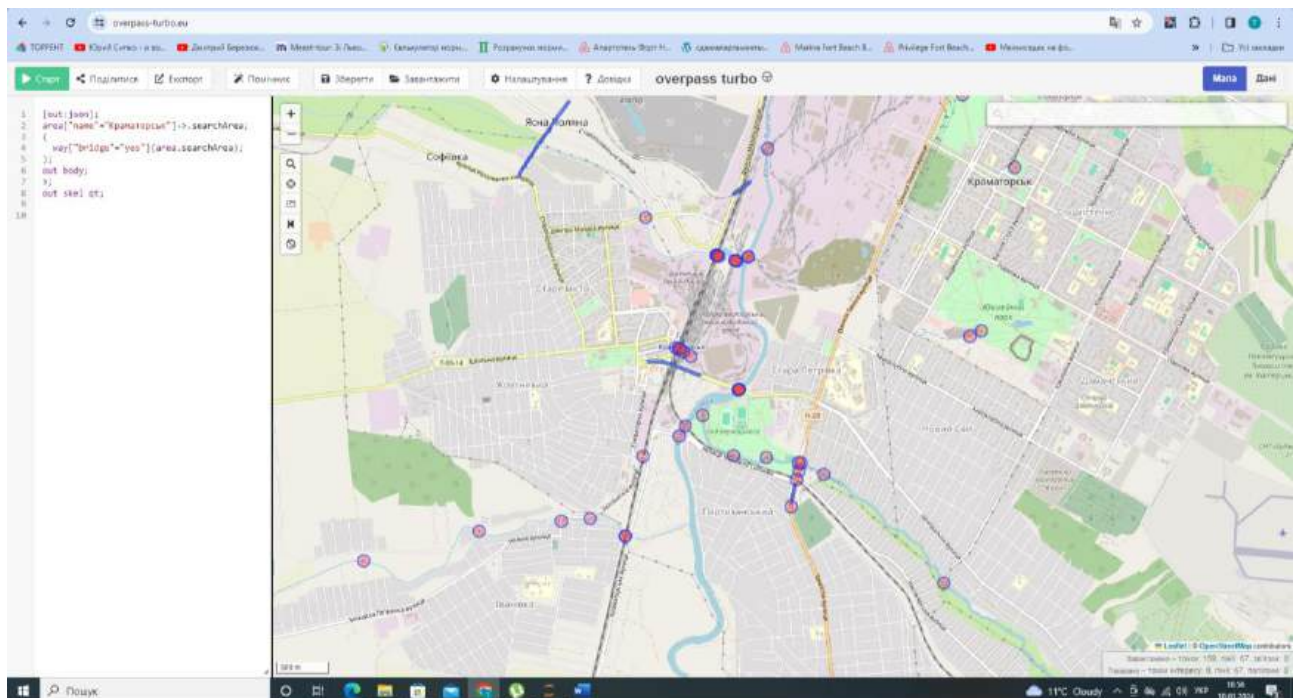


Рисунок 4.14 – Результати використання сервісу Overpass Turbo для відображення мостів у місті Краматорськ Донецької області

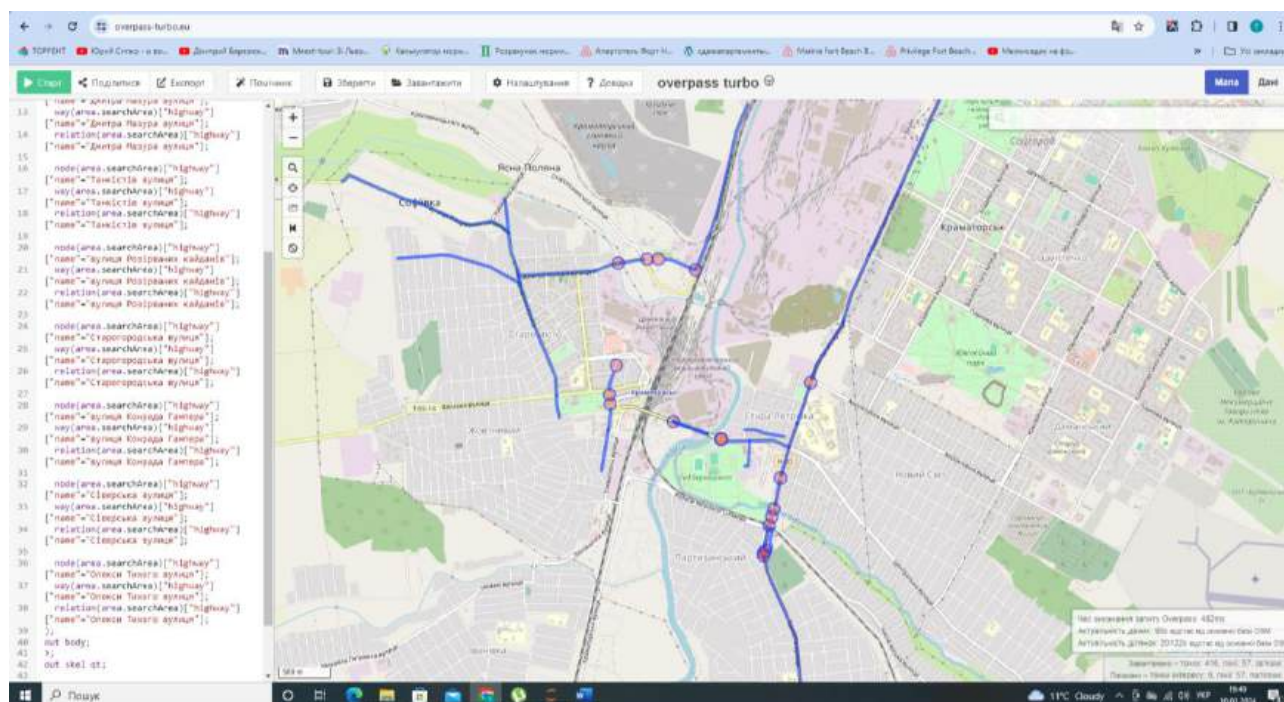


Рисунок 4.15 – Результати використання сервісу Overpass Turbo для відображення пріоритетних за складністю вулиць у місті Краматорськ Донецької області

На підставі отриманих результатів можемо простежувати, що використання Overpass Turbo надає інтерактивну робочу область із пріоритетними для відновлення об'єктами транспортної інфраструктури. При цьому проектні менеджери можуть редагувати та запускати нові запити, переглядати результати із пріоритетними для відновлення об'єктами транспортної інфраструктури у вигляді картографічного шару, а також експортувати отримані дані у різні формати.

Отримані результати використання сервісу Overpass Turbo для відображення пріоритетних для відновлення об'єктів транспортної інфраструктури на прикладі міста Краматорськ Донецької області свідчать про те, що їх можна використати для управління проектами відновлення транспортної інфраструктури у післявоєнний час. Зокрема, отримані дані про об'єкти транспортної інфраструктури лежать в основі оцінки поточного стану транспортної інфраструктури заданого міста. Це дозволить за обмеженого бюджету зрозуміти, які об'єкти потребують першочергового відновлення, а які

можна відновлювати за наступних етапів фінансування проектів розвитку транспортної інфраструктури.

На основі аналізу отриманих даних можна визначити пріоритетність проектів відновлення транспортної інфраструктури. Дороги та мости, які є найбільш важливими для забезпечення доступу до об'єктів критичної інфраструктури та соціально важливих об'єктів (наприклад, підприємства енергозабезпечення населених пунктів, лікарні, школи тощо), вважаються як пріоритетні для відновлення.

Проектні менеджери отриману інформацію про пріоритетні об'єкти транспортної інфраструктури використовують для розробки детальних планів їх відновлення, включаючи планування обсягу робіт, часові рамки та бюджет. Це допоможе ефективно організувати реалізацію проектів та виконання робіт щодо відновлення транспортної інфраструктури, а також забезпечити їх вчасне завершення.

Наявність інформації про стан об'єктів транспортної інфраструктури може служити підґрунтям для залучення фінансування від місцевих або міжнародних організацій, які підтримують проекти відновлення транспортної інфраструктури в післявоєнний період.

Вцілому, використання фреймворку OpenStreetMap (OSM), серверного програмного забезпечення Overpass API з відкритим вихідним кодом та сервісу Overpass Turbo дає можливість для проектних менеджерів отримати усю потрібну інформацію та дані про пріоритетні об'єкти транспортної інфраструктури. Саме це лежить в основі моделювання об'єктів транспортної інфраструктури для визначення сценаріїв їх розвитку.

4.3. Результати визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час на основі моделювання транспортних потоків

Визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час здійснювали на основі моделювання транспортних потоків із використанням запропонованого методу, який описано у п. 3.4 цієї роботи. Для виконання моделювання транспортних потоків використано програмне забезпечення для аналізу трафіку IFN-Transport, яке має відкритий вихідний код [108]. На підставі отриманих результатів обґрунтування пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури, що представлено у п. 4.2 цієї роботи, обрано один із районів міста Краматорськ Донецької області.

Із використанням фреймворку OpenStreetMap (OSM) визначення координати розташування пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури. За встановленими та заданими координатами (рис. 3.5) із використанням написаного програмного коду на мові Python та інтерактивного середовища розробки Jupyter Notebook побудовано граф розташування пріоритетних для відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури (рис. 4.16).



Рисунок 4.16 – Граф розташування пріоритетних для відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури

Встановлено, що пріоритетними для відновлення та/або розвитку є декілька вулиць, транспортних розв'язок та мостів. Із використанням фреймворку OpenStreetMap (OSM) здійснено завантаження даних про зазначені об'єкти транспортної інфраструктури. Це дало можливість отримати масив із даними (D_{COT}) про координати розташування пріоритетних для відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури (рис. 4.17, а) та масив даних (D_{TIF}) про їх характеристики (рис. 4.17, б).

	NodeID	X	Y	osmID
0	0	48.721019	37.552459	6223347487
1	1	48.720977	37.552636	1348360608
2	2	48.720966	37.552676	1348321026
3	3	48.720941	37.552741	1348321016
4	4	48.715466	37.559093	1717995462

а)

LinkID	Node1	Node2	Capacity	Distance	MaxSpeed	NumLane	RoadWidth	RoadType	RoadName	
0	1	236	235	1500.0	0.081	20.0	1	3.0	secondary	NaN
1	2	227	228	3000.0	0.010	65.0	4	6.0	secondary	вулиця Конрада Гампера
2	3	228	227	3000.0	0.010	65.0	4	6.0	secondary	вулиця Конрада Гампера
3	4	218	219	3000.0	0.036	65.0	4	6.0	secondary	NaN
4	5	219	218	3000.0	0.036	65.0	4	6.0	secondary	NaN

б)

Рисунок 4.17 – Фрагмент масиву із даними (D_{COT}) про координати розташування пріоритетних для відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури (а) та фрагмент масиву даних (D_{TIF}) про їх характеристики: $NodeID$ – ідентифікатор вузла транспортної інфраструктури; X, Y – відповідно координати розташування вузла транспортної інфраструктури; $osmID$ – ідентифікатор вузла транспортної інфраструктури у фреймворку OSM; $LinkID$ – ідентифікатор посилання на об'єкт транспортної інфраструктури; $Node1, Node2$ – ідентифікатори вузлів транспортної інфраструктури, які відображають межі об'єкта транспортної інфраструктури; $Capacity$ – пропускна здатність дороги або вулиці, рсч/год; $Distance$ – відстань, км; $MaxSpeed$ – максимальна швидкість руху транспортного потоку, км/год; $NumLane$ – кількість смуг на дорозі; $RoadWidth$ – ширина дороги, м; $RoadType$ – тип дороги; $RoadName$ – назва дороги.

Отриманий масив (рис. 4.17, а) із даними про координати розташування пріоритетних для відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури (а) вміщує дані про координати 237 вузлів транспортної мережі. Масив (рис. 4.17, б) із даними (D_{TIF}) про їх характеристики вміщує дані про 383 відрізки транспортної мережі. Отримані дані є основою для моделювання транспортних потоків за заданого сценарію реалізації проектів відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури.

Під час моделювання нами досліджувалися базові сценарії використання транспортної мережі зі змінним показником допустимих максимальних заторів від 0 до 1,0. Для кожного із них виконано моделювання транспортного потоку за методикою, яка представлена у п. 2.4 цієї роботи. Зазначена методика базується на використанні макроскопічної моделі Гріншильда [105]. Отримані результати моделювання транспортних потоків за заданими сценаріями відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури подано у додатку Д. У результаті моделювання отримано показники транспортних потоків на пріоритетних (P_{str}) для відновлення вулицях у місті Краматорськ Донецької області (рис. 4.18).

MaxSpeed	NumLane	RoadWidth	RoadType	RoadName	Congestion	BasisFlow	EstFlow	Speed	TravelTime	Delay
20.0	1	3.0	secondary	NaN	0.057838	0.000825	86.756910	19.706503	0.004110	0.000060
65.0	4	6.0	secondary	vulytsja Konrada Hampera	0.057838	0.001650	173.513821	64.046136	0.000156	0.000002
65.0	4	6.0	secondary	vulytsja Konrada Hampera	0.057838	0.001650	173.513821	64.046136	0.000156	0.000002
65.0	4	6.0	secondary	NaN	0.057838	0.001650	173.513821	64.046136	0.000562	0.000008
65.0	4	6.0	secondary	NaN	0.057838	0.001650	173.513821	64.046136	0.000562	0.000008

Рисунок 4.18 – Фрагмент масиву (D_{TIF}) із показниками транспортних потоків на пріоритетних (P_{str}) для відновлення вулицях у місті Краматорськ Донецької області: *MaxSpeed* – ідентифікатор вузла транспортної інфраструктури; *Congestion* – показник максимальних заторів; *NumLane* – кількість смуг на дорозі; *RoadWidth* – ширина дороги, м; *RoadType* – тип дороги; *RoadName* – назва дороги; *Congestion* – показник максимальних заторів; *BasisFlow* – базовий потік; *EstFlow* – розрахунковий потік;

Speed – Швидкість руху транспортних засобів; *TravelTime* – тривалість у дорозі;
Delay – тривалість затримки.

На підставі отриманих показників транспортних потоків на пріоритетних (P_{str}) для відновлення вулицях виконано їх ранжування. Це дало можливість сформувати масив із даними (D_{pot}) про пріоритетні (P_{str}) для відновлення вулиці у місті Краматорськ Донецької області (рис. 4.19) та графічно представити об'єкти транспортної інфраструктури та транспортні потоки на цих вулицях за заданим сценарієм (рис. 4.20).

	LinkID	Congestion	NumLane	RoadWidth	RoadType	RoadName	
	32	33	1.000000	2	6.0	tertiary	Zaliznychna vulytsja
	33	34	1.000000	2	6.0	tertiary	Zaliznychna vulytsja
	34	35	1.000000	2	6.0	tertiary	Zaliznychna vulytsja
	35	36	1.000000	2	6.0	tertiary	Zaliznychna vulytsja
	339	340	0.951373	2	6.0	tertiary	NaN
	340	341	0.951373	2	6.0	tertiary	NaN
	341	342	0.951373	2	6.0	tertiary	NaN
	342	343	0.951373	2	6.0	tertiary	NaN
	343	344	0.951373	2	6.0	tertiary	NaN
	344	345	0.951373	2	6.0	tertiary	NaN

Рисунок 4.19 – Масив із даними (D_{pot}) про пріоритетні (P_{str}) для відновлення вулиці у місті Краматорськ Донецької області: *LinkID* – ідентифікатор посилання на об'єкт транспортної інфраструктури; *Congestion* – показник максимальних заторів; *NumLane* – кількість смуг на дорозі; *RoadWidth* – ширина дороги, м; *RoadType* – тип дороги; *RoadName* – назва дороги.

На підставі отриманих результатів бачимо, що відрізки транспортної мережі, які представлені із номерами 33-36 та 340-345, мають високий рівень заторів (показник максимальних заторів $Congestion \geq 0.8$). Саме у місцях транспортної мережі спостерігається високий трафік або наявні інші перешкоди на дорозі, що призводять до заторів. Представлених атрибути доріг, такі як кількість смуг руху (*NumLane*), ширина дороги (*RoadWidth*), тип дороги

(RoadType), назва дороги (RoadName), є основою для визначення можливих варіантів сценаріїв для відновлення зазначених відрізків доріг представлених вулиці. Встановлено, що усі представлені відрізки доріг мають 2 смуги та шириною 6 метрів. Поява високих рівнів заторів на відрізках доріг з двома смугами руху (у нашому випадку) вказує на обмеження у русі транспортних засобів або інші чинники, такі як будівельні роботи або пошкоджене полотно на зазначених відрізках доріг.

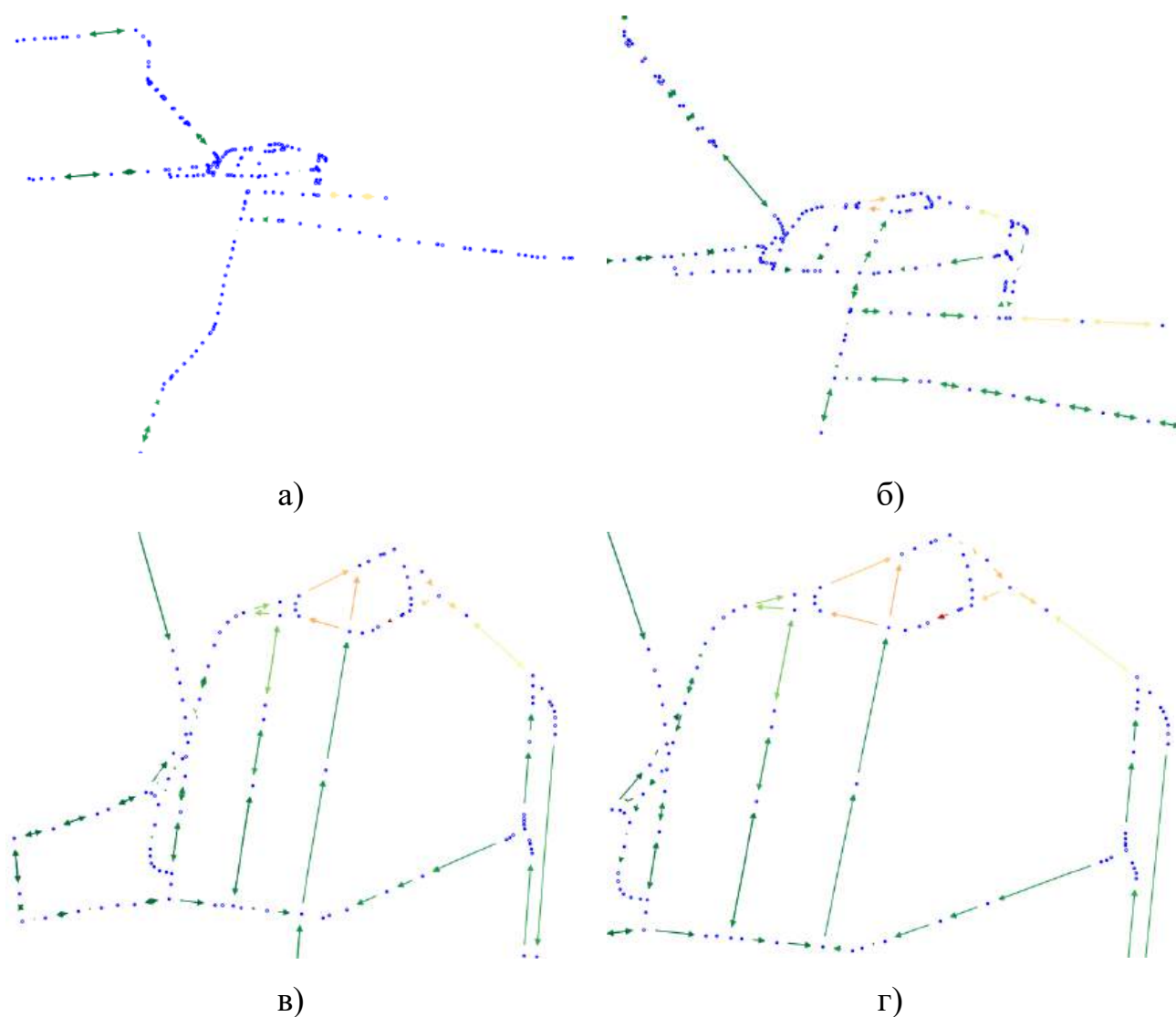


Рисунок 4.20 – Графічне представлення об’єктів транспортної інфраструктури та транспортних потоків на пріоритетних (P_{str}) для відновлення вулицях у місті

Краматорськ Донецької області за сценарієм відновлення Scenario_1.0: а) базовий масштаб; б) масштаб 1; в) масштаб 2; г) масштаб 3; $Congestion < 0.8$ –

зелений колір; $0.8 < Congestion \leq 1.0$ – жовтий колір; $Congestion > 1.0$ – червоний колір

Окремі відрізки доріг не мають інформації про назву дороги (NaN). Однак їх ідентифікуємо за ідентифікатором *LinkID* посилання на об'єкт транспортної інфраструктури.

Для подальшого аналізу нами використано геопросторовий аналіз для визначення місць на карті та їх сполучення з іншими факторами, які можуть призвести до заторів, таких як наявність перехресть, пішохідних переходів, місць розташування шкіл або бізнес-центрів тощо.

На підставі отриманих даних (див. табл. Г.1) отримано залежності показників транспортних потоків за різних сценаріїв використання об'єктів транспортної інфраструктури на пріоритетних (P_{str}) для відновлення вулицях (рис. 4.21).

На підставі отриманих залежностей (рис. 4.22) встановлено, що зі зростанням інтенсивності транспортного потоку від 21035 рси/год до 105178 рси/год спостерігається зменшення середньої швидкості від 32,42 км/год до 31,28 км/год та збільшення середнього часу руху від 2,12 хв/км до 2,18 хв/км, середньої затримки від 0,72 сек/км до 4,25 сек/км, а також середньої затримки на відрізок від 0,02 сек/відрізок до 0,16 сек/відрізок. Це свідчить про те, що за умови збільшення трафіку транспортна мережа стає більш завантаженою, що призводить до зниження її продуктивності.

За базовий сценарій прийнято Scenario_1.0, який передбачає відновлення об'єктів транспортної інфраструктури на пріоритетних (P_{str}) вулицях до стану, який був перед пошкодженнями або руйнуваннями під час воєнних дій. Окрім того, пропонується для розгляду Scenario_1.1, Scenario_1.2 та Scenario_1.3. Сценарій Scenario_1.1 передбачає створення доріжки для пішоходів та велосипедистів із існуючої транспортної мережі, що забезпечить зменшення транспортного потоку, покращує безпеку на дорогах та зменшує затори.

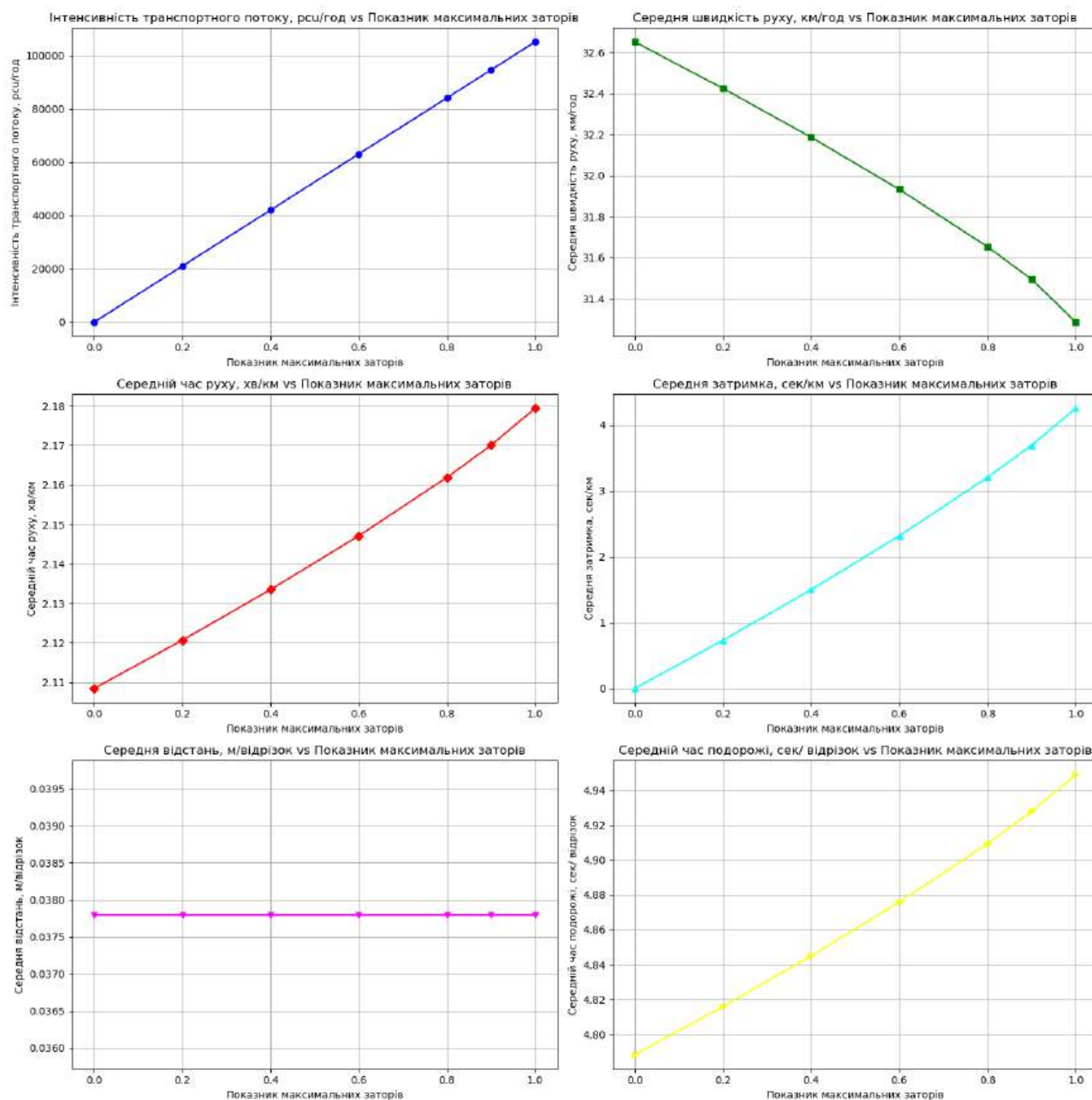


Рисунок 4.22 – Залежності показників транспортних потоків за різних сценаріїв використання об'єктів транспортної інфраструктури на пріоритетних (P_{str}) для відновлення вулицях

Сценарій Scenario_1.2 передбачає збільшення кількості смуг руху транспортних засобів, що забезпечує зростання пропускної здатності доріг, особливо на попередньо визначених відрізках пріоритетних (P_{str}) вулиць з великим транспортним потоком, що забезпечить зменшення заторів. Сценарій Scenario_1.3 передбачає створення нової об'їзної дороги. Результати

моделювання транспортних потоків за означеними сценаріями представлено у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати моделювання транспортних потоків за різними сценаріями відновлення та/або розвитку пріоритетних об’єктів транспортної інфраструктури

Сценарій	Продуктивність мережі					Базове значення		
	Інтенсивність транспортного потоку, рси/год	Показник допустимих максимальних загорів	Середня швидкість, км/год	Середній час руху, хв/км	Середня затримка, сек/км	Середня відстань між вузлами, м/відрізок	Середній час проходження відрізка, сек/ відрізок	Середня затримка на відрізка, сек/ відрізок
Scenario_1.0	105178	1,0	31,28	2,18	4,25	0,04	4,95	0,161
Scenario_1.1	96764	1,0	31.46	2.17	3.79	0.037	4.93	0,143
Scenario_1.2	111237	1,0	31,02	2,19	4,31	0,042	4,98	0,157
Scenario_1.3	115696	1,0	31,14	2,2	4,37	0,044	5,11	0,161

На підставі отриманих результатів можна стверджувати, що продуктивність транспортної мережі за сценарію Scenario_1.1 її відновлення має дещо нижчу інтенсивність транспортного потоку 96764 рси/год порівняно із сценарієм Scenario_1.0 – 105178 рси/год. Стосовно швидкості та тривалості руху транспортних засобів, то за сценарію Scenario_1.1 спостерігається найвища середня швидкість руху транспортних засобів 31,46 км/год та водночас дещо менша середня тривалість руху транспортних засобів – 2,17 хв/км, у порівнянні із базовим сценарієм Scenario_1.0, який відповідно забезпечує 31,28 км/год та 2,18 хв/км. Це свідчить про те, що транспортні засоби за сценарію Scenario_1.1 відновлення транспортної мережі рухаються дещо швидше та витрачають менше часу на подолання відстані у дослідженій пріоритетній для відновлення мережі.

Важливо зазначити, що різниця між сценаріями незначна. Це зумовлює потребу у вартісному оціненні кожного із зазначених сценаріїв та визначенні раціонального сценарію (S_r) реалізації проєктів відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури із використанням формул (3.24-3.25).

4.4. Рекомендації для проєктних менеджерів щодо ідентифікації та планування проєктів розвитку транспортної інфраструктури

На основі проведених досліджень та отриманих висновків розроблено рекомендації для проєктних менеджерів стосовно ідентифікації та планування проєктів розвитку транспортної інфраструктури. Вони базуються на основі використання розроблених та удосконалених моделей і методів, алгоритмів та програмних модулів, що забезпечують врахування специфіки проєктного середовища населених пунктів у післявоєнний період, а також підвищують ефективність проєктного управління. Розроблені нами рекомендації для проєктних менеджерів щодо ідентифікації та планування проєктів розвитку транспортної інфраструктури представлено у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Рекомендації для проєктних менеджерів щодо ідентифікації та планування проєктів розвитку транспортної інфраструктури

№ п/п	Назва рекомендації	Характеристика рекомендації
1	2	3
1	Використання розробленої схеми (рис. 3.1) для ідентифікації проєктів розвитку транспортної інфраструктури (п. 3.1)	Ґрунтується на обґрунтованих принципах управління (п. 2.3) та передбачає системне виконання шести етапів. Передбачено автоматизований збір даних щодо характеристик проєктного середовища та об'єктів транспортної інфраструктури, аналіз стану транспортної інфраструктури на основі запропонованої моделі (п. 3.2), визначення сценаріїв реалізації проєктів

Продовження табл. 4.4

1	2	3
		відновлення об'єктів транспортної післявоєнний період із використанням розробленого методу (п. 3.4) на основі моделювання транспортних потоків для визначення показників використання об'єктів транспортної інфраструктури.
2	Використання розробленої моделі (рис. 3.2) аналізу стану транспортної інфраструктури (п. 3.2)	Передбачає виконання 9 кроків та використовує фреймворк OpenStreetMap та метод ентропії Шеннона для визначення показників стану транспортної інфраструктури, що забезпечує автоматизоване формування бази даних та знань.
3	Використання удосконаленого методу (рис. 3.3) визначення пріоритетних об'єктів (п. 3.3)	Передбачає виконання 9 кроків та базується на використанні OpenStreetMap та Overpass API для швидкого збору інформації про транспортну інфраструктуру. Це дозволяє виявити та візуалізувати пріоритетні об'єкти для відновлення.
4	Використання удосконаленого методу (рис. 3.4) визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення (п. 3.4)	Передбачає виконання 8 кроків, що базуються на моделюванні транспортних потоків, яке забезпечує визначення та аналіз показників транспортних потоків для усіх сценаріїв реалізації проектів, а також визначення з-поміж них раціонального сценарію реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури із обмеженими ресурсами, який забезпечує отримання максимальної цінності (соціально-економічних вигод) для стейкхолдерів.
5	Оцінка впливу нових проектів на транспортну систему (п. 4.1)	Використання залежностей кількості доріг від чисельності населення (рис. 4.2) та нормалізованого показника конфігурації транспортної інфраструктури від показника середньої кривизни доріг досліджуваних населених пунктів (рис. 4.2) дозволяє оцінити вплив нових інфраструктурних проектів на транспортну інфраструктуру, а також у

Продовження табл. 4.4

1	2	3
		проектах розвитку транспортної інфраструктури для прогнозування кількісного значення транспортної доступності у межах заданого населеного пункту.
6	Кластеризація населених пунктів за показниками транспортної інфраструктури (п. 4.1)	Кластеризація за показниками транспортної інфраструктури (рис. 4.5) допомагає ідентифікувати пріоритетні об'єкти для розвитку та розподілу ресурсів.
7	Використання фреймворку OpenStreetMap (OSM) для визначення координат розташування пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури (п. 4.2)	За встановленими та заданими координатами із використанням написаного програмного коду на мові Python та інтерактивного середовища розробки Jupyter Notebook будуються графи розташування пріоритетних для відновлення та/або розвитку об'єктів транспортної інфраструктури (рис. 4.16).
8	Формування бази даних та знань для аналізу пропускну́ї спроможності доріг (п. 4.3)	Автоматизоване формування бази даних (рис. 4.17-4.19) з використанням фреймворку OpenStreetMap дозволяє визначити показники стану транспортної інфраструктури та забезпечує раціональне планування проектів розвитку транспортної інфраструктури.
9	Моделювання транспортних потоків для визначення функціональних показників заданих пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури (п. 4.3)	Використання програмного забезпечення IFN-Transport забезпечує моделювання транспортних потоків для заданих пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури, що допомагає визначити ефективні сценарії реалізації проектів відновлення транспортної інфраструктури.

Представлені рекомендації допоможуть проектним менеджерам приймати обґрунтовані рішення щодо підвищення якості реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період завдяки розробленим та удосконаленим моделям, методам та засобам ідентифікації та планування зазначених проектів розвитку транспортної інфраструктури із використання сучасних інформаційних технологій. Вони лежать в основі

визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний період на основі моделюванні транспортних потоків, що забезпечують підвищення якості прийняття управлінських рішень за обмеженого доступу до інформації про об'єкти транспортної інфраструктури у післявоєнний період та отримання максимальної цінності (соціально-економічних вигод) для стейкхолдерів.

Висновки до розділу 4

1. Для аналізу транспортної інфраструктури заданих населених пунктів, які характеризуються просторовими мережами (вулиці, мости та транзитні розв'язки), нами використано розроблену нами модель, яка передбачає завантаження їх графів із фреймворку OpenStreetMap. На підставі написаного програмного коду, який використовує бібліотеку OSMnx та передбачає створення циклу, здійснено побудову графіків орієнтації транспортної мережі для кожного із населених пунктів.

2. Нами отримано залежності кількості доріг від чисельності населення у окремих населених пунктах та нормалізованого показника конфігурації транспортної інфраструктури від показника середньої кривизни доріг досліджуваних населених пунктів, які можна використовувати для оцінки впливу нових проектів, таких як будівництво житлового комплексу або торгового центру, на транспортну інфраструктуру, а також у проектах розвитку транспортної інфраструктури для прогнозування оцінки транспортної доступності у межах населеного пункту. Саме це дасть можливість місцевим органам влади та проектним менеджерам зменшити негативний вплив нових проектів на транспортну систему.

3. У результаті проведення відповідних розрахунків нами здійснено кластеризацію досліджуваних населених пунктів за показниками створеної

транспортної інфраструктури, які згруповано у два головні компоненти. Встановлено, що існує 3 кластери досліджуваних населених пунктів за показниками створеної транспортної інфраструктури. Виконаний аналіз приналежності досліджуваних населених пунктів до окремих кластерів за показниками транспортної інфраструктури свідчить про те, що більшість досліджуваних населених пунктів належить до кластеру 1 (47,9%). Водночас до кластеру 0 належить 39,1%, а до кластеру 2 – 13%. Отримані діаграми скрипок дозволяють візуально порівняти розподіл показників оцінки транспортної інфраструктури між різними кластерами населених пунктів. Це дає можливість полегшити ідентифікацію пріоритетних об'єктів для розвитку транспортної інфраструктури та розподілу ресурсів в межах проекту.

4. Здійснено обґрунтування пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури, які потребують відновлення або розвитку на підставі удосконаленого нами методу. Для прикладу вибрано місто Краматорськ Донецької області, яке знаходиться поблизу зони бойових дій і має пошкоджені об'єкти транспортної інфраструктури. Використання фреймворку OpenStreetMap (OSM), серверного програмного забезпечення Overpass API з відкритим вихідним кодом та сервісу Overpass Turbo дало можливість отримати усю потрібну інформацію для проектних менеджерів та дані про пріоритетні об'єкти транспортної інфраструктури. На підставі проведення досліджень отримано пріоритетні вулиці для ремонту або модернізації за показниками транспортних потоків та складності у місті Краматорськ Донецької області, а також визначено показник пріоритетності окремих вулиць у заданому населеному пункті. Саме це лежить в основі моделювання об'єктів транспортної інфраструктури для визначення сценаріїв їх розвитку.

5. Нами виконано визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час здійснювали на основі моделювання транспортних потоків на основі використання запропонованого методу та із використанням програмного

забезпечення для аналізу трафіку IFN-Transport, яке має відкритий вихідний код.

6. На підставі отриманих залежностей встановлено, що зі зростанням інтенсивності транспортного потоку від 21035 рсц/год до 105178 рсц/год спостерігається зменшення середньої швидкості від 32,42 км/год до 31,28 км/год та збільшення середнього часу руху від 2,12 хв/км до 2,18 хв/км, середньої затримки від 0,72 сек/км до 4,25 сек/км, а також середньої затримки на відрізок від 0,02 сек/відрізок до 0,16 сек/відрізок. Це свідчить про те, що за умови збільшення трафіку транспортна мережа стає більш завантаженою, що призводить до зниження її продуктивності.

7. Нами здійснено моделювання транспортних потоків за різними сценаріями відновлення та/або розвитку пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури. За базовий сценарій прийнято Scenario_1.0, який передбачає відновлення об'єктів транспортної інфраструктури на пріоритетних вулицях до стану, який був перед пошкодженнями або руйнуваннями під час воєнних дій. Також розглядали сценарій Scenario_1.1, який передбачає створення доріжки для пішоходів та велосипедистів із існуючої транспортної мережі, сценарій Scenario_1.2 – збільшення кількості смуг руху транспортних засобів та сценарій Scenario_1.3 – створення нової об'їзної дороги. Встановлено, що транспортні засоби за сценарію Scenario_1.1 відновлення транспортної мережі рухаються дещо швидше та витрачають менше часу на подолання відстані у дослідженій пріоритетній для відновлення мережі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

У дисертації розв'язується важлива науково-прикладна задача підвищення якості реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період завдяки розробленню нових та вдосконаленню існуючих моделей і методів, які базуються на сучасних інформаційних технологіях та інтегруються в інструментарій управління такими проектами.

Основні науково-практичні результати дисертації включають:

1. Виконаний аналіз поточного стану предметної галузі, наукових досліджень та практики управління проектами розвитку транспортної інфраструктури населених пунктів забезпечив виявлення актуальної потреби у розробленні нових та вдосконаленні відомих моделей і методів ідентифікації та планування проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період. Встановлено, що розробка та впровадження нових моделей та методів управління проектами розвитку транспортної інфраструктури є ключовим завданням у післявоєнний час, розв'язання якого дозволить забезпечити ефективне відновлення та модернізацію транспортної мережі, сприяючи стабільному економічному розвитку та підвищенню якості життя населення.

2. Обґрунтовано доцільність та особливості управління проектами розвитку транспортної інфраструктури, що лежать в основі розробки ефективних моделей та методів для управління зазначеними проектами у післявоєнний час. Означені принципи управління забезпечують успішну реалізацію проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний час, їх ефективність, врахування потреби різних зацікавлених сторін та створення максимальної цінності від отриманого продукту – об'єктів транспортної інфраструктури. На їх основі слід створювати ефективний управлінський інструментарій, який враховуватиме особливості та специфіку управління проектами розвитку транспортної інфраструктури.

3. Розроблена модель аналізу стану транспортної інфраструктури під час реалізації проектів її розвитку у післявоєнний період передбачає системне виконання 9 кроків, які базуються на використанні фреймворку OpenStreetMap

та методі ентропії Шеннона для визначення показників стану транспортної інфраструктури окремих населених пунктів, що забезпечують автоматизоване визначення показників стану транспортної інфраструктури окремих населених та формування бази даних і знань для виконання управлінського процесу вивчення пропускну́ї спроможності доріг заданих населених пунктів за обмеженого доступу до даних про реальні об'єкти. На основі розробленої моделі обґрунтовано залежності для оцінки впливу реалізації нових інфраструктурних проєктів на транспортну інфраструктуру, а також для прогнозування кількісного значення транспортної доступності у межах заданого населеного пункту, що дають можливість місцевим органам влади та проєктним менеджерам врахувати вплив реалізації інфраструктурних проєктів на транспортну мережу.

4. Розроблена схема ідентифікації проєктів розвитку транспортної інфраструктури, а також удосконалені методи визначення пріоритетних об'єктів відновлення транспортної інфраструктури та сценаріїв реалізації проєктів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний період базуються на сучасних інформаційних технологіях, що забезпечує автоматизоване виконання управлінських операцій, а також підвищення точності визначення пріоритетних проєктів розвитку транспортної інфраструктури та отримання максимальної цінності (соціально-економічних вигод) для стейкхолдерів.

5. Запропоновані алгоритми та програмні модулі для визначення показників конфігурації транспортної інфраструктури населених пунктів, а також обґрунтування пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури, які базуються на використанні фреймворку OpenStreetMap (OSM) та серверного програмного забезпечення Overpass API з відкритим вихідним кодом, що забезпечують швидкий та точний збір інформації про транспортну інфраструктуру заданого населеного пункту, візуалізацію пріоритетних об'єктів, а також дають можливість автоматизувати виконання зазначених управлінських процесів.

6. Завдяки використанню запропонованого інструментарію обґрунтовано потрібну базу знань для управління проєктами розвитку транспортної інфраструктури із використанням розроблених моделей та методів. Встановлено, що існує 3 кластери досліджуваних населених пунктів за показниками створеної транспортної інфраструктури та більшість із них належить до кластеру 1 (47,9%). Водночас до кластеру 0 належить 39,1%, а до кластеру 2 – 13%. Отримані діаграми скрипок дозволяють візуально порівняти розподіл показників оцінки транспортної інфраструктури між різними кластерами населених пунктів. Це дає можливість полегшити ідентифікацію пріоритетних об'єктів. Для заданого проектного середовища нами здійснено моделювання транспортних потоків за різними сценаріями відновлення та/або розвитку пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури. Встановлено, що раціональним для відновлення транспортної мережі є сценарій Scenario_1.1, який забезпечує найшвидший рух транспортних засобів та найменших витрат часу на подолання відстані у дослідженій пріоритетній для відновлення транспортній мережі. Отримані результати для проектних менеджерів дають можливість полегшити ідентифікацію пріоритетних об'єктів для розвитку транспортної інфраструктури та здійснити ефективний розподіл ресурсів.

7. Запропонований управлінський інструментарій був впроваджений у практику 2 Спеціального центру швидкого реагування ДСНС України та департаменту дорожнього господарства Львівської ОВА, що дозволило автоматизувати виконання процесів ідентифікації та планування проєктів розвитку транспортної інфраструктури завдяки використанню розроблених алгоритмів та програмних модулів. Впроваджені у практику методика та рекомендації для розв'язання задач ідентифікації та планування проєктів розвитку транспортної інфраструктури, які базуються на використанні запропонованих у роботі моделей і методів, враховують специфіку проектного середовища населених пунктів у післявоєнний період, що забезпечує підвищення ефективності управлінської діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Блог YC.Market. Дослідження ринку та конкурентний аналіз. URL: <https://blog.youcontrol.market/rozvitok-transportu-i-loghistiki-v-ukrayini/>
2. Бушуєв С. Д., Ярошенко Р.Ф. Креативні моделі як інструмент розвитку складних систем. *Управління розвитком складних систем: зб. наук. праць КНУБА*. К., 2011. Вип. 5. С. 10-12.
3. Бушуєв С. Д., Козир Б. Ю. Інноваційні механізми управління програм розвитку морських транспортних кластерів. *Управління розвитком складних систем*. 2011. Вип. 7. С. 5-7.
4. Бушуєв С.Д. Agile-трансформація підходів в управлінні будівельними проєктами, фазах ініціації та проєктування / С.Д. Бушуєв, Д.А. Бушуєв, В.Б. Бушуєва, О.О. Бойко. *Управління розвитком складних систем*. 2020. № 41. С. 14 – 20; <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.41.14-20>
5. Бушуєв С.Д., Бушуєв Д.А., Бушуєва В.Б., Козир Б.Ю. Лідерство у застосуванні гнучких методологій управління проєктами створення інформаційних технологій. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2019, Том 70, № 2. С. 1–15.
6. Бушуєва Н. С., Черниш О. В. Менеджмент проєктів сталого розвитку неприбуткових організацій в ризиковому оточенні. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2023. № 55. С. 12 – 17, URL: <http://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.55.12-17>
7. Вайсман В.А., Бушуєв С.Д., Гогунський В.Д., Руденко С.В. Теория проєктно-ориентованого управления: обоснование закона. *Наук. записки Міжнар. гуманітарного ун-ту*: Зб. під. ред. д.т.н., проф. Рибак А.І. Одеса: Міжнар. ун-т, 2009. Вип. 16.: Серія „Управління проєктами та програмами”. С. 9 – 13.
8. Воркут Т. А., Білоног О. Є., Дмитриченко А. М. Маркетинговий аналіз проєктів: *курс лекцій*. Київ : Пролог, 2014. 204 с.

9. Гайдаржи В. І., Ізварін І. В. Бази даних в інформаційних системах. Київ : Університетт «Україна», 2018. 417 с.
10. Гогунский В.Д., Руденко С.В. Основные законы проектного менеджмента. *Управління проєктами: стан та перспективи*. Матеріали Міжнар. наук. техн. конф. Миколаїв: НУК, 2008. С. 37-40.
11. Гогунський В., Бочковський А., Москалюк А., Колесніков О., Баб'юк С. Розробка системи ініціації проєктів з використанням ланцюга Маркова. Східно-Європейський журнал підприємницьких технологій. 2017, 1 (3 (85)), 25–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.90971>
12. Данченко О. Б. Огляд сучасних методологій управління ризиками в проєктах . *Управління проєктами та розвиток виробництва*, 2014, № 1(49). С. 16-25.
13. Данченко О. Б., Лепський В. В. Сучасні моделі та методи управління проєктами, портфелями проєктів та програмами. *Управління проєктами та розвиток виробництва*, 2017, №29. С. 46-54.
14. Демчина В. Р. Використання обчислювального інтелекту для управління проєктами розвитку транспортної інфраструктури. Інформаційна безпека та інформаційні технології: збірник тез доповідей VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, студентів і курсантів, м. Львів, 30 листопада 2023 року. Львів, ЛДУ БЖД, 2023. С.288-290.
15. Демчина В. Р. Доцільність реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури. Зб. наук. праць XIX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів., м. Львів 28-29 березня 2024 року. Львів: ЛДУ БЖД, 2024. С.332-336.
16. Демчина В. Р., Зачко О.Б. Моделі управління безпекою транспортних інфраструктурних проєктів. Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення: збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Львів, 12-13 жовтня 2022 року. Львів, ЛДУ БЖД, 2022. С.501-503.

17. Демчина В. Р., Ратушний А. Р. Модель та результати оцінення стану населених пунктів під час реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, 2024, Вип. 1(144), 46-53. <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2024.1.6>
18. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
19. Дружинин Е.А. Методологические основы риск-ориентированного подхода к управлению ресурсами проектов и программ развития техники: Дис. д-ра техн. наук: 05.13.22. Национальный аэрокосмический ун-т им. Н.Е.Жуковского «Харьковский авиационный ин-т». Х., 2006. 404 с.
20. ДСТУ ISO 21502:2022 Управління проектами, програмами та портфелями – Настанови щодо управління проектами. URL: <https://pmdoc.ua/iso/iso21502/>
21. Жовтяк Г.А. Теоретико-методичні підходи до визначення поняття «транспортна інфраструктура регіону». Ефективна економіка. 2011. № 11.
22. Зацерковний В. І., Бурачек В. Г., Железняк О. О., Терещенко А. О. Геоінформаційні системи і бази даних: монографія / Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2014. 492 с.
23. Зачко І.Г. Моделі та методи гібридного управління програмами проектів соціально-економічного розвитку територій засобами механізмів конвергенції : дис. ... канд. тех. наук : 05.13.22. Львів, 2021. 152 с.
24. Зачко О. Б. Методологічний базис безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних систем. *Управління розвитком складних систем*. К. : КНУБА. 2015. Вип. 23 (1). С. 51–55.
25. Зачко О. Б. Моделі та методи безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних систем: методологічний підхід. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. Харків: НТУ «ХПІ», 2016. № 2 (1174). С. 86-90.

26. Зачко О. Б., Івануса А.І., Кобилкін Д.С. Управління проектами: теорія, практика, інформаційні технології. Львів: ЛДУ БЖД, 2019. 173 с.
27. Зачко О.Б. Інтелектуальне моделювання параметрів продукту інфраструктурного проєкту (на прикладі аеропорту «Львів»). *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2013. № 1/10 (61). С. 92–94.
28. Іксарова Н.О. Транспортна інфраструктура як компонент економічної безпеки України. *Економічний простір*. 2010, 36, С. 55–61.
29. Катренко А.В., Магац Д.С. Моделі та методи формування портфелів ІТ-проєктів. *Інформаційні системи та мережі*, 2010, №699. С. 113-124.
30. Керівництво з питань проєктного менеджменту / пер. з англ. під ред. Бушуєва С. Д. 2-е вид., перероб. К. : Видавничий дім «Деловая Украина», 2000. 198 с.
31. Коваль Н.Я., Кондисюк І.В., Тригуба А.М. Алгоритм навчання нейронної мережі для планування часу виконання робіт у гібридних проєктах. Молодь у світі сучасних технологій за тематикою: *Сучасні інформаційні технології: стан та перспективи розвитку : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (4 червня 2021 р., м. Херсон) / за заг. ред. Г.О. Райко*. Херсон: Вишемирський В. С., 2021. С. 153-156.
32. Ковальчук О. І., Зачко О. Б., Кобилкін Д. С. Моделі і методи проєктування організаційної структури віртуальної команди. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2022. № 50. С. 5 – 12, URL: <http://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.50.5-12>
33. Когут М., Содома Р., Демчина В. Розвиток транспортної інфраструктури як фактор підвищення глобальної конкурентоспроможності. *Економіка та суспільство*. 2024, 60. С. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-108>
34. Крижановський Є. М., Мокін В.Б., Ящолт А.Р., Скорина Л.М. Системний аналіз та проєктування ГІС. Вінниця : ВНТУ, 2015. 127 с.

35. Кудрицька Н.В. Транспортно-дорожній комплекс України: сучасний стан, проблеми та шляхи розвитку: монографія. Київ : НТУ, 2010. 338с.
36. Лучникова Т. П., Тарновська І. В., Воробйов Є. В. Адаптація транспортних підприємств України до умов воєнного стану. Бізнес Інформ. 2023. № 1. С. 116–122
37. Методології управління проєктами. URL: <https://www.staff.ua/uk/bloh/metodologiji-upravlinnya-proektom>
38. Міністерство інфраструктури України: Офіційний сайт. URL: <https://mtu.gov.ua/>
39. Міністерство освіти і науки України. URL: <https://mon.gov.ua/>
40. Міністерство фінансів України. Методичний посібник щодо аспектів управління ризиками, як складової системи внутрішнього контролю у розпорядника бюджетних коштів URL: https://mof.gov.ua/storage/files/дод_%203%20Методичний%20посібник%20щодо%20аспектів%20управління%20ризиками.pdf
41. Морозов, В. В., Чумаченко І. В., Доценко Н. В., Чередніченко А. М. Управління проєктами: процеси планування проєктних дій: підручник. К.: Університет економіки та права «КРОК», 2014. 673 с.
42. Муніципальна реформа в контексті євроінтеграції України: позиція влади, науковців, профспілок та громадськості: Тези доповідей Сьомої щорічної всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Київ, 25 серпня 2023 р.). К.: АПСВТ, 2023. 307 с.
43. Пітерська В. М. Застосування проєктно-орієнтованого підходу в управлінні інноваційною діяльністю. *Вісник НТУ «ХПІ»*. 2016. № 1 (1173). С. 35–42.
44. Політ. Сучасні проблеми науки. «Транспортні технології, менеджмент і логістика»: Тези доповідей XXIII Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, Київ, 2023,

Національний авіаційний університет / Редакційна колегія М.Луцький [та ін.]. К.: НАУ, 2023. 252 с.

45. Президент України Володимир Зеленський. Офіційне інтернет-представництво. URL: <https://www.president.gov.ua/news/volodimir-zelenskij-za-dva-roki-v-mezhah-programi-velike-bud-72245>

46. Придатко О., Ляковська С., Мартин Є., Хлевой О. *Моделювання багатопараметричних систем*. Львів: ЛДУ БЖД, 2021. 245 с.

47. Програмне забезпечення/Desktop. URL: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Uk>

48. Про затвердження Концепції реформування транспортного сектору економіки : Постанова Кабінету Міністрів України від 09.11.2000 р. № 1684. Законодавство України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1684-2000-%D0%BF#Text>

49. Про транспорт : Закон України від 10.11.1994 № 232/94-ВР. База даних «Законодавство України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/232/94-вр>.

50. Проектний та логістичний менеджмент: нові знання на базі двох методологій. Том 1: монографія / [авт.кол. : С.В. Руденко, І.О. Лапкіна, Т.А. Ковтун, А.В. Бондар, В.Ю. Смирковська та ін.]. Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2018. 188с.

51. P2M: Управление проектами и программами : Версия 1.2: Руководство по управлению инновационными проектами и программами предприятий. под ред. проф. Бушуева С.Д. К.: Науковий світ, 2009. Т.1. 198 с.

52. Рак Ю. П., Зачко О. Б., Кобилкін Д. С., Головатий Р. Р. Безпеко-орієнтоване управління регіональними проектами захисту критичних інфраструктур засобами системи 112. *Управління проектами та розвиток виробництва : зб. наук. пр. Луганськ : вид-во СНУ ім. В. Даля*. 2016. № 1 (57). С. 49–55.

53. Рак Ю. П., Ковалишин В. В., Зачко О. Б., Барабаш І. Г., Івануса А. І. Information technologies in strategic management of vital activity safety project

portfolios. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2012. 1(5(49), 42–44. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2011.2360>

54. Ратушний Р.Т. Методологія портфельно-гібридного управління розвитком територіальних систем безпеки : автореф. д-ра техн. наук.: 05.13.22. Київ, 2020. 44 с.

55. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство PMBOK®). Project Management Institute. Шестое издание. 2017. 978с.

56. Руководство по управлению инновационными проектами и программами Р2М: т. 1, версия 1.2 / пер. на рус. язык под ред. С.Д. Бушуева. К. : Наук. Світ, 2009. 173 с.

57. Садловська І. Пріоритети реформування та модернізації транспортної інфраструктури і дорожнього комплексу в Україні. Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Серія «Економіка і управління». 2014. № 30. С. 21–31.

58. Сидорчук О.В., Тригуба А.М. Чинникова модель цінності систем-продуктів державних цільових програм розвитку сільськогосподарського виробництва. *Управління проектами, системний аналіз, логістика. Технічна серія*. К.: Національний транспортний університет. 2014. №13(1). С. 155–161.

59. Сидорчук О.В., Тригуба А.М., Михалюк М.А., Рудинець М.В. Особливості управління проектами розвитку технологічно інтегрованих систем агропромислового виробництва. *Тези доп. IV-ї Міжн. конф. Управління проектами у розвитку суспільства: Управління проектами в умовах глобалізації знань*. К.: КНУБА, 2007. С.137-138.

60. Смерічевська С.В., Штик Ю.В., Стріжов О.С. Аналіз стану і тенденції розвитку транспортної інфраструктури України / Цифрова економіка та економічна безпека. 2023, 9(09), С.56-62.

61. Сухонос М.К. Методологія дуального управління портфелями енергоінфраструктурних проєктів в умовах динамічного оточення : дис. ... док. тех. наук : 05.13.22. Харків, 2013.

62. Тернер Дж. Р. Руководство по проектно-ориентированному управлению / пер. с англ. под общ. ред. В. И. Воропаева. М. : Издательский дом Гребенникова, 2007. 552 с.

63. Тесля Ю. М., Тімінський О. Г. Аналіз підходів до побудови біадаптивних систем управління проектно-орієнтованими підприємствами. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2015. № 2(3). С. 38-42.

64. Тесля Ю. Н. Проектный менеджмент: видение будущего. Східноєвропейський національний університет імені Володимира Даля: *Збірник наукових праць «Управління проектами та розвиток виробництва»*, 2014, № 3 (51). С. 50 –54.

65. Тригуба А. М. Системно-проектні основи управління розвитком технологічних структур виробництва молочної продукції : дис. докт. техн. наук: 05.13.22. 2017. 516с.

66. Тригуба А. М., Демчина В. Р. Підхід до збору даних для реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період на основі фреймворку OpenStreetMap. Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT – 2024) [Збірник матеріалів XVI Міжнародної науково-практичної конференції (29–31 травня 2024 р., м. Одеса)]. Одеса: Херсонська державна морська академія, 2024. С. 258-261.

67. Тригуба А. М., Демчина В. Р., Ратушний А. Р., Коваль Л. С. Визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури населених пунктів у післявоєнний час. Управління проектами у розвитку суспільства: Управління проектами післявоєнної розбудови України: тези доп. XXI -ї Міжн. конф., Київ: КНУБА, 2024. С.229-232.

68. Тригуба А. М., Демчина В. Р., Ратушний А. Р., Коваль Л. С. Метод та результати визначення пріоритетних об'єктів під час ініціації проектів відновлення транспортної інфраструктури у післявоєнний час. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 2024, 29, 141-151. <https://doi.org/10.32447/20784643.29.2024.15>

69. Тригуба А. М., Демчина В. Р., Ратушний А. Р., Коваль Л. С., Андрушків О. Я. Архітектура системи збору даних та моделі об'єктів інфраструктурних проєктів. Вчені Львівського національного аграрного університету виробництву: каталог інноваційних розробок; за заг. ред. В. І. Лопушняка, Б. І. Гулька. Вип. 24. Львів: Львів. нац. ун-т. природ., 2024. С. 18.

70. Тригуба А. М., Ратушний А. Р., Демчина В. Р., Коваль Л. С. Особливості управління проєктами відновлення транспортної та безпекової інфраструктури сільських громад у післявоєнний період. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 2023, 28, 44-54.
<https://doi.org/10.32447/20784643.28.2023.05>

71. Тригуба А., Кондисюк І., Коваль Н., Тригуба І., Боярчук Ок., Боярчук Ол. Планування часу виконання робіт у гібридних проєктах. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проєктами* : зб. наук. праць. Харків : НТУ "ХПІ", 2022. № 2 (6). С. 64-71.

72. Тригуба А., Маланчук О., Тригуба І., Мармуляк А., Демчина В. Андрушків О., Олійник Р. Вплив сучасних інформаційних технологій на процеси ініціації та планування проєктів розвитку громад та регіонів. Вісник Львівського національного університету природокористування: агроінженерні дослідження. №28. Львів: Львів НУП, 2024. С. 148–158.
<https://doi.org/10.31734/agroengineering2024.28.148>.

73. Тригуба А., Пташник В., Татомир А., Коваль Н.Я., Кондисюк І.В. Використання штучних нейронних мереж для прогнозування складових гібридних проєктів. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій*: матеріали XXII Міжнародного науково-парктичного форуму, 5-7 жовтня 2021р.: у 2 т. Львів: ННВК «АТБ», 2021. Т.2. С. 96-100.

74. Тригуба А., Тригуба І., Фтома О., Кондисюк І., Коваль Н. Системний підхід до оцінення ризиків несвоєчасного виконання робіт в інтегрованих проєктах. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. №23. Львів: Львів НАУ, 2019. С. 123-130.

75. Тригуба А.М., Кондисюк І., Коваль Н. Алгоритм прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності із використанням машинного навчання. *Вчені Львівського національного аграрного університету виробництва: каталог інноваційних розробок* за заг. ред. В. В. Снітинського, І. Б. Яціва. Вип. 20. Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2020. С. 39.

76. Тригуба А.М., Кондисюк І.В., Коваль Н.Я. Формування портфелів гібридних проєктів автотранспортних підприємств. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проєктами. Харків, 2021. № 2(4). С. 67-72.

77. Тригуба А.М., Мармуляк А., Маланчук О.М., Тригуба І.Л. Вплив цифрової трансформації громад на ініціацію та планування соціальних проєктів. *Управління розвитком складних систем*. 2024, 57, 130-136. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.24.2021.17>

78. Тригуба А.М., Ратушний Р.Т., Кондисюк І., Коваль Н. Рівні та особливості моделювання гібридних проєктів розвитку територіальних систем. *Управління проєктами: стан та перспективи*: матеріали XVI Міжнар. конф. Миколаїв: НУК, 2020. С. 74-75.

79. Тригуба А.М., Тригуба І.Л., Кондисюк І.В., Коваль Н.Я. Планування змісту та часу виконання робіт у гібридних проєктах із використанням штучних нейронних мереж. *Управління проєктами у розвитку суспільства: Управління проєктами в умовах пандемії COVID-19»: тези доп. XVII-ї Міжн. конф.*. Київ: КНУБА, 2021. С.279-284.

80. Цюцюра С.В., Цюцюра М.І., Криворучко О.В. Модель спрямованого управління інноваційними проєктами модернізації. *Проблеми підвищення ефективності інфраструктури*: Зб. наук. праць. К.: НАУ, 2009. Вип. 26. С. 11-14.

81. Чернов С.К., Кошкин К.В. Концептуальные основы развития наукоемких предприятий в конкурентной среде. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 1/2(43)2012. С. 20-22.

82. Чумаченко И. В., Доценко Н. В. Формирование холистической ценности инновационных проектов и программ. *Східно-європейський журнал передових технологій*. 2011. №1/6 (49). С.13-16.

83. Шахов А. В., Пітерська В. М. Оцінка ризиків в інноваційних проектах методом достовірних еквівалентів. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ"*. Серія : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. 2017. № 2. С. 35-40.

84. Шипулін В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем: навч. Посібник. Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Х.: ХНАМГ, 2010. 313 с.

85. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). 4th Ed., ANSI/ PMI 99-001. Project Management Institute, 2008. 401 p.

86. Agile vs. гібридний підхід: плюси, мінуси та муки вибору. URL: <http://surl.li/bsnsc>

87. Balmer M., Rieser M., Meister K., Charypar D., Lefebvre N., Nagel K., Axhausen K. MATSim-T: Architecture and Simulation Times. Multi-Agent Systems for Traffic and Transportation, IGI Global, 2009. P. 57-58.

88. Bermawi Y., Mutiara Sari N. and Herlinawati H. Evaluation of Service at the 4-Way Intersection on Soekarno Hatta Street Palembang City. *First-Escsi*, 2023, 14, 294–306.

89. Boeing G. The Morphology and Circuity of Walkable and Drivable Street Networks. *The Mathematics of Urban Morphology*. Birkhäuser, Basel, Switzerland. 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12381-9_12

90. Boeing G. Urban Spatial Order: Street Network Orientation, Configuration, and Entropy. *Applied Network Science*, 2019. P. 1-22. <https://doi.org/10.1007/s41109-019-0189-1>

91. Bushuiev D., Kozyr B. Hybrid infrastructure project management methodologies. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*. 2020. 1 (11). 35–43. doi: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2020.11.035>

92. Bushuyev S., Bushuiev D., Bushuieva V. Interaction Multilayer model of Emotional Infection with the Earn Value Method in the Project Management

Process, in: 15th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2020 Proceedings, 2020, 2, pp. 146-150.

93. Bushuyev S., Bushuiev D., Bushuieva V. Project management during Infodemic of the COVID-19 Pandemic. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, 2020, 2 (12). P. 13-21. doi: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2020.12.013>

94. Bushuyev S., Bushuiev D., Bushuieva V., Bushuyeva N., Murzabekova S. The Erosion of Competencies in Managing Innovation Projects due to the Impact of Ubiquitous Artificial Intelligence Systems. *Procedia Computer Science*, 2024, 231, 403-408.

95. Bushuyev S., Verenych O. The Blended Mental Space: Mobility and Flexibility as Characteristics of Project/Program Success, in: 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 2018, 2, pp. 148-151.

96. Bushuyev, S., Babayev, I., Babayev, J., Kozyr, B. Complementary Neural Networks for Managing Innovation Projects 2019 IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory, ATIT 2019 - Proceedings, 2019, pp. 393–396.

97. Bushuyev, S., Bushuiev, D., Bushuieva, V. Interaction Multilayer model of Emotional Infection with the Earn Value Method in the Project Management Process 2020 IEEE 15th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2020 - Proceedings, 2020, 2, pp. 146–150.

98. Chernova L., Zhuravel A., Chernova L., Kunanets N., Artemenko O. Application of the Cognitive Approach for IT Project Management and Implementation. International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, 2022, 2022- November, pp. 426-429.

99. Chumachenko I. V., Galkin A. S., Davidich N. V., Kush E. I. Regularities of formation of needs in movements at development of projects of transport systems

of cities. *Municipal utilities. Series: Technical Sciences and Architecture*. 2019. 3. 144-151.

100. Domanskyi V., Wolff C., Sachenko A., Badasian A. A Hybrid Method for Managing Agile Team in a Distributed Environment. Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2021, 2021, 1, pp. 247–251.

101. DOOLA. Найкраще програмне забезпечення для управління проектами. URL: <https://www.doola.com/uk/blog/best-software-for-project-management/>

102. European Strategy and Policy Analysis System. Available at. URL: <https://www.iss.europa.eu/sites/default/files/EUISSFiles/ESPASReport.pdf>

103. Fang, J., Wang, J., Fu, L., Lu, M., Xu, M. A macro-microscopic traffic flow data-driven optimal control strategy for freeway. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 2024.

104. Foody G., Fritz S., Fonte C., Bastin L. Mapping and the Citizen Sensor. 2017. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.5334/bbf.a>. License: CC-BY 4.0

105. Greenshield's Model. URL: https://www.webpages.uidaho.edu/niatt_labmanual/chapters/trafficflowtheory/theoryandconcepts/GreenshieldsModel.htm

106. Harold Kerzner Innovation Project Management: Methods, Case Studies, and Tools for Managing Innovation Projects. John Wiley & Sons, 2022, 624p.

107. Hudyma I., Kharchenko A. Management of rebuilding projects with digital tools. Publishing House “Baltija Publishing”. 2024. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-408-5-4>

108. Ideal Flow Network Python Library. URL: <https://github.com/teknomo/IdealFlowNetwork>

109. International Project Management Association. Individual competence baseline for project, programme & portfolio management (4th ed.). International Project Management Association. 2015. P. 432.

110. ISO 21500:2012. Guidance on Project Management URL: www.mosaicprojects.com.au/PDF/ISO_21500_Communique_No1.pdf.

111. Isus R., Kolesnikova K., Khlevna I., Oleksandr T., Liubov K. Development of a model of personal data protection in the context of digitalization of the educational sphere using information technology tools. *Procedia Computer Science*. 2024, 231, 347-352. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.12.215>

112. Kolesnikova K., Alpysbay N., Olekh T., Chinibayeva T. Justification of the Project Initiation Process Using the Markov Model. IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), 2023. P. 741-746.

113. Kondysiuk I., Bashynsky O., Dembitskyi V., Myskovets I. Formation and risk assessment of stakeholders value of motor transport enterprises development projects. International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, 2021, 2, pp. 303–306.

114. Kondysiuk I., Tryhuba A., Bashynsky O., Grabovets V., Dembitskyi V., Myskovets I. Formation and risk assessment of stakeholders value of motor transport enterprises development projects, in: IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT-2021, IEEE, Lviv, 2021, 2, pp. 303–306. doi: 10.1109/CSIT52700.2021.9648739

115. Kononenko I., Kpodjedo M., Morhun A., Oliinyk M. Information technology for choosing the project portfolio management approach and the optimal level of maturity of an organization. *Radioelectronic and Computer Systems*, 2022. 4, P.173-190. <https://doi.org/10.32620/reks.2022.4.14>

116. Kononenko I., Sushko H. Mathematical model of software development project team composition optimization with fuzzy initial data. *Radioelectronic and computer systems*, 2021. P. 149-159.

117. Koval N., Kondysiuk I., Grabovets V., Onyshchuk V. Forecasting the fund of time for performance of works in hybrid projects using machine training technologies. *CEUR Workshop Proceedings*, 2021, 2917, pp. 196–206.

118. Koval N., Tryhuba A., Kondysiuk I., Tryhuba I., Boiarchuk O., Rudynets M., Grabovets V., Onyshchuk V. Forecasting the fund of time for performance of works in hybrid projects using machine training technologies. *Proceedings of the 3rd International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science Workshop. Proc. 3rd International Workshop (MoML&T&DS 2021). Volume I: Main Conference. Lviv-Shatsk, Ukraine, June 5-6, 2021. pp.196-206.*

119. Kunanets N., Sokur L., Dobrovolska V., Lytvyn S. Project Activities of Shevchenko National Preserve in Informational Society, in: *International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies*, 2021, 2, pp. 423-426.

120. Kunanets N., Vasiuta O., Boiko N. Advanced technologies of big data research in distributed information systems. *14th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*, vol. 3, 71–76, September 2019. DOI: 10.1109/STC-CSIT.2019.8929756

121. Kyivstar Business Hub. URL: <https://hub.kyivstar.ua/articles/shho-take-iot-tehnologiya-ta-yak-vona-vplyvaye-na-rizni-galuzi>
<https://hub.kyivstar.ua/articles/shho-take-iot-tehnologiya-ta-yak-vona-vplyvaye-na-rizni-galuzi>

122. Matsim. URL: <https://www.matsim.org/downloads/>

123. Mcshane, W. R & Roes, R. P. *Traffic Engineering*. Penerbit: Prentice Hall, Inc. New Jersey. 1990.

124. Morlok Edward K. *Pengantar teknik dan perencanaan transportasi*. Erlangga, 1985. 834.

125. Olekh H., Kolesnikova K., Olekh T. and Mezentseva O. Environmental impact assessment procedure as the implementation of the value approach in environmental projects. *CEUR Workshop Proceedings* 2851, 2021. 206-216.

126. Online IFN Transport. URL:
<https://people.revoledu.com/kardi/tutorial/IFN/IFN-transport.html>
127. ONMU. URL: <https://pm-onmu.org.ua/archieve/>
128. OpenStreetMap Україна. URL:
<https://www.openstreetmap.org/#map=19/49.83791/24.03532>
129. OpenStreetMap. URL: <https://www.openstreetmap.org/>
130. Parthasarathi P., Hochmair H., Levinson D. Street network structure and household activity spaces. *Urban Studies*, 2015, 52, P. 1090–1112.
<https://doi.org/10.1177/0042098014537956>
131. Peleshchak R., Lytvyn V., Peleshchak I., Veres O. Neural Network Architecture with Oscillatory Synaptic Blocks for Signal. *Processing of Spatially Spaced Multiband Radar Complex Lecture Notes in Electrical Engineering*, 2023, 965 LNEE, pp. 367–374.
132. Perdana M.G., Surya A. Analisis hubungan volume, kecepatan dan Kepadatan arus lalu lintas dengan membandingkan metode Greenshield dan metode Greenberg, 2023, 6, 1, 1-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.31602/jk.v6i1.11684>
133. Pitera V., Kolesnikov O., Lukianov D., Kolesnikova K., Gogunskii V., Olekh T., Shakhov A., Rudenko S. Development of the Markovian model for the life cycle of a project's benefits. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2018, vol.5, 4(95), pp. 30–39.
134. PMbok methodology principles process PMbok methodology URL:
<http://www.businessstudynotes.com/finance/project-management/pmbokmethodology-principles-process-pmbok-methodology/>
135. PMBOK vs PRINCE2 vs Agile project management. URL:
https://www.cio.com.au/article/402347/pmbok_vs_prince2_vs_agile_project_management/
136. Practice Standard for Project Configuration Management. Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newton Square, PA 19073-3299 USA, 2007. 53 p.

137. Prince2 foundation open course. URL: <https://www.schoutenglobal.com/media/1685/prince2-foundationopen-course.pdf>
138. PRINCE2®, PMBOK®, ISO21500: в чем разница и как использовать совместно. URL: <https://cleverics.ru/digital/2015/09/prince2-pmbok-iso21500/>
139. Project archive: Public budget of Lviv. URL: <https://lviv.pb.org.ua/projects/archive/2?session>
140. Project Management Institute. A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) (6th ed.). Project Management Institute. 2017. P. 711.
141. Project management methodologies made simple. PMbok. URL: <https://thedigitalprojectmanager.com/project-management-methodologiesmade-simple/#pmbok>
142. Project management methodologies made simple. Prince 2. URL: <https://thedigitalprojectmanager.com/project-management-methodologies-madesimple/#prince2processexam.com>
143. Project management methodologies made simple. Scrum. URL: <https://thedigitalprojectmanager.com/project-management-methodologies-madesimple/#scrum>
144. Project Management Processes based on PMBOK 6th Edition. URL: <http://surl.li/bsllz>
145. Python data analysis in seconds. URL: <https://www.trymito.io/>
146. Ratushny R., Tryhuba A., Bashynsky O., Ptashnyk V. Development and usage of a computer model of evaluating the scenarios of projects for the creation of fire fighting systems of rural communities. XI-th International Scientific and Practical Conference on Electronics (ELIT-2019). 2019. P. 34-39.
147. Ratushnyi R., Khmel P., Tryhuba A., Martyn E., Prydatko O. Substantiating the effectiveness of projects for the construction of dual systems of fire suppression. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. 4/3 (100). 46–53. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175275>.

148. Reddy, S.P., Tallam, T., Lakshmana Rao, K.M. Calibration of Pedestrian Flow Model Using Greenshield's Macroscopic Stream Model for a Signalized Midblock. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2020, 71, pp. 101–111.

149. Reddy, S.P., Tallam, T., Lakshmana Rao, K.M. Calibration of Pedestrian Flow Model Using Greenshield's Macroscopic Stream Model for a Signalized Midblock. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2020, 71, pp. 101–111.

150. Savchenko V., Kharchenko A. Digital shield: How information technologies ensure passenger safety in war conditions in Ukraine. Publishing House "Baltija Publishing", 2024.

151. Teknomo, K. and Gardon, R.W. Traffic Assignment Based on Parsimonious Data: The Ideal Flow Network, 2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC), 2019, 1393-1398.

152. Teknomo, K. Ideal Flow Network in Society 5.0 in Mahdi et al, Optimization in Large Scale Problems - Industry 4.0 and Society 5.0 Applications, Springer, 2019, p. 67-69.

153. Teknomo, K. Ideal Flow of Markov Chain, Discrete Mathematics, Algorithms and Applications, 2018. doi: 10.1142/S1793830918500738

154. Teknomo, K., Gardon, R. and Saloma, C. Ideal Flow Traffic Analysis: A Case Study on a Campus Road Network, *Philippine Journal of Science*, 2019, 148 (1): 5162.

155. Teslia, I., Yehorchenkova, N., Yehorchenkov, O., Khlevna, I., Kataieva, Y., & Jamecny, L. Devising a multi-project approach to the formation of portfolios for restoration and development of territories within the concept of strategic investments and development packages of the STINBALEF project. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023, 6(3 (126), 36–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.291782>

156. The Standard for Earned Value Management. Project Management Institute. 2020.

157. The World Bank. Україна швидка оцінка завданої шкоди та потреб на відновлення. URL: <https://www.worldbank.org/en/home>

158. Thirunavukkarasu K., Wadhwa M. Spatial Data System: Architecture and Applications. *International Journal of Computer Science Trends and Technology*, 2016, 4. P. 133-139.

159. Tryhuba A., Bashynsky O. Coordination of dairy workshops projects on the community territory and their project environment. 14th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 2019. 3. P. 51-54.

160. Tryhuba A., Boyarchuk V., Tryhuba I., Boyarchuk O., Ftoma. Evaluation of risk value of investors of projects for the creation of crop protection of family dairy farms. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis*. Vol. 67, No. 5, 2019, pp. 1357-1367.

161. Tryhuba A., Boyarchuk V., Tryhuba I., Ftoma O., Francik S. and Rudynets M. Method and Software of Planning of the Substantial Risks in the Projects of Production of raw Material for Biofuel. *CEUR Workshop Proceedings*. Published in ITPM, 2020. 116-129. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2565/paper11.pdf>. (Last accessed: 26.04.2021).

162. Tryhuba A., Boyarchuk V., Tryhuba I., Tymochko V., Bondarchuk S. Model of assessment of the risk of investing in the projects of production of biofuel raw materials. *International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies*, 2020, 2, pp. 151–154, 9322024.

163. Tryhuba A., Demchyna V., Ratushnyi A., Koval L. Identification of priority objects for the implementation of projects to restore the transport infrastructure of settlements in the post-war period. *Proceedings of the 5nd International Workshop IT Project Management (ITPM 2024). Conference*. Bratislava, Slovakia, May 22, 2024. pp. 219-231. <https://ceur-ws.org/Vol-3709/paper18.pdf>

164. Tryhuba A., Kondysiuk I., Tryhuba I., Boiarchuk O., Tatomyr A. Intellectual information system for formation of portfolio projects of motor transport enterprises. *CEUR Workshop Proceedings*, 2022, 3109, 44-52.

165. Tryhuba A., Koval N., Tryhuba I., Boiarchuk O. Application of Sarima Models in Information Systems Forecasting Seasonal Volumes of Food Raw Materials of Procurement on the Territory of Communities. *CEUR Workshop Proceedings*, 2022, 3295, pp. 64–75.

166. Tryhuba A., Padyuka R., Tymochko V., Lub P. Mathematical model for forecasting product losses in crop production projects. *CEUR Workshop Proceedings*, 2022, 3109, pp. 25–31.

167. Tryhuba A., Pavlikha N., Rudynets M., Khomiuk N., Fedorchuk-Moroz V. Studying the influence of production conditions on the content of operations in logistic systems of milk collection. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2019, 3(3-99), pp. 50–63.

168. Tryhuba A., Ratushny R., Horodetskyi I., Molchak Y., Grabovets V. The configurations coordination of the projects products of development of the community fire extinguishing systems with the project environment. *CEUR Workshop Proceedings*, 2021, 2851, pp. 238–248.

169. Tryhuba A., Zachko O., Grabovets V., Berladyn O., Pavlova I. and Rudynets N. Examining the effect of production conditions at territorial logistic systems of milk harvesting on the parameters of a fleet of specialized road tanks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies: Control processes*, No. 5/3(95), 2018, pp. 59-70. doi: 10.15587/1729-4061.2018.142227

170. Tryhuba, A., Kondysiuk I., Tryhuba I., Lub P. Approach and Software for Risk Assessment of Stakeholders of Hybrid Projects of Transport Enterprise. *CEUR Workshop Proceedings* this link is disabled, 2022, 3295, pp. 86–96. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3295/paper8.pdf>

171. Tryhuba, A., Kondysiuk, I., Tryhuba, I., Boiarchuk, O., Tatomyr, A., Intellectual information system for formation of portfolio projects of motor transport enterprises. *CEUR Workshop Proceedings*, 2022, 3109, pp. 44–52.

172. Tryhuba, A., Rudynets, M., Pavlikha, N., Tryhuba, I., Kytsyuk, I., Kornelyuk, O., Fedorchuk-Moroz, V., Androshchuk, I., Skorokhod, I., & Seleznev, D. Establishing patterns of change in the indicators of using milk processing shops at

a community territory. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2019, 6(3 (102), 57–65. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184508>

173. UA Ukraine Facility 2024-2027. План URL: <https://www.ukrainefacility.me.gov.ua/>

174. Verenych O., Sharovara O., Dorosh M., Yehorchenkova N., Golyash I. Awareness management of stakeholders during project implementation on the base of the Markov chain. Proceedings of the 2019 10th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2019, 2019, 1, pp. 259–262, 8924375.

175. Vorkut T.A., Petunin A.V., Tretynychenko YU.O. System aspects of portfolio management in transport and logistics organizational structures. *Systemy i środki transportu samochodowego. Efektywność I bezpieczeństwo. Wybrane zagadnienia*. 2017. Monografia №11. Seria: TRANSPORT. Rzeszów. P. 109-111.

176. Wiki.openstreetmap. URL: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Uk:%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BD%D0%B5_%D0%B7%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F/Desktop

177. Zachko I., Ivanusa A., Kobylkin D. Hybrid management of programs of territorial systems development projects by means of convergence mechanisms. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, 2020, No. 4 (14), P. 40–46.

178. Zachko I., Ivanusa A., Zachko O. Models and mechanisms management of program projects of socio-economic development the territories. Scientific Journal of Astana IT University. 2020, pp. 110-116. <https://doi.org/10.37943/AITU.2020.53.64.010>

179. Zachko O., Demchyna V., Zachko I., Intellectual Models of Projects for the Development of Transport Infrastructure of Urban Territorial Systems. Proceedings of the 3rd International Workshop IT Project Management (ITPM 2022). Conference. Kyiv, Ukraine, August 26, 2022. pp. 159-169. <https://ceur-ws.org/Vol-3295/paper15.pdf>

180. Zachko O., Golovaty R., Yevdokymova A. Development of a simulation model of safety management in the projects for creating sites with mass gathering of people. Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2017, No. 2 (3). pp. 15-24.

181. Zhang Yingjia, Li Xueming, Wang Aiming, Bao Tongliga, Tian Shenzhen. Density and diversity of OpenStreetMap road networks in China. Journal of Urban Management, 2015, Amsterdam, Vol. 4, Iss. 2, P. 135-146, <https://doi.org/10.1016/j.jum.2015.10.001>

182. Zilske M., Neumann A., Nagel K. OpenStreetMap for traffic simulation. Proceedings of the 1 st European state of the map : OpenStreetMap conference. Wien: OpenStreetMap Austria u.a., 2011. P. 126–134.

ДОДАТКИ

Додаток А

Список публікацій здобувача за темою дисертації

Статті у міжнародних наукових виданнях і тих, що входять до міжнародних наукометричних баз (МНБ):

1. Zachko O., **Demchyna V.**, Zachko I., Intellectual Models of Projects for the Development of Transport Infrastructure of Urban Territorial Systems. *Proceedings of the 3rd International Workshop IT Project Management (ITPM 2022)*. Conference. Kyiv, Ukraine, August 26, 2022. pp. 159-169. <https://ceur-ws.org/Vol-3295/paper15.pdf> (0,8 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus.** Особистий внесок автора полягає у розробленні інтелектуальні моделі проектів розвитку транспортної інфраструктури територіальних систем та становить 0,4 друк. арк.

2. Tryhuba A., **Demchyna V.**, Ratushnyi A., Koval L. Identification of priority objects for the implementation of projects to restore the transport infrastructure of settlements in the post-war period. *Proceedings of the 5nd International Workshop IT Project Management (ITPM 2024)*. Conference. Bratislava, Slovakia, May 22, 2024. pp. 219-231. https://doi.org/10.23939/IW_itpm2024.219 (0,9 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus.** Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні підходу до збору просторових даних про об'єкти транспортної інфраструктури з відкритого сервісу OpenStreetMap (OSM) та становить 0,25 друк. арк.

Статті у наукових фахових виданнях України:

3. Тригуба А. М., Ратушний А. Р., **Демчина В. Р.**, Коваль Л. С. Особливості управління проектами відновлення транспортної та безпекової інфраструктури сільських громад у післявоєнний період. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 2023, 28, 44-54. <https://doi.org/10.32447/20784643.28.2023.05> (1,2 д. а.). Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні особливостей управління проектами відновлення транспортної інфраструктури сільських громад у післявоєнний період, що становить 0,35 друк. арк.

4. Тригуба А. М., **Демчина В. Р.**, Ратушний А. Р., Коваль Л. С. Метод та результати визначення пріоритетних об'єктів під час ініціації проектів відновлення транспортної інфраструктури у післявоєнний час. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 2024, 29, 141-151. <https://doi.org/10.32447/20784643.29.2024.15> (1,01 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні методу визначення пріоритетних об'єктів під час ініціації проектів відновлення транспортної інфраструктури у післявоєнний час, що становить 0,5 друк. арк.*

5. **Демчина В. Р.**, Ратушний А. Р. Модель та результати оцінення стану населених пунктів під час реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, 2024, Вип. 1(144), 46-53. <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2024.1.6> (0,65 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в розробці моделі оцінення стану населених пунктів під час реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період, що становить 0,35 друк. арк.*

6. Когут М., Содома Р., **Демчина В.** Розвиток транспортної інфраструктури як фактор підвищення глобальної конкурентоспроможності. Економіка та суспільство. 2024, 60. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-108> (0,6 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в аналізі стану та обґрунтуванні рекомендації щодо транспортної інфраструктури в Україні, зокрема через модернізацію та реконструкцію, що становить 0,2 друк. арк.*

7. Тригуба А. М., **Демчина В. Р.**, Тригуба І. Н., Коваль Л. С. Визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний період на основі моделювання транспортних потоків. Управління розвитком складних систем., Київ: КНУБА, Випуск 59, 2024. С.105-114. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.59.105-114> (0,18 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у визначенні варіантів можливих сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури та становить 0,05 друк. арк.*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

8. **Демчина В. Р.,** Зачко О.Б. Моделі управління безпекою транспортних інфраструктурних проєктів. *Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення: збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Львів, 12-13 жовтня 2022 року. Львів, ЛДУ БЖД, 2022. С.501-503. (0,2 д. а.). Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні моделей управління безпекою транспортних інфраструктурних проєктів та становить 0,1 друк. арк.*

9. Тригуба А., Маланчук О., Тригуба І., Мармуляк А., **Демчина В.** Андрушків О., Олійник Р. Вплив сучасних інформаційних технологій на процеси ініціації та планування проєктів розвитку громад та регіонів. *Вісник Львівського національного університету природокористування: агроінженерні дослідження. №28. Львів: Львів НУП, 2024. С. 148–158. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2024.28.148> (1,25 д. а.). Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні потреби реалізації проєктів, управління якими потребує використання різноманітних інформаційних технологій, що становить 0,15 друк. арк.*

10. **Демчина В. Р.** Використання обчислювального інтелекту для управління проєктами розвитку транспортної інфраструктури. *Інформаційна безпека та інформаційні технології: збірник тез доповідей VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, студентів і курсантів, м. Львів, 30 листопада 2023 року. Львів, ЛДУ БЖД, 2023. С.288-290. (0,2 д. а.).*

11. **Демчина В. Р.** Доцільність реалізації проєктів розвитку транспортної інфраструктури. *Зб. наук. праць XIX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів., м. Львів 28-29 березня 2024 року. Львів: ЛДУ БЖД, 2024. С.332-336. (0,17 д. а.).*

12. Тригуба А. М., **Демчина В. Р.,** Ратушний А. Р., Коваль Л. С., Андрушків О. Я. Архітектура системи збору даних та моделі об'єктів інфраструктурних проєктів. *Вчені Львівського національного аграрного університету виробництва: каталог інноваційних розробок; за заг. ред. В. І. Лопушняка, Б. І. Гулька. Вип. 24. Львів: Львів. нац. ун-т. природ., 2024. С. 18.*

(0,08 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у визначенні особливостей та складових системи збору даних щодо об'єктів інфраструктурних проектів та становить 0,02 друк. арк.*

13. Тригуба А. М., **Демчина В. Р.** Підхід до збору даних для реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період на основі фреймворку OpenStreetMap. *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT – 2024) [Збірник матеріалів XVI Міжнародної науково-практичної конференції (29–31 травня 2024 р., м. Одеса)]*. Одеса: Херсонська державна морська академія, 2024. С. 258-261. (0,22 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні доцільності збору даних для реалізації проектів розвитку транспортної інфраструктури у післявоєнний період, що становить 0,05 друк. арк.*

14. Тригуба А.М., **Демчина В.Р.**, Ратушний А.Р., Коваль Л.С. Визначення сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури населених пунктів у післявоєнний час. XXI Міжнародна конференція. Управління проектами у розвитку суспільства. Тема: «Управління проектами післявоєнної розбудови України». м. Київ, 24 травня 2024 року, С. 229-233. (0,2 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у визначенні варіантів сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час, що становить 0,03 друк. арк.*

Додаток Б

Відомості про апробацію результатів дисертації

1. 3rd International Workshop IT Project Management (ITPM 2022) (Kyiv, 2022), форма участі – очна (онлайн).
2. Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення» (Львів, 2022), форма участі – очна.
3. 3th Workshop Information Technologies in Energy and Agro-industrial Complex (ITEA-WS 2023) (Dubliany, Lviv region, 2023), форма участі – очна (онлайн).
4. Всеукраїнської науково-практичній конференції молодих учених, студентів і курсантів «Інформаційна безпека та інформаційні технології» (Львів, 2023), форма участі – очна.
5. 5nd International Workshop IT Project Management (ITPM 2024) (Bratislava, 2024), форма участі – очна (онлайн).
6. XIX Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених ЛДУ БЖД (Львів, 2024), форма участі – очна.
7. XVI Міжнародної науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті» (Одеса, 2024), форма участі – очна (онлайн).
8. XXI-й Міжнародній науково-практичній конференції «Управління проектами у розвитку суспільства : Управління проектами післявоєнної розбудови України» (Київ, 2024), форма участі – очна (онлайн).
9. щорічних звітних конференціях здобувачів Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (Львів, 2020–2024) , форма участі – очна.

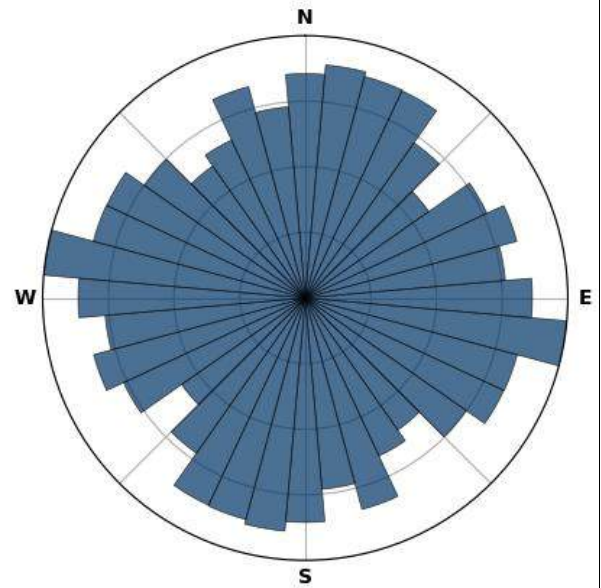
Додаток В

Графічне представлення транспортної інфраструктури та її орієнтації
для окремих населених пунктів

Street Network of Миколаїв, Миколаївська



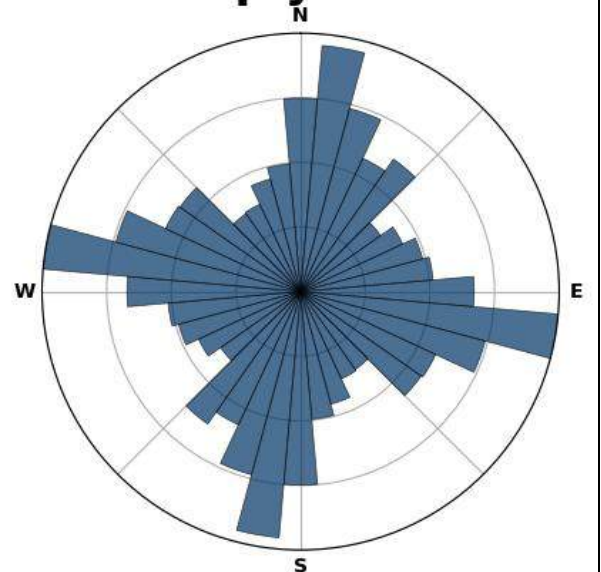
Орієнтація вуличної мережі міста

Миколаїв

Street Network of Маріуполь, Донецька



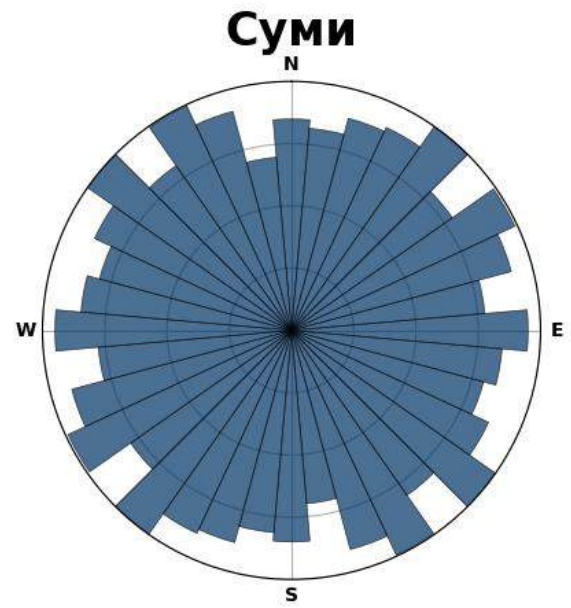
Орієнтація вуличної мережі міста

Маріуполь

Street Network of Суми, Сумська



Орієнтація вуличної мережі міста



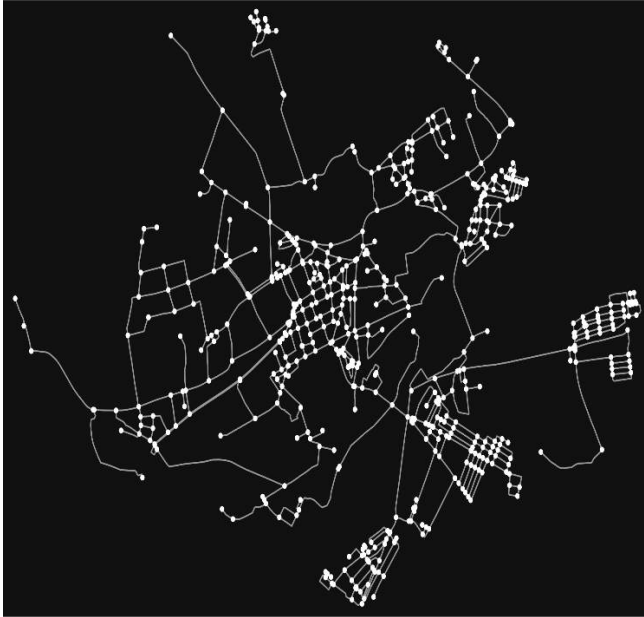
Street Network of Краматорськ, Донецька



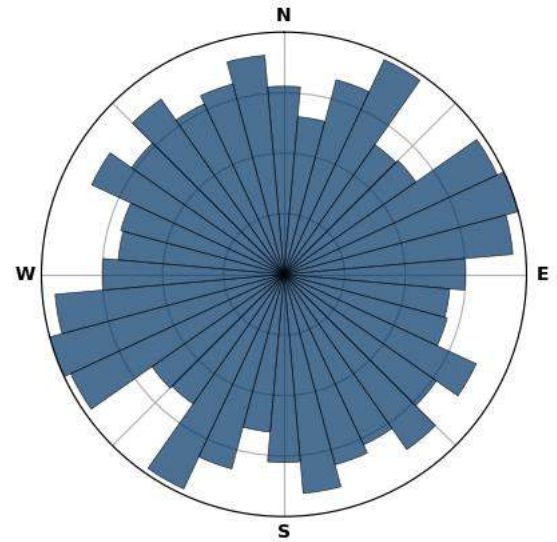
Орієнтація вуличної мережі міста



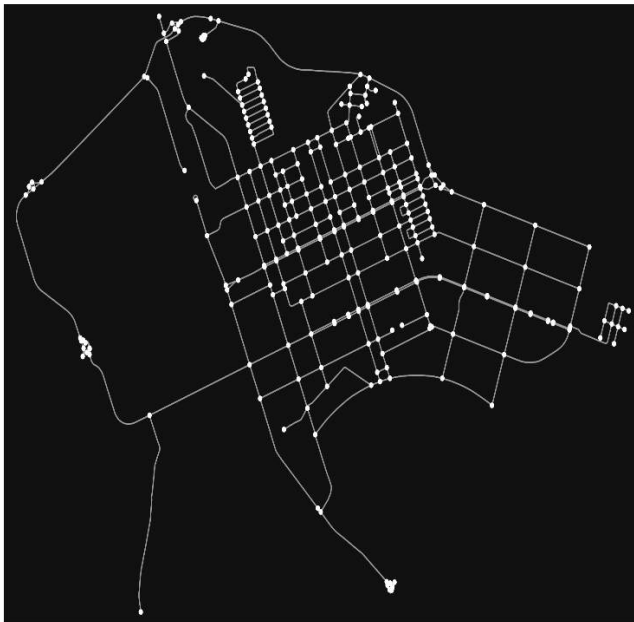
Street Network of Слов'янськ, Донецька



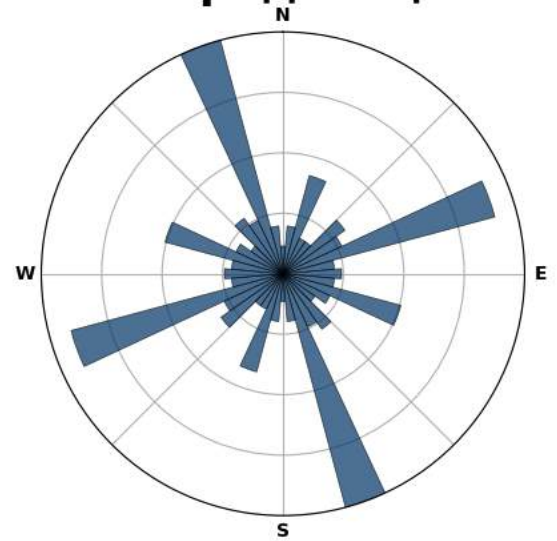
Орієнтація вуличної мережі міста

Слов'янськ

Street Network of Сєвєродонецьк, Луганська



Орієнтація вуличної мережі міста

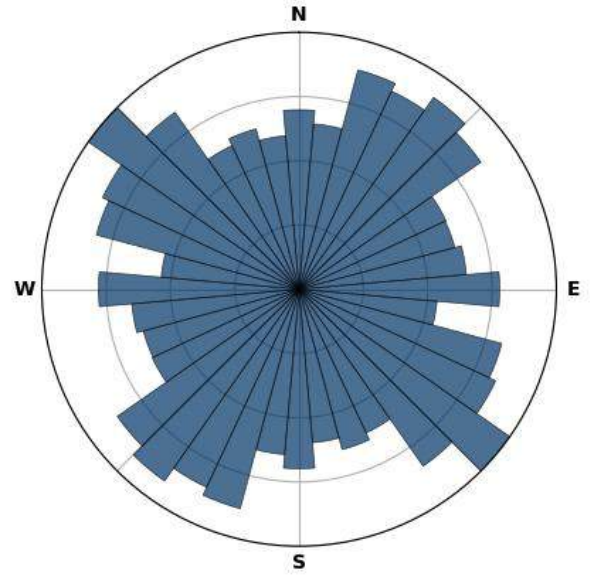
Сєвєродонецьк

Street Network of Лисичанськ, Луганська



Орієнтація вуличної мережі міста

Лисичанськ

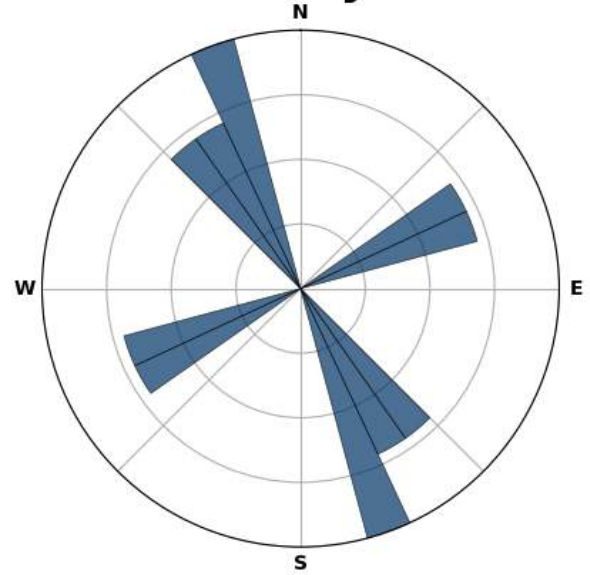


Street Network of Бахмут, Донецька



Орієнтація вуличної мережі міста

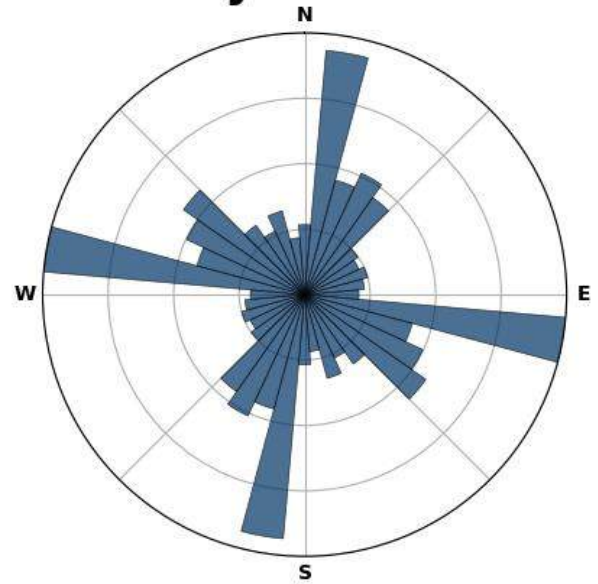
Бахмут



Street Network of Рубіжне, Луганська



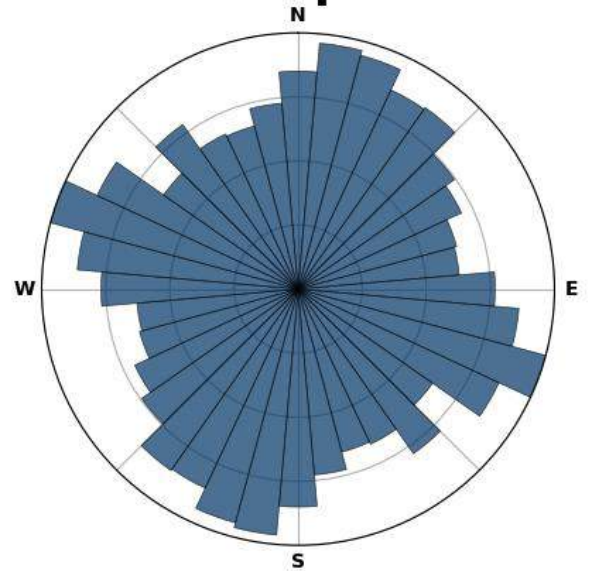
Орієнтація вуличної мережі міста

Рубіжне

Street Network of Охтирка, Сумська



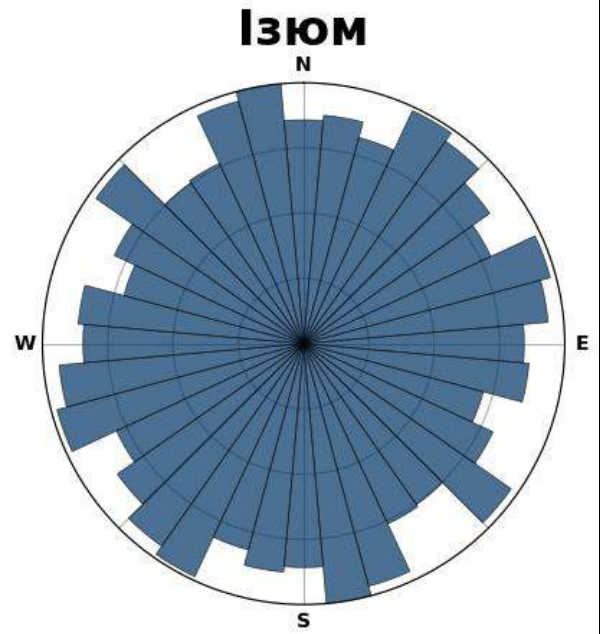
Орієнтація вуличної мережі міста

Охтирка

Street Network of Ізюм, Харківська



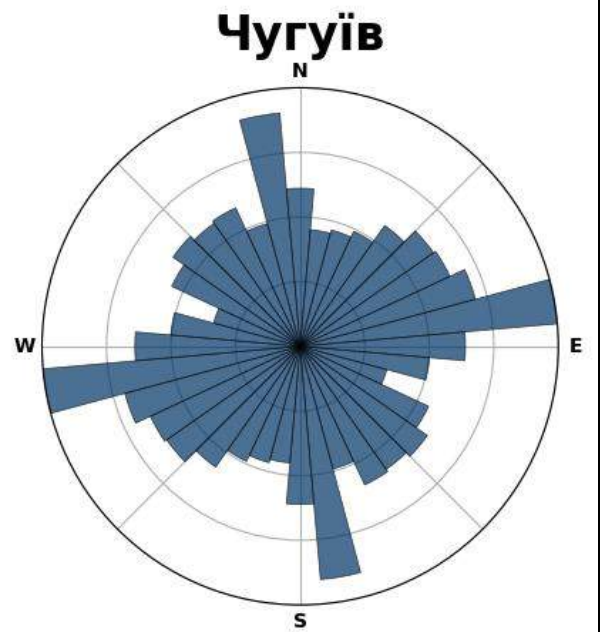
Орієнтація вуличної мережі міста



Street Network of Чугуїв, Харківська



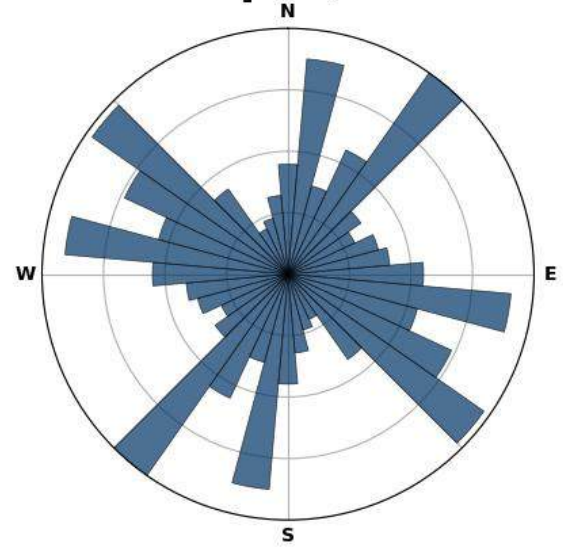
Орієнтація вуличної мережі міста



Street Network of Торецьк, Донецька



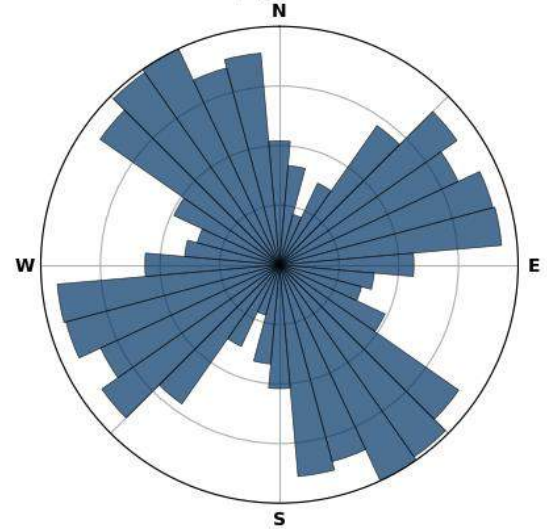
Орієнтація вуличної мережі міста

Торецьк

Street Network of Авдіївка, Донецька



Орієнтація вуличної мережі міста

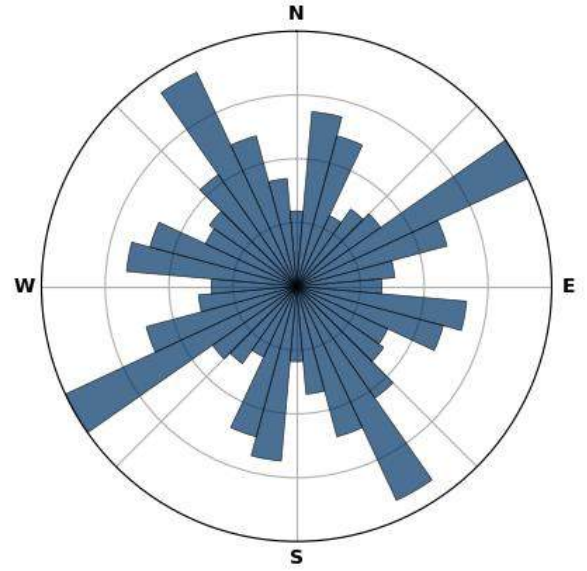
Авдіївка

Street Network of Попасна, Луганська

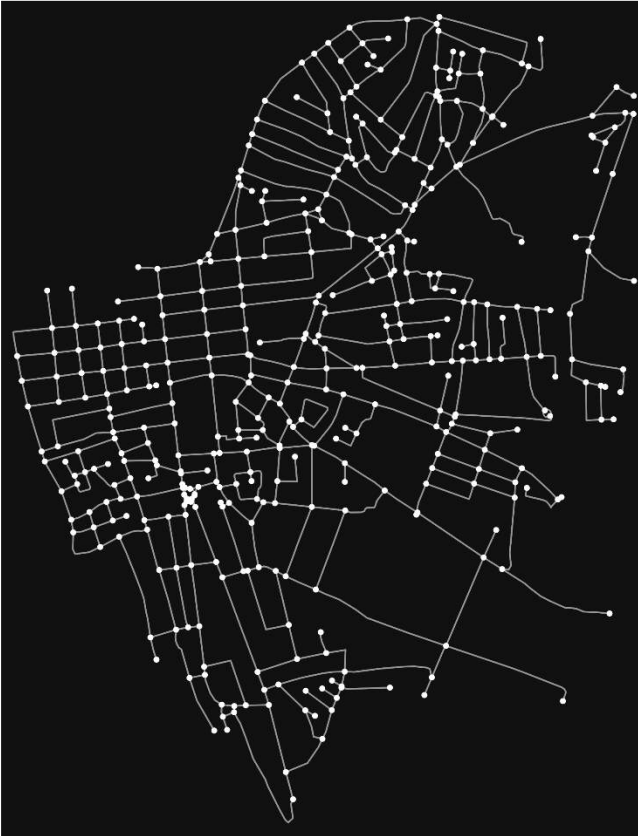


Орієнтація вуличної мережі міста

Попасна

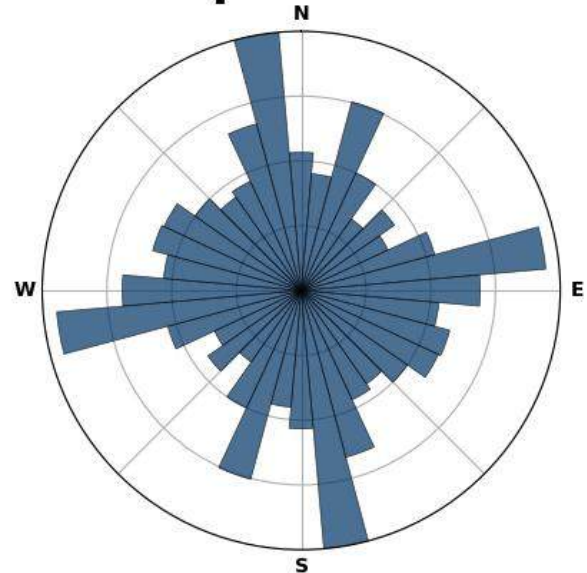


Street Network of Старобільськ, Луганська



Орієнтація вуличної мережі міста

Старобільськ

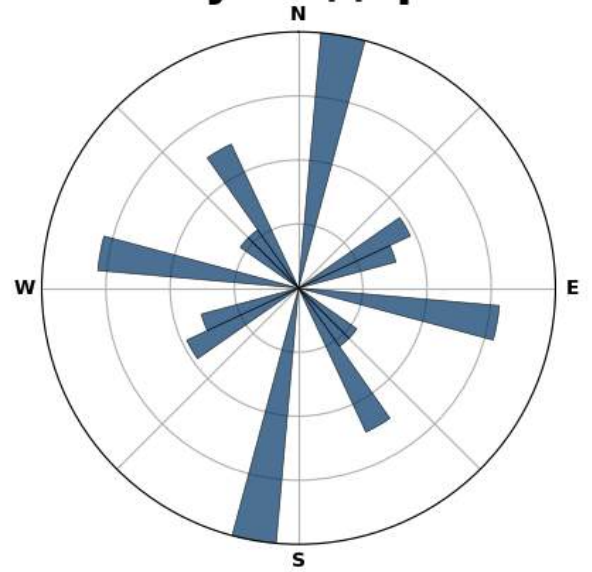


Street Network of Вугледар, Донецька



Орієнтація вуличної мережі міста

Вугледар

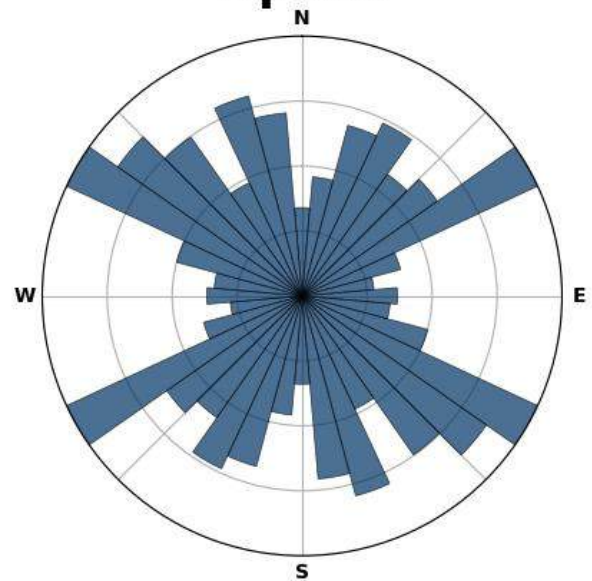


Street Network of Оріхів, Запорізька



Орієнтація вуличної мережі міста

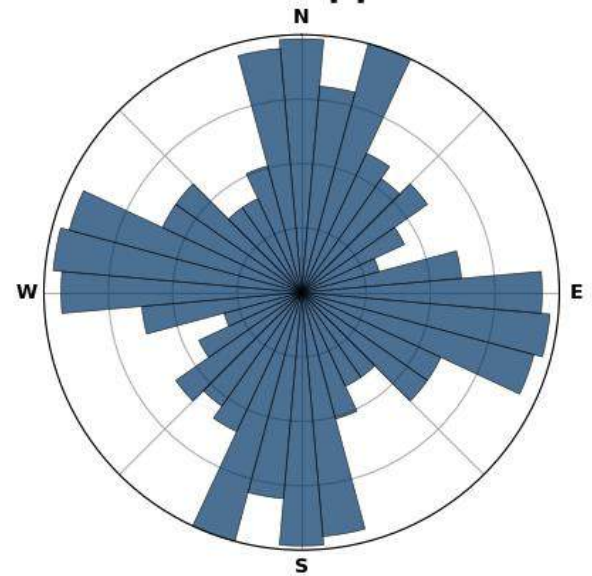
Оріхів



Street Network of Біловодськ, Луганська



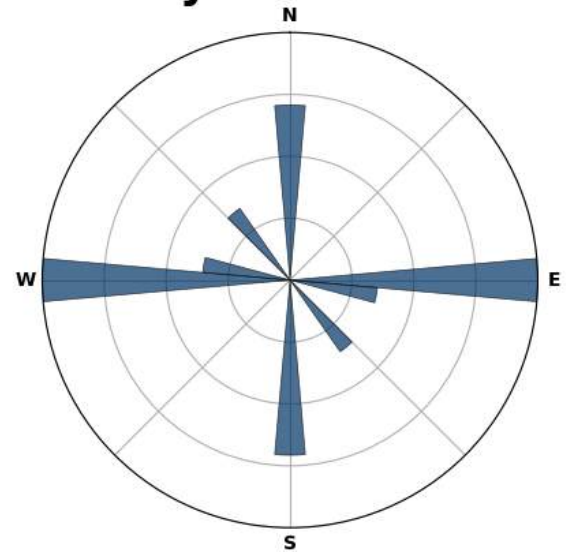
Орієнтація вуличної мережі міста

Біловодськ

Street Network of Гуляйполе, Запорізька



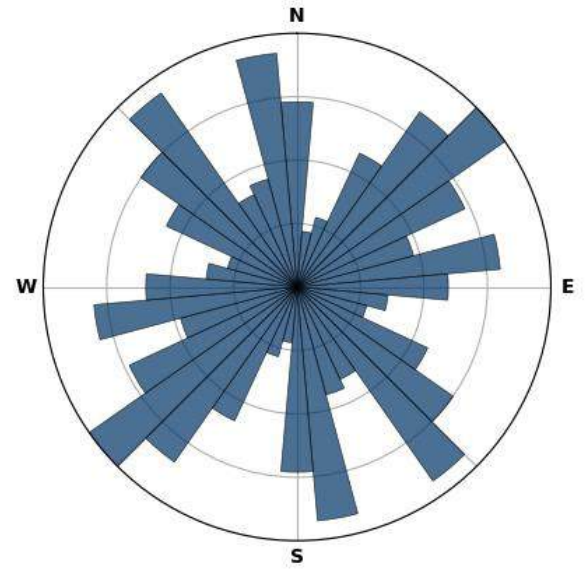
Орієнтація вуличної мережі міста

Гуляйполе

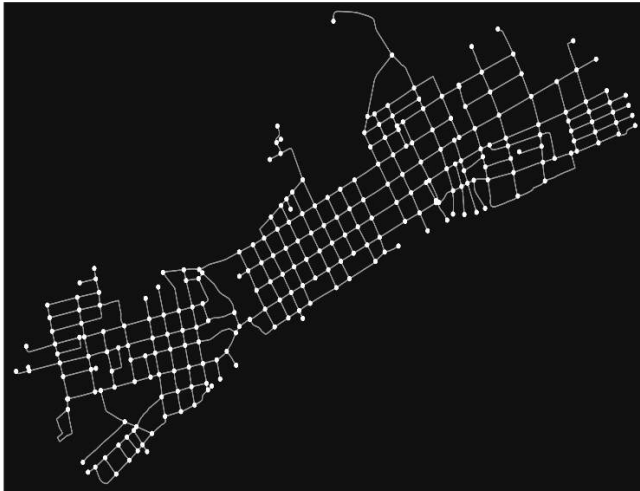
Street Network of Баштанка, Миколаївська



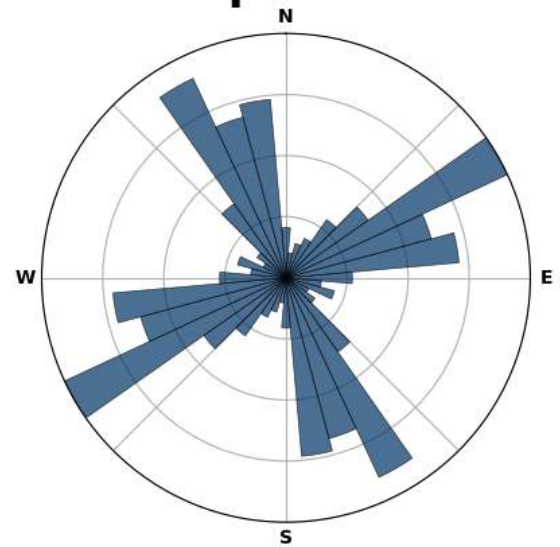
Орієнтація вуличної мережі міста

Баштанка

Street Network of Берислав, Херсонська



Орієнтація вуличної мережі міста

Берислав

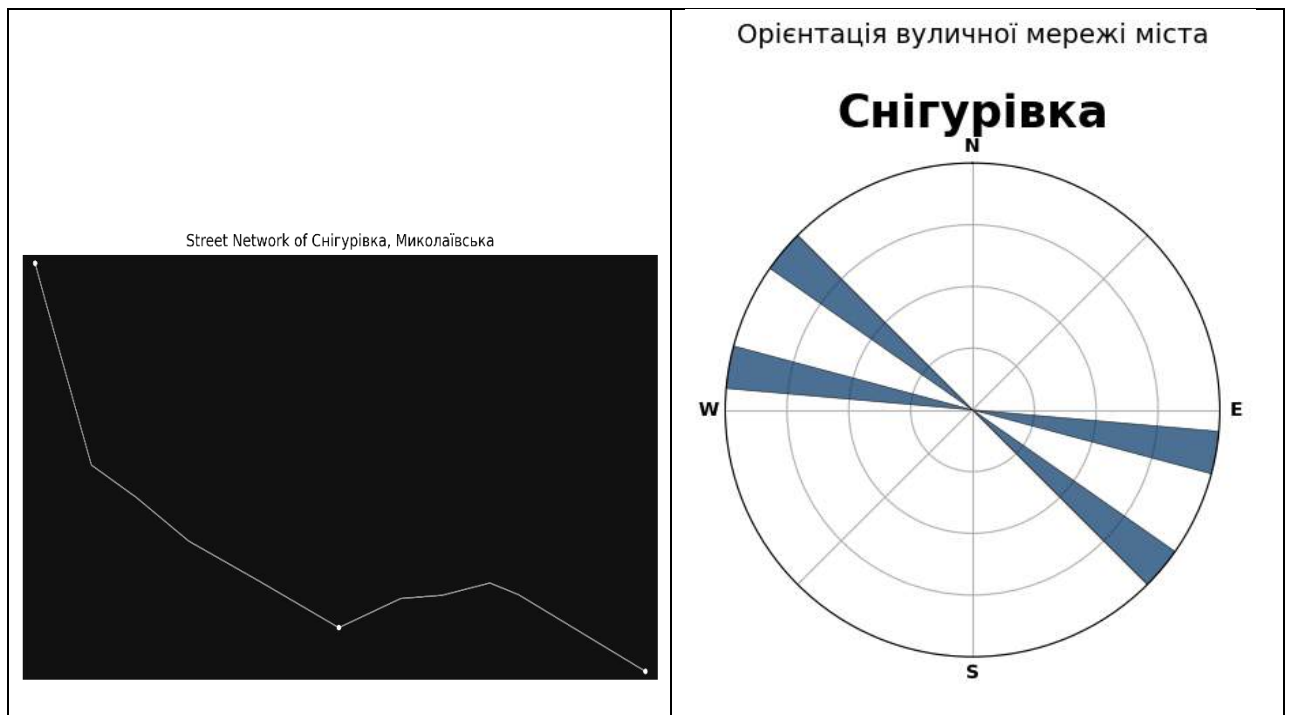


Рисунок В.1 – Графічне представлення транспортної інфраструктури та її орієнтації для населених пунктів, що перебували у зоні бойових дій

Додаток Г

Результати аналізу стану проєктного середовища

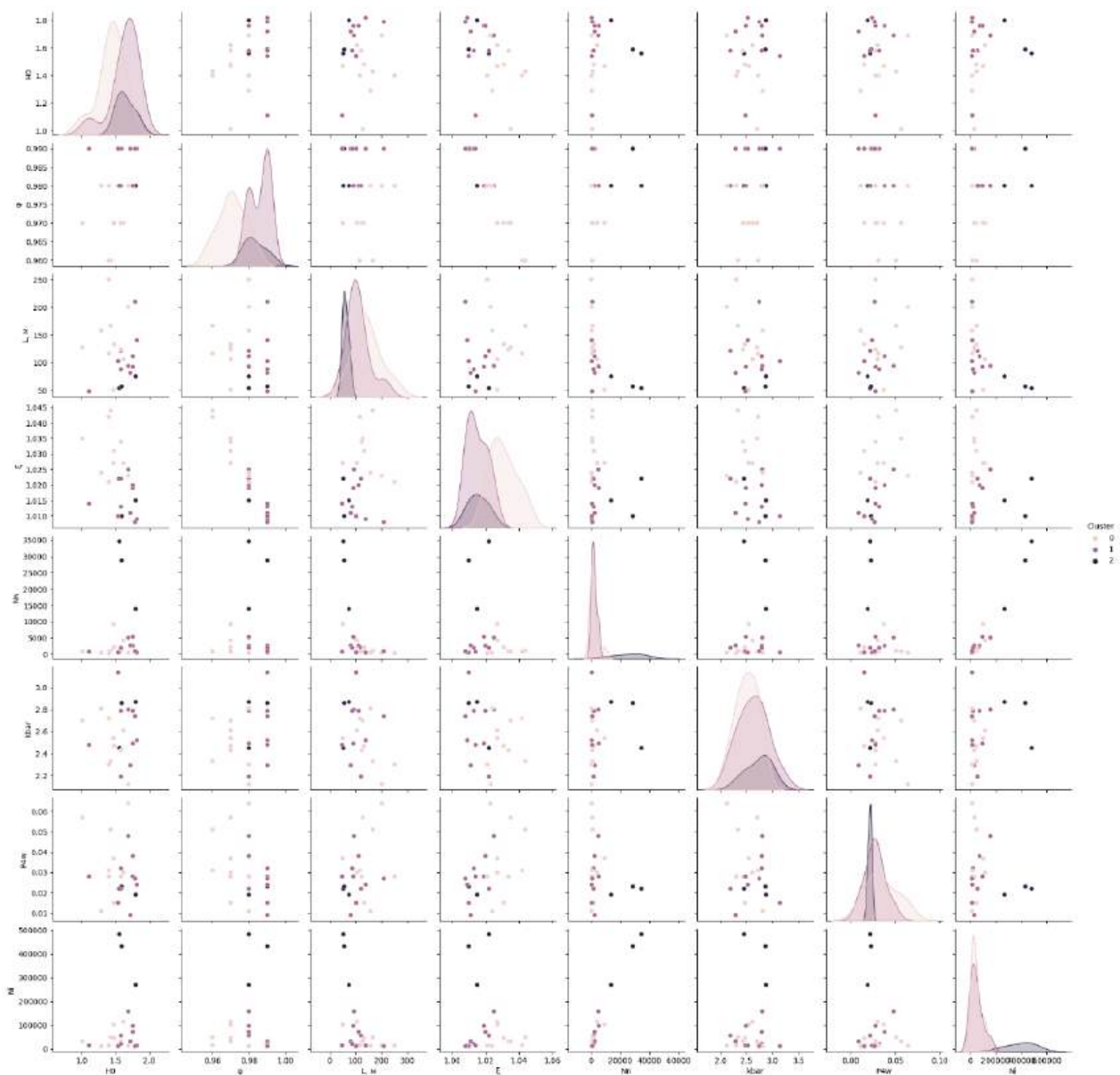


Рисунок Г.1 – Матриця взаємозв'язків між показниками транспортної інфраструктури у місті Краматорськ Донецької області

Таблиця Г.1 – Результати аналізу типів доріг у місті Краматорськ Донецької області

Тип доріг	Позначення	Кількість, од
Магістральні	motorway	0
Основні	primary	21
Вторинні	secondary	46
Міські	tertiary	179
Вулиці	residential	553
Пішохідні	pedestrian	3
Велодоріжки	cycleway	1
Некласифіковані	unclassified	23

Таблиця Г.2 – Результати аналізу типу покриття доріг у місті Краматорськ
Донецької області

Тип покриття	Позначення	Кількість, од
Асфальт	asphalt	449
Щебінь	ground	296
Гравій	gravel	38
Бруківка	paving_stones	14
Ґрунт	unpaved	11
Бетонні плити	concrete:plates	6
Бетонне	concrete	5
Природний ґрунт	dirt	4
Камінь	paved	2
Плитка	tile	1

Таблиця Г.3 – Результати аналізу стану поверхні доріг у місті Краматорськ
Донецької області

Стан поверхні	Позначення	Кількість, од
Середній	intermediate	95
Хороший	good	32
Поганий	bad	25
Відмінний	excellent	1
Жахливий	horrible	673

Таблиця Г.4 – Результати визначення пріоритетних вулиць для ремонту або модернізації у місті Краматорськ Донецької області

Назва вулиць	Показник транспортних потоків	Тип покриття доріг	Кількість пішохідних переходів, од
вулиця Олекси Тихого	10	asphalt	7
вулиця Магістральна	9	None	3
вулиця Конрада Гампера	6	asphalt	8
вулиця Танкістів	5	asphalt	4
вулиця Дмитра Мазура	5	ground	3
вулиця Велика Садова	5	None	3
Артемівський переїзд	3	asphalt	4
вулиця Сіверська	2	asphalt	6
вулиця Шкільна	2	asphalt	3
вулиця Розірваних кайданів	1	asphalt	35
вулиця Старогородська	1	asphalt	28
вулиця Свободи	1	asphalt	2

Таблиця Г.5 – Результати визначення за складністю пріоритетних вулиць для ремонту або модернізації у місті Краматорськ Донецької області

Назва вулиць	Показник складності вулиць
Артемівський переїзд	3
вулиця Магістральна	3
Дмитра Мазура вулиця	3
Танкістів вулиця	3
вулиця Розірваних кайданів	2
Старогородська вулиця	2
вулиця Конрада Гампера	1
Сіверська вулиця	1
Олекси Тихого вулиця	1
Велика Садова вулиця	0
Шкільна вулиця	0
Свободи вулиця	0

Додаток Д

**Результати моделювання транспортних потоків для визначення
сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної
інфраструктури у післявоєнний час**

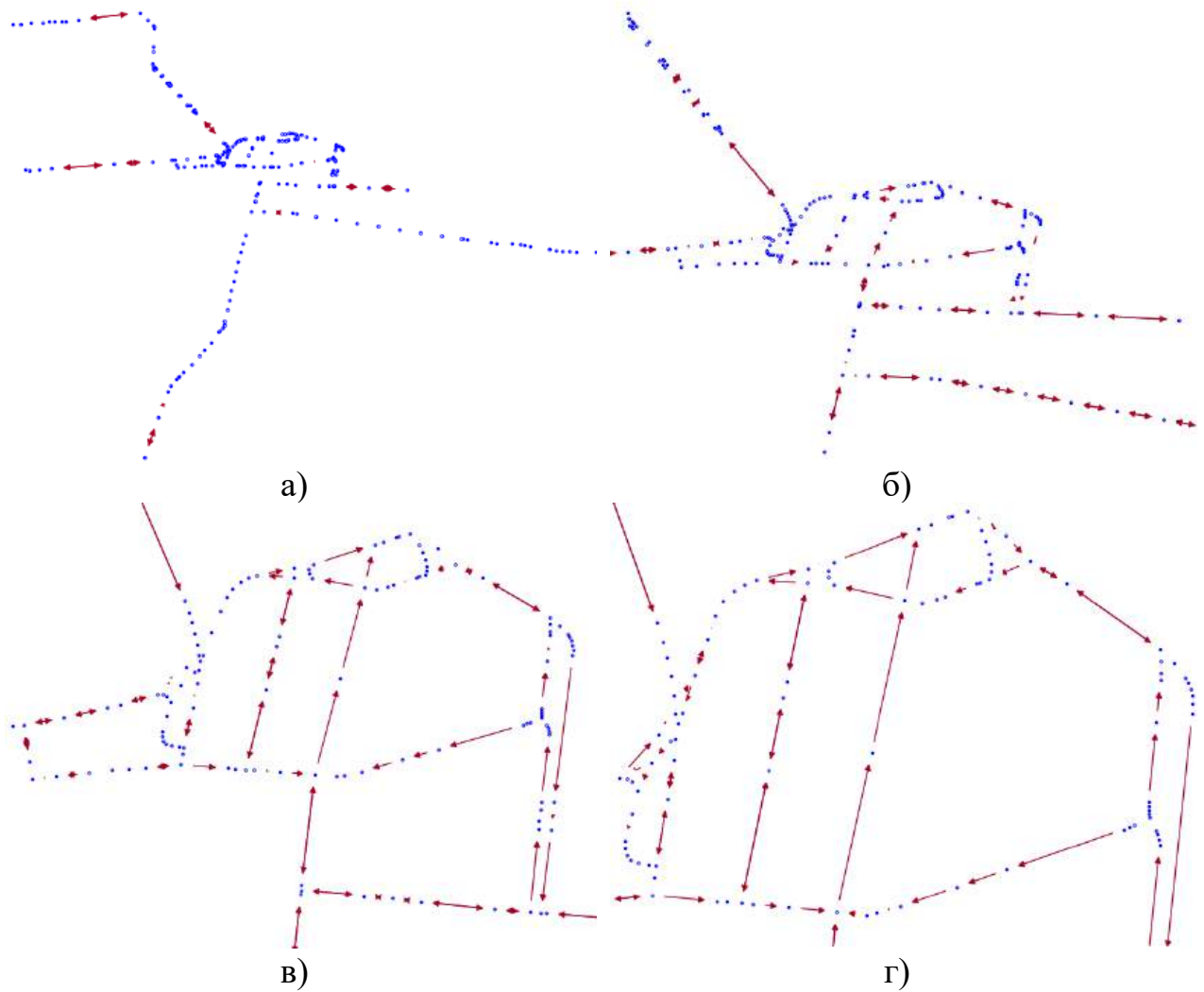


Рисунок Д.1 – Графічне представлення об'єктів транспортної інфраструктури та транспортних потоків на пріоритетних (P_{str}) для відновлення вулицях у місті Краматорськ Донецької області за сценарієм за використання Scenario_0.0: а) базовий рівень; б) рівень масштабу 1; в) рівень масштабу 2; г) рівень масштабу 3

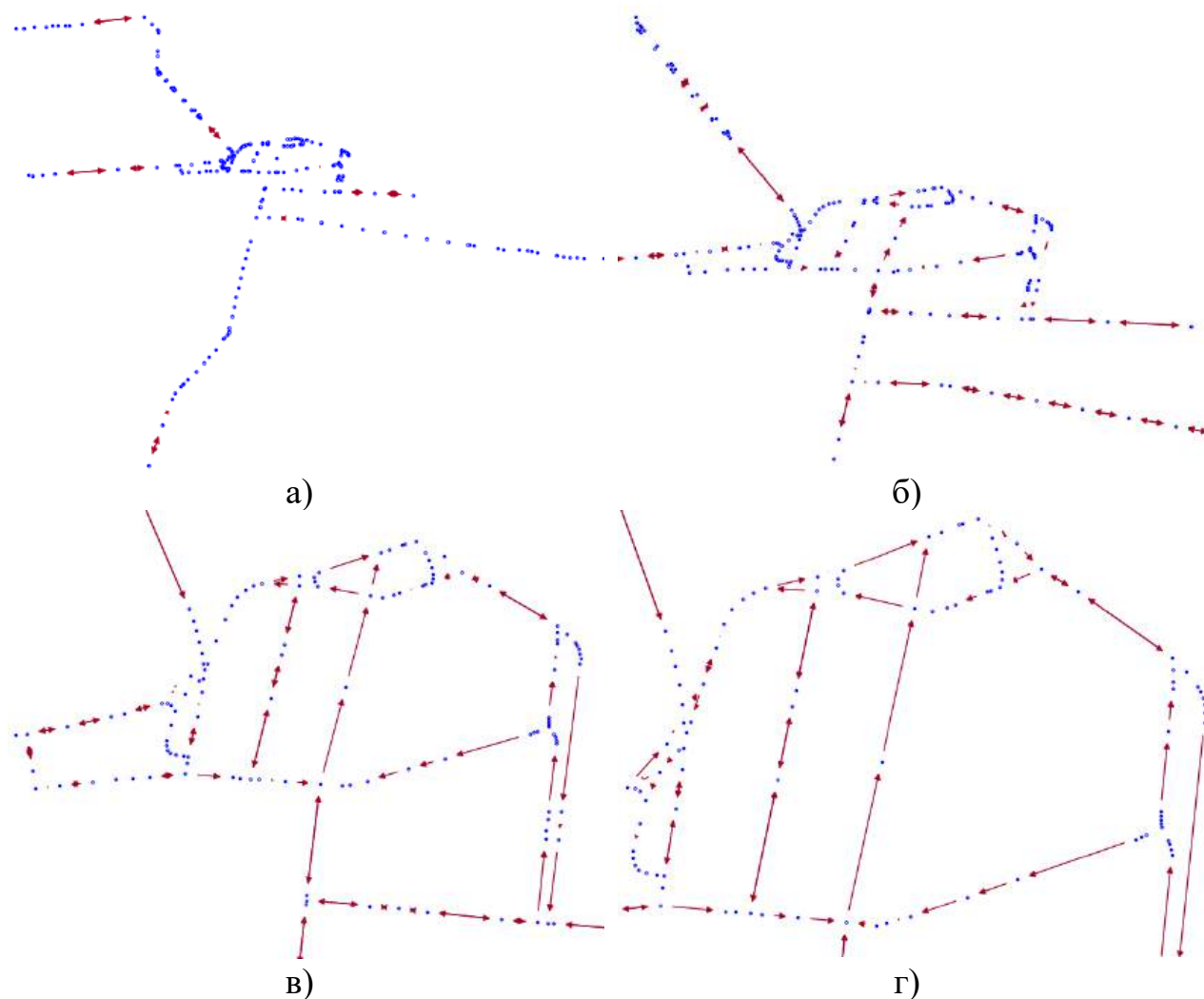


Рисунок Д.2 – Графічне представлення об'єктів транспортної інфраструктури та транспортних потоків на пріоритетних (P_{str}) для відновлення вулицях у місті Краматорськ Донецької області за сценарієм за використання Scenario_0.2: а) базовий рівень; б) рівень масштабу 1; в) рівень масштабу 2; г) рівень масштабу 3

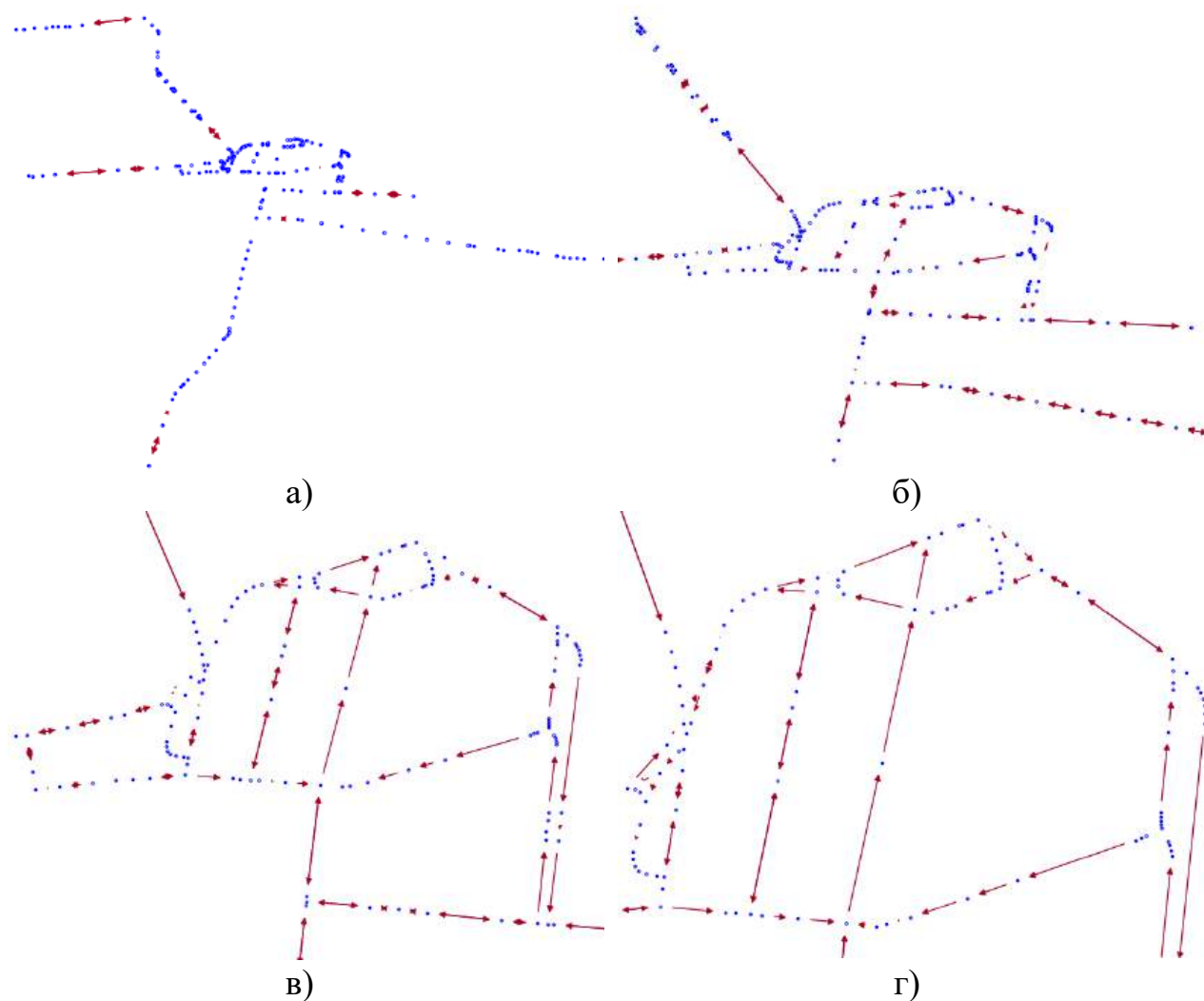


Рисунок Д.3 – Графічне представлення об'єктів транспортної інфраструктури та транспортних потоків на пріоритетних (P_{str}) для відновлення вулицях у місті Краматорськ Донецької області за сценарієм за використання Scenario_0.4: а) базовий рівень; б) рівень масштабу 1; в) рівень масштабу 2; г) рівень масштабу 3

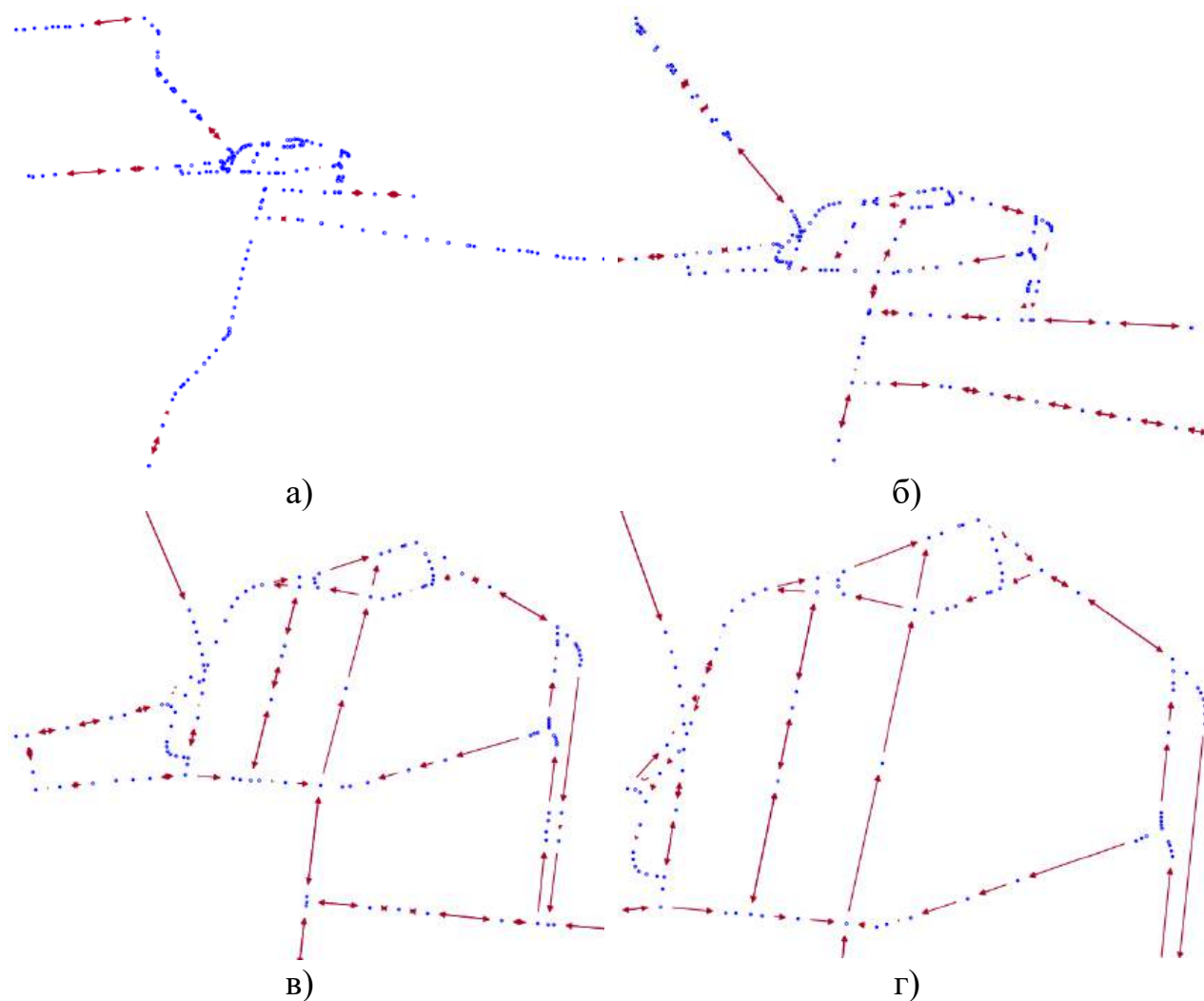


Рисунок Д.4 – Графічне представлення об'єктів транспортної інфраструктури та транспортних потоків на пріоритетних (P_{str}) для відновлення вулицях у місті Краматорськ Донецької області за сценарієм за використання Scenario_0.6: а) базовий рівень; б) рівень масштабу 1; в) рівень масштабу 2; г) рівень масштабу 3

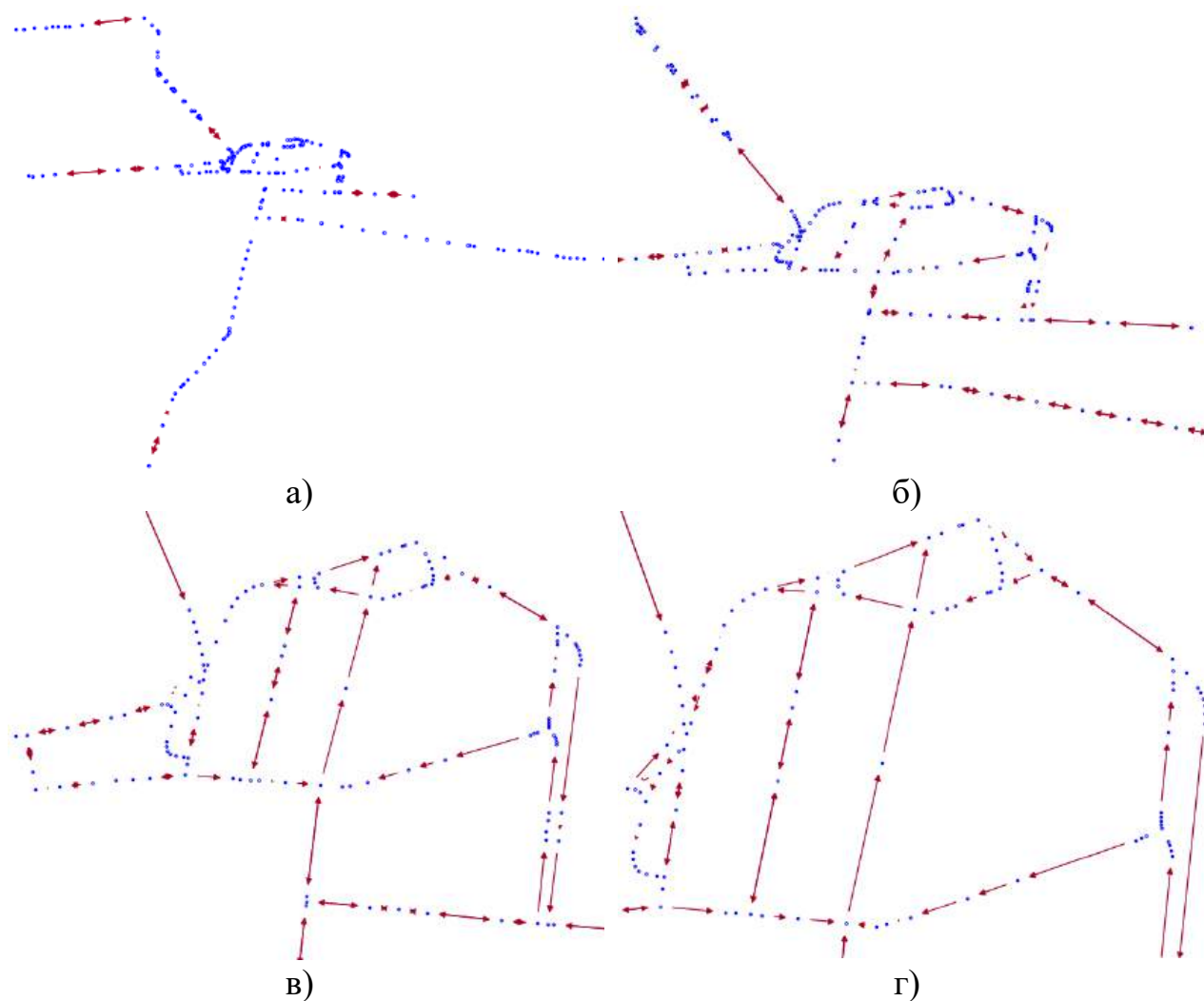


Рисунок Д.5 – Графічне представлення об'єктів транспортної інфраструктури та транспортних потоків на пріоритетних (P_{str}) для відновлення вулицях у місті Краматорськ Донецької області за сценарієм за використання Scenario_0.8: а) базовий рівень; б) рівень масштабу 1; в) рівень масштабу 2; г) рівень масштабу 3

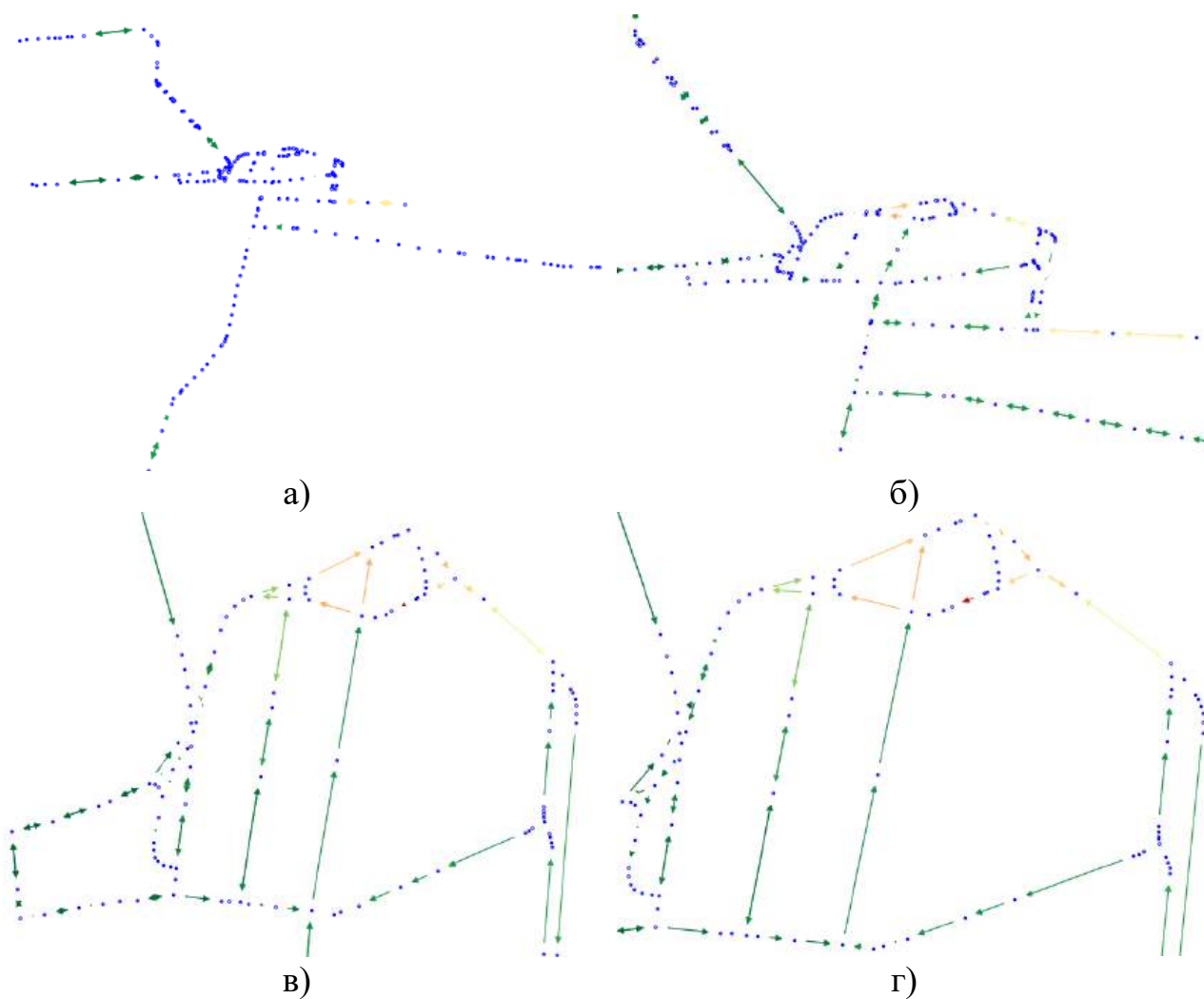


Рисунок Д.6 – Графічне представлення об’єктів транспортної інфраструктури та транспортних потоків на пріоритетних (P_{str}) для відновлення вулицях у місті Краматорськ Донецької області за сценарієм за використання Scenario_1.0: а) базовий рівень; б) рівень масштабу 1; в) рівень масштабу 2; г) рівень масштабу 3

Таблиця Д.1 – Результати прогнозування показників транспортних потоків за різних сценаріїв реалізації проектів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури у післявоєнний час

Сценарій	Продуктивність транспортної мережі					Базове значення		
	Інтенсивність транспортного потоку, рсц/год	Показник допустимих максимальних заторів	Середня швидкість, км/год	Середній час руху, хв/км	Середня затримка, сек/км	Середня відстань між вузлами, м/відрізок	Середній час проходження відрізка, сек/ відрізок	Середня затримка на відрізка, сек/ відрізок
Scenario_0.0	0,0	0,0	32,6501	2,1085	0,0	0,0378	4,7882	0,0
Scenario_0.2	21035,69	0,2	32,4241	2,1207	0,7297	0,0378	4,8159	0.0276
Scenario_0.4	42071,38	0,4	32.1865	2,1335	1,498	0,0378	4,8449	0.0567
Scenario_0.6	63107,07	0,6	31,9329	2,1471	2,3159	0,0378	4,8759	0.0877
Scenario_0.8	84142,76	0,8	31,6536	2,1619	3,2039	0,0378	4,9095	0.1213
Scenario_0.9	94660,6	0,9	31,4957	2.17	3,689	0,0378	4,9279	0.1396
Scenario_1.0	105178,45	1,0	31,2873	2,1794	4,2535	0,0378	4,9492	0.161

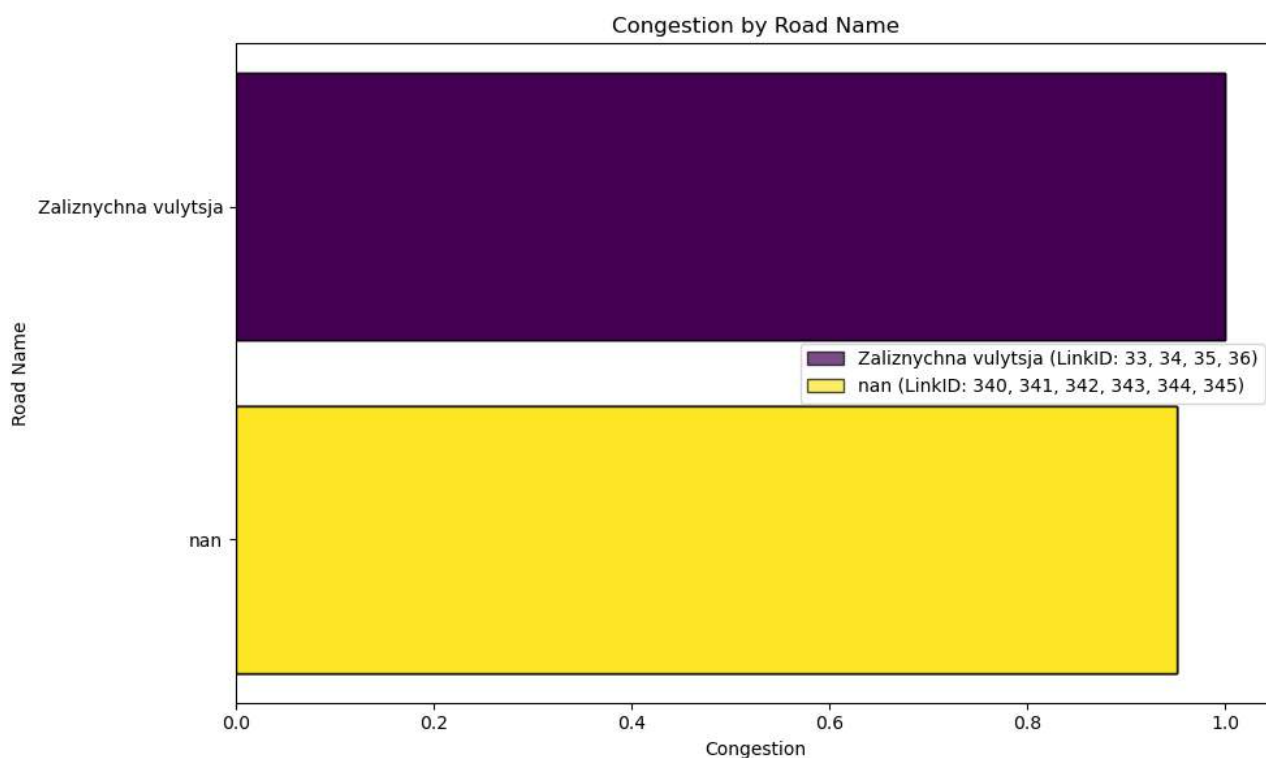


Рисунок Д.7 – Характеристика ділянок транспортної мережі із заторами на найбільш завантажених вулицях

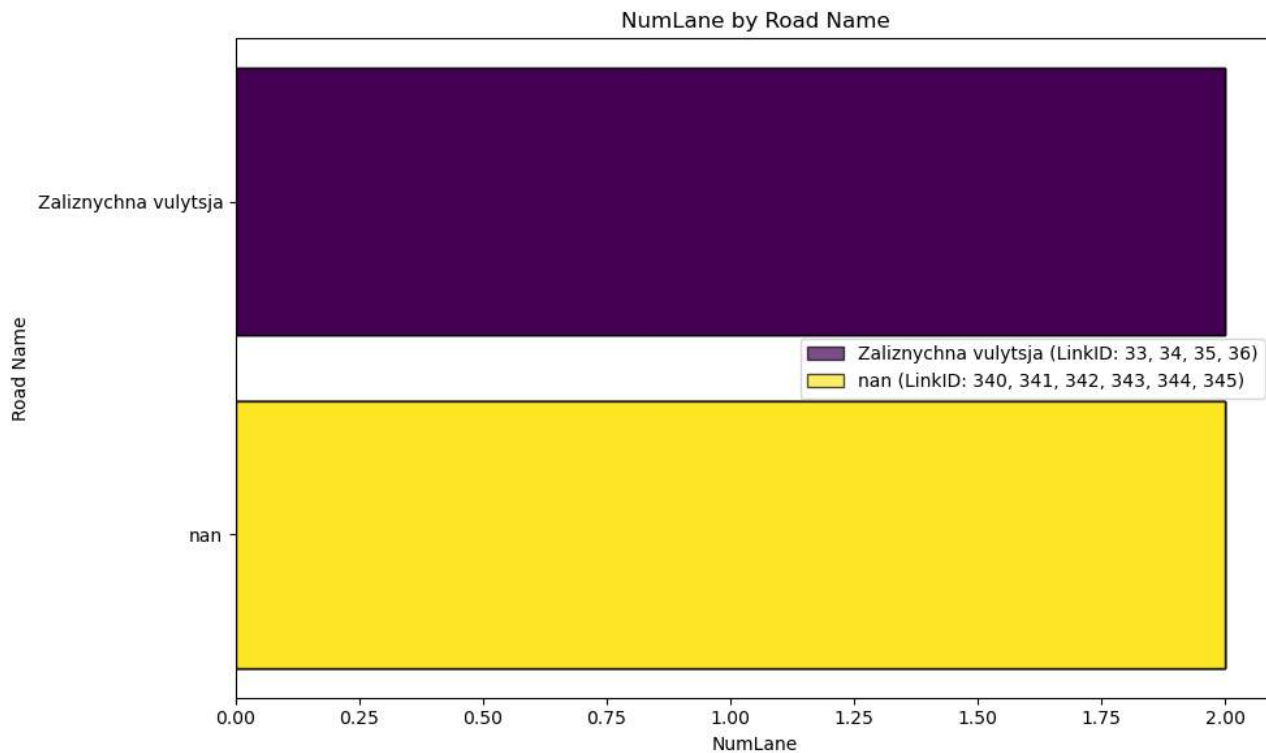


Рисунок Д.8 – Характеристика ділянок транспортної мережі із кількістю смуг на найбільш завантажених вулицях

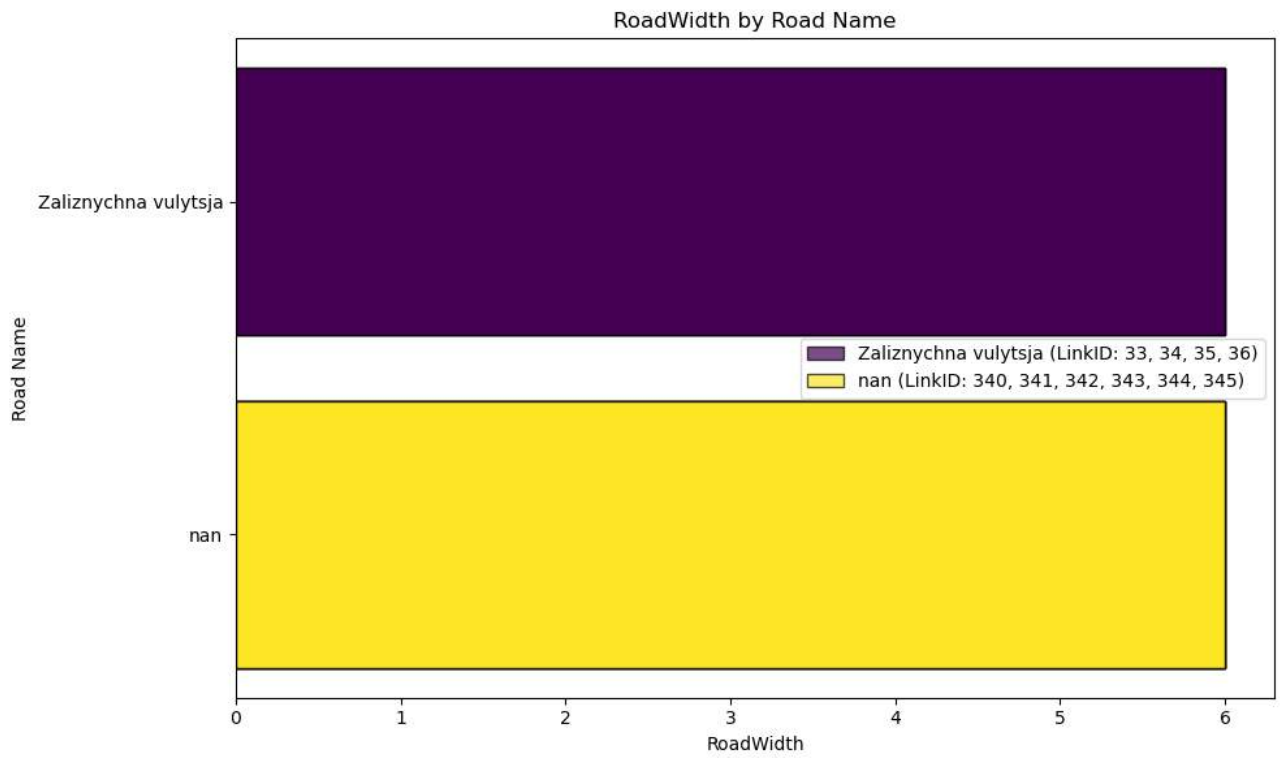


Рисунок Д.9 – Характеристика ділянок транспортної мережі із шириною доріг на найбільш завантажених вулицях

Додаток Е

**Аналіз стану транспортної інфраструктури населених пунктів, що
потребують відновлення транспортної інфраструктури**

Таблиця Б.1 – Населені пункти України, які постраждали від військової
агресії росії (станом на 14.11.2023р.)

Назва населеного пункту	Адміністративна область	Чисельність жителів до війни, тис. осіб	Чисельність жителів після бойових дій (орієнтовна), тис. осіб
Миколаїв	Миколаївська	482,5	230
Маріуполь	Донецька	431,86	100
Суми	Сумська	269,58	150
Краматорськ	Донецька	157,69	60
Слов'янськ	Донецька	114,66	40
Сєвєродонецьк	Луганська	102,21	30
Лисичанськ	Луганська	96,803	15
Бахмут	Донецька	72,324	20
Рубіжне	Луганська	56,453	20
Охтирка	Сумська	49,527	30
Ізюм	Харківська	45,433	15
Чугуїв	Харківська	32,572	15
Торецьк	Донецька	32,348	12
Авдіївка	Донецька	31,94	10
Попасна	Луганська	21,531	5
Старобільськ	Луганська	16,344	5
Вугледар	Донецька	14,945	5
Оріхів	Запорізька	14,664	5
Біловодськ	Луганська	14,437	5
Гуляйполе	Запорізька	14,357	5
Баштанка	Миколаївська	12,71	5
Берислав	Херсонська	12,306	5
Снігурівка	Миколаївська	12,274	5

Таблиця Б.2 – Результати визначення показників конфігурації транспортної інфраструктури населених пунктів

Назва населеного пункту	Показники						
	H_o	φ	$L, м$	ζ	N_n	k_{bar}	P_{4w}
Миколаїв	1,56	0,98	53,63	1,022	34647	2,45	0,022
Маріуполь	1,59	0,99	56,94	1,010	28804	2,86	0,023
Суми	1,80	0,98	75,06	1,015	13911	2,87	0,019
Краматорськ	1,69	0,98	94,12	1,025	5128	2,80	0,048
Слов'янськ	1,62	0,97	106,09	1,027	4232	2,61	0,030
Сєвєродонецьк	1,47	0,97	50,77	1,027	9326	2,54	0,037
Лисичанськ	1,76	0,98	92,54	1,019	5403	2,49	0,028
Бахмут	1,76	0,98	111,68	1,020	2590	2,79	0,038
Рубіжне	1,58	0,98	121,76	1,022	1936	2,19	0,022
Охтирка	1,43	0,96	167,03	1,044	1082	2,33	0,051
Ізюм	1,48	0,97	133,24	1,031	2158	2,47	0,015
Чугуїв	1,58	0,97	123,93	1,034	962	2,43	0,028
Торецьк	1,01	0,97	128,18	1,035	867	2,70	0,057
Авдіївка	1,72	0,99	81,54	1,011	2678	2,29	0,009
Попасна	1,58	0,99	88,18	1,013	1919	2,79	0,032
Старобільськ	1,40	0,96	116,63	1,042	775	2,72	0,031
Вугледар	1,11	0,99	48,21	1,014	759	2,48	0,028
Оріхів	1,82	0,99	140,61	1,009	509	2,52	0,024
Біловодськ	1,69	0,98	201,04	1,023	456	2,12	0,064
Гуляйполе	1,40	0,98	250,67	1,021	316	2,30	0,028
Баштанка	1,29	0,98	158,35	1,024	454	2,81	0,011
Берислав	1,54	0,99	102,84	1,010	546	3,14	0,015
Снігурівка	1,79	0,99	209,98	1,008	926	2,74	0,027

Додаток Ж

Акти впровадження науково-дослідної роботи у практику

ЗАТВЕРДЖУЮ
Т.в.о. Начальника 2 Спеціального центру
швидкого реагування ДСНС України
полковник служби цивільного захисту
Олександр ТРАЧУК
2024 р.



АКТ

про впровадження результатів дисертаційного дослідження старшого лейтенанта служби цивільного захисту ДЕМЧИНИ Василя Романовича на тему: «Моделі та методи управління проєктами розвитку транспортної інфраструктури» в практичну діяльність

Комісія у складі: начальника служби (безпеки дорожнього руху) 2 Спеціального центру швидкого реагування капітана служби цивільного захисту Волинця О.В. та заступника начальника відділу матеріально-технічного забезпечення та логістики 2 Спеціального центру швидкого реагування капітана служби цивільного захисту Лоба С.С., з однієї сторони, а також наукового керівника, професора кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, д.т.н., професора, полковника служби цивільного захисту Зачка О.Б. та виконавця, ад'юнкта денної форми здобуття освіти докторантури-ад'юнктури Львівського державного університету безпеки життєдіяльності старшого лейтенанта служби цивільного захисту Демчини В.Р., з другої сторони, склали цей акт про впровадження результатів дисертаційної роботи на тему: «Моделі та методи управління проєктами розвитку транспортної інфраструктури».

У практику служби безпеки дорожнього руху 2 Спеціального центру швидкого реагування ДСНС України впроваджено:

- на основі розробленого в дисертаційній роботі удосконаленого методу визначення пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури населених пунктів удосконалено в підрозділі механізми організації безпеки руху під час маршруту відомчих транспортних засобів та їх супроводження;
- на основі розробленого методу визначення сценаріїв реалізації проєктів відновлення об'єктів транспортної інфраструктури оновлено плани проведення заходів, спрямованих на забезпечення безпеки дорожнього руху на транспортних засобах, закріплених за підрозділами.

Начальник служби (безпеки дорожнього руху)
2 Спеціального центру швидкого реагування
капітан служби цивільного захисту



Олександр ВОЛИНЕЦЬ

Заступник начальника відділу
матеріально-технічного забезпечення та логістики
2 Спеціального центру швидкого реагування
капітан служби цивільного захисту



Святослав ЛОБ

Професор кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту
Львівського державного університету безпеки життєдіяльності
д.т.н., професор
полковник служби цивільного захисту



Олег ЗАЧКО

Ад'юнкт денної форми здобуття освіти
докторантури – ад'юнктури
Львівського державного університету безпеки життєдіяльності
старший лейтенант служби цивільного захисту



Василь ДЕМЧИНА



про впровадження результатів дисертаційного дослідження
Демчини Василя Романовича на тему: «Моделі та методи управління проектами
розвитку транспортної інфраструктури» в практичну діяльність

Комісія у складі: заступник директора департаменту дорожнього господарства Львівської обласної військової адміністрації Одиноцький М.П. та заступника начальника відділу експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування департаменту дорожнього господарства Львівської обласної військової адміністрації Кулій Т.Р., з однієї сторони, а також науковий керівник, професор кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, д.т.н., професор Зачко О.Б. та виконавець, ад'юнкт денної форми здобуття освіти Демчина В.Р., з другої сторони, склали цей акт про впровадження результатів завершеної дисертаційної роботи «Моделі та методи управління проектами розвитку транспортної інфраструктури».

В результаті виконано: 1) розроблено методику ідентифікації та планування проектів розвитку дорожньо - транспортної інфраструктури; 2) розроблено алгоритми та програмні модулі для визначення показників конфігурації транспортної інфраструктури населених пунктів та обґрунтування пріоритетних об'єктів дорожньо - транспортної інфраструктури; 3) обґрунтовано методи та моделі ідентифікації та планування проектів розвитку дорожньо - транспортної інфраструктури із використання сучасних інформаційних технологій.

У практику департаменту дорожнього господарства Львівської обласної військової адміністрації впроваджено:

1) методику, алгоритм та програмні модулі для визначення показників конфігурації дорожньо - транспортної інфраструктури населених пунктів та обґрунтування пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури;

2) рекомендації щодо ідентифікації та планування проектів розвитку дорожньо - транспортної інфраструктури.

Заступник директора департаменту
дорожнього господарства
Львівської обласної військової адміністрації

Микола ОДИНОЦЬКИЙ

Заступник начальника відділу експлуатаційного
утримання автомобільних доріг загального користування
департаменту дорожнього господарства
Львівської обласної військової адміністрації

Тетяна КУЛІЙ

Професор кафедри права та менеджменту
у сфері цивільного захисту
Заслужений діяч науки і техніки України
доктор технічних наук, професор

Олег ЗАЧКО

Ад'юнкт денної форми здобуття освіти

Василь ДЕМЧИНА

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор університету із навчально-методичної роботи
полковник служби цивільного захисту
Олександр ПРИДАТКО
12 2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня
доктора філософії зі спеціальності 073 «Менеджмент»
(освітньо-наукова програма «Управління проєктами»)

ДЕМЧИНИ Василя Романовича

Цим актом підтверджується, що впроваджені у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності результати дисертаційних досліджень ДЕМЧИНИ Василя Романовича на тему: «Моделі та методи управління проєктами розвитку транспортної інфраструктури», використані у освітньому процесі при реалізації освітньо-професійних програм «Управління проєктами» другого рівня вищої освіти магістр за спеціальністю 073 «Менеджмент» галузі знань 07 «Управління та адміністрування» та «Транспортні технології» (на автомобільному транспорті) другого рівня вищої освіти магістр за спеціальністю 275 «Транспортні технології» (за видами) галузі знань 27 «Транспорт», зокрема в освітніх компонентах:

- ВК 1.1 «Управління проєктами розвитку регіонів та міст»:

Впроваджено в освітній процес метод визначення пріоритетних об'єктів транспортної інфраструктури для відновлення у післявоєнний час регіональних та міських територіальних систем.

- ВК 1.2 «Транспортна інфраструктура»:

Доповнено тематику освітньої компоненти класифікацією критеріїв оцінювання транспортно-планувальної системи міста у післявоєнний період.

- ВК 2.1 «Моделювання транспортних систем»:

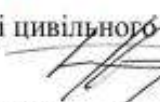
Розроблено типові моделі, реалізовані в рамках практикуму з моделювання транспортних систем в сучасному програмному забезпеченні PTV Vissim.

Члени комісії:

Заступник начальника факультету з навчально-наукової роботи
факультету пожежної та техногенної безпеки
к.т.н., доцент

 Андрій ДОМІНІК

Начальник кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту
к.ю.н., доцент

 Андрій САМІЛО

Доцент кафедри експлуатації транспортних засобів та
пожежно - рятувальної техніки
к.т.н., доцент

 Іван ПАСНАК