

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ТАБАЧИШИН ДАНИЛО РОМАНОВИЧ

УДК 303.732.4:004.9]:316.772.5

ДИСЕРТАЦІЯ

Системні методи та засоби аналізу параметрів сталого зростання соціополісів

124 – «Системний аналіз»

12 – «Інформаційні технології»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

Табачишин Д.Р.

Науковий керівник:

Пасічник Володимир Володимирович

доктор технічних наук, професор

Львів – 2021

АНОТАЦІЯ

Табачишин Д.Р. Системні методи та засоби аналізу параметрів сталого зростання соціополісів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 124 «Системний аналіз» (12 – Інформаційні технології). – Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2021.

Зміст анотації

У дисертаційній роботі здійснено системний аналіз методів та засобів аналізу параметрів сталого зростання соціополісів. Досліджено концепти «соціополіс» та «розумність»; а також критерії оцінювання сталого зростання «розумності» соціополісів та критерії підбору експертів. У дослідженні запропоновано нові підходи до обчислення результатів експертної оцінки з використанням методів нечіткої логіки із наступним ранжуванням критеріїв оцінювання. Запропоновано підходи до застосування методів візуалізації результатів експертного оцінювання, а саме використання методу пелюсткових (радіальних) діаграм; розроблено застосунок, за допомогою якого оцінюється «розумність» соціополісів з використанням зазначених методів та критеріїв оцінювання в різних галузях його функціонування, зокрема, таких як: екологія, медицина, транспортна система, ІКТ, економіка і т.д. та візуалізацією отриманих результатів.

Робота містить вступ, чотири розділи, висновки, список посилань та додатки. У першому розділі подано ґрунтовний аналіз наукових публікацій, релевантних до теми дослідження, проведено порівняльний аналіз існуючих рейтингових систем оцінювання «розумності» міст, вивчено інформаційно-технологічні інструменти, якими вони послуговуються, здійснено детальний аналіз понять «соціополіс», «розумна територія». Виокремлено основні галузі оцінювання «розумності» соціополісів, розглянуто публікації, які стосуються критеріїв оцінювання кожної з галузей.

У другому розділі досліджено поняття «розумне місто», проаналізовано його визначення, подане у різних джерелах. Здійснено порівняльний аналіз критеріїв оцінювання та галузей «розумності» міст в різних рейтингових системах. Сформульовано визначення концепту «розумний соціополіс». Відзначено, що при розробленні критеріїв оцінювання соціополісу необхідно враховувати потребу присвоєння їм різної ваги, в залежності від їх важливості в процедурах набуття певним соціополісом статусу «розумності». Для оцінювання соціополісу виокремлено шість галузей, за якими проводиться аналіз параметрів його сталого зростання, серед яких: розумна екологія, розумна економіка, якість та безпека життєдіяльності, інформаційні технології, транспортні сполучення, інноваційні технології управління. В межах кожної з них визначено основні критерії, які сприяють досягненню рівня якості процедур оцінювання розумності соціополісу. Проведено апробацію запропонованої методики оцінювання соціополісів на прикладі соціополісу «Трускавець». Визначено базові проблеми розвитку Трускавецько-Дрогобицького регіону. Запропоновано альтернативи вирішення деяких проблем соціополісу.

Третій розділ подає аналіз методів та засобів вирішення проблеми ідентифікації «розумних» соціополісів. Сформовано систему характеристик та специфічних інструментів аналізу параметрів сталого зростання соціополісу, в основу яких покладено множину лінгвістичних змінних та інформаційно-технологічні процедури їх оцінювання. Розглянуто декілька нечітких моделей, які запропоновано використовувати при оцінюванні «розумних» соціополісів. Приведено процедури оцінювання «розумності» соціополісу на основі обчислень з використанням формального апарату нечіткої логіки. Застосування зазначених підходів дозволяє проводити оцінювання «розумності» соціополісів відповідно до поставлених цілей. Розкрито роль експертів в оцінюванні розумності соціополісів. Продемонстровано загальну структуру соціополісу. Проведене експертне оцінювання стану соціополісу. Запропоновано оригінальний метод візуалізації даних, отриманих в результаті експертного оцінювання «розумності» соціополісів не лише за різними критеріями, а й з врахуванням ваги кожного критерію та ваги

оцінки кожного з експертів, які входять в експертну групу. Такий підхід надає змогу якісно та комплексно оцінити стан соціополісу та порівняти його з еталонною моделлю.

Четвертий розділ присвячений аналізу розробленого застосунку, що дозволяє комплексно оцінити сталий розвиток соціополісу та визначити можливість набуття ним статусу «розумного». При розробленні застосунку було обрано мову програмування C#, яка вирізняється строгою статичною типізацією, забезпечує поліморфізм, можливість використання атрибутів, коментарів у форматі XML. Для виконання зручного та зрозумілого користувачу інтерфейсу використано Windows Forms, призначеного для інтерфейс програмування додатків (API), які відповідають за графічний користувацький інтерфейс, і зберігаються у бібліотеці Microsoft .NET Framework. Створений інтерфейс полегшує доступ до елементів операційної системи Microsoft Windows завдяки створенню сучасної обгортки для Win32 API в керованому коді. Для розроблення інформаційної системи використано середовище Microsoft VisualStudio for Desktop 2019, а саме – C# (Windows FormsApplication), оскільки воно є зручним і концептуально зрозумілим, та бібліотеку Microsoft FoundationClasses — MFC. Послугування готовими класами C# сприяло швидкому і технологічно простому вирішенню цілого ряду задач. У застосунку використано засоби опрацювання системних повідомлень, аналізу помилок та засобів, звичних для використання Windows і наявних у бібліотеці. Описано основні особливості інтерфейсу, функціонал та алгоритм роботи створеного застосунку. За допомогою діаграм подано концептуальну модель, яку реалізовано у застосунку, проаналізовано особливості бази даних, як складової застосунку для оцінювання «розумності» соціополісу.

Сучасні соціополіси це складні системи, що вирізняються розгорнутою інфраструктурою, яку необхідно ефективно формувати, розвивати, модернізувати та адаптувати до потреб громади. Одна із найефективніших концепцій управління соціополісом, яка покликана ефективно проводити реорганізацію

різноманітних сфер його життєдіяльності, передбачає створення та запровадження сучасних інформаційних технологій, сучасних інженерних комунікацій для забезпечення теплом, водою, водовідведенням, електроенергією, газопостачанням та розгортання ефективних транспортних мереж, систем керування ними, cool-центрів, діагностичних, сервісних, екологічних пунктів.

Саме для вдосконалення умов проживання мешканців соціополісу необхідним є вирішення завдань щодо досягнення балансу між створенням та використанням ресурсів, що в свою чергу забезпечує сталий розвиток соціально-економічної системи, а в перспективі призводить до народження «розумного» соціополісу.

В Європейських програмах в межах «Горизонту» серед близько 7.5 тисяч проектів, які сприяють підвищенню «розумності» населених пунктів, приблизно 10% можуть бути використані при формуванні проектів створення «розумних соціополісів». Саме це обумовлює актуальність теми дослідження.

Під час роботи над дисертаційним дослідженням було опрацьовано роботи науковців з різних куточків світу. Вирішенню подібних завдань присвячено значна кількість наукових праць, разом з тим їх аналіз показав, що опрацювання інформації з метою оцінки якісних характеристик сталого розвитку соціополісів приділено недостатньо уваги. Наявні методи та засоби не дозволяють комплексно визначити рівень розвитку соціополісів, тому розроблення системних методів та засобів аналізу опрацювання інформації та їх програмної реалізації для інформаційної підтримки процесів оцінювання сталого розвитку соціополісів є актуальним завданням.

Основні наукові результати подані у дисертації, отримані під час проведення наукових досліджень та розроблення інформаційної системи оцінювання розумності соціополісів є такими:

- проведено порівняльний аналіз рейтингових систем, що дозволило сформулювати основні вимоги до прототипу рейтингової системи оцінювання «розумності соціополісів»;
- проаналізовано систему концептів проблемної області, що дозволило сформувати концепт «соціополіс» та «розумний соціополіс» як окремого актуального предмету наукового системного дослідження;
- аргументовано та обґрунтовано доведено, що для вирішення завдань системного оцінювання соціополісів доцільним є використання інформаційної системи, яка враховує особливості функціонування всіх галузей його розвитку та ґрунтується на використанні сучасних інформаційних технологій;
- сформовано концептуальну модель, яка втілена в інформаційній системі і забезпечує вирішення задач аналізу результатів оцінювання розумності соціополісів в рамках інтегрованої цілісної інформаційної технології;
- розроблено метод візуалізації результатів системного оцінювання «розумності соціополісів» за допомогою пелюсткових діаграм;
- удосконалено процедури оцінювання «розумності соціополісів» з використанням методу нечіткої логіки;
- розроблено методику автоматизованого аналізу результатів експертного оцінювання, яка дозволяє оперативно та цілеспрямовано вирішувати завдання та проводити візуалізацію отриманих результатів з допомогою пелюсткових діаграм, підвищуючи ефективність процедури аналізу результатів експертного оцінювання параметрів сталого зростання соціополісів;
- сформовані критерії та методичні рекомендації щодо оцінювання розумності соціополісів і їх ефективного використання, що дозволяє користувачеві ефективно формувати раціональну множину критеріїв при вирішенні задачі визначення рівня сталого розвитку конкретного соціополісу. Цей підхід допомагає чітко визначити актуальний стан розвитку соціополісу, слабкі та проблемні місця, запропонувати еталонну модель подальшого розвитку, це

- в свою чергу дозволяє ефективно формувати дорожню карту сталого зростання соціополісу та трансформації його в «розумний» соціополіс;
- проведено апробацію роботи інформаційної системи рейтингового оцінювання «розумності» соціополісів на прикладі соціополісу Трускавець.

Ключові слова

Рейтингові системи, екологія, соціополіс, розумні міста, експерт, експертні оцінювання, системний аналіз, системне оцінювання візуалізація, віртуалізація, сталий розвиток, пелюсткові діаграми, нечітка логіка, інформаційні системи.

ABSTRACT

Tabachyshyn D.R. System methods and tools for analysis of constant sociopolises growth. – Qualifying scientific work on the rights of a manuscript.

The dissertation for obtaining a scientific degree of the Doctor of Philosophy on the specialty 124 “System analysis” (12 – Information technologies). – Lviv Polytechnic National University, Lviv, 2021.

Abstract Content

The dissertation is devoted to systematic methods and tools for analysis of sustainable sociopolises growth parameters. By the methods of system analysis, it investigates the concepts of ‘sociopolis’ and ‘smartness’; evaluation criteria of constant growth of sociopolises ‘smartness’; criterion for experts selection. The conducted research proposes the new approaches to the calculation of expert assessments with the help of fuzzy logic methods, followed by ranking of evaluation criteria.

The study proposes the approaches to the application of visualization methods of the experts’ assessments results, namely the use of petal (radial) diagrams method; describes the developed application, which, basing on abovementioned method, as well as evaluation criteria in various areas of application’s operation (such as ecology, medicine, transport system, ICT, economics, etc.), calculates the sociopolises ‘smartness’.

The study consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of references, and appendices. The first chapter presents a thorough analysis of related scientific publications; comparative analysis of the existing ratings of assessing the cities intelligence, analysis of such concepts as ‘sociopolis’, ‘smart territory’, as well as the frequency of keywords usage in defining the ‘smart city’. This section also singles out the main areas of sociopolises’ ‘smartness’, ‘sustainable growth’ evaluation and describes the related publications concerning the evaluation criteria for each branch.

The second chapter explores the concept of ‘smart city’, provides the analysis of its definition, given in various sources. It is noted that, when developing evaluation

criteria, it is necessary to take into account the need to assign these criteria with different 'weights', depending on their importance in obtaining a 'smart' status by a city, as well as conducting experts' evaluation in accordance with them. The dissertation offers the unique selection method of expert group members, definition of its quantitative structure and procedures of its formation. There are also six areas described, which influence the assessment of the city 'smartness': smart environment, smart economy, quality and safety of life, information technologies, transport connections, innovative management technologies.

For each area there were the main evaluation criteria identified, since it is a prerequisite for achieving the upscale assessment procedures of city 'smartness'.

The formation history of the sociopolis "Truskavets" is described. The basic development problems of Truskavets-Drohobych region are determined. The statistical data of the cities, which belong to the sociopolis 'Truskavets', is revealed. Alternatives for solving the problems of the eco-sociopolises, as well as corresponding expected results, are considered. The chapter also contain the comparative analysis of estimation criteria and branches of cities 'smartness' in various ratings.

The third section provides the analysis of methods and means of solving the problem of 'smart cities' identification. There is also a system of characteristics and specific tools for measuring the 'smartness' level formed, which is based on a set of appropriate linguistic variables and IT procedures for their evaluation. The chapter also describes several fuzzy models, which are used to evaluate the 'smart cities'; visualizes the results of estimating the 'smartness' of a several Italian cities, carried on the basis of bulky calculations with usage of fuzzy logic. The use of these approaches allows to assess the cities 'smartness' in accordance with the objectives. The role of experts in evaluation of sociopolises 'smartness' is revealed. This chapter also describes the analysis of evaluation criteria of cities 'smartness'. The general structure of the sociopolis is demonstrated. The expert assessment of sociopolis state is conducted. The own visualization technique is offered for data, received as a result of expert evaluation of sociopolises 'smartness' - not only basing on various criteria, but also taking into

account the ‘weight’ of each criterion, as well as ‘weight’ of each estimation, provided by members of experts group. This approach makes it possible to qualitatively and comprehensively assess the state of the city.

The fourth section is devoted to the practical implementation of the fuzzy logic method. When developing the application, the C# programming language was chosen. The language has a strict static typing, supports polymorphism, operator overloads, pointers to functions-members of classes, attributes, events, properties, exceptions, comments in XML format. Windows Forms is used to create a user-friendly interface. Windows Forms is an Application Programming Interface (API), which is responsible for the GUI and is part of the Microsoft .NET Framework. This interface simplifies access to Microsoft Windows interface elements by creating a ‘wrapper’ for the existing Win32 API in the managed code. Microsoft VisualStudio for Desktop 2019 environment was used to develop the information system, namely C# (Windows FormsApplication). Windows applications are easy to use, but difficult to create. To facilitate the work, Microsoft has developed a library of Microsoft FoundationClasses - MFC. Using predefined C# classes, it is possible to solve many problems faster and easier.

The MFC library greatly simplifies programming in the Windows environment. In fact, MFC presents almost all functions of WindowsAPI. The library has tools for handling messages, errors diagnostic, and other tools common to Windows applications. There are also advantages of the MFC library described, as well as the interface, functionality and algorithms of the developed application. The diagrams present a conceptual model of the application. The diagram also presents a database as part of an application for evaluation of sociopolises ‘smartness’.

Modern sociopolises are complex systems that have a comprehensive infrastructure that needs to be effectively formed, developed, modernized and adapted to the needs of the community. One of the most effective concepts of sociopolis management, which involves the reorganization of all spheres of its life, through the creation and implementation of modern information technology, modern utilities to

provide heat, water, drainage, electricity, gas and deployment of efficient transport networks, cool control centers. , diagnostic, service, environmental points.

It is to improve the living conditions of sociopolis residents that it is necessary to solve the problem of achieving a balance between the creation and use of resources, which in turn ensures sustainable development of socio-economic system, and in the long run leads to the birth of "smart" sociopolis.

In the European programs within the "Horizon" among about 7.5 thousand projects that contribute to improving the "smartness" of settlements, about 10% can be used in the formation of projects to create "smart sociopolises".

During the work on the dissertation research the works of scientists from different parts of the world were studied. A significant number of scientific papers are devoted to solving such problems, however, their analysis showed that the processing of information to assess the qualitative characteristics of sustainable development of sociopolises is given insufficient attention. Existing methods and tools do not allow to comprehensively determine the level of development of sociopolises, so the development of system methods and tools for analyzing information processing and their software implementation for information support of processes for assessing sustainable development of sociopolises is an urgent task. The main scientific outcomes of the dissertation are obtained in the form of applied researches:

- the procedures of sociopolises 'smartness' assessment on the basis of fuzzy logic method are improved;
- a comparative analysis of the construction of rating systems was conducted, which allowed to formulate the basic requirements for the prototype of the rating system for assessing the "reasonableness of sociopolises";
- the system of concepts of the problem area is analyzed, which allowed to form the concept of "sociopolis" and "smart sociopolis" as a separate relevant subject of scientific systems research;

- it is proved that to solve the problems of evaluation of sociopolises it is advisable to use an information system that takes into account the peculiarities of the functioning of all areas of its development and includes information support technologies;
- a conceptual model of the information system is proposed, characterized in that it provides a solution to various problems of analysis of the results of assessing the reasonableness of the sociopolis within a single information technology;
- developed a method of automated analysis of the results of expert evaluation, which allows you to quickly and purposefully solve problems and visualize the results with petal charts, increasing the efficiency of the analysis of the results of expert evaluation of sustainable growth parameters of sociopolises;
- formed criteria and guidelines for assessing the reasonableness of sociopolises, their effective use, which allows the user to choose a rational model of many criteria to solve the problem of determining the level of sustainable development of a particular sociopolis. This methodology helps to clearly identify the current state of development of the sociopolis and weaknesses, problems. And this, in turn, allows us to develop a roadmap for improving the state of the sociopolis before its rebirth into a "smart" sociopolis;
- the method of visualization of results of estimation of "reasonableness of sociopolises" by means of petal diagrams is developed;
- improved assessment of the "reasonableness of sociopolises" using the method of fuzzy logic.
- the approbation of the work of the information system on the example of expert assessment of the "reasonableness" of the sociopolis Truskavets was carried out.

Keywords

Ecology, sociopolis, smart cities, expert, expert evaluations, systems analysis, visualization, virtualization, petal diagrams, sustainable growth, fuzzy logic, information systems, knowledge, learning

Список публікацій здобувача

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Д. Табачишин, В. Ленько, Н. Кунанець, В. Пасічник, Ю. Щербина, “Експертне оцінювання «розумності міста» із застосуванням нечіткої логіки,” *Штучний інтелект*, №1 (75), 2017, с. 102–110.

2. Н. Кунанець, О. Мацюк, В. Пасічник, Д. Табачишин, “Процедури оцінювання рівня “розумності” міста,” *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Інформаційні системи та мережі*, вип. 7, 2020, с. 35–41.

3. V. Pasichnyk, D. Tabachyshyn, N. Kunanets, and A. Rzhеuskyi, “Visualization of expert evaluations of the smartness of sociopolises with the help of radar charts,” in *Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC)*, vol. 938, 2019, pp. 126–141.

4. M. Odrekhivskyu, N. Kunanets, V. Pasichnyk, A. Rzhеuskyi, and D. Tabachishin, “Information-analytical support for the processes of formation of "smart sociopolis" of Truskavets,” in *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 2393, 2019, pp. 241–256.

5. M. Odrekhivskyu, V. Pasichnyk, A. Rzhеuskyi, V. Andrunyk, M. Nazaruk, O. Kunanets, and D. Tabachyshyn, “Problems of the intelligent virtual learning environment development,” in *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 2386, 2019, pp. 359–369.

6. D. Tabachyshyn, V. Pasichnyk, N. Kunanets, A. Rzhеuskyi, and K. Shunevych, “Procedures of expert evaluation of the parameters of smart sociopolises (on the example of the subsector "medicine"),” in *EconTechMod*, vol. 9 (2), 2020. pp. 23–29.

7. D. Tabachyshyn, N. Kunanets, M. Karpinski, O. Duda, and O. Matsiuk, “Information systems for processes maintenance in socio-communication and resource networks of the smart cities,” in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 871, 2019, pp. 192–205.

8. M. Odrekhivskiy, V. Pasichnyk, N. Kunanets, and D. Tabachyshyn, “The use of modern information technology in medical and health institutions of Truskavets resort,” in *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 2631, 2020, pp. 184–197.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. В. Пасічник, Н. Кунанець, А. Федонюк, Д. Табачишин, “Комплекс системних характеристик та інформаційних технологій вимірювання «розумності соціополісів,” *Інформаційні технології та взаємодії*, с. 123–124, 8–10 листопада 2016 [Тези доповідей III міжнародної науково-практичної конференції, Київ].

10. В. Пасічник, Н. Кунанець, А. Федонюк, Д. Табачишин, “Системні характеристики та інформаційні технології вимірювання «розумності соціополісів», *Інформаційно-обчислювальні технології. Автоматика та електротехніка*, с.160-163, 10-11 листопада 2016 [Міжнародна науково-практична конференція молодих науковців, аспірантів та студентів, Рівне]

11. В. Пасічник, Н. Кунанець, А. Федонюк, Д. Табачишин, “Комплекс проектів із формування ефективної соціокомунікаційної системи екосоціополісу «Трускавець»,” *Інтернет, освіта, наука* 2016, с. 190–191, 11–14 жовтня 2016 [Збірник праць десятої міжнародної науково-практичної конференції, Вінниця].

12. В. Пасічник, Н. Кунанець, Д. Табачишин, “Використання методів нечіткої логіки при оцінці параметрів «розумного міста,” *Математика. Інформаційні технології. Освіта*, с. 66–68 2018 [Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, Луцьк].

13. В. Пасічник, Н. Кунанець, Д. Табачишин, “Підбір експертів для оцінювання «розумності» соціополісів,” *Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту*, с. 194–195, 21–27 травня 2018 [Збірник наукових праць міжнародної наукової конференції, Залізний Порт].

14. O. Artemenko, V. Pasichnyk, N. Kunanets, D. Tabachyshyn, “Using context analysis for providing real time recommendations in e-tourism mobile location-based recommender systems,” *IEEE Computer Sciences and Information Technologies*, pp. 166–169, 17–20 September 2019 [Proceedings of 14th International Conference, Lviv].

15. В. Пасічник, Н. Кунанець, Д. Табачишин, “Формування груп експертів оцінювання параметрів «розумного» міста,” Управління проектами: стан та перспективи, с. 54–55, 10–13 вересня 2019 [матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції, Миколаїв].

ЗМІСТ

ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1. Аналітичний огляд наукових джерел.....	25
1.1 Стан досліджень в проблемній галузі «розумних» міст	25
1.2 Аналіз наукових публікацій та систематизація профілів актуальних досліджень	36
Висновки до першого розділу.....	53
РОЗДІЛ 2. Аналіз проблеми системного оцінювання соціополісу Трускавець	55
2.1 «Розумний» соціополіс: визначення та основні характеристики	56
2.2 Аналітичний екскурс в функціонування процесів соціополісу «Трускавець».....	59
2.3 Визначення базових проблем розвитку Трускавецько-Дрогобицького регіону	61
2.3.1 Екологія.....	63
2.3.1.1 Головні чинники, які впливають на екологію міст.....	65
2.3.2 Транспорт.....	68
2.3.3 Природні ресурси.....	69
2.3.4 Соціальна складова.....	69
2.3.5 Медицина.....	73
2.4 Альтернативи вирішення проблем та очікуваний результат.....	74
2.5 Порівняльний аналіз процедур оцінювання параметрів «розумності».....	77
Висновки до другого розділу.....	78
РОЗДІЛ 3. Системні методи та засоби вирішення задач оцінювання процесів сталого зростання соціополісів	80

3.1 Проекти, спрямовані на покращення екологічного стану та економічного розвитку..	81
3.2 Експерти та їхня роль в оцінюванні «розумності» соціополісів.....	84
3.3. Аналіз критеріїв оцінювання «розумності» соціополісу.....	93
3.4 Параметризація «розумного соціополісу».....	94
3.5 Експертне оцінювання стану соціополісу.....	100
3.6.Візуалізація результатів оцінювання.....	108
3.7 Застосування методу нечіткої логіки для оцінки сталого розвитку «розумних соціополісів»	118
3.8 Гіпотетична модель «розумного соціополісу».....	123
3.9 Реалізація параметризації моделей «розумних соціополісів».....	124
Висновки до третього розділу.....	126
РОЗДІЛ 4. Прототип інформаційної системи рейтингового оцінювання «розумності» соціополісів	128
4.1 Опис інтерфейсу та принцип роботи.....	129
4.2 Алгоритм реалізації методу нечіткої логіки для розрахунку параметрів «розумності» соціополісу	136
Висновки до четвертого розділу.....	141
ВИСНОВКИ.....	142
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	144
ДОДАТОК А. Список публікацій результатів дослідження за темою дисертації та відомості про їх апробацію	158
ДОДАТОК Б. Акти впровадження результатів дисертації.....	161
ДОДАТОК В.....	166
ДОДАТОК Г.....	170
ДОДАТОК Ґ.....	174
ДОДАТОК Д.....	177

ДОДАТОК Е.....	183
ДОДАТОК Є.....	189

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасне місто стає основним місцем проживання людської цивілізації. В українських містах сьогодні проживає майже 70% населення. З метою вдосконалення умов проживання в містах вирішуються завдання щодо досягнення балансу використання ресурсів, що в свою чергу забезпечує сталий розвиток соціально-економічної системи як в короткотерміновій, так і довготерміновій перспективі.

Міста Вінниця, Львів, Київ, Тернопіль, Чернівці прагнуть набути статусу «розумного» міста. До топ-10 лідерів світового рейтингу «розумних міст» увійшли: Берлін, Барселона, Відень, Гонконг, Копенгаген, Лондон, Нью-Йорк, Париж, Токіо, Торонто. Активно проходить формування комплексних територіальних об'єднань, що органічно поєднують в собі декілька функціонально інтегрованих населених пунктів, містечок, що отримали назву - соціополіси.

В Європейській дослідницькій програмі «Горизонт 2020» серед близько 7.5 тисяч проектів, які сприяють підвищенню «розумності» населених пунктів, приблизно 10% можуть бути використані при реалізації проектів формування «розумних соціополісів».

Сучасні соціополіси це складні системи, що вирізняються розлогою інфраструктурою, яку необхідно ефективно формувати, розвивати, модернізувати та адаптувати до потреб відповідних громад. Одна із найефективніших концепцій управління соціополісом, яка покликана провести реорганізацію всіх сфер його життєдіяльності, передбачає створення та запровадження сучасних інформаційних технологій, сучасних інженерних комунікацій для ефективного забезпечення теплом, водою, водовідведенням, електроенергією, газопостачанням та розгортання ефективних транспортних мереж, систем керування ними, cool-центрів, діагностичних, сервісних, екологічних пунктів.

Вдосконалення умов проживання мешканців соціополісу передбачає вирішення завдань щодо досягнення внутрісистемного балансу між створенням та використанням ресурсів, що в свою чергу забезпечує сталий розвиток соціально-економічної системи, а в перспективі призводить до народження так званого «розумного» соціополісу.

В ході реорганізації системних процесів управління та розвитку засад самоврядування територіальних громад спостерігається перенесення акцентів з централізованих та вертикальних структур до децентралізованих структур та стратегій соціально-економічного розвитку, суттєвого розширення сфер впливу органів місцевого управління. Для створення програм соціально-економічного зростання міст, територіальних громад, регіонів, соціополісів та прийняття обґрунтованих управлінських рішень за базовими напрямками їх діяльності належить формувати процедури інформаційно-аналітичної підтримки органів місцевої влади. Необхідно якнайактивніше створювати та запроваджувати інформаційні системи підтримки прийняття рішень, розробляти нові ефективні методи комп'ютерного моделювання та інтелектуального аналізу даних. Комп'ютерне моделювання як методологія системного аналізу дозволяє:

- проводити комплексний аналіз складних систем, якими є, зокрема, соціополіси з урахуванням багатьох факторів невизначеності,
- прогнозувати майбутні стани складної системи,
- виявляти «приховані» внутрішні та зовнішні взаємозв'язки,
- аналізувати критичні відхилення та типи і величину ризиків,

що загалом позитивно впливає на прийняття обґрунтованих рішень, зокрема, працівниками органів місцевого самоврядування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертації корелюється з науковим напрямом досліджень кафедри інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка», а саме «Дослідження, розроблення і впровадження інтелектуальних розподілених інформаційних технологій та систем на основі ресурсів баз даних, сховищ даних,

просторів даних та знань з метою прискорення процесів формування сучасного інформаційного суспільства».

Дисертаційне дослідження проводилося в межах держбюджетної науково-дослідної теми:

- «Система підтримки прийняття рішень розпізнавання мультиспектральних образів на основі технологій машинного навчання та онтологічного підходу» (номер державної реєстрації 0120U102203; терміни виконання роботи: 04.2020-12.2021 рр.).

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є системний аналіз формування множини характеристик та розроблення системних методів та засобів аналізу параметрів сталого зростання соціополісів. Системний аналіз надає можливість порівнювати варіанти рішень, і таким чином уникати несприятливих наслідків від непередуманих та необґрунтованих управлінських рішень. Завданням даного дослідження є науково-обґрунтоване формування комплексів системних характеристик для аналізу процесів сталого зростання соціополісів.

Для досягнення поставленої мети у дисертаційній роботі слід було вирішити такі завдання:

- провести системний аналіз процедур та систем рейтингування «розумності» міст з метою формування множини методів та засобів аналізу параметрів сталого зростання соціополісів;
- розробити концептуальну модель процедури опрацювання даних щодо оцінювання «розумності» соціополісів;
- розробити метод візуалізації результатів оцінювання «розумності» соціополісів, поданих у вигляді багатовимірних інформаційних об'єктів, зокрема пелюсткових діаграм;
- удосконалити процедури оцінювання «розумності» соціополісів з використанням методу нечіткої логіки;
- розробити програмну реалізацію інформаційної системи рейтингування, яка дозволяла б системно підтримувати процедури оцінювання «розумності» соціополісів.

Об'єктом дослідження є параметри сталого зростання соціополісів.

Предметом дослідження є системні методи та засоби аналізу критеріїв та методів оцінювання «розумності соціополісів».

Методи дослідження використані в роботі:

- системного аналізу: класифікація, декомпозиція, формалізація, композиція, моделювання, абстрагування, ситуативного аналізу;
- візуалізації, а саме пелюсткові діаграми;
- дослідження операцій;
- експертного оцінювання;
- нечіткої логіки;
- теоретичні підходи, методи та інструментальні засоби побудови інформаційних систем.

Наукова новизна одержаних результатів. Визначення «розумності» міста в роботах дослідників фігурує зазвичай як певний умовний концепт. Таке «інтуїтивне» трактування концепту не в повній мірі задовольняє науковців, дослідників, які зазвичай послуговуються формалізованими концептами та формальними означеннями. Проведене дослідження дозволило до певної міри подолати зазначене протиріччя. В дисертаційній роботі подано оригінальний підхід щодо трактування та визначення «розумності» не окремо взятого міста, а в системному поєднанні із його сателітами, що в комплексі формують відповідний соціополіс. Мова йде про аналіз складних соціальних урбанізованих систем, якими є соціополіси.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення полягає у використанні методів та засобів, втілених у розробленій дисертантом інформаційній системі розрахунку та аналізу показників сталого розвитку соціополісу, що базуються на методі нечіткої логіки та формуванні відповідних результуючих пелюсткових діаграм.

Під час проведення дослідження як теоретичне підґрунтя використовувались праці провідних фахівців та дослідників, які працюють у зазначеній галузі. Мова

йде про роботи Дж. Лазарова, М. Роска, В. Альбіно, У. Берарді, Р. Данжеліко та ін.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійним науковим дослідженням, результати отримані автором особисто і є такими, що сприяють вирішенню наукового завдання із створення системних методів та засобів аналізу параметрів сталого зростання соціополісів. Робота містить рекомендації та висновки, розроблені дисертантом особисто. Результати досліджень та гіпотези інших авторів, які наведені в дисертації, підкріплені посиланнями і призначені для підтвердження отриманих дисертантом результатів.

Апробація результатів дисертації. Отримані в ході дослідження результати апробовано на міжнародних наукових семінарах, науково-практичних та наукових конференціях:

- Second international conference on computer science, engineering and education applications ICCSEEA 2019 (Kiev, Ukraine; January 26–27, 2019).
- 15th International conference on ICT in education, research and industrial applications. integration, harmonization and knowledge transfer. Vol. II: workshops. Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019.
- 8th International conference on "Mathematics. Information Technologies. Education", MoMLeT&DS 2019. Shatsk, Ukraine, June 2-4, 2019.
- III міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології та взаємодії».- Київ 2016.
- Міжнародна науково-практична конференція молодих науковців, аспірантів та студентів.-Рівне 2016.
- Десята міжнародна науково-практична конференція «Інтернет, освіта, наука 2016». – Вінниця 2016.
- «Математика. Інформаційні технології. Освіта», м. Луцьк 2018, Україна.
- «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту», м. Залізний Порт 2018, Україна.
- Комп'ютерні науки та інформаційні технології, CSIT-2019 : матеріали

XIV Міжнародної науково-технічної конференції, 17–20 вересня 2019, Львів, Україна.

- Управління проектами: стан та перспективи: матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції, 10-13 вересня 2019 р. – Миколаїв, 2019.

Публікації. У 15 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 2 статті у наукових фахових виданнях України, 6 статей у наукових періодичних виданнях інших держав, з яких 5 включено до міжнародної наукометричної бази (Scopus) та 7 тез доповідей.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 191 сторінці та складається з анотації, змісту, вступу, чотирьох основних розділів, в яких міститься 25 рисунків та 23 таблиці, списку використаних джерел з 125 найменувань, а також 9 додатків. За структурним компонуванням, мовою та стилем подання текст дисертації сформовано у відповідності до вимог МОН України. Робота написана науковим стилем з застосуванням сучасної наукової термінології, матеріал подано послідовно та логічно.

РОЗДІЛ 1. Аналітичний огляд наукових джерел

Над розробкою проектів сучасних «розумних» міст науковці та дослідники працюють близько двадцяти років. Одним з перших міст, що досягло рівня Smart City, вважається Сантандер (Іспанія), в якому мешкає 180 тис. осіб. Вже на першому етапі проекту Smartsantander було сформована технологія, що дозволяє збирати та опрацьовувати дані, які надходять із 16 тис. датчиків, встановлених в місті. Цей іспанський курорт часто називають родоначальником епохи «розумних» міст. Концепт «розумне» місто немає одного, чіткого та строгого визначення. Більшість дослідників зазвичай формують свою індивідуальну візію щодо трактування концепту «розумне» місто. Загалом нині існує понад 20 визначень терміну «розумне» місто, поданих провідними науковцями та дослідниками, що активно працюють у галузі. Поряд з цим, дискусії, щодо «розумності» міст ведуться вже понад 20 років, у світі існує велика кількість так званих рейтингів «розумних» міст, і ця тематика продовжує бути актуальною. Останніми роками провідні науковці активно дискутують щодо появи та розвитку «розумних» міст, процедур їхнього оцінювання, технологій IoT як технологічної складової систем «розумного» міста, Великих даних як тактичних елементів управління даними в «розумних» містах та багатьох інші суміжних теми. Ці дискусії відбуваються в форматах міжнародних конференцій, форумів, вебінарів, семінарів, та ін. Результати досліджень та розроблень подаються у наукових публікаціях, статтях, монографіях, аналітичних звітах відповідних фірм та компаній.

1.1 Стан досліджень в проблемній галузі «розумних» міст

Яскравим прикладом таких системних досліджень є, зокрема, системи рейтингування та конкретні рейтинги міст, які формуються на основі відповідних методик та інструментів оцінювання. Прикладом може слугувати і рейтинг IDM. В 2019 році в рейтинг IDM ввійшло 102 міста, які на думку фахівців мають ознаки «розумних» міст. Столиця України займає в цьому рейтингу 92-ге місце. В топ десятку входять: Сінгапур, Цюріх, Осло, Женева, Копенгаген, Окленд, Тайбей,

Гельсінкі, Більбао та Дюссельдорф. В цьому списку є такі відомі міста як Амстердам – 11 місце, Сан-Франциско – 12, Сідней – 14, Торонто – 15, Монреаль – 16, Відень – 17, Прага – 19, Лондон 20, Мадрид – 21, Мілан, Мельбурн, Стокгольм, Дублін, Бостон, Берлін, Гонконг, Нью Йорк, Лос Анджелес, Тель Авів, Париж, Чикаго, Пекін, Варшава, Токіо, Краків, Москва, Рим, Каір, Софія та ін.[1]

Цей рейтинг було сформовано в Сінгапурському університеті Технологій та дизайну. «Розумні міста ростуть і розквітають у всіх частинах світу. Економічні реалії не можливо ігнорувати: міста в бідніших країнах стикаються з проблемами, які потребують конкретних дій, щоб торувати шлях до розумності» - заявив професор Артуро Бріс, директор Всесвітнього центру конкурентоспроможності IMD. Загалом зазначений рейтинг подає оцінкові уявлення міських мешканців щодо діяльності структур та рівня технологічних програм, які є доступними у їхньому місті [1].

Перше видання Smart City Index (SCI) містить відомості про 102 міста світу, в яких відображено оцінки щодо їх розвитку, сформовані 120 мешканцями цих міст. Є два чинники, щодо яких вивчається думка та оцінки мешканців: Це чинник структури, що формується на основі існуючої інфраструктури міст, та технологічний чинник, що подає технологічні можливості та недоліки послуг, доступних міським мешканцям. Кожен з чинників оцінюється за п'ятьма ключовими галузями: здоров'я та безпека, мобільність, діяльність, можливості та управління. Міста розподіляються на чотири групи на основі поданих відповідно до Індексу людського розвитку (ІРІ) оцінок. У межах кожної групи Human Development Index (HDI) містам присвоюється «шкала оцінки» (AAA до D) на основі суми балів сприйняття даного міста і порівнюється із сумами балів інших міст тієї ж групи. Рейтинги подаються у двох форматах: загальний рейтинг (від 1 до 102), рейтинг кожного чинника.

В рейтингу обґрунтовано оцінки респондентів. Із списку з 15 показників запропонували респондентам обрати 5, які вважають найактуальнішими для свого

міста. Чим вище відсоток посилань респондентів на певну галузь, тим вищим є її пріоритет для міста. А також відображено їхні оцінки як структурно, так і технологічно. Респонденти оцінювали міста за такими критеріями: корупція, безпека, безробіття, доступне житло, основні зручності, зайнятість населення, енергоефективність, шкільна освіта, дорожні затори, залучення громадян, переробка сміття, громадський транспорт, соціальна мобільність, зелені насадження, забруднення повітря.

Завдяки обранню перспективних критеріїв для кожного з міст проведено оцінку «чинників» «Технології» та «Структура» за п'ятьма галузями [1].

ТЕХНОЛОГІЇ

Здоров'я та безпека

- Онлайн-звітування щодо проблем обслуговування міста забезпечує швидке вирішення питань;
- Веб-сайт або застосунок допомагають пропонувати різні послуги жителям міста;
- Безкоштовний громадський wifi покращив доступ містян до послуг;
- Камери відеоспостереження підвищують рівень відчуття безпечності мешканців;
- Веб-сайт або застосунок дозволяє ефективно контролювати забруднення повітря;
- Організація медичних призначень через інтернет-застосунки підвищила рівень та якість надання медичних послуг.

Мобільність

- Програми для спільного використання автомобілів дозволили зменшити перевантаженість автомагістралей;
- Програми, які спрямовують водія на вільне доступне місце для паркування, суттєво скорочують час подорожі;
- Наявність послуги з прокату велосипедів зменшує перевантаженість транспортного трафіку;

- Онлайн-розклад і продаж електронних квитків спрощують процеси використання громадського транспорту.

Культурна діяльність

- Придбання квитків на вистави та екскурсії в музеї через Інтернет полегшила відвідування.

Можливості (робота та школа)

- Інтернет-доступ до списків вакансій полегшив пошук роботи і позитивно вплинув на рівень зайнятості мешканців міста;
- ІТ-навички краще здобуваються та засвоюються під час навчання в школі;
- Інтернет-сервіси, які надає місто, спростили початковий етап створення нового бізнесу.

Управління

- Інтернет-доступ мешканців міста до міських фінансів зменшив рівень корупції;
- Онлайн-голосування забезпечило збільшення кількості учасників громадських опитувань;
- Інтернет-платформа, на якій мешканці можуть викладати свої ідеї та пропозиції, покращила реалізацію важливих для життя міста проектів;
- Опрацювання ідентифікаційних документів з допомогою Інтернет-технологій суттєво скоротила час очікування містян при наданні їм послуг.

СТРУКТУРА

Здоров'я та безпека

- Санітарний стан, який забезпечується та дотримується у найбільш бідних та депресивних районах;
- Послуги з переробки сміття реалізуються на задовільному рівні;
- Забезпечення належного рівня громадської безпеки;
- Достатній рівень чистоти повітря;
- Медичні послуги, що надаються, задовольняють мешканців міста.

Мобільність

- Відсутність заторів на автошляхах;
- Міський сервіс громадського транспорту задовольняє мешканців.

Діяльність

- Кількість зелених насаджень у місті задовільна;
- Культурні заклади міста (театри, бібліотеки та музеї та ін.) надають містянам послуги на задовільному рівні.

Можливості (робота та навчання)

- Доступні послуги із пошуку роботи;
- Більшість дітей мають можливість навчатися у добрих школах;
- Місцевими установами надаються можливості містянам навчатися впродовж усього життя;
- Бізнес в повній мірі створює нові робочі місця;
- Інклюзивні групи та меншини у місті почувають себе комфортно.

Управління

- Інформація щодо рішень органів місцевого самоврядування є широко доступною;
- Рівень корупції міських чиновників не перевищує соціально-активного порогу;
- Мешканці мають можливість активно впливати на прийняття рішень органами місцевого самоврядування;
- Мешканці мають можливість надавати оцінку та відгуки щодо проектів і дій органів місцевого самоврядування[1].

Під час формування зазначеного рейтингу було використано оцінки, надані більш як 1300 особами [1].

Ще один рейтинг, до якого увійшли 174 міста зі статусом розумних, було сформовано під назвою Instituto de Estudios Superiores de la Empresa (IESE) Cities in Motion Index. Цей щорічний рейтинг формується впродовж останніх шести

років. Список очолює Лондон. В рейтинг потрапив і Київ, який займає в ньому 111 місце [2]. В топ 10 міст цього рейтингу увійшли міста: Нью-Йорк, Амстердам, Париж, Рейк'явік, Токіо, Сінгапур, Копенгаген, Берлін та Відень. Зазначена система рейтингування розробляється у Бізнес-Школі університету Наварри у Барселоні. Авторами проекту є професор Паскаль Берроне (Pascual Berrone), професор Джоан Енрік Рікарт (Joan Enric Ricart), наукові співробітники Карлос Караско (Carlos Carrasco) та Анна Ізабель Дюч Т-Фігерас (Ana Isabel Duch T-Figueras). Індекс Cities in Motion Index (CIMI) базується на оцінювання дев'яти галузей, а саме міжнародні зв'язки, навколишнє середовище, технології, людський капітал, економіка, соціальна згуртованість, містобудування, управління та мобільність, транспорт. Кожна з галузей має свої критерії оцінювання, середня кількість критеріїв для галузі складає 10. Загальна кількість критеріїв цього рейтингу складає 106. До прикладу у галузі «Технології» критеріями є кількість користувачів соцмережі Twitter та LinkedIn, кількість власників комп'ютерів та клієнтів інтернет, провайдерів, швидкість інтернету, що надається жителям міста. В галузі навколишнього середовища присутні такі індикатори-критерії як переробка твердих відходів, рівень виділення CO₂ та метану, відновлюваність водних ресурсів та ін. Галузь соціальної згуртованості містить такі індикатори як рівень смертності, злочинності, надання послуг охорони здоров'я, індекс щастя, стан лікарень, кількість суїцидів, загроза тероризму та ін. Також завдяки поділу на галузі, цей проект дозволив оцінювати міста за кожною галуззю і сформувані топ десять міст за кожною з галузей. Наприклад Лондон займає перше місце в галузях людський капітал та міжнародні зв'язки. Найбільш технологічним є Сінгапур, найкращим в галузі економіки – Нью-Йорк, найбільш екологічним вважається Рейк'явік, Також перші місця в певних галузях отримали такі міста як Берн, Торонто, Цюрих та Шанхай. Рейтингова система дозволяє формувати діаграму, яка забезпечує в відсотковому співвідношенні аналіз в якій саме частині світу знаходяться міста, які входять в цей рейтинг. Найбільшу кількість «розумних» міст у цьому реєстрі із Західної Європи. Також відображено список з топ 5 міст для кожної частини світу,

наприклад в Східній Європі це такі міста як Прага, Таллінн, Варшава, Братислава та Будапешт. Водночас у цьому рейтингу відображаються порівняння з попередніми роками, як змінювався рейтинг, які міста піднялись чи навпаки втратили свої позиції. Важливою особливістю цієї рейтингової системи є те, що вона забезпечує порівняння рейтингів міст і за іншими Індексами, такими як індекс СІМІ в порівнянні з індексами: Global Cities Index 2018, Global Power City Index 2018, Quality of Living City Ranking 2018 (Mercer), Sustainable Cities Index 2018, в переважній більшості зазначених рейтингів перше місце займає Лондон. Також виділено окремо декілька топ 5 міст в залежності від кількості міського населення. Такий поділ відбувається наступним чином: «найменші міста», кількість мешканців менше 600 тис., малі міста від 600 тис. до 1 мільйона, середні міста від 1 мільйона до 5 мільйонів населення, великі міста від 5 до 10 мільйонів та мегаміста – більше 10 мільйонів мешканців.

Аналізуючи наукові публікації щодо оцінювання «розумних» міст було проаналізовано ряд відомих рейтингових систем, які функціонально дозволяють проводити оцінювання міст. Рейтингова система — це сукупність методів, засобів, способів та інформаційних технологій, які в сукупності дозволяють утворити систему для рейтингового оцінювання певних об'єктів, в нашому випадку міст та соціополісів за множинами критеріїв. Загалом проаналізовано 22 рейтингові системи оцінювання міст. Всі зазначені рейтингові системи сформовані для реалізації базової функції, якою є оцінювання міст, як окремих суб'єктів.

Рейтингові системи IESE (Instituto de Estudios Superiores de la Empresa (Інститут вищих досліджень бізнесу)) [2] та IMD (International Institute for Management Development (Міжнародний інститут розвитку менеджменту))[1] мають ряд спільних рис та й звісно мають певні відмінності. Основне функціональне завдання цих рейтингових систем полягає в системному оцінюванні отриманих даних щодо розвитку міст в контексті набуття ними статусу «розумності». Розробники зазначених рейтингових систем акцентують

увагу на оцінюванні міст, що трансформуються та набули ознак мегаполісів. При цьому в них не аналізуються конгломерації невеликих міст, які оточують мегаполіси, і прагнуть інтегровано системно консолідовано розвиватись. Функціонування всіх міст та асоційованих населених пунктів є взаємопов'язаним, їх концептуальне об'єднання може сприяти утворенню так званих «розумних територій» та «розумних регіонів». Для досягнення належного рівня об'єктивності виставлених оцінок залучаються висококваліфіковані експерти з різних галузей для оцінювання кожного з населених пунктів на основі сформованих системних критеріїв, з метою ранжування та пріоритетності втілення проектів.

Таблиця 1.1. Порівняльний аналіз рейтингових систем першої групи

Інструменти / Рейтингові системи	Global Urban Competitiveness Project	The Economist Intelligence Unit and Citygroup Hotspots	UN-Habitat City Prosperity Index	Smart City Index	Cities in Motion Index (CIMI)
Методи					
картограми	-	+	-	+	+
гістограми	-	-	+	+	-
діаграми	+	-	-	-	+
Засоби					
Опитування респондентів	-	-	-	+	-
експерти	+	-	+	-	-
Дані з відкритих джерел	-	+	-	-	+
способи					
За кількісним складом населення	-	-	-	-	+
За галузями функціонування міст	+	-	-	-	+
Інформаційні технології					
Використовуються інформаційні технології	+	+	+	+	+

Ці рейтингові системи аналізувалися в контексті їх умовного розподілу на три групи [3]:

До першої групи увійшли рейтингові системи оцінювання змін стану міста за критерієм «глобальність» та конкурентоспроможність.

До другої групи — рейтингові системи, пов'язані з оцінюванням «якості життя» мешканців міст.

До третьої групи включені «спеціалізовані» (профільні) рейтингові системи, які використовуються для оцінювання «зелених» міст та міст, в яких «економіка, базована на знаннях» тощо.

В таблиці 1.1 відображено фрагмент порівняльного аналізу рейтингових систем першої групи. Плюсом позначено інструменти, які використовуються в відповідній рейтинговій системі.

В більшості проаналізованих рейтингових систем використовувались такі методи візуалізації як картограми, таблиці, кругові діаграми, точкові діаграми, схеми, гістограми та ін. Для проведення оцінювання в одній з рейтингових систем залучаються респонденти, а в City Prosperity Index для оцінювання міст використовуються програми для роботи з електронними таблицями типу Excel. Для побудови результатів оцінювання в рейтинговій системі Cities in Motion Index використовують дані з різноманітних онлайн ресурсів, таких як Лінкедін, Euromonitor, Sightsmap, OpenStreetMap, Metrobits, World Bank, Glovo, Uber та інші. В окремих рейтингових системах окрім загального результату подаються поділи за географічним зонуванням, як то Європа, Азія, за розміром міст, як то менше пів мільйона, від пів мільйона до мільйона, від мільйона і більше і так далі, система дозволяє формувати рейтинги міст за певними галузями, як то найбільш високотехнологічні міста, найбільш зелені міста та ін.

До другої групи віднесені рейтингові системи, які дозволяють формувати рейтинги, які пов'язані та базуються на індексах, що відображають «якістю життя» (Табл.1.2). Кожен з них дозволяє оцінювати міста на основі різних системних індексів та показників.

Яскравими представниками рейтингових систем другої групи є, зокрема:

- The Economist Intelligence Unit Liveability, в якій проводиться оцінювання за профілями — стабільність, охорона здоров'я, культура та довкілля, освіта, інфраструктура;
- Mercer Consulting Human Resources, оцінювання та ранжування в якій проводиться за профілями — політична стабільність, злочинність, охорона правопорядку, банківські сервіси, цензура, обмеження особистих свобод, забруднення повітря, транспорт, дозволя, довкілля тощо;

Таблиця 1.2 Порівняльний аналіз рейтингових систем другої групи

Інструменти / Рейтингові системи	Forbes World's Smartest Cities	Mercer Consulting Human Resources	Monocle Magazine Quality of Living Index	QS Best Student Cities
Методи				
картограми	+	-	+	+
гістограми	-	+	+	+
діаграми	+	-	-	-
Засоби				
Опитування респондентів	-	N/A	N/A	+
експерти	-	N/A	N/A	-
Дані з відкритих джерел	+	N/A	N/A	+
Способи				
За кількісним складом населення	+	-	-	-
За галузями функціонування міст	+	-	-	-
Інформаційні технології				
Використовуються інформаційні тех.	+	+	+	+

- Monocle Magazine Quality of Living Index, рейтингова система, яка зорієнтована на рейтингування в контексті таких профілів як якість транспорту, якість житла, освіти та охорони здоров'я тощо.

Однак, окрім таких «загальних» рейтингових систем, зорієнтованих на ранжування за рівнем якості життя, розроблено ряд систем, спрямованих на «вузькі» аудиторії, серед яких слід відзначити такі як: QS Best Student Cities для

студентів, Forbes Top 25 Cities for Shopping – для організації шопінгтурів, Copenhagenize Bicycle Friendly Cities, зорієнтована на окрему аудиторію, якою є міські велосипедисти і так далі.

Рейтингові системи цієї групи зазвичай послуговуються тими ж методами та засобами, що й рейтингові системи попередніх груп. В окремих випадках детальна інформація щодо використовуваних у них інструментів у відкритих джерелах відсутня (позначено N/A). Формування рейтингів за системою Forbes World's Smartest Cities – базується на використанні методу CIMI.

Щодо рейтингових інструментів Mercer Consulting Human Resources та Monocle Magazine Quality of Living Index у відкритому доступі вдалось проаналізувати лише результати рейтингування, подані виключно списками «розумних» міст за спаданням значення цього індексу.

Третя група систем включає «спеціалізовані» рейтингові системи, у яких проводиться аналіз показників «зелених» міст та міст «з економікою, базованою на знаннях». Такого роду системи створюються, зазвичай, консалтинговими фірмами, які розраховують надавати послуги містам щодо їхнього «просування» на здобуття статусу «розумного» міста. Мова йде, зокрема, про такі рейтингові системи як Buck Consultants Tech Cities Index, 2thinknow Consulting Innovation Cities, Wall Street Journal Innovative City of the Year, CNN Money and Fortune Best new global cities for start-ups, Mercer Consulting Eco-City Index, Forbes World's Smartest Cities.

В таблиці 1.3. подано відомості щодо рейтингових систем, які входять до третьої групи. Остання в списку рейтингова система базується на 30 критеріях оцінювання. Зазначені критерії розподілені за 5-тьма категоріями – галузями, які не є рівносильними за своїми вагами. Наприклад, галузь освіти займає лише 10% від загальної сумарної оцінки, інфраструктура – 20, охорона здоров'я – теж 20, культура та довкілля – 25, оцінки щодо стабільності теж відповідно 25. В зазначеній рейтинговій системі показники оцінюються та подаються з допомогою лінгвістичних змінних, значення якими обираються із списку – «прийнятно», «терпимо», «незручно», «небажано» чи «нестерпно». В подальшому проводиться

їх зважування в остаточному рейтингу, де значення у 100% вказує на те, що рівень життєдіяльності міста є ідеальною, а 1% означає, що він є нестерпним. Для візуалізації результатів рейтингового оцінювання міст в системі використовуються виключно таблиці та гістограми. Результати проведеного порівняльного аналізу подані таблицями 1.1, 1.2, 1.3.

Таблиця 1.3 Порівняльний аналіз рейтингових систем третьої групи

Інструменти / Рейтингові системи	Cities of Choice Global City Ranking	The Economist Intelligence Unit Liveability	Buck Consultants Tech Cities Index	2thinknow Consulting Innovation Cities
Методи				
картограми	+	-	+	-
гістограми	+	+	+	-
діаграми	+	-	-	-
Засоби				
Опитування респондентів	-	-	N/A	-
експерти	-	-	N/A	+
Дані з відкритих джерел	+	+	N/A	-
Способи				
За кількісним складом населення	-	-	-	-
За галузями функціонування міст	+	+	+	-
Інформаційні технології				
Використовуються інформаційні тех.	+	+	+	+

1.2. Аналіз наукових публікацій та систематизація профілів актуальних досліджень

Потік наукових публікацій, які присвячені проблематиці «розумних» міст загалом та окремим питанням їх трансформації, розвитку та перспективних інновацій останніми роками стрімко зростає. Це свідчить, зокрема, про їх

затребуваність та актуальність. Профілі публікацій за даною проблематикою, зазвичай, є вельми широкими та різноплановими, що в свою чергу ускладнює проведення їх аналізу та систематизації. В дисертаційному дослідженні зроблена спроба аналізу найсвіжіших наукових публікацій за повними широким спектром вирішуваних дослідниками задач. Такий аналіз був потрібен для того, щоб бодай укрупнено провести систематизацію та структурування результатів попередніх досліджень і формування окремого оригінального профілю даного дисертаційного дослідження. Аналіз проведено за матеріалами, які були опубліковані в період 2019-2020 років.

Сучасний набір засобів та способів комунікування науковців та дослідників і презентаційних можливостей поширення у фахових спільнотах отриманих ними результатів є дуже потужним та функціонально насиченим. Зокрема, науковці обмінюються своїми здобутками, комунікуючи в соцмережах за допомогою наукових статей, презентацій та ін. Однією з таких соціальних мереж є ResearchGate. ResearchGate, яка є фактично науковим порталом, засобом співпраці для вчених найрізноманітніших наукових дисциплін. Понад 15 мільйонів науковців та дослідників є користувачами ресурсу ResearchGate. За 2019 рік і початок 2020 року на цьому інтернет ресурсі було розміщено десятки праць, які стосуються проблематики «розумних» міст. Так у грудні 2019 року опубліковано роботу «Розумна охорона здоров'я для розумних міст (Smart healthcare for smart cities)». Авторами цієї праці є Антоніо Клім (Antonio CLIM) та Разван Даніель Зота (Răzvan Daniel ZOTA) з Бухарестського університету Економічних наук (The Bucharest University of Economic Studies, Bucharest, Romania). [4]

В роботі проаналізовано базові, системні цілі, які ставлять перед собою «розумні» міста, а саме поліпшення якості життя містян шляхом реорганізації міської інфраструктури, сприяння інноваціям та удосконалення та розвитку системи охорони здоров'я «розумного» міста. Авторами подано огляд наукових джерел щодо використання технологій аналітики великих даних при наданні пацієнтам вискоелективних медичних послуг. Запропоновано зручний спосіб

збору медичних даних безпосередньо від пацієнтів так і за допомогою набору сенсорів, з використанням хмарного сховища даних, передавання та аналізу даних з використанням систем машинного навчання. Автори статті відзначають, що надання послуг з охорони здоров'я у «розумних» містах та використання технологій інтелектуального аналізу великих даних для поліпшення процесів підтримки прийняття медичних рішень, в спектрі надаваних послуг в сфері охорони здоров'я та медичної допомоги, на даний момент є перспективними та інноваційними. Надання такого роду послуг, безумовно, доволі ґрунтовно опрацьовані в теоретичному плані, але ще не достатньо опрацьовані на практиці. У цьому контексті вельми актуальним є роботи, які проводяться під патронатом міжнародних партнерів та USAID у Львові щодо системного реформування міської мережі медичних закладів та вдосконалення цілісної системи медичного обслуговування мешканців міста. Така робота є піонерською для українських реалій та повністю знаходиться у світових трендах медичних інновацій у «розумних» містах.

Наступна публікація пов'язана з проблематикою розумних міст, за авторства науковців з Корейського Транспортного Інституту в Седжонгу (Південна Корея), подає результати групового дослідження як самої концепції «розумного» міста, так і «розумного» міського транспорту [5]. Авторами роботи є науковими співробітниками SO Jaehyun, KIM Teahyung та Kim Mijeong з кафедри розумних міст та транспорту (Division for Smart City and Transport), дослідник Kang Jiwon з департаменту глобального транспортного розвитку (Department of Global Transport Research), науковий співробітник Lee Ho з кафедри швидкісної залізниці (Division for High-speed Rail) та Choi Jung Min з кафедри огляду та мережі подорожей місцевих поїздок (Division for Origin-Destination Travel Survey and Network) [5]. Аналіз складу фахівців, які увійшли до авторського колективу, засвідчує різноплановість та поліпредметність виконаного ними системного дослідження.

У роботі подано визначення концептів «розумне місто» та «розумна мобільність», які є основними платформними концептами технологій четвертої

промислової революції, так званої індустрії 4.0. Означення термінів «розумне місто» та «розумна мобільність» екстрагуються з різних наукових звітів та фахових статей, а частота вживання цих термінів аналізується з метою визначення та формування множини ключових слів, використовуючи при цьому автоматизовані технології видобування інформації з текстів. Автори, виходячи з припущення, що найбільш вживані слова є основним та узгодженим із змістом тлумаченням понять «розумне місто» та «розумна мобільність». Слова з високою частотою видобуваються та надалі використовуються для класифікації та формування концептів. Сформоване в результаті визначення поняття «розумне місто» базується на восьми основних категоріях, серед яких "ІКТ", "вдосконалення цивільних функцій", "навколишнє середовище та зміна клімату", "економічне зростання", "якість життя", "громадські сервіси" та "управління". Поняття «розумна мобільність» також визначається п'ятьма основними категоріями, а саме „зміна транспортної парадигми”, „автоматизація та електрифікація”, „ІКТ”, „стійкість та безпека” та „соціальна інклюзивність та якість життя”. В дослідженні авторами проводиться порівняння трактувань поняття «розумне місто» в розвинених країнах та країнах, що розвиваються. Для країн, що розвиваються, характерним є те, що поняття «розумне місто» базуються на концепції вирішення проблем урбанізації, а в розвинених країнах фахові спільноти більш схильні до реалізації так званої Конвенції щодо змін клімату. Наприклад, в Індії, «розумні» міста традиційно визначаються як санітарні об'єкти, що вирізняються достатнім водопостачанням, гарантованим постачанням електроенергії та регулярним вивезенням твердих побутових відходів. У європейських країнах проекти «розумних міст» базуються на інноваціях, заснованих на передових технологіях, які першочергово забезпечують безпеку громадян та покращення міських послуг. За даними Міжнародної асоціації електрозв'язку кількість визначень поняття «розумне місто» становить 116 позицій. ООН (2016 року) «розумне місто» визначається як всеосяжний аспект технічного, фізичного та просторового доступу, включаючи екологічні та соціальні проблеми, управління. Таким чином представлена концепція

«розумного міста». Визначення поняття «розумне місто», подане у звіті ООН, стосується шести областей: розумного транспорту, розумної економіки, розумного життя, розумного управління, розумних людей та розумного середовища [5].

За матеріалами Корейського транспортного інституту, поняття «розумне місто» формується на основі вкладених понять, якими є безпека, швидкість, комфорт, зручність та екологічність діяльності міста, надання користувачам інтелектуальних транспортних послуг та органічно пов'язаної інформації, створеної на інтегрованій платформі. Такий концепт визначається як "оптимізована система руху" [5].

Проведений аналіз засвідчив, що на даний час є значне розмаїття базових визначень понять, які є характерними як для окремих країн чи конкретних міст, в яких просуваються проекти «розумного» міста. При цьому чіткої однозначної концепції транспортного сектора «розумного» міста, як однієї з найважливіших інфраструктурних міських компонентів «розумних» міст не виявлено. Нечіткість у визначенні базового поняття «транспортного сектора «розумного» міста» фіксується авторами як головна причина відсутності загальних цілей та стратегій щодо ролі та напрямів побудови транспортної системи та транспортних служб «розумного» міста [5].

У багатьох наукових публікаціях [4-8,12] аналізується значення терміну «розумне місто». Авторами статті на основі проведеного глибокого аналізу наукових публікацій щодо трактування у них поняття «розумне місто», з'ясовано частоту вживання тих чи інших термінів та їхніх трактувань. Результат проведеного аналізу відображено в таблиці та візуалізовано на рисунку (рис.1.2).



Рис 1.2. Візуалізація частоти вживання ключових слів предметної області «розумне місто» [5].

Робота за авторством Франческо Гонелла (Francesco Gonella) з кафедри молекулярних наук та наносистем, науково-дослідного інституту складності Венеціанського університету Ка 'Фоскарі (Венеція, Італія) «The Smart Narrative of a Smart City – Розумна розповідь про розумні міста», опублікована в грудні 2019 року [6]. У ній проаналізовано проблеми «розумних» міст двох аспектах. По-перше, проведено аналіз міст, які роблять перші спроби щодо досягнення ними рівня та статусу «розумних» міст. По-друге, автор застерігає колег дослідників від нехтування ними системного підходу до вивчення міського метаболізму, а також високої вагомості ролі підтримуючого (сателітного) регіону міста з врахуванням функцій його ресурсного забезпечення [6]. У публікації [7] автори наводять огляд основних найсвіжіших публікацій, що стосуються проблематики «розумного міста», опублікованих у впливових та авторитетних виданнях. Аналізується проблема нечіткості та неоднозначності визначення терміну «розумне місто», що пов'язується з контекстним мисленням окремих науковців та наукових спільнот. Елементом, який, на думку авторів роботи, є спільним для всіх різних підходів до визначення «розумного міста», є застосування інформаційних та комунікаційних технологій (ІКТ) до базових інфраструктурних послуг.

Для формування обґрунтованих завдань дисертаційного дослідження дуже важливим виявився етап аналізу повного спектру передових інноваційних досягнень науковців та дослідників без перебільшення у загальносвітовому масштабі. Аналіз зарубіжного досвіду та фіксація його рівня у контексті дослідження гіперскладних систем, до яких належать, зокрема, великі міста, що претендують на статус «розумних» міст була виокремлена в самостійну задачу дисертаційного дослідження. Доцільність формулювання такого окремого завдання були підтверджені подальшими роботами та сприяли формуванню коректного та актуального плану досліджень дисертанта.

Цікавою з точки зору формування концепції даного дослідження є стаття фінського науковця Mervi Hämmäläinen з університету Вааси «Основи дизайну розумного міста: Цифрова трансформація Гельсінкі в Розумне місто», яка була опублікована в січні 2020 року, і фактично є розділом монографії «Entrepreneurship and the Community». В ній подано основи проектування «розумного» міста, які були використані в процесах розвитку Гельсінкі. Структура «розумного» міста Гельсінкі розглядається як складна система, що базується на чотирьох вимірах: стратегії, технології, управлінні та зацікавлених сторонах. Оцінка кожного виміру масштабується від 0 до 3. Значення 0 означає відсутність діяльності, значення 1 означає помірну ефективність, значення 2 вказує хороші показники, а значення 3 вказує на дуже хороші показники. У випадку Гельсінкі відсутня конкретна стратегія розвитку «розумного» міста, водночас діюча загальноміська стратегія на період 2017–2021 років підтримує ідеї розвитку міста на основі запровадження цифрових технологій. Мешканці Гельсінкі вважають, що «розумне» місто стане новим явищем, яке означатиме, що цифровізація та загалом цифрові технології стають природною частиною міського простору. Окрім того, міські влади Гельсінкі прагнуть розвивати все місто як платформу, де формуються та експериментально верифікуються нові креативні міські рішення. Гельсінкі прагне гармонізувати міську інфраструктуру ІКТ та усунути бар'єри, що перешкоджають інтеграції транскордонних потоків даних. При цьому питання безпеки та конфіденційності залишаються актуальними і, в

окремих випадках може перешкоджати широкому використанню та відкритій публікації міських даних. Розвиток концепції «розумного» міста в Гельсінкі є доволі різноплановим, що ускладнює процеси та процедури управління таким містом [8]. Франческо Гонелла також обґрунтовує актуальність розвитку розумного міста як однієї великої та складної системи [6]

У статті «Освіта в розумному місті» доктора філософії Adrienn Jámbor з Мішкольцького університету, що в Угорщині, зазначається, що проекти "розумне місто" сутнісно впливають на якість життя містян і їх метою є забезпечити містян більш якісною та повною інформацією, зробити їх більш освіченими та наділеними можливістю участю в управлінні середовищем, завдяки чому вони мають можливість стати більш активними користувачами міських соціокомунікаційних мереж. Автор статті зосереджується на соціальному вимірі досліджень концепції «розумного» міста з фокусуванням на ідеях запровадження інновацій в освіті. Однією з можливих концепцій «розумного» міста є концепція креативне місто. Творчість розглядається як важливий ключовий аспект функціонування «розумного» міста, в якому мешканці, галузь освіти, процеси навчання та здобуття нових знань відіграють базову системотвірну роль в реалізації концепту «розумного» міста [20].

В контексті креативних творчих процесів міста умовно можна розділити на три групи:

- міста, які розглядають творчість як інструмент розвитку;
- міста, які розглядають творчість як індустрію творчості та знань;
- міста, підхід яких полягає в отриманні та залученні до процесів розвитку капіталу знань, в яких творча конкуренція фокусується на сферу людських ресурсів [20].

Інтелектуальний та соціальний капітал є суттєвим базовим підґрунтям формування «розумних» міст. «Розумні» міста - це поєднання галузі освіти та інноваційних форм навчання, культури та мистецтва, а також це царина

ефективних бізнесу та торгівлі. Передумовою соціальної стійкості міських систем є соціокомунікаційне середовище, яке сприяє підвищенню якості життя містян шляхом налагодження комунікацій та взаємодії між людьми з метою широкого вільного спілкування та системного культурного розвитку.

Ключову роль у розвитку великих міст, які прагнуть набуття статусу «розумних», у сфері підготовки інноваційних кадрів, таких як б забезпечували динаміку економічного розвитку і зростання відіграють університети. Університети в таких містах вважаються рушіями інновацій, які сприяють з одного боку процесам ефективного управління, та з іншого, побудові офіційних зв'язків міської громади та університетськими науковими спільнотами. «Розумне» місто постійно потребує кваліфікованої інтелектуально підготовленої робочої сили, є центром набуття вищої освіти та місцем проживання та праці висококваліфікованих фахівців. Компанії, чутливі до знань, концентруються у міських спільнотах з вищими стандартами життя. «Розумні» міста стають більш привабливим для творчих креативних людей та високофахових робітників. Тож стимулювання розвитку «розумних» міст є розумні мешканці, які мігрують у міські райони та формують при цьому нову творчу культуру [20].

Цей висновок є абсолютно коректним і прийнятним для міських спільнот в Україні. Великі українські міста, які претендують на здобуття статусу «розумне» місто, водночас, наділені статусом «університетського» міста. Мова, зокрема, йде про Київ, Львів, Харків, Дніпро, Одесу, Тернопіль.

В статті сінгапурського дослідника Diganta Das з Наньянського технологічного університету «Розумне місто», подано результати дослідження основних напрямів, за якими у «розумних містах» використовуються геоінформаційні технології. Автори аналізують різні способи вимірювання «розумності» та розглядаються приклади ініціатив «розумних міст». Незважаючи на те, що такі міста зустрічаються з різноплановими проблемами, вони як правило прагнуть реалізовувати високотехнологічні інноваційні рішення. Автор висловлює думку, що «розумне місто» це ще один спокусливий термін, який

часто використовують політичні еліти та неоліберальні інвестори для залучення інвестицій та іміджевого просування успішних міст [9]. Дослідник вказує на те, що фахівці «розумних» міст традиційно розглядають «розумний» розвиток як технологічний інструментарій для досягнення вищої якості життя, не надаючи належної уваги питанням соціально-технічної складності процесів розвитку міст, керованих законами ринку [10]. Проекти «розумних» міст сприймаються в переважній більшості як неоліберальний маркетинговий інструмент, а не системні роботи по розгортанню високотехнологічних інфраструктур та їх інтеграції у повсякденне життя містян для того, щоб зробити повсякденне громадське життя ефективним, зручним для мешканців та екологічно стійким [11].

В праці «Smart cities, smart citizens» (Розумні міста, розумні громадяни) нідерландського дослідника Maurits Kreijveld висвітлено роль як окремих мешканців, так і міської спільноти загалом в житті розумного міста, в якому активно та широко використовуються сучасні інформаційні та комунікаційні технології. Автор відзначає, що посилюючи повноваження містян та громади загалом за допомогою цифрових технологій, муніципалітети можуть не тільки ефективніше реагувати на виникнення кризових ситуацій або надавати якісніші послуги в містах, але й змушують містян бути більш заангажованими, відповідальними та більш організованими. Найкращі світові практики у цій галузі охоплюють широкий спектр засобів та способів активування громадян щодо їх участі у активному розвитку своїх міст [12,14] з використанням широкого спектру сучасних інформаційних технологій: від пасивного залучення містян до справ міста шляхом встановлення мобільних застосунків, або шляхом процедур інтернет-голосувань за певний варіант вирішення назрілих проблем, до активного обміну інформацією, участь громадських спільнот у вимірюваннях чи дослідженнях певних аспектів діяльності складної системи міського господарства. Мешканці часто почуваються активними учасниками процесів розвитку своїх міст, коли мають можливість надати рекомендацію чи пораду щодо обрання певного проекту чи вирішенні назрілих проблем. Муніципальна влада повинна забезпечити технологічні можливості щодо використання такої готовності і

спрямовувати колективну енергію міської громади на конструктивну і продуктивну діяльність по удосконаленню міського середовища. Великі дані та сучасні засоби для комунікації, технології блокчейн та штучного інтелекту вже сьогодні дозволяють ефективно організовувати та використовувати так званий колективний інтелект. Існує доволі багато інформаційно-технологічних інструментів, які сприяють формуванню колективного інтелекту в міських спільнотах шляхом збору та синтезу індивідуальних розмірковувань та тверджень громадян, а також врахування думки громадян щодо декомпонування крупних проектів на менші завдання. Автор відзначає, що, зазвичай, найбільша увага міської спільноти прикута до інфраструктурних інноваційних міських проектів, які реалізуються високотехнологічними компаніями. Прикладами, які яскраво підтверджують цю думку, можуть слугувати такі вітчизняні проекти, як будівництво системи мостів через річку Дніпро у Запоріжжі або ж комплексного ремонту дорожньої мережі у Львові з одночасовою капітальною реконструкцією комплексу інженерних комунікацій.

Використання сучасних інформаційно-технологічних підходів сприяє залученню мешканців до управління містом, надання їм інструментів контролю і підтримує процеси самоорганізації в міських спільнотах. У статті розрізняються три етапи участі громадян у процесах трансформації міст, а саме: краудсорсинг, кооперація та самоорганізація [12].

В статті Р. Душкіна «Smart city. Ethical issues» (Розумні міста. Етичні проблеми) розглядаються проблеми контролю в сфері особистого життя містян, цифрової демократії та етичні питання запровадження систем відео нагляду. В Додатку В, наведені переваги та недоліки ряду технологій, які вже традиційно включаються до складу комплексів інформаційних та комунікаційних технологій у «розумних» містах.

Автор стверджує, що «розумне» місто самочинно не генерує, але може сприяти збільшенню і закріпленню дискримінації окремих груп містян, через своєчасне не виявлення можливих помилок. Інтелектуальні технології аналізу

великих даних можуть не лише виявляти групи осіб, які потребують соціальної підтримки, але й можуть бути засобом дискримінації та обмежень свободи мешканців з боку міських владних структур [13].

Актуалізувалась ще одна робота цього автора - «Інтелектуалізація управління містом як необхідний етап переходу до розумного міста» [14], основним посилом якої є необхідність створення та інтегрування систем штучного інтелекту з метою забезпечення ефективного розвитку та управління «розумним» містом. Дослідження ключових сучасних інформаційних технологій, проведене консалтинговою компанією PricewaterhouseCoopers [15], стосується систем штучного інтелекту, інтернету речей і технологій хмарних обчислення, які нині широко використовуються в бізнес-процесах та суттєво впливають на широкий спектр проблем і сфер життя сучасного міста. При цьому, як зазначається в звіті, «... деякі технології доповнюють одна одну і підсилюють ефект від їх використання, фактично реалізуючи етап, який отримав назву «Четверта промислова революція».

Естонський дослідник Ralf-Martin Soe з Талліннського університету технологій опрацьовує напрямки, пов'язані з формуванням «розумної» мобільності та «розумних» міст. В роботі «Мобільність у розумних містах: чи переможуть автоматизовані транспортні засоби?», сформовано емпіричну дорожню карту, якою передбачається впровадження автоматизованих транспортних засобів у міському середовищі. Запропонований підхід, сформований на основі системи емпіричних припущень, а інноваційні концепції та інтелектуальні міські фреймворки подані у вигляді прикладів, згенерованих реальними міськими ситуаціями та випадками. Автор провів глибокий аналіз основних рушіїв та бар'єрів, які сприяють та перешкоджають одержанню максимальних ефектів від запровадження систем автоматизованого міського транспорту [16, 17].

Ці дослідження перебувають у руслі реалізації однією відомою крупною вітчизняною ІТ компанією прототипу цілісної міської системи управління та

ефективного використання автономних транспортних засобів, які включають приватні автомобілі, таксі, автобуси та тролейбуси.

Метою цього дослідження є аналіз умов, за яких можна очікувати реалізацію сценаріїв революції у містах майбутнього, що мають повністю автономний транспорт, і за яких умов можна ризикувати на реалізацію сценарію еволюції міста майбутнього з поступовим збільшенням автономності транспорту. Автор проаналізував, різні сценарії, емпірична частина яких базується на умовах проекту *Sohjoa Baltic*, що фінансується Європейським Союзом (проект *Interreg Балтійського моря № R073*), та його особистих результатах дослідження, що дозволяють аналізувати роботу автоматизованих автобусів у шести містах Європи [16]. Автономні транспортні засоби розглядаються як потенційно вищі технологічні транспортні засоби, які покликані замінити засоби, керовані людиною [16]. Активно розробляються та тестуються міські транспортні системи, що базуються на використанні самокерованих автомобілів *Google* та *Volvo*, шатли *EasyMile* та *Navya*. Переважна більшість тестових майданчиків знаходяться у містах Європи, таких як: Гельсінкі, Париж, Стокгольм, Сіон, Тулуза, Вагенінген, Лозанна, Таллінн, Трікала, Берлін та інші, у США: Техас, Флорида та Лас-Вегас; в Австралії - Дарвін та Південний Перт; в Азії: Нанкін, Сінгапур та Тайбей [16].

Ще одна публікація, яка стосується розвитку перспективних транспортних систем «Розумні транспортні системи», за авторства *Berkay Tamuarağ* та *Fatma Duru* з Турецького університету *Middle East Technical University* [21].

Інноваційний концепт, який називають "інтелектуальним транспортом" або "розумним транспортом", є однією з обов'язкових компонентів формування «розумного» міського середовища. «Розумні» транспортні застосунки стають звичними та масовими, задовольняють типові мобільні потреби як водіїв, так і пасажирів. Ефективне використання сучасних дорожніх систем передбачає визначення оптимальних пропускових здатностей впродовж всього періоду їх експлуатації. «Розумний» транспорт забезпечує режим оптимального

використання наявних матеріальних та фінансових ресурсів, дорожньої та транспортної інфраструктури[21].

Проблеми запровадження «розумних» міст транспортних систем в основному зосереджені в царині управління дорожнім рухом, безпеки руху та системи автоматичного збору платежів. В Міжнародній дорожній федерації (IRF), вважають, що основними цілями «розумної» транспортної системи є побудова безпечних доріг, побудова стійких транспортних засобів, ефективного опрацювання та оперативний аналіз великих даних, прийняття ефективних управлінських рішень [21].

Робота за авторством турецьких науковців Ömer Sarı з Анкарського університету Хачі Байрама Велі та Halime Göktaş Kulualp з університету Карабюк, присвячена аналізу результатів дослідження в галузі «розумного» туризму, які реалізуються в умовах «розумних» міст» [22].

Ситуація, згенерована широким запровадженням та імплементацією інформаційних технологій, суттєво змінила бачення та «розумні» потреби потенційних туристів і мешканців цих міст у сфері туризму [22-29]. «Розумні» туристичні маршрути, які розглядаються потенційними туристами передбачають сутнісні зміни традиційних візій як туристів, так і мешканців «розумних» міст, генерують запровадження цілісних актуальних інновацій, що задіюють усі зацікавлені сторони міських туристичних екосистем. Це в свою чергу сприяє всесторонньому розвитку сфери туризму, підтримуючи високоефективні процеси використання ресурсів. Концепція «розумного» туризму дозволяє формувати інноваційні інтегровані структури, які включають всі зацікавлені сторони. Туристичні підприємства використовують в бізнес процесах знання, набуті з використанням сучасних інформаційних технологій для отримання стійких конкурентних переваг на ринку. Мова, зокрема, йде про варіювання проектів з веб-дизайну у інтегральних програмних застосунках. В секторі міських послуг застосунки з функцією управління знаннями у туристичній галузі отримали значні конкурентні переваги.

Такого роду інформаційно-технологічні інновації для «розумних» міст в умовах пандемії COVID-19 набувають критично важливого значення. Фактично переведення галузі туризму в он-лайн режим та дистанційне подання туристичних турів в нинішніх умовах є генеральним напрямом системних трансформацій у цій галузі. При цьому реалізація концепту «розумне» місто виявилось чи не найефективнішою відповіддю туристичної галузі на такий без перебільшення суспільно – цивілізаційний виклик. Переведення туристичної галузі в он-лайн, як і масове використання технологій інтернет-торгівлі, он-лайн замовлень та мережових покупок було технологічно підготовлене в попередні роки науковими дослідженнями та піонерськими ІТ розробленнями при втіленні експериментальних інноваційних платформ «розумних» міст. Слід відзначити наукові та прикладні результати, отримані в цьому напрямі вітчизняними науковцями університетських центрів Києва, Львова, Харкова.

Сучасні інформаційні технології дозволили туристам змінювати базові моделі традиційної поведінки, це дозволило галузі продовжувати розвиватися в нових умовах з використанням інформаційно- технологічних інновацій, що заклало добрі підвалини для появи інноваційної концепції, якою є «розумний туризм» [30].

«Розумний» туризм базується на прийнятті технологій, що дозволяють збирати та опрацьовувати великі дані для створення нових цінностей, якими є «розумні» пристрої, давачі, соціальні медіа та мобільні інноваційні технології. Цей тип інформаційної взаємодії включає дані та запити як цілої галузі туризму, так і окремих туристів [31, 32, 33]. Світова туристична організація наголошувала на соціальній важливості «розумного» туризму, зазначаючи, що: «Розумні напрямки є ключовими для сталого розвитку та сприяють не лише розвитку туристичного сектору, але й розвитку в суспільстві ...»[34].

Вважається, що «розумні» туристичні напрямки є складовою частиною туристичної галузі та відповідної територіальної громади, яка проживає в

певному туристично-привабливому регіоні. «Розумні» туристичні напрямки стали одним з базових елементів систем «розумного» туризму [33, 35-39].

Оскільки базовий профіль дисертаційного дослідження формується на основі концепту «соціополіс», необхідно детально розглянути його етимологію та сутність його трактування. Термін соціополіс складається з двох слів: соціо – з латинської *societas* — «суспільство» та поліс з давньо грецької *πολις* — місто. Отже соціополіс це соціальне територіальне утворення міського типу з пріоритетним розвитком та комплексним забезпеченням найвищого рівня життя соціальних груп, які мешкають на означеній території.

Це поняття вперше було введено в українську науку в 2000 році Євгеном Кириловичем Марчуком, на той час він був Прем'єр-міністром України. За його первинним авторським трактуванням «Соціополіс це територія або організаційна структура, яка заснована на принципово нових, соціалізованих економічних підходах, їх притаманний власний правовий статус. Структура консолідує досягнення вільної економічної зони, засновані на інформаційних технологіях з комплексною стратегією випереджаючого гуманітарного та соціального розвитку» [42].

У цьому дисертаційному дослідженні концепт «розумний соціополіс» трактується як соціополіс, що досягнув статусу «розумний» шляхом втілення інноваційних високотехнологічних проєктів, які покращують якість життя його мешканців у різних галузях промислової сфери та соціокомунікаційних підсистем завдяки використанню сучасних інформаційних та комунікаційних технологій.

Соціополіси за своєю природою є складними та гіперскладними системами. У сучасних умовах створення такого роду систем із заданими функціями та показниками якості передбачає створення цілісних комплексів, інформаційно-технологічної підсистем на всіх етапах їх розроблення та функціонування.

В подальшому наведене означення терміну соціополіс було подане в ряді наукових публікацій, зокрема, в статті [40] означення концепту подане наступним

чином: «Соціополіс - це територія або організаційна структура, яка заснована на принципово нових, соціалізованих економічних підходах, їй притаманний власний правовий статус, вона консолідує досягнення вільної економічної зони, засновані на інформаційних технологіях з комплексною стратегією випереджаючого гуманітарного та соціального розвитку».

За правилами авторства та пріоритетності в часі відповідних опублікованих наукових праць поняття соціополіс введене в науковий обіг саме українськими науковцями на початку 2000 років [41, 42, 44] в наукових статтях з промовистими назвами «Україна: інтелект нації на межі століть» та «Україна: нова парадигма поступу».

Розширене трактування цього терміну в дисертаційному дослідженні є закономірним його інтерпретаційним поданням, яке згенероване сучасними українськими реаліями в контексті проведення в нинішній країні адміністративно-територіальної реформи. У цьому контексті можна стверджувати, що поняття соціополіс не є повним і вичерпним синонімом терміну міська територіальна громада, оскільки в багатьох випадках до складу таких громад з тих чи інших причин не були включені функціонально та територіально консолідовані приміські населені пункти та природньо зінтегровані фрагменти території.

З іншого боку концепт «соціополіс» дозволяє цілісно аналізувати та розглядати як системне об'єднання декількох територіальних громад.

У першому випадку в якості прикладу можна розглядати соціополіс «Великий Львів», який окрім міської територіальної громади Львова природнім чином повинен був включати і ті функціонально поєднані змістом приміські території та малі населені пункти, що асоційовано формують систему міста Львів.

У другому випадку в якості прикладу, який став предметом дослідження та практичного апробування результатів дисертаційних розвідок автора був розглянутий соціополіс «Трускавець», який функціонально об'єднує в цілісну систему ряд населених пунктів міського типу, які законом віднесені до різних територіальних громад.

Наведення прикладів законодавчих колізій як першого, так і другого типів можна без сумніву продовжити, що лише посилить аргументи щодо прагматичної доцільності використання бодай в науковому плані терміну соціополіс, як вдалого концепту для означення об'єктів аналізу та проведення відповідних наукових розвідок.

Завершуючи аналітичне трактування термінів, які включені до назви дисертаційного дослідження слід зазначити, що словосполучення «стале зростання» використовується в тексті роботи як сутнісний синонім словосполучення «сталий розвиток». В дисертаційній роботі за текстом слід цю синонімічну пару приймати як термінологічну та понятійну еквівалентність.

Соціополіс це функціонально, структурно та територіально консолідований соціальний та виробничо-бізнесовий комплекс, сформований на основі великого міста або інтеграційно об'єднаних населених пунктів міського типу.

Говорячи про сталий розвиток чи стале зростання, трактуватимемо це як «розвиток, який відповідає потребам теперішнього покоління без шкоди для здатності майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби» [45].

Висновки до першого розділу

Базуючись на результатах проведеного аналітичного опрацювання значної кількості авторитетних наукових публікацій сформовано комплекс завдань, які належить вирішити. Результатом їх успішного вирішення є розроблення прототипу оригінальної інформаційної системи в класі рейтингових систем оцінювання перебігу процесів сталого розвитку соціополісів.

По-перше, слід визначитись з базовим об'єктом, на прикладі якого доцільно було б опрацьовувати основні підходи та варіанти вирішення задач. Вибір такого об'єкту та обґрунтування вибору є самостійним оригінальним завданням.

По-друге, слід проаналізувати класи задач та сформулювати завдання, які доцільно було б вирішити в процесі дисертаційного дослідження.

По-третє, розглянути варіанти підходів до вирішення завдань, а також сформувати набір системних методів та засобів аналізу процесів сталого зростання соціополісів та їх трансформацій в контексті набуття ними статусу «розумних» соціополісів.

По-четверте, реалізувати процедури формально-логічного розв'язання задач та запропонувати оригінальні методи та засоби, якими доцільно було б при цьому послуговуватись.

По-п'яте, сформувати прототип інформаційних систем рейтингового оцінювання процесів сталого зростання соціополісів, в якому використати запропоновані системні методи та засоби аналізу.

РОЗДІЛ 2. Аналіз проблеми системного оцінювання соціополісу

Трускавець

Формування напрямку цього дисертаційного дослідження відбулося під впливом цілого ряду сутнісних факторів та врахування конкурентних особливостей. Мова йде про вибір об'єкту, який міг би слугувати базовим прикладом та доброю платформою для проведення наукових розвідок. Проводились попередні обговорення груп фахівців, дослідників, практиків. Опрацьовувались декілька варіантів аплікаційних практик, які було б можливо та доцільно провести в межах дисертаційних досліджень.

Як базовий об'єкт аналізу обрано соціополіс «Трускавець», як такий, що наділений всіма характерними ознаками та має цілий ряд оригінальних особливостей, які можна віднести до категорії «унікальний». Дрогобицько-Трускавецький регіон, який по суті є територіальною основою соціополісу «Трускавець» без перебільшення є національною перлиною, яка яскраво подає надбання та є предметом уваги широких фахових кіл різнопланових профілів, бізнесменів, туристів, широкого громадського загалу.

Функціональне об'єднання міст Дрогобича, Борислава, Стебника, Трускавця та Східниці, які згідно положень останньої адміністративно-територіальної реформи були віднесені до різних територіальних громад, фактично складаючи єдиний системно інтегрований комплекс, є інтуїтивно та організаційно-технологічно виправданим.

Одним з суб'єктивних факторів, який теж був врахований в процесі ідентифікації системного об'єкту, який повинен був слугувати дослідницьким майданчиком дисертаційного дослідження було те, що дисертант народився в родині, члени якої є корінними мешканцями Трускавця.

Не можна не зазначити і той факт, що Дрогобицько-Трускавецький регіон впродовж тривалого часу (орієнтовно період останніх 100-120 років) пройшов декілька глибоких структурних переділів, які були пов'язані зі знаннями

внутрішньо системними трансформаціями. Зазначені переділи відіграли роль базових драйверів технологічних змін. В нинішній час таким потужним двигуном для розвитку регіонального комплексу, яким є соціополіс Трускавець в системному поєднанні та глибинної консолідації його складових компонентів – міст Дрогобич, Борислав, Стебник, Трускавець та Східниця на думку ряду експертних фокус груп може слугувати усе пов'язане із комплексним системним втіленням концепції «розумного» соціополісу.

Запровадження інформаційно-технологічних інновацій в містах партнерах, які могли б генерувати системні ефекти другого, третього і вищих порядків. На думку регіональних експертних фокус-груп, результатом роботи яких слугували базою для формування відповідних висновків є не тільки доцільним, але і життєво необхідним.

Ще одним сутнісним елементом, який вплинув на визначення саме цього об'єкту наукових розвідок дисертанта, було те, що була можливість використати в процесі роботи великий пласт знань, якими володіють місцеві мешканці та ефективно враховувати ментально-психологічні та соціокультурні регіональні особливості.

2.1 «Розумний» соціополіс: визначення та основні характеристики

Стрімкий розвиток виробничих, транспортних, будівельних, комунікаційних та інформаційних технологій, вдосконалення методів управління, спричинив перетворення міст в високоорганізовані складні та гіперскладні системи, що отримали назву smart city (англ. – розумні міста). Перша дефініція поняття «розумне місто» з'явилась у 50-х роках ХХ століття у контексті процесів удосконалення роботи міських систем та служб шляхом використання сучасних інформаційних технологій та засобів комунікації. Ці тенденції поширюючись у різних галузях суспільного буття, і на початку ХХІ століття отримали назву диджиталізації (digital) суспільства. Такі глибинні зміни спричинили системну реорганізацію міських урбаністичних середовищ. Традиційні міста, для яких

притаманні вузькі адміністративні межі, трансформуються в соціополіси, що об'єднують прилеглі міста та населені пункти в системно функціонально, структурно та технологічно цілісні об'єднання, що в свою чергу генерує потребу переосмислення процесів та підбору нових методів управління ними, формування відповідних математичних моделей та застосування методів системного аналізу, як найбільш дієвих інструментів комплексного вирішення такого роду проблем. Мова йде про організацію та управління такими сферами міського буття як:

- транспорт, логістика, інфраструктура шляхопроводів
- енергоносії, сировинні ресурси
- екологія, утилізація та переробка сміття на вторинну сировину
- промисловість
- розвиток ринків
- розвиток людського капіталу: навчання, творчість, спорт, рекреація
- охорона здоров'я і т.д.

Зазначені галузі притаманні для побутування загалом всіх міст, незалежно від кількості мешканців, що в них проживають, та рівня розвитку відповідної країни. Прагнення до удосконалення добробуту, забезпечення гармонії з навколишнім середовищем генерує потребу підвищення рівня та якості проживання містян, рівня значущості зазначених потреб масштабується і визначається кількістю мешканців того чи іншого міста. Для міст-мільйонників чи населених пунктів, що групуються у соціополіси, – сформувались комплекси однотипових викликів, для вирішення яких в тих чи інших умовах необхідно використовувати різні підходи, способи та методи.

Для фахового визначення необхідного та достатнього в конкретних умовах рівня параметрів сталого зростання того чи іншого міста назріла потреба методологічної систематизації та унормування провідних процедур оцінювання. Сформувалася стійка та потреба та необхідність розроблення методів проведення такого роду процедур, які передбачають визначення груп галузей, за якими слід проводити оцінювання параметрів для встановлення рівня сталого зростання.

При цьому виникають ситуації, коли певні галузі доцільно декомпонувати на підгалузі. Для кожної галузі розробляється комплекс параметрів та критеріїв, які покладаються в основу процедур оцінювання. До множин параметрів та критеріїв відбирають найважливіші (найактуальніші) як в загальносистемному, так і в конкретно об'єктному дослідженні певного міста, на базі яких формується матриця, що використовується в процедурах оцінювання міста.

Віднесення населеного пункту до однієї із категорій проводиться з врахуванням чисельності населення за 79 індикаторами. Оцінки міст певної категорії обчислюються на основі вимог головних або додаткових стандартів життєдіяльності із присвоєнням такими вагових: головні індикатори – 70 %, додаткові – 30 %.

Важливими чинниками визначення стану складних екосистем таких як міста та міські райони є рівень сталого розвитку та якість життя мешканців. Адміністрації міст все частіше звертають увагу на процеси, пов'язані з набуттям містом статусу «розумного», і активно впроваджують та удосконалюють сучасні стратегії формування ефективних систем керування міськими системами.

При розробленні критеріїв оцінювання враховується необхідність присвоєння їм різної ваги залежно від їх важливості в процесах набуття статусу “розумності” певного міста. Для формування ваг показників проводиться експертне оцінювання. У дисертаційній роботі обрано оригінальний підхід до відбору членів експертної групи, визначення їх кількісного складу та процедури її формування [46–48]. На основі результатів аналізу публікацій дослідників, які працюють в сфері оцінювання профілів та рівнів розумності міст [49], було виокремлено шість галузей, характерних соціополісам, які були покладені в основу оцінювання параметрів сталого зростання соціополісів, а саме: екологія, економіка, якість та безпека життєдіяльності, інформаційні, управлінські, транспортні технології [50].

Для кожної з цих галузей обрано основні показники-критерії, що є обов'язковою передумовою ефективності процедури оцінювання «розумності» соціополісу. Критерії характеризуються відповідною «вагою», які кладуться в основу їх ранжування. Для кожного з зазначених критеріїв визначено шкалу оцінювання. Для деяких критеріїв можна провести двійкове оцінювання, тобто критерій можна подати значенням 1 або 0, відповідно до його наявності або відсутності. У випадку проведення удосконалення – отримується оцінка “1”, в протилежному випадку - “0” [51].

2.2 Аналітичний екскурс в функціонування процесів соціополісу «Трускавець»

Функціонування Трускавецько-Дрогобицького регіону у сучасних умовах формує нові виклики. Одним з них є необхідність розвитку інфраструктури регіону для досягнення рівня самодостатніх територіальних утворень, які не потребують державних дотацій. Трускавецько-Дрогобицький регіон розглядатимемо як соціополіс, що формується на базі міст, які входять в нього історично, географічно та функціонально. Мова йде про міста Борислав, Трускавець, Дрогобич, Стебник, Східницю та дрібніші населені пункти, розміщені навколо них.

До кінця XVIII століття на його території функціонували господарства, притаманні гірським районам, які займалися скотарством, ремісництвом, рільництвом, гончарством та ін. Основним видом заробітків місцевого населення у регіоні було наймання на підприємства з видобутку солі. В середині 50-х років XIX ст. Роберт Домс, що вважався провідним місцевим підприємцем, розпочав організовувати підприємства з видобутку та переробки нафтопродуктів. Це призвело до формування основних напрямків його подальшого розвитку регіону. До кінця XX століття було сформовано цілісний, системно організований виробничо-промисловий комплекс, який займався видобуванням та переробкою природних ресурсів у містах Борислав, Дрогобич, Стебник, Трускавець та Східниця. Таким чином була започаткована цілісна територіально розподілена

система, у якій кожному містечку фактично відводилася певна функціональна та виробнича спеціалізація:

- у Бориславі проводилося видобування нафти, озокериту, розвивалися нафтопереробні, хімічні, машинобудівні, приладобудівні підприємства, фабрики легкої промисловості;

- для Дрогобича відводилася роль комунікаційного вузла для залізничного, повітряного та автомобільного транспорту, міста з машинобудівними, нафтопереробними, солеварними підприємствами;

- у Стебнику займалися видобуванням та переробкою калійних солей, каїніту;

- Трускавець перетворювався у курортне місто, в якому облагороджували джерела мінеральних вод для розвитку оздоровчо-рекреаційного напрямку;

- Східниця поєднувала нафтовидобування з розвитком оздоровчо-рекреаційних установ.

Стратегічного значення для колишнього Радянського Союзу регіон набув після 1945 року. Вагомими постачальниками енергоносіїв тоді вважалися виключно Бакинський та Карпатський нафтові басейни. Промисловий видобуток сибірської нафти розпочався лише в середині 60-х років ХХ століття. Причому, за хімічним складом нафта, що видобувалася у Карпатському регіоні вважалася приналежною до категорії А+В+С1, а її видобування, переробка та транспортування було значно дешевшим у порівнянні з іншими регіонами, що сприяло інтенсифікації розвитку промислового потенціалу регіону. Після значного зменшення запасів нафти було втрачено виробничо-промислову цілісність регіонального комплексу, а його фінансова підтримка була визнана недоцільною. З'явилася необхідність зміни напрямку подальшого розвитку регіону. Міста Дрогобич та Борислав позбулися промислового статусу. Відбуваються поступові зміни у профілюванні підприємств. З'являються малі

приватні підприємства, що займаються виробництвом незначних партій продукції. Набувають більшої економічної ваги міста Трускавець і Східниця, як курортно-рекреаційні зони, які генерують потребу у будівництві, налагодженні індустрії оздоровлення та туризму, прилеглі міста підлаштовують свою діяльність під ресурсні потреби курортних міст і перетворюються у міста-сателіти.

2.3 Визначення базових проблем розвитку Трускавецько-Дрогобицького регіону

Для проведення змін та трансформацій соціополісу Трускавець з метою досягнення ним статусу “розумного”, виникла потреба провести системний аналіз стану його розвитку та рівня відповідності його параметрів сталому зростанню. Такі процедури, зазвичай, проводяться на основі аналізу оцінок рівня його розвитку групою досвідчених фахівців.

Одним з базових сучасних підходів вирішення проблеми є використання методології системного аналізу, як ефективного інструменту напрацювання шляхів подальшого розвитку. В дисертаційній роботі зазначена методологія є базовою при вирішенні проблем соціополісу. Підзадачі розчленування загальної проблеми життєдіяльності на окремі складові з використанням загальноприйнятих підходів. Мова йде про системну методологію, яка зафіксована у звіті департаменту розвитку Великої Британії. За галузями функціонування були сформовані переліки підзадач, вирішення яких є актуальним для соціополісу Трускавець.

Екологія

- відсутність сортування сміттєвих відходів за фракціями – скло, харчові відходи, метал, пластик;
- потреба в сміттєпереробних заводах для запобігання захворюваності мешканців прилеглих населених пунктів (с. Брониця Дрогобицького району);
- відсутність досконалих очисних споруд для стічних вод та питної води;

- необґрунтоване вирубування лісів;
- загроза техногенної катастрофи;
- кризова ситуація у службах ЖКГ (засміченість вулиць, парків, берегів річок);

Транспортна інфраструктура

- зруйнованість доріг, що створені в період перебування регіону у складі Австро-Угорщини та Речі Посполитої (мова йде про мости, дороги місцевого підпорядкування Борислав-Дрогобич (Модричі - Млинки), Борислав-Трускавець (Понерла - Помярки));
- припинення робіт із будівництва Дрогобицького аеропорту. Збільшення потенційного пасажиропотоку та використання сучасних лайнерів, сприяло б перетворенню міста на високотехнологічний транспортний центр;
- відсутність коштів на ремонт автошляхів міжрегіонального сполучення між містами Турка, Старий Самбір, Самбір, Сколе.

Надання послуг із постачання води, електроенергії та газу

- нерегулярність подачі води та її втрати при транспортуванні (протікання труб);
- застарілість технічної бази інфраструктурних систем та мереж (ЛЕП, трубопроводів, перекачуючих станцій), що призводить до їх перевантажень;

Проблема людських ресурсів

- відтік продуктивної робочої сили (заробітчанство, міграція);
 - реорганізація ринку праці;
 - недостатня кількість комунікаційних центрів, призначених для розвитку творчого потенціалу молоді, занепад центрів відпочинку, перетворення їх на осередки розваг.

В процесі дисертаційного дослідження був проведений поглиблений аналіз ситуації, яка склалася у галузях функціонування соціополісу «Трускавець».

2.3.1 Екологія

Територія соціополісу «Трускавець» є однією з знаних зелених зон в Україні, оскільки оточена потужними лісовими масивами поблизу міст Трускавець, Борислав, Східниця та відсутністю шкідливих промислових виробництв. Для соціополісу залишається відкритим питання запровадження ефективної технології переробки сміття, більшість діючих сміттєзвалищ шкодять навколишньому середовищу та мешканцям прилеглих населених пунктів. Особливо гострою є необхідність переробки відходів, що накопичилися на сміттєзвалищі, яке функціонує поблизу села Брониця. Потенціал полігону та термін його експлуатації минув в 1994 році. Вирішенням проблеми може стати будівництво та запуск сміттєпереробного або хоча б сортувального заводу. Окрім вирішення екологічних проблемних ситуацій запуск сміттєпереробного заводу забезпечив би появу нових робочих місць.

Стан окремих територій соціополісу в екологічному плані потребує покращення. Одним із варіантів покращення ситуації є участь місцевих органів влади та соціоспільнот у грантових програмах. Скажімо в місті Борислав за грантової підтримки встановили смітники в соціальних просторах. Але це не вирішило проблеми в цілому. У приватному секторі відсутність смітників та організованого вивезення побутових відходів призвело до їх скидання на узбіччях вулиць, доріг та в ріках. Для вирішення цієї проблеми доцільним є встановлення пунктів збору сміття з метою забезпечення процедур сортування та організації системи просвітницьких заходів на базі освітніх установ, для різних груп дорослих мешканців. Для збору відходів за фракціями слід встановити спеціальні смітники, які дозволили б сортування побутового сміття на декілька видів - скло, харчові відходи, метали та пластик.

У регіоні вода, яка призначена для загального споживання населенням, фільтрується неналежним чином, що є найбільш відчутним при перепадах

атмосферного тиску та зміні погодної ситуації. В більшості водогонів вода не проходить необхідного очищення. Каналізаційні відходи скидаються у малі річки регіону без належного очищення, що призводить до забруднення їх вод, а також русла великих річок Стрий та Дністер. Промислові підприємства, що знаходяться в межах соціополісу «Трускавець» та Дрогобицького району, часто скидають неочищені стічні води в прилеглі річки. Технологія видобутку нафти, газу, озокериту, солей, яка використовується в родовищах соціополісу «Трускавець», спричинила виникнення на різній глибині значної кількості пустот, які небезпечні через загрозу руйнувань та високих ризиків техногенної катастрофи для міст Трускавець, Борислав, Стебник та Дрогобич. В прилеглих до цих міст районах утворюються карстові провалля. Існує ризик повтору катастрофи, яка мала місце в 1983 року, коли внаслідок пошкодження дамб водосховища ДГХП «Полімінерал» відбувся викид відходів хімічного підприємства в ріку Дністер.

Актуальною залишається проблема, що провокується несанкціонованим вирубування лісів, зокрема стала однією з причин повені 2008 року, коли за декілька днів залило водою значну частину території соціополісу «Трускавець». Катастрофа спричинила значної шкоди регіону, а її наслідки відчуються досі. Населені пункти соціополісу «Трускавець» пов'язані між собою не лише географічно, а й економічно, функціонально та соціально.

Одним з профілів оцінювання рівня “розумності” соціополісу є екологічний напрям, який передбачає запровадження нових технологій з мінімальними негативними впливами на навколишнє середовище. Для соціополісу Трускавець актуальним є проведення аналізу та розробленню процедур оцінювання щодо поступового його перетворення на «розумне» екологічне середовище.

В сучасних умовах відсутні стандартизовані методики формування множин показників (параметрів) для забезпечення коректності процедур оцінювання, розроблення шкал пріоритетності галузей та механізмів фінансового забезпечення та впровадження, дієвих інструментів реалізації таких проектів в конкретному населеному пункті.

Скажімо, при здійсненні оцінювання рівня “розумності” міста чи соціополісу за профілем “екологія” окремим його складовим присвоюються не лише позитивні оцінки. Разом з тим, висока оцінка певних складових, генерує підвищення загальної рейтингової оцінки. Можлива і зворотна ситуація – збільшення вагового коефіцієнту певного профілю, спричиняє погіршення екологічного стану та зменшення рейтингової оцінки рівня “розумності” міста загалом. Наприклад, чим густішими є в місті зелені зони, тим вищим є рейтинг, а зростання обсягів вирубки – зменшує рейтингову оцінку “розумності” міст. Саме визначення характерних профілів, вагомості кожного та формування шкал для проведення процедур оцінювання є одним із завдань дисертаційної роботи.

2.3.1.1 Головні чинники, які впливають на екологію міст

Соціополіс можна віднести до категорії “розумний” на основі високої оцінки профілю “екологія”, у випадку відповідності зазначеним нижче вимогам:

- промислові підприємства забезпечені надійними захистом від викидання шкідливих відходів виробництва в оточуюче середовище;
- наявність значних обсягів зелених насаджень;
- викиди CO₂, що утворюються в процесі життєдіяльності міста, в атмосферу зведені до мінімуму та проводяться заходи щодо зменшення впливу інших парникових газів.

При цьому налагоджуються ефективні інноваційні технології раціонального використання ресурсів, зокрема таких як: електроенергія, вода, газ, які сприяють запобіганню забрудненню водойм, повітря і ґрунту. При визначенні статусу соціополісу Трускавець використовувалися наступні параметри оцінювання його екологічного профілю:

- кількість викидів CO₂ в повітря автотранспортними засобами;
- рівень викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище промисловими об’єктами;
- рівень реалізації процедур сортування сміття в населених пунктах;

- наявність сміттєпереробних полігонів, ліній та заводів;
- стан технологій з перероблення відходів;
- рівень екологічності процесів перероблення сміття – сортування та повторне використання, відсутність чинників, що забруднюють атмосферу;
- якість очисних споруд для стічних вод на промислових та житлово-комунальних підприємствах;
- якість технологій з відновлюваних ресурсів;
- відсутність необґрунтованих та браконьєрських вирубок дерев навколо та в самому місті;
- рівень відповідальності у ставленні мешканців до процесів сортування побутових відходів,
- стан контролю щодо адміністративної відповідальності при порушенні заборони спалювання листя, сміття, трави;
- розвиток екотуристичних систем.

Зазначений вище перелік параметрів дозволяє оцінити рівень сталого розвитку соціополісу Трускавець в контексті профілю “екологія” [52-53].

При оцінюванні рівня “розумності” міста за профілем “екологія”, експертна група провела дослідження параметрів сталого зростання соціополісу, що дозволило визначити динаміку змін параметрів, визначити їхню важливість та шкали оцінювання. У Додатку Г подано потенційні параметри оцінювання “розумності” міста за галуззю “Екологія”, а також надано шкали їхнього оцінювання та порівнювану важливість кожного з параметрів [58].

Традиційно рейтингування міст щодо набуття ними статусу «розумного» проводять, використовуючи метод z-перетворення, який слід вважати недостатньо ефективним для розроблення системної верифікованої методології комплексного оцінювання параметрів сталого зростання соціополісів. При присвоєнні вагових коефіцієнтів параметрам сталого зростання соціополісів у дисертаційній роботі базувався на запропонованому низкою авторів підході, що передбачає використання формалізмів нечіткої логіки [54].

У дисертаційній роботі запропоновано поєднувати його з методом експертного оцінювання. При проведенні процедур оцінювання проводиться інтерв'ю з кожним експертом для отримання даних про присвоєні вагові коефіцієнти для різних параметрів. Метод є ефективніший у випадку відмови від лінгвістичного оцінювання, коли формат відповідей зводиться до фраз “так” або “ні”. Його доцільніше використовувати в поєднанні з розробленням широких числових відрізків для шкал вагових коефіцієнтів. В окремих випадках експерт може надавати оцінку на відрізьку від 0 до 10, проте для деяких параметрів цього діапазону виявилось недостатньо [55]. Разом з тим, при залученні до оцінювання нечітких чисел є зручнішим для експертів, скажімо при визначенні оцінки як “близько 7”, ваговий коефіцієнт може інтерпретувати $6/7-7/8$, а ваговий коефіцієнт поданий експертом як “між 6 і 7” трактується як $6/6-7/7$ [56,57].

Таким чином, представлено потенційний перелік критеріїв для оцінювання «розумності» соціополісу Трускавець. Цей перелік береться за основу і потребує постійного уточнення та модифікації в процесі проведення регулярних процедур аналізу стану параметрів сталого зростання території, при цьому можуть змінюватися «ваги» кожного з критеріїв та при потребі числовий відрізок шкали оцінювання. Також за цими критеріями можна оцінювати як соціополіс загалом, так і його окремі складові, тобто аналіз можна проводити в контексті населених пунктів - міст Трускавець, Борислав, Дрогобич, Стебник та смт. Східниця. Також для кожного критерію необхідно уточнити рівень ваги кожного з них та узгодити кожне значення в шкалі самого оцінювання. Цей етап оцінювання проводиться перед оцінюванням експертною групою, після дослідження екологічного стану та уточнення переліку критеріїв. Результати такого оцінювання подано пелюстковою діаграмою (Рис 1.1), в якій візуально зображено оцінювання проблемних напрямків в формуванні «розумної» екології соціополісу. Діаграма візуалізує, за якими критеріями соціополіс загалом чи його складові наближені до статусу «розумний» та за якими критеріями ще необхідно працювати та покращувати стан соціополісу. Також при окремому оцінюванні кожного компоненту соціополісу «Трускавець», можна визначити, який з населених пунктів є лідером в галузі

екології. За результатами дисертаційного дослідження - згенеровано звіт за запитом місцевої влади список проєктів та ініціатив для покращення та розвитку соціополісу в галузі екології [51].

2.3.2 Транспорт

Для соціополісу «Трускавець» особливої гостроти набула проблема налагодження логістики наземного сполучення між об'єктами агломерації, а також і з населеними пунктами, що розташовані поблизу. Потребують ремонту дороги, що сполучають соціополіс із містечками Самбір, Турка, Сколе. Постремонтна підтримка потрібна для автомобільних шляхів в напрямку Стрия. В занедбаному стані транспортне сполучення між Бориславом та Східницею, між Бориславом та Самбором (через Нагуєвичі), між Дрогобичем та Бориславом. У найближчій перспективі слід проводити ремонтні роботи доріг між населеними пунктами Млинка та Модричі, Помярки та Понерла, які ремонтувалися у період перебування території у складі Австро-Угорщини. Ще на початку ХХ століття створений проєкт будівництва канатної дороги між Трускавцем і горою Цюхів Діл (село Орів) протяжністю 2-2.5 км. Сама ідея її спорудження з'явилася в 1912 році в контексті запланованого розвитку міста-курорту Трускавець. Ще у 1914 році запроектоване будівництво кінцевої станції у Трускавці, станцій на Лисій Горі (Кам'яний горб) (366 м.) та на схилах гори Цюхів Діл (938 м.). В проєкті присутнє канатне сполучення з горою Каспрів верх у Закопане (Польща). Втілення цього задуму, сприяло б розвитку туризму в регіоні.

Ще одним проєктом, який не вдалося реалізувати, було будівництво тролейбусного сполучення. Тролейбусний маршрут мав з'єднувати міста соціополісу «Трускавець» - Дрогобич, Борислав, Стебник та Східницю. Реалізація зазначених планів поліпшило б транспортну інфраструктуру, та зменшило б викиди CO₂ в атмосферу за рахунок зменшення використання автомобілів з двигунами внутрішнього згорання.

Будівництво біля Дрогобича летовища, а також відкриття 7 лютого 1958 року регулярного 35-хвилинного авіасполучення Дрогобич - Івано-Франківськ. Згодом налагоджено авіасполучення з містами Львів, Тернопіль, Луцьк. З 2012 року летовище призупинило регулярність польотів. Для відновлення роботи Дрогобицького летовища необхідні значні капіталовкладення, які повернуться при повнофункціональному його використанні.

2.3.3 Природні ресурси

Це галузь, яка охоплює проблеми водо-, газо- та електропостачання. У місті Бориславі забезпечення населення водою завжди було проблемним. Проблеми з постачанням гарячої води загострилися з 90-тих роках минулого сторіччя. У 2019 році через вихід з ладу насосної станції централізоване водопостачання було перерване на місяць. Соціополіс потребує розвитку технологій отримання електроенергії з альтернативних джерел. Потребує реконструкції вітроелектростанція, що знаходиться в урочищі Бухів, яка після запуску досягала потужності 750кВт. Залишаються відкритими проблеми проведення капітального ремонту, модернізації та оптимізації систем водо- та газопостачання, ліній електропередачі, каналізаційних мереж.

2.3.4 Соціальна складова

Значна кількість працездатного населення соціополісу Трускавець виїжджає на заробітки за кордон, залишаючи сім'ї, дітей, батьків. Аналіз відтоку трудових ресурсів з регіону проілюстровано у Додатку Г. Загалом це спричиняє соціальні проблеми, складнощі у вихованні дітей, відмову від традицій та сімейних комунікацій, приводить до деградації системи моральних цінностей. Руйнується система, що сприяла б забезпеченню розвитку здібностей та талантів молодого покоління. Однією з форм патріотичного виховання в регіоні залишаються осередки скаутської організації «ПЛАСТ». Розташування соціополісу «Трускавець» в передгір'ї Карпат, генерує пропозиції щодо створення навчальних та тренувальних баз з таких видів спорту як: лижний, скелелазіння,

альпінізм. Для розвитку водних видів спорту сформовані тренувальні осередки на базі басейнів здравниць Трускавця. Успішно працює велосипедна спортивна школа в Дрогобичі. Її вихованці брали участь у чемпіонатах світу, Європи та олімпійських іграх. Завдяки створенню лижних баз «Буковиця» та «Мразниця» в соціополісі розпочалося відродження гірськолижного спорту. Супутньо розвивається бізнес оренди спортивного спорядження.

Зменшення обсягів державної підтримки музичних шкіл, гуртків творчості, циркових студій, спортивних секцій, спортивних тирів, велогуртків, міжшкільного навчально-виробничого комбінату, будинку дитячої та юнацької творчості, станцій юних натуралістів, юних техніків, дитячої юнацької спортивної та музична шкіл генерує потребу залучення спонсорської підтримки, ініціативної участі у різного роду грантових та меценатських програмах.

Відродженню туристичного та культурного потенціалу регіону сприяла організація мистецьких та етнокультурних фестивалів, таких як Бруно Шульца в Дрогобичі, Тустань в селі Урич (12 км від Східниці) та «Франко Фест» в селі Нагуєвичі. Розвитку технічної творчості молоді опікався Дрогобицький мотоклуб «LIONS». Добре розвивається в регіоні освітня компонента. Бориславська державна гімназія увійшла в п'ятірку кращих у Львівській області, у Дрогобичі працює гімназія, ліцей, активно діють декілька вишів, серед яких зокрема Державний педагогічний університет, духовна семінарія, Інститут нафти і газу, Проектний інститут, Інститут іноземних мов, Інститут фізкультури, Інститут фізики і математики, а також філії Вінницького проектного інституту, Тернопільського національного економічного університету, Національного університету «Львівська політехніка».

Серед спеціальних навчальних закладів Дрогобича слід виокремити механіко-технологічний коледж, духовну семінарію блаженних священномучеників Северина, Віталія та Якіма УГКЦ, нафтовий та статистичний коледж, ВПТУ №19, ППЛ №15, Музичне училище імені Барвінського, медичний коледж.

Розлогою є мережа шкільних та дошкільних закладів регіону. В Трускавці діє 5 дошкільних навчальних закладів та 3 загально освітні школи. В Бориславі працює 13 дошкільних навчальних закладів, 9 загально освітніх шкіл, 1 - в смт. Східниця,

У регіоні сформувалася мережа медичних установ. Трускавецька міська лікарня вирізняється доброю лікувально-оздоровчою базою, склався колектив висококваліфікованих фахівців. Проте відсутність необхідного фінансування поховала проект створення на базі міської Бориславської лікарні - центральної районної лікарні.

Вагому системоутворюючу функцію для формування соціополісу «Трускавець» виконує курортно-оздоровчий комплекс Трускавця, Моршина та Східниці. У Трускавці в кінці ХХ століття занепадають профспілкові та відомчі оздоровчо-рекреаційні заклади, вони потребують додаткових фінансових вкладень. Інтереси приватних інвесторів виливаються у створення мережі приватних оздоровчих установ, серед яких пансіонати, котеджі, вілли з належними умовами комфорту та великі готельно-оздоровчі комплекси: «Шале Грааль», «Міротель», «Ріксос», «Лісова Пісня», «Женева». Із відомчих санаторіїв «Молдова», «Шахтар», «Карпати», «Трускавець», «Весна» сформована інфраструктура оздоровчо-відпочинкового спрямування, яка сприяє економічному становленню регіону. На сучасному етапі соціополіс «Трускавець» розвиває лікувально-оздоровчу та туристичну галузі. Соціополіс перетворюється інвестиційно привабливий комплекс, що зазнає позитивної трансформація, сприяє перерозподілу ринку праці, формуванню засад економічної самодостатності. Вирізняється як елемент соціополісу Східниця, у якому акцентується увага на господарській діяльності з формування екотуризму, технологій оздоровлення з використанням властивостей особливих мінеральних джерел, що надаються пацієнту без адаптаційної переробки.

Містечка Трускавець та Східниця є основними елементами соціополісу, які врівноважують та взаємодоповнюють одне одного. Трускавець сформований як

рекреаційний центр, а Східниця розглядається як осередок оздоровчого сімейного відпочинку. Підприємництва та інноваційний підхід до удосконалення технологій рекреації яскраво проявляється у функціонуванні баз «ТАОР» в Рибнику, «Карпатські полонини» (гора Цюхів), Шипільського, «Підбуж-Опака». Доповнюючим елементом оздоровчої системи соціополісу є установи, розташовані у Моршин-Бубнище. Цей відпочинковий осередок соціополісу «Трускавець», може самостійно відігравати роль розумного регіону, створюючи засади конкурентного середовища для Закарпаття, Волині (Шацькі озера), українського Чорноморського узбережжя і т.п.

Системні інструменти аналізу сучасного стану та шляхів покращення функціонування соціополісу, якості та «розумності» території, які пропонуються в дисертаційному дослідженні, дозволяють визначити науково – обґрунтовані підходи, сучасні інноваційні технології, збалансовувати ресурсні потоки, підвищити інвестиційну привабливість регіону. Загалом вони можуть бути добрим підґрунтям розроблення комплексного системного проекту, спрямованого на трансформаційні зміни соціополісу «Трускавець» для перетворення його в «розумний». Проект обов'язково включав би системну імплементацію сучасних засобів інформаційних та комунікаційних технологій в компонентах, галузях господарювання та комплексах соціополісу «Трускавець». При цьому слід було б враховувати:

- обмежену кількість Інтернет провайдерів на території соціополісу, що формує локальні монополії, стаючи на перешкоді розширення спектру інформаційно-технологічних сервісних послуг;
- незначну кількість та недосконалість проблемно-орієнтованих програмних засобів та систем, які є необхідними для ефективного вирішення інформаційно-технологічних викликів.

Вирішення зазначених завдань сприятиме покращенню рівня послуг, що надаються мешканцям соціополісу та його гостям, та мінімізації питомих затрат

на їх надання. Такий підхід сприятиме створенню та формуванню агломерату з повними системними ознаками смарт території.

2.3.5 Медицина

Розглянемо основні параметри оцінювання «розумності» соціополісу у галузі «Медицина». Розвиток соціополісу для набуття ним статусу «розумного» потребує оцінки його стану та стратегічних перспектив. Для отримання інтегральних загальносистемних оцінок слід попередньо проводити оцінювання за кожною окремо виділеною галуззю.

З врахуванням досвіду, отриманого людством в 2020 та 2021 роках, під час пандемії Covid-19, вважаємо, що галузь «Розумна якість та безпека життя» стає однією з найактуальніших [58]. Адже здоров'я населення та медичне забезпечення в екстремальних умовах є однією з ключових проблем цієї галузі.

Незважаючи на успіхи у розвитку науки, технологій та економіки, світова цивілізація виявилась неготовою до викликів пандемії [58-59]. Через пандемію постраждала економіка практично всіх країн. Закриття кордонів більшості країн спричинили проблеми для багатьох галузей [60, 65]. На сьогоднішній день населення соціополісу Трускавець складає близько 160 тисяч. осіб [64-67].

Згідно з даними про кількість населення та відповідно до кількості лікарів, можна зробити висновок, що соціополіс Трускавець забезпечений в достатній кількості медичними працівниками, окрім міста Трускавець. Місто Трускавець забезпечене на 86,75%. Але це з врахуванням лише кадрового забезпечення медичних закладів, які працюють в центральних лікарнях міст Борислава, Трускавця, Стебника та Дрогобича. Цей відсоток сформований без врахування кількості медичного персоналу приватних лікарень (наприклад Міжнародної реабілітаційної клініки Козявкіна). В Трускавці діє понад 30 санаторіїв, в кожному з яких існує своя діагностично-лікувальна база. Загальна потенційна кількість пацієнтів, які можуть укласти декларацію про надання медичних послуг сімейного лікаря, становить 187,2 тис. Цього достатньо, щоб укласти декларації зі

всіма жителями соціополісу Трускавець. Загалом в межах соціополісу діє 10 лікарень та поліклініки, з них 3 у Дрогобичі, 3 в Трускавці, 2 в Бориславі, 1 в Східниці та 1 в Стебнику. Це без врахування терапевтичних відділень, дитячих лікарень та поліклініки, стоматологічних лікарень та кабінетів, санаторіїв, диспансерів, акушерських відділень та ін.

Загалом стан лікарень та поліклініки соціополісу Трускавець потребує великих фінансових інвестицій для реконструкції, ремонту та будівництва. До прикладу в Бориславі міська лікарня вже понад 20 років має недобудований додатковий 4 поверховий корпус [68]. Кожна з лікарень має власний веб-сайт, функціонал якого дозволяє здійснити запис на прийом до лікаря, ознайомитись з розкладом роботи лікарні, отримати телефон потрібного лікаря та ін.

2.4 Альтернативи вирішення проблем та очікуваний результат

Однією з нагальних проблем успішної реалізації процесів сталого розвитку соціополісу «Трускавець», як і держави загалом, є корупція, яка є гальмом системного розвитку. Її подолання було б суттєвим додатковим позитивним фактором запровадження пропонованих в дисертаційній роботі ініціатив та інновацій, а також підвищило б їх ефективність та розширенню обсягів інвестування.

Однією з альтернатив вирішення екологічної проблеми є побудова сміттєпереробного підприємства. І його необхідно звести поблизу сміттєзвалища, що дасть змогу мінімізувати транспортну складову затрат. При проектуванні такого підприємства слід врахувати вимоги міст агломерації щодо потреб вивозу відходів, можливості переробки сміття на сировину для інших галузей господарства (електроенергія, сільське господарство).

Для вирішення проблеми забрудненості річок необхідні додаткові капіталовкладення, які слід спрямувати на спорудження фільтруючих систем на етапі забору води, що забезпечувало б подання якісної води споживачам, та на очисні споруди для стічних каналізаційних вод. Ефективність прибирання сміття

у соціополісі може бути досягнуто завдяки певним реорганізаційним змінам, які полягають у встановленні додаткових баків, призначених для утилізації різних типів сміття; збільшення в громадських місцях кількості смітєвих урн. Проведення просвітницьких заходів в молодіжному середовищі та серед мешканців старшого покоління.

Боротьба із забрудненістю лісів в першу чергу передбачає запобігання несанкціонованій вирубки лісу та невідворотнім притягненням до відповідальності порушників. Для прибирання лісу потрібно залучати мешканців і організувати волонтерські спільноти.

Для вирішення транспортних проблем в першу чергу потрібно провести демонополізацію діяльності фірм перевізників. На даний час у соціополісі функціонує одна фірма перевізник, тому якість обслуговування не змінюється навіть тоді, коли підвищуються ціни. Цю ситуацію можна суттєво змінити лише за умов здорової конкуренції, що дозволило б провести оновлення рухомого складу автопарків. Для покращення транспортної інфраструктури та підвищення інвестиційної привабливості регіону, необхідно провести реконструкцію Дрогобицького летовища та вивести його на рівень сучасних вимог.

Удосконалення технологій постачання енергоресурсів слід спрямовувати на проведення реконструкцію систем водозабору, розташованого в горах вище міста Борислав. Слід використовувати переваги гірської місцевості і забезпечити самостійне її стікання, що частково економитиме енерговитрати на її перекачування, зменшить собівартість води. Покращення обслуговування споживачів газу доцільно використовувати європейський стандарт обрахунку спожитого газу в гікакалоріях, а не в кубах, що ліквідує махінації з домішуванням в газ сторонніх сумішей. Для додаткового зменшення собівартості надання послуг електропостачання та досягнення стабільності потрібно об'єднати енергосистеми Трускавця, Борислава, Дрогобича та Стебника. Альтернативою традиційній системі електропостачання є вироблення екологічної електроенергії за допомогою вітроелектростанції, що діє в урочищі Бухів. Її потрібно реконструювати та

суттєво збільшити кількість вітряків, з врахуванням досвіду роботи вітрякової електростанції, що функціонує в горах між Бориславом та Східницею з 1997 року і досягла потужності 750кВт [19]. Разом з тим, слід відзначити, що в Бориславі на території колишнього Науково - дослідного інституту «Синтез» успішно працює сонячна електростанція «Синтез Солар» потужністю 1.44МВт, а нещодавно побудовано ще один блок потужністю 8.4МВт [18]. Зазначений досвід потребує поширення.

Вирішення проблем в медично-оздоровчій галузі в першу чергу передбачає комплексне оновлення діагностично-лікувального обладнання, проведення капітальних ремонтних робіт приміщень лікувальних закладів.

В плані покращення рекреації та усестороннього розвитку молоді слід ініціювати комплексне оновлення існуючих спортивних шкіл та створення нових в таких галузях як: гірськолижна, туристична, альпінізм, скелелазіння і т.д. Заохочення до відвідування краєзнавчих музеїв з метою підвищення національно-патріотичної самосвідомості.

Запровадження цих рекомендацій сприяло б вирішенню питань відтоку людських ресурсів, оскільки будівництво і введення в експлуатацію сміттєпереробного підприємства, створення спортивних шкіл та гуртків, реконструкція вітроелектростанції, налагодження ефективної роботи транспортних служб, введення в експлуатацію летовища сприятиме появі нових робочих місць для залучення людей з різним рівнем кваліфікації та освіти.

Ще одним рішенням в плані підвищення інвестиційної привабливості соціополісу «Трускавець» є його промоція не тільки за межами регіону, а й за межами держави. Традиційно основними споживачами послуг курортів Трускавець і Східниця були мешканці Середньо Азійського та Кавказького регіонів. Дрогобич історично привабливий для туристів з Польщі та Ізраїлю.

2.5 Порівняльний аналіз процедур оцінювання параметрів «розумності»

Проведемо порівняльний аналіз ряду процедур оцінювання параметрів «розумності» міст. Ця процедура необхідна для того, щоб обрати метод за допомогою якого оцінюватиметься «розумність» соціополісу Трускавець.

Для порівняльного аналізу в рамках дисертаційного дослідження використані індикатори оцінювання міст у рейтингу Institute for Management Development (IMD). IMD [1]. При оцінюванні таким методом обирались резиденти з кожного міста, а саме 120 осіб з кожного міста [1]. Проаналізувавши зазначений метод оцінювання було зроблено висновок щодо використання поданих критеріїв як «структурних». Цей метод використовується для тих міст, котрі вже досягли статусу «розумного». Таке оцінювання проводиться мешканцями міста. В нашому випадку слід проводити оцінювання соціополісу, який стає на шлях здобуття статусу «розумного». Оцінку в цьому випадку передбачається проводити силами експертів, які є місцевими фахівцями в різноманітних галузях.

Інший рейтинг 174 розумних міст було сформовано в 2019 році, який отримав назву IESE Cities in Motion Index [2]. Цей метод базується на основі оцінювання дев'яти галузей, а саме: міжнародні зв'язки, навколишнє середовище, технології, людський капітал, економіка, соціальна згуртованість, містобудування, управління та мобільність та транспорт. Кожна з галузей має свої критерії, приблизна кількість критеріїв в окремій галузь складає 10 позицій. Загальна кількість критеріїв для створення рейтингу - 106. Аналіз всіх критеріїв, за якими оцінюється кожне з міст, подано в Додатку Д.

Цей метод оцінювання більше орієнтований на великі міста, в яких кількість населення переважає 1 мільйон. Зокрема такі параметри оцінювання як: кількість закладів мережі McDonald's, кількість пасажирів в аеропорту, довжина системи метро, дослідницькі центри, Glovo, Uber, Посольства, Університети та ін. не є актуальними для соціополісу Трускавець.

Було проаналізовано ще два методи оцінювання, які були запропоновані Lombardi та ін.[69] та Lazaroiu і Roscia [70]. Зазначені методи розроблені в 2012 році та включають відповідно 60 та 18 індикаторів.

Проаналізувавши систему критеріїв запропонованих Lombardi, можна зробити висновок, що деякі індикатори можуть мати спірний вплив на реальне зростання міст в Україні. Окрім цього деякі з індикаторів повторюються, або мають більш узагальнений характер в списку з 18-ти індикаторів. Для прикладу індикатори «ефективне використання електроенергії» та «ефективне використання води» мають один аналогічний індикатор – а саме «стале управління ресурсами». При виборі тієї чи іншої рейтингової системи важливим чинником є трудомісткість та складність функціонування вхідних даних для розрахунків.

Соціополіс Трускавець має пристойні показники в галузі медицини, водночас для набуття статусу «розумний» соціополіс, необхідно суттєво покращити показники в багатьох аспектах надання якісних медичних послуг.

Для прикладу це може бути інтенсифікація формування систем та впровадження технологій телемедицини, яка в теперішніх умовах отримує додатковий імпульс для розвитку у загальноцивілізаційному вимірі.

Потребує оновлення кадровий склад медичних закладів молодими спеціалістами, адже більшість працюючих лікарів в регіоні пенсійного віку.

Висновки до другого розділу

Підсумовуючи усе вище сказане, можна зробити висновок, що медицина є одним з найважливіших факторів оцінювання розумності міст, особливо під час пандемії. Без досягнення відповідного стану лікарень, достатньої кількості медикаментів та місць в лікарні, без засобів телемедицини та особливо без нових молодих фахівців не можливо налагодити достойного рівня надання медичних послуг.

Соціополіс Трускавець щодо екологічної складової перебуває на низькому рівні розвитку. При умові вирішення виявлених в даному регіоні проблем, потреба в дотаціях в середньотерміновому майбутньому відпаде і розпочнеться сталий розвиток агломерації як цілісної системи. Зауважимо, що при цьому зазнають удосконалення не тільки міста Трускавець та Східниця, це надасть потенціалу сусіднім містам Бориславу, Стебнику та Дрогобичу. Лише при сталому гармонійному розвитку всіх складових частин соціополісу буде розвиватись і соціополіс загалом. Лише при розумному управлінні всіма підсистемами соціополісу рівень життя населення підвищиться, стане кращим та комфортнішим, що і є одним з найважливіших аспектів при формуванні як окремого «розумного міста» та розумної території загалом.

РОЗДІЛ 3. Системні методи та засоби вирішення задач оцінювання процесів сталого зростання соціополісів

Реалізація проектів щодо сталого зростання соціополісів формують інноваційну траєкторію його розвитку. Для отримання додаткових інвестицій слід оптимізувати процеси споживання наявних ресурсів, активно запроваджувати сучасні інформаційні і комунікаційні технології, які повинні бути інтегрованими у системи управління споживанням води, електроенергії, газу і тепла, а також в системи вивезення та перероблення відходів, управління мобільністю, громадською безпекою [71- 77].

На сучасному етапі розвитку інформаційного суспільства пропонується цілий ряд інноваційних моделей розвитку міст, що реалізуються в проектах під загальною назвою «розумне місто». Зазначені моделі дозволяють аналізувати процеси функціонування міських спільнот середнього розміру, взаємопов'язаних стабільністю, комфортністю, привабливістю і безпечністю.

Визначення вагових коефіцієнтів параметрів «розумності» соціополісів є актуальною науково-прикладною задачею, вирішення якої в соціополісі «Трускавець» гарантувало йому набуття статусу «зеленого» регіону.

Дисертаційні дослідження спрямовані на розроблення базових засад формування соціополісу Трускавець як конгломерату курортних містечок. Для цього була сформована система характеристик та специфічних інструментів вимірювання рівня «розумності» на основі комплексу відповідних лінгвістичних змінних та інформаційно-технологічних процедур їх оцінювання.

Європейською комісією підтримується стала модель «розумного» міста. Для проведення обчислень при побудові ефективних моделей «розумних» міст застосовуються так звані вірогідні індекси. Вибрані показники не є однорідними і потребують формування та опрацювання великих інформаційних масивів. У запропонованому в дисертаційній роботі підході використовуються процедури на

основі нечіткої логіки і формується модель, яка дозволяє оцінювати «розумні» міста, для отримання доступу до відповідного Європейського фінансування.

Результати моделювання «розумності» інноваційної міської системи подані в контексті аналізу такого об'єкту як «соціополіс» в більш розлогому розумінні та технологічному використанні. Таким чином, модель може використовуватись в процесах прийняття управлінських рішень як базису при обговоренні проблем зацікавленими сторонами, а також в реалізації прийнятих рішень і обранні кращих серед можливих варіантів.

3.1 Проекти, спрямовані на покращення екологічного стану та економічного розвитку

В Європейському союзі задалися метою вироблення та споживання в майбутньому чистої і безпечної енергії. Визначено, що для досягнення цієї мети необхідно оптимально використовувати наявні інструменти [78]. Для підвищення енергетичної ефективності, перетворення поновлюваних джерел в життєздатні осередки постачання енергії та скорочення шкідливих викидів використовується широкий спектр технологій і методів. Проте, ринкові умови заважають в повній мірі розкрити їх потенціал. Європейська програма Intelligent Energy - Europe (IEE) стимулює використання екологічно чистих і стійких рішень, всебічно підтримує їх застосування та поширення, а також забезпечує обмін знаннями і ноу-хау у масштабах Європи.

Проекти спрямовані на досягнення трьох основних цілей:

- сприяння енергетичній ефективності і стимулювання раціонального використання джерел енергії;
- розширення використання інноваційних джерел енергії, а також залучення диверсифікації енергії;
- стимулювання енергетичної ефективності і поновлюваних джерел енергії в транспортній галузі.

Реалізація проекту Intelligent Energy - Europe (IEE) передбачає підтримку установ та організацій з метою забезпечення їх енергетичної стійкості. Реалізація проекту Intelligent Energy - Europe забезпечує умови для перспективного розвитку енергетичної галузі на основі формування ефективної системи, що базується на використанні поновлюваних джерел отримання енергії, спорудження енерго-ефективних будівель, промислових підприємств, ощадних споживачів товарів і транспортних засобів. Передбачається, що після досягнення поставленої мети, у європейських країнах зросте конкурентоспроможність, безпека енергопостачання та буде забезпечений розвиток інновацій. «Розумним містам» надає всіляку підтримку Європейська Комісія зокрема, для підвищення ефективності енергетичної галузі, застосування альтернативних джерел енергії і впровадження зеленої мобільності [79].

Інвестування в технології, що вирізняються низькими викидами парникових газів, для промислових підприємств європейських країн з'явилися можливості стати лідерами в області високої енерго-ефективності і використання екологічних технологій. В контексті технологічних інновацій, пов'язаних з процесами глобалізації і інтеграції, європейські міста стикаються з необхідністю одночасного досягнення двох взаємно обумовлених цілей, а саме конкурентоспроможності та сталого розвитку. Зрозуміло що ця проблема стосується питань житлової, економічної, культурної політики, соціальних і екологічних умов проживання. Хоча переважна більшість міського населення проживає в містах середнього розміру, основна увага в сучасних дослідженнях «розумних» міст, надається великим містам. При цьому функціонування середніх міст, яке має свої особливості, залишаються поза увагою дослідників. Середнього розміру міські населені пункти, постійно конкуруючи з мегаполісами, не забезпечені в достатній мірі ресурсами і не володіють необхідним організаційним потенціалом.

Для того, щоб мати змогу моніторити дотримання плану розвитку і досягнення поставлених цілей, дослідники проектів «розумне» місто повинні виділити сильні сторони міста, потенційні можливості для подальшого зростання

та забезпечення переваг за певними ключовими ресурсами. Присвоєння показникам роботи міста певних вагових коефіцієнтів для визначення їх місця у рейтингах є інструментом для ідентифікації їх активів. Формування рейтингів міст відбувається регулярно, а відповідні процедури вирізняються підходами і методами. При присвоєнні місту низьких оцінок, місцеві органи влади спільно з громадою здійснюють пошук шляхів усунення причин невдалих запитів. Для формування рейтингів, зазвичай, обирається місто - еталон. Метою проекту та його тривалістю визначаються еталонні виміри, які повинні відповідати двом критеріям: середній розмір міста; відомості про міста повинні міститися у доступних і актуальних базах даних.

Найповніший список міст Європи, які рейтинуються, подано у проекті ESPON 1.1.1 [80]. В просторі ESPON (EU27 + NO + CH) подані дані про населення і інші функціональні дані щодо 1600 міст. З огляду на це сформовані три базові критерії для цих міст:

- 100000 до 500000 мешканців, що визначає місто як середнє;
- в місті функціонує принаймні 1 університет (для виключення міста з слабкою базою надання знань);
- площа водозабору розрахована менше ніж на 1 500 000 жителів (для виключення з рейтингів великих міст, які можуть бути домінантами).

Відомості про місто присутні у базі даних Urban Audit - потужній європейській базі даних з статистичними відомостями щодо функціонування міст – відіграє вирішальне значення при орієнтуванні. Після адаптації та ретельного опрацювання відомостей про міста, а також враховуючи доступність та якість відповідних даних, за еталони було обрано 70 міст [79].

Практична реалізація концепції розумного регіону базується на інтенсивному використанні так званих "м'яких" доменів, що характеризують формування зручного міського соціально-комунікаційного середовища та "жорстких" доменів, що забезпечують функціонування різноманітних громадських послуг, надання відповідних послуг за допомогою сучасних інформаційних технологій. Аналізи численних публікацій дають вагомі докази

того, що в даний час не існує системного інформаційно-технологічного інструменту щодо реалізації процесів оцінювання сталого зростання у соціально-комунікаційному та ресурсному середовищі розумного соціополісу.

«М'які» домени розумних міст базуються, зокрема, на інформаційних ресурсах установ соціальної пам'яті, державних установ та організацій, територіальних та регіональних засобів масової інформації, соціальних мереж як такі, що формують інформаційні основи соціально-комунікативного середовища «розумного» соціополісу.

«Жорсткі» домени базуються на інформаційних ресурсах комунальних служб та організацій, що надають відповідні послуги, міські інженерні інфраструктури, ресурсні мережі для водо-, газо-, тепло та електропостачання. Інформаційні ресурси відповідних «м'яких» та «жорстких» доменів вимагають систематичного управління та інтегрованого підходу для того, щоб вдосконалити та оптимізувати процеси для їх ефективного використання.

3.2 Експерти та їхня роль в оцінюванні «розумності» соціополісів.

Сучасні міста є місцем проживання переважної більшості людей на планеті. Вони інтенсивно зростають та розвиваються. У багатьох випадках органи муніципального управління зацікавлені в набутті містом статусу «розумного» міста чи «розумна» територіальна громада, стимулюючи при цьому розвиток таких сфер як: екологія, наука, освіта, економіка, соціальна галузь, транспортна інфраструктура, медицина, інформаційні технології [81].

Для реалізації такого роду проектів розвитку зазначених галузей, формування інноваційних «розумних» соціополісів та «розумних» територіальних громад, зазвичай, залучаються експерти, фахівці в широкому спектрі предметних областей. На них покладається проведення аналізу існуючого стану справ, дослідження шляхів перспективного розвитку, формування комплексних системних рекомендацій щодо формування відповідних проектів та програм розвитку [82,83].

Для аналізу та опрацювання підходів до вирішення зазначеної проблеми розглядались роботи Неліо Качо, Фредеріко Лопес, Евертон Кавалканте, Ірані Сантос [84], Михаела Телічану, Джордж Крістіан Лазароу, Вергілій Думбрава [85], Ін-Ленг Тенг, Сюесінь Сю, Вітвіттаянусат Каноккорн [86], Х. Патрісія Маккенна [87], Феліпе Сільва Ферраз та Карлос Андре Гімараеш Ферраз [88], Аюб Арроуб, Басма Захі, Ессаїд Сабір, Мухамед Садік [89], Ельза Негре, Каміль Розенталь-Сабру, Міла Гаску [90], Кая Йоанна Феткевич, Вольфганг Г. Сток [91], Даттакумар, Р. С. Шарма [92].

Для формування ефективної моделі розумного соціополісу Трускавець економічні та математичні методи широко використовуються при вивченні процесів розвитку соціально-економічних систем та їх структурних підрозділів, що є однією з передумов використання цих методів у дисертаційному дослідженні [93-96].

Ефективність реалізації інноваційних процесів у формуванні соціополісу Трускавець значною мірою залежать від стану організаційних владних структур. Тому розробка конкретних процедур математичного моделювання ієрархічних структур є актуальною і може широко використовуватися для оцінки, аналізу та прогнозування стабільності та розвитку соціополісу, ефективності перебігу відповідних інноваційних та інформаційно-технологічних процесів.

Таким чином, дослідження стану розвитку соціополісу Трускавець пропонується базуватись на поданні соціополісу у вигляді такої ієрархії: соціополіс Трускавець (макрорівень) - підрозділи (мезорівень) - спеціалісти (мікрорівень).

Ефективна робота інтелектуальних систем організаційного менеджменту соціополісу Трускавець, управління інноваційними та технологічними процесами, соціополісу буде забезпечена гнучкістю та адаптованістю їх функціональної структури, організованої за ієрархічним принципом, наступним чином: технологічний рівень (рівень інноваційного процесу та його частини,

макрорівень), рівень інтелектуальних систем та підсистем (мезорівень), рівень баз даних та модулів (мікрорівень).

Структура життєвого процесу та його відновлення для досліджуваного об'єкта і його елементів, визначається сукупністю усіх можливих станів та інтенсивністю переходів від стану до стану. Це дає можливість будувати графи переходів, вершинами яких є можливі стани об'єкта, а ребрами - переходи від стану до стану з значення інтенсивності переходів.

Наприклад, якщо відомо, що система перебуває в певному стані S_i , і для того, щоб перевести її в стан S_j , необхідно щоб відбулася певна подія, то від стану S_i до стану S_j є стрілка із зазначенням інтенсивності реалізації цієї події (рис. 3.2).

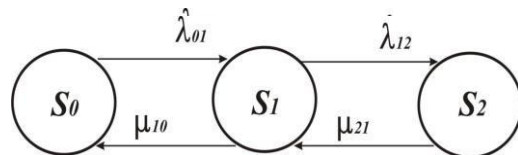


Рис. 3.2. Графік процесу Маркова

При побудові таких графів не всі події (переходи) можуть бути дозволені. Обмеження щодо кількості переходів прямо містяться у вербальному описі принципу функціонування та відновлення досліджуваної системи. На основі побудованого графу переходів описується системою диференціальних рівнянь, розв'язок якої дозволить отримати імовірнісні показники динаміки станів системи.

Також можливо представити імовірнісний процес за допомогою матриці переходів. Матриця переходів для графа подано на рис. 3.2, має вигляд:

$$P_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & P_{01} & 0 \\ P_{10} & 0 & P_{12} \\ 0 & 0 & P_{21} \end{pmatrix}; \quad (3.1)$$

де p_{ij} - ймовірність переходу з i -го в j -й стан; P_{ii} - це ймовірність зберігання i -го стану.

Зупинимось на методі визначення ймовірностей станів марковського процесу. Нехай об'єкт, стан динаміки якого підлягає дослідженню, може знаходитись у станах, чисельність яких скінченна і дорівнює n . Номери станів $S_0, S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$ відповідають індексам $0, 1, \dots, i, \dots, n$. І при цьому, з i -го до j -го стану об'єкт рухається з постійною інтенсивністю λ_{ij} , а з j -го стану до i -го - з постійною інтенсивністю μ_{ji} .

Для визначення ймовірностей кожного зі станів марковського процесу з будь-яким кінцевим числом станів, А.Н.Колмогоров запропонував систему диференціальних рівнянь [97, с. 336].

Застосування А.Н. Колмогоровим диференціальних рівнянь для визначення ймовірностей станів досліджуваного конкретного об'єкта розглянуто на прикладі системи курортно-санаторного комплексу міста Трускавець.

Ймовірність того, що об'єкт на часовому інтервалі Δt відносно часу t знаходиться у стані S_0 , є добутком ймовірності того, що об'єкт в момент часу t знаходиться в нульовому стані, ймовірності того, що він перейде на інтервал Δt від стану S_0 до стану S_1 , плюс добуток ймовірності того, що об'єкт в момент часу t знаходиться в стані S_1 , ймовірності того, що він перейде до стану S_0 із стану S_1 за час Δt [98]. Ця формула записана наступним чином:

$$P_0(t + \Delta t) = P_0(t) \cdot \{1 - [P_{01}(\Delta t)]\} + P_1(t) \cdot P_{10}(t) \quad (3.2)$$

Подібним чином записані рівняння для ймовірності того, що об'єкт на часовому інтервалі Δt , тобто час t , перебуває у стані S_1 і S_2 . В результаті виходить система рівнянь подається наступним чином:

$$\begin{aligned} P_0(t + \Delta t) &= P_0(t) \cdot (1 - P_{01}(\Delta t)) + P_1(t) \cdot P_{10}(t), \\ P_1(t + \Delta t) &= P_1(t) \cdot (1 - (P_{12}(\Delta t) + P_{10}(\Delta t))) + P_0(t) \cdot P_{01}(\Delta t) + P_2(t) \cdot P_{21}(t), \\ P_2(t + \Delta t) &= P_2(t) \cdot (1 - P_{21}(\Delta t)) + P_1(t) \cdot P_{12}(t). \end{aligned} \quad (3.3)$$

Ймовірність переходу об'єкта із стану S_i в стан S_j з інтенсивністю λ_{ij} дорівнює:

$$P_{ij} \cdot (\Delta t) = 1 - e^{-\lambda_{ij} \cdot \Delta t} \approx 1 - (1 - \lambda_{ij} \cdot \Delta t) = \lambda_{ij} \cdot \Delta t \quad (3.4)$$

Ймовірність переходу із стану S_j у стан S_i з інтенсивністю μ_{ji} дорівнює $\mu_{ji} \cdot \Delta t$. Імовірність відсутності переходів із стану S_1 в стан S_2 і S_0 становить:

$$1 - (P_{12}(\Delta t) + P_{10}(\Delta t)) = 1 - (\lambda_{12} \cdot \Delta t + \mu_{10} \Delta t) \quad (3.5)$$

Підставивши вирази у (3.3), отримаємо таку систему рівнянь:

$$\begin{aligned} P_0(t + \Delta t) &= P_0(t) - P_0(t) \cdot \lambda_{01} \cdot \Delta t + P_1(t) \cdot \mu_{10} \cdot \Delta t, \\ P_1(t + \Delta t) &= P_1(t) - P_1(t) \cdot (\lambda_{12} + \mu_{10}) \cdot \Delta t + P_0(t) \cdot \lambda_{01} \cdot \Delta t - P_2(t) \cdot \mu_{21} \cdot \Delta t, \\ P_2(t + \Delta t) &= P_2(t) - P_2(t) \cdot \mu_{21} \cdot \Delta t + P_1(t) \cdot \lambda_{12} \cdot \Delta t. \end{aligned} \quad (3.6)$$

З правої частини рівнянь системи рівнянь (3.6) переносимо у ліву частину $P_i(t)$. Поділивши праву та ліву сторони рівнянь на Δt та врахувавши, що:

$$P_i(t + \Delta t) - P_i(t) = \Delta P_i,$$

$$\Delta P_i / \Delta t = dP_i / dt \quad (3.7)$$

систему рівнянь (3.6) можна звести до системи диференціальних рівнянь:

$$\begin{aligned} dP_0/dt &= -\lambda_{01} P_0(t) + \mu_{10} P_1(t), \\ dP_1/dt &= \lambda_{01} P_0(t) - (\lambda_{12} + \mu_{10}) P_1(t) + \mu_{21} P_2(t), \\ dP_2/dt &= -\mu_{21} P_2(t) + \lambda_{12} P_1(t). \end{aligned} \quad (3.8)$$

Ми також можемо отримати систему диференціальних рівнянь (3.8) безпосередньо у вигляді графа станів, якщо скористатися правилом [99, с. 123]: "Для кожного з можливих станів об'єкта, записується рівняння, ліва частина якого dP_i/dt , а праворуч - стільки складових, скільки дуг графа стосується цього стану. Якщо дуга графа направлена до цього стану, тоді перед складовою рівняння ставиться знак плюс, якщо стрілка спрямована від цього графіка - мінус. Кожна із складових рівняння дорівнює добутку інтенсивності переходу із цього стану у імовірнісний стан, з якого виходить стрілка".

Якщо досліджуваний процес – є марковським та стаціонарним, для якого похідні dP_i/dt можна прийняти за нуль (ймовірності станів з часом не змінюються), система диференціальних рівнянь (3.8) трансформується у систему алгебраїчних рівнянь:

$$\begin{aligned} -\lambda_{01}P_0(t) + \mu_{10}P_1(t) &= 0, \\ \lambda_{01}P_0(t) - (\lambda_{12} + \mu_{10})P_1(t) + \mu_{21}P_2(t), & \quad (3.9) \\ -\mu_{21}P_2(t) + \lambda_{12}P_1(t) &= 0, \\ P_0 + P_1 + P_2 &= 1. \end{aligned}$$

Четверте рівняння для цієї системи (для трьох невідомих) стає необхідним, оскільки перші три зводиться до двох, а кількість невідомих ймовірностей станів у цій системі рівнянь дорівнює трьом. Рішення системи алгебраїчних рівнянь (3.9) буде виглядати наступним чином:

$$\begin{aligned} P_0 &= 1/[1 + \lambda_{01}/\mu_{10} + \lambda_{01}\lambda_{12}/(\lambda_{10} + \mu_{21})], \\ P_1 &= P_0\lambda_{01}/\mu_{10} \quad (3.10) \\ P_2 &= P_0\lambda_{01}\lambda_{12}/\mu_{21}\mu_{10} \end{aligned}$$

Якщо сукупність станів досліджуваних об'єктів достатньо велика, то систему рівнянь (3.10) доцільно розв'язувати з використанням комп'ютерних засобів.

Запропонована методика моделювання станів зростання соціополісу Трускавець дозволяє:

- оптимізувати інноваційні та технологічні процеси;
- аналізувати, оцінювати, прогнозувати стани, стабільність та ефективність розвитку соціополісу;
- підтримувати процеси прийняття управлінських рішень.

Оскільки досліджувані системи є складними, кожна з яких виконує щонайменше дві функції - як елемент більш складної системи і як окремішня

система, що складається з елементів, тобто простіших підсистем, які, в свою чергу, також є системами, що складаються з елементів тощо.

Апробації описаних вище математичних моделей для оцінки та прогнозування стану розвитку соціополісу Трускавець були проведені дослідження стану розвитку санаторно-курортного комплексу Трускавця, що включає 23 санаторії та 8 пансіонатів. У цьому випадку стани:

S1 (UN) - "незадовільний" стан розвитку санаторно-курортного комплексу, тобто стан, в якому основні економічні показники комплексу (наприклад, обсяг наданих послуг) нижчі від запланованих, але не нижче, ніж показники попереднього року;

S2 (S) - "задовільний" стан розвитку санаторно-курортного комплексу, тобто стан, в якому основні економічні показники комплексу відповідають запланованому рівню;

S3 (G) - "хороший" стан розвитку санаторно-курортного комплексу, тобто стан, в якому основні економічні показники комплексу вищі за заплановані;

S4 (VG) - "дуже хороший" стан розвитку санаторно-курортного комплексу, тобто стан, при якому основні економічні показники комплексу значно вищі за заплановані.

На момент проведення дослідження процесів розвитку санаторно-курортного комплексу були зафіксовані такі показники:

у стані S1 (NZ) було 6 санаторіїв; у S2 (S) - 11 санаторіїв;

у S3 (G) - 10 санаторіїв; в S4 (VG) - 4 санаторії.

При цьому, ймовірності станів досліджуваного комплексу мають такі початкові значення:

$$P_0(S_1) = 6/31 = 0.2;$$

$$P_0(S_2) = 11/31 = 0.35; (3.23)$$

$$P_0(S_3) = 10/31 = 0.32;$$

$$P_0(S_4) = 4/31 = 0.13.$$

За досліджуваній період умови розвитку досліджуваних оздоровчих комплексів соціополісу змінювались. Інтенсивність переходів із стану в стан відображаються відповідними значеннями над дугами переходів графа (рис. 3.3).

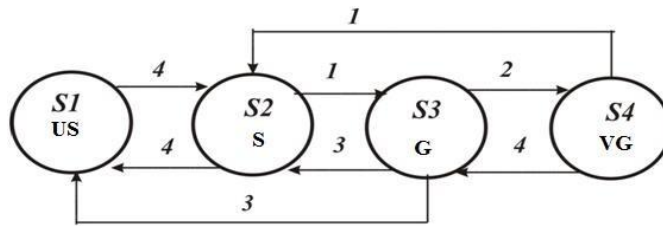


Рис. 3.3. Граф станів розвитку санаторно-курортного комплексу
Трускавець

Для оцінки та прогнозування стану розвитку соціополісу Трускавець за допомогою запропонованого математичного апарату були проведені дослідження динаміки ймовірностей стану розвитку санаторно-курортного комплексу шляхом розв'язання відповідно системи диференціальних рівнянь А.Н.Колмогорова:

$$\frac{dP_{S_1}}{dt} = -\lambda_{S_1 S_2} P_{S_1} + \lambda_{S_2 S_1} P_{S_2},$$

$$\frac{dP_{S_2}}{dt} = \lambda_{S_1 S_2} P_{S_1} - (\lambda_{S_2 S_1} + \lambda_{S_2 S_3}) P_{S_2} + \lambda_{S_3 S_2} P_{S_3}$$

$$\frac{dP_{S_3}}{dt} = \lambda_{S_2 S_3} P_{S_2} - (\lambda_{S_3 S_2} + \lambda_{S_3 S_4}) P_{S_3} + \lambda_{S_4 S_3} P_{S_4} \quad (3.11)$$

$$\frac{dP_{S_4}}{dt} = \lambda_{S_3 S_4} P_{S_3} - \lambda_{S_4 S_3} P_{S_4}$$

Дослідження статички ймовірностей умов розвитку санаторно-курортного комплексу проводились шляхом розв'язання відповідної системи диференціальних рівнянь (3.11) у формі системи алгебраїчних рівнянь:

$$-\lambda_{S_1 S_2} P_{S_1} + \lambda_{S_2 S_1} P_{S_2} = 0,$$

$$\lambda_{S_1 S_2} P_{S_1} - (\lambda_{S_2 S_1} + \lambda_{S_2 S_3}) P_{S_2} + \lambda_{S_3 S_2} P_{S_3} = 0,$$

$$\lambda_{S_2 S_3} P_{S_2} - (\lambda_{S_3 S_2} + \lambda_{S_3 S_4}) P_{S_3} + \lambda_{S_4 S_3} P_{S_4} = 0, \quad (3.12)$$

$$\lambda_{S_3 S_4} P_{S_3} - \lambda_{S_4 S_3} P_{S_4} = 0.$$

Система диференціальних рівнянь (3.11) та система алгебраїчних рівнянь (3.12) описують граф, представленим на рис. 3.3.

При вивченні динамічних та статичних характеристик ймовірностей станів санаторно – курортного комплексу міста Трускавець, яка входить до складу досліджуваного соціополісу, за основними показниками можна зробити висновок, що найбільш вірогідним для комплексу є той стан, в якому основні показники нижчі ніж заплановані, але не нижчі показників попереднього року.

Зазначений комплекс розвивається і розвитком можна вважати:

- незадовільно - з імовірністю 0,48;
- задовільний - з імовірністю 0,42;
- хороший - з імовірністю 0,08;
- дуже добре - з імовірністю 0,02.

Більш детальний аналіз ситуації, пов'язаної з фіксацією стану соціополісу Трускавець, представлений у роботі [100].

Підбір експертів, які можуть проводити оцінювання очікуваної ситуації щодо зростання соціополісу, створювати проекти розвитку соціополісу з метою перетворення його у «розумний» соціополіс, є важливим фактором адекватності результатів дослідження [101-110].

При використанні методу експертного оцінювання, складним є перший етап – підбір експертів з числа висококваліфікованих фахівців певної галузі, що володіють технологіями проведення експертиз та нормативно-правовою базою щодо організації та проведення експертиз.

Основним критерієм підбору експертів є компетентність. Окрім цієї якості враховуються креативність, відповідальність, ступінь володіння компетентностями аналітичного підходу, широта світогляду та ін. Виділяють два основні методи добору експертів: об'єктивний та суб'єктивний. Об'єктивний

метод ґрунтується на аналізі документів (резюме, копії дипломів про освіту) та результатів участі у роботі експертних груп. Суб'єктивний метод базується на самооцінках та взаємооцінках самих експертів.

Наступним кроком є ранжування вагових коефіцієнтів, присвоєних експертам та оцінювання узгодженості результатів ранжування, після чого проводиться розрахунок «ваг» оцінок експертів. Перевага надається експерту, сума рангів якого є найменшою. В подальшому формується список факторів, які впливають на оцінювання, та проводиться їхнє ранжування. Наступним кроком є визначення сумарного ранжування факторів, вибір найсуттєвішого фактора та оцінка узгодженості ранжування факторів. У випадку, коли оцінка узгодженості буде незадовільною, процес повторюється.

Таким чином, процес підбору експертів та проведення експертного оцінювання багатокроковий процес, від успішної реалізації якого залежить адекватність проведених досліджень.

3.3. Аналіз критеріїв оцінювання «розумності» соціополісу

В ході дослідження проведено порівняльний аналіз діючих систем, що використовуються для оцінювання «розумних міст». Згоди на Міжнародному та зокрема Європейському рівні щодо показників «розумного міста» не вдалося досягнути, напевне тому, що «розумність» як параметр є доволі складним для вимірювання.

Для того щоб порівняти різні за природою показники потрібно виконати нормування їх значень. Один із способів нормування значень є так званий метод Z-перетворення [79].

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s} \quad (3.12)$$

За допомогою цього методу всі значення індикаторів перетворюються в нормовані значення із середнім значенням 0 і нормованим відхиленням 1. Для

одержання результатів оцінювання основних характеристик і результуючих значень експертних оцінок для певного міста, необхідна агрегація на рівні індикатора. При агрегації обирається ступінь охоплення кожного показника. Результат певного показника, що охоплює 70 міст, набуває дещо більшої ваги, аніж показника, який охоплює лише 60 міст. На додаток до такої незначної корекції, відбувається агрегація результатів на всіх рівнях, не прибігаючи до процедури зважування.

Результат агрегації реалізується додаванням, який потім ділиться на число доданих значень. Це дозволяє включити і міста, для оцінювання яких не використовуються всі індикатори. Результати їх оцінювання розраховуються за наявними значеннями. Проте, щоб отримати прийнятні результати, необхідно забезпечити якісне охоплення показниками міст. Для 70 міст, для оцінювання яких використовується 74 індикатор, цей показник складає 87%.

Як свідчить аналіз різних підходів до оцінювання розумності міст, дійшли висновку, що «Розумне місто» – це населений пункт міського типу, якому притаманні 6 характеристик, що передбачають «розумне» поєднання обдарованості і активності саморегуляції, рішучості незалежних і обізнаних громадян.

Мета полягає в правильному встановленні значення, відповідного індикатора. Обраховане в такий спосіб значення забезпечує синтетичний опис реальності, яке інтуїтивно доволі важко встановити.

3.4 Параметризація «розумного» соціополісу

При відборі показників для оцінки «розумності» соціополісу було б неправильним розглядати соціополіс як сутність, що може характеризуватись одним показником. Відношення між обчисленими показниками «розумного міста» і суб'єктивними оцінками є взаємопов'язаними. Існує суттєва відмінність між об'єктивним і суб'єктивним показниками. Оскільки кодифікація в категоріях показників «розумного соціополісу» містить елементи довільного вибору,

технічне визначення показника виправдовує його застосування і досягнення певної мети, базуючись на його характеристиках. Для соціополісу Трускавець обрано 18 критеріїв для оцінювання. В Додатку Е подається перелік відібраних показників «розумного міста».

Окремими суттєвими передумовами при виборі показників для «розумного соціополісу» є:

а) ототожнення простору і контексту часу, який береться як еталон при формуванні запитів до бази даних;

б) визначення типу даних, які передбачається передавати, і методу опрацювання інформації;

в) вивчення кожного параметра, який характеризує індикатори «розумного соціополісу».

Місцеве самоврядування набуває особливого значення в системі територіального устрою держави. У багатьох країнах структура місцевого самоврядування є однією з форм формування місцевої влади. Структури місцевого самоврядування є основними елементами територіального устрою країни. Носієм місцевого самоврядування і, отже, суб'єктом адміністративної діяльності є територіальна громада, яка трактується як «сукупність громадян України, які проживають разом у міському чи сільському населеному пункті», мають колективні інтереси, визначені законом та правовим статусом. На відміну від звичайної територіальної одиниці, населений пункт, який має статус територіальної громади, наділений розширеними правами.

У сучасному суспільстві поширені технології створення сучасних соціополісів. Одним із таких соціополісів є Трускавець, навколо якого розташовані курортні містечка. Соціополіс реорганізований із спеціальної (вільної) економічної зони туристично-рекреаційного типу "Поліс для курорту Трускавець", яка діє з 1 січня 2000 р. І створена на 20 років в адміністративно-територіальних межах міста Трускавець на Львівщині [111].

Проекти створення "розумного соціополіса" сприяють перетворенню територіальних структур у відкритий для інвестицій ринок та передбачають використання сучасних технологій для реорганізації існуючих основ власності у більш гнучкі, здатні адаптуватися до будь-яких змін у зовнішньому секторі. Ефективність інноваційних та технологічних процесів для формування Трускавецького соціополісу в основному залежить від стану організації його структур управління.

Для подальшого розвитку Трускавця та інших курортних комплексів доцільно використовувати сучасні наукові технології для розвитку, лікування та реабілітації, обслуговування та необхідні для ефективного розвитку курорту виробництва, перетворюючи соціополіс на високотехнологічне поселення. Конструкції цього типу називаються "розумний соціополіс". Проекти створення «розумних товариств» сприяють перетворенню територіальних структур у відкриті зони для інвестицій та забезпечують впровадження сучасних технологій. Відбувається запровадження інноваційні підходи до інтелектуалізації та оптимізації управління санаторними технологіями соціополісу Трускавець з метою перетворення його на «розумний соціополіс» як інтегровану систему, здатну ефективно функціонувати, забезпечити стійке зростання та виграти конкуренцію серед аналогічних структур України та за її межами. Сучасна модель структури соціополісу з урахуванням його потенційних можливостей ґрунтується на використанні сучасних інструментів організаційного управління соціополісом Трускавець та забезпеченні ефективних процесів для його розвитку, надання йому адаптаційних можливостей, стійкості до умов навколишнього середовища.

Системні перетворення соціополісу Трускавець та трансформація його до набуття статусу «розумний соціополіс» має високі шанси увійти, зокрема, у світову мережу закладів охорони здоров'я та відповідати статусу здравниць міжнародного рівня. Це призвело до необхідності реорганізувати існуючі основи власності у більш гнучкі, здатні адаптуватися до будь-яких змін у зовнішньому секторі. Саме така форма мала відповідати інноваційній структурі системи

соціальної політики, щоб вона могла стати єдиним організмом, який може ефективно функціонувати, забезпечувати стійке зростання та конкурувати між подібними установами країни та за кордоном. Саме ця модель структури соціополісу була запропонована після аналізу його потенціалу. Загальна структура соціополісу подана на рис. 3.4.



Рис. 3.4. Структура соціополісу

Основними елементами соціополісу Трускавець є суб'єкти господарювання, філії та інші підрозділи, розташовані на його території. Тобто в цьому випадку соціополіс - це сукупність міст курортного типу, які функціонують як єдиний «розумний» соціально-економічний комплекс, розвиток якого базується на розробленні, реалізації та впровадженні новітніх інформаційних технологій, інноваційних підходів до розвитку рекреаційних, оздоровчих та реабілітаційних процесів, екологічних досліджень, послуг. Важливим аспектом формування «розумного» соціополісу є якнайширше впровадження нових інформаційних технологій.

Аналізуючи досвід організації аналогічних структур фахівці вважають, що формування та функціонування «розумного» соціополісу Трускавець може мати наступні перспективи [112,113]:

Для України:

- формування моделі розвитку соціополісів та рекреаційних зон, можливість розроблення нових методів та принципів їх організаційного управління;
- можливість впровадження нової форми оздоровлення населення України в контексті реорганізації системи охорони здоров'я;
- розроблення та розповсюдження нових технологій в Україні: діагностика, відпочинок, оздоровлення та лікування, послуги, благоустрій та формування курортної архітектури, біотехнології, профілактична та відновна фітотерапія, поводження з відходами;
- розроблення методів формування сучасного ринку санаторно-курортних послуг, організація ефективної та систематичної реабілітації населення України.

Для соціополісу Трускавець це:

- вдосконалення на основі впровадження інформаційних технологій системи управління соціополісом;
- збільшення надходжень до бюджету соціополісу та створення додаткових робочих місць;
- встановлення екологічного моніторингу та корекції екологічних умов соціополісу Трускавець;
- підвищення рівня медичного, культурного та побутового обслуговування населення та туристів;
- збереження та відтворення природної флори, лікарських рослин на основі досягнень медичної ботаніки;
- інтенсивний розвиток ландшафтного садівництва, будівництва та архітектури;
- розроблення технологій утилізації відходів;
- розвиток технологій очищення стічних вод;
- вдосконалення організаційної структури торгової мережі та сервісу;
- розвиток галузі зв'язку та транспорту;
- встановлення спеціальних умов для вивчення іноземних мов та утримання населення шляхом підключення соціополісу Трускавця до міжнародних інформаційних засобів масової інформації;

- утримання об'єктів господарювання в належному стані.

Беручи до уваги наявні в Україні рекреаційні ресурси, створення «розумного» соціополісу Трускавець сприятиме формуванню аналогічних інноваційних систем [114,115].

Визначення рівня відповідності соціополісу Трускавець критеріям «розумності» базується на аналізі інформації щодо рівня його розвитку, знаннях експертів, зведених у базі знань. При цьому слід враховувати рівень використання інформаційних технологій в процесах прийняття рішень (рис. 3.5).

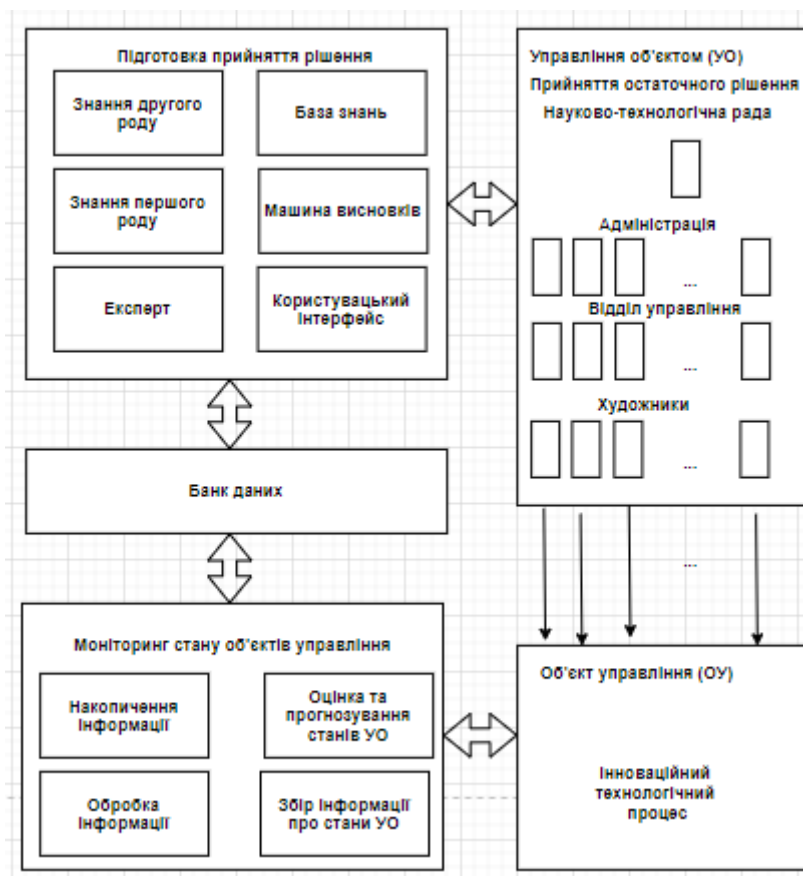


Рис. 3.5. Система управління сталим розвитком соціополісу Трускавець

Таким чином, технологія управління сталим розвитком соціополіса Трускавець дозволяє провести ряд реорганізаційних процедур для виведення соціополісу Трускавець до рівня «розумного» соціополісу з дотриманням вимог сформованої множини критеріїв його оцінювання. Безперечно йому має бути

притаманним ряд властивостей, серед яких є відкритість до постійних інновацій, готовність до змін на відповідних ринках.

Створення інструментів організаційного управління соціополісом Трускавець з використанням досягнень інформаційних технологій, які включають передусім інтелектуальні системи та систему управління знаннями, дозволяє провести діагностику та прогнозування умов сталого розвитку та підвищення ефективності функціонування соціополісу Трускавець, забезпечити соціополіс адаптаційними можливостями, стійкістю до збурень, інтенсифікувати його розвиток, розроблення та впровадження нових наукомістких технологій відпочинку, лікування та оздоровлення, покращення екологічних чинників.

Соціополіс Трускавець - один із найвизначніших на державному рівні українських туристично-бальнеологічних комплексів. Розроблення інструментів для аналітичного опрацювання інформації для оцінювання перспективних напрямків вдосконалення функціонування курортних, рекреаційних та оздоровчих соціополісів.

3.5 Експертне оцінювання стану соціополісу

Для того щоб отримати статус «розумного» міста та соціополіси повинні досягти значного прогресу в найрізноманітніших галузях життєдіяльності, таких як економіка, освіта, громадський транспорт, медицина, екологія, соціальна галузь. Саме за цими напрямками розвитку формуються базові критерії їх оцінювання.

Щоб розвивати зазначені галузі, формувати портфелі проектів, трансформувати соціополіси до набуття ними статусу «розумних» потрібно опрацьовувати великі обсяги даних, залучати значні фінансові ресурси, розгортати роботи впродовж тривалого часу, організовувати колективну працю чисельних груп науковців, експертів з різних галузей, соціальних груп, активних мешканців та представників різних рівнів влади. Для оцінювання кожного напрямку та профілю розвитку соціополісу зазвичай формуються експертні групи,

проводиться системний аналіз існуючого стану справ, досліджується процеси розвитку соціополісу в історично-часових вимірах, виявляються проблеми в різних сферах міського буття, пропонуються шляхи та варіанти їх вирішення, формуються рекомендації для успішного втілення проектів та їх подальшого розвитку. При цьому обов'язково слід враховувати важливість системного, органічного та гармонійного інтегрування різнотипових та різнопланових систем для формування сучасного високотехнологічного «розумного» соціополісу [82,83]

Відбір експертів до складу відповідних груп в середовищі можливих кандидатів є надзвичайно важливим етапом, адже на них лягає відповідальність за оцінювання стану складної системи, якою є соціополіс, саме вони формуватимуть перспективні візії та аналізуватимуть нові проекти для розвитку проривних галузей, можливостей для конкретного соціополісу. Серед можливих кандидатів в експерти можуть бути представники влади, науковці, топ фахівці в певних галузях, представники громади, окремих фокус груп. До складу експертних груп залучається фахівці високої кваліфікації певної галузі, які професійно володіють процедурами експертного оцінювання та ознайомлений з нормативно-правовою базою [110]. Кожен експерт, що приймає участь в оцінюванні «розумності» соціополісу незважаючи на вагу своєї думки в порівнянні з іншими експертами, повинен володіти необхідними знаннями щодо конкретного соціополісу. Дотримання цих умов є обов'язковим для забезпечення необхідного рівня та стійкості отриманих результатів оцінювання.

Щоб знизити ризики прийняття такого роду рішень слід розробляти та чітко дотримуватися технологічних послідовностей в процесах опрацювання даних. Дуже важливим у цьому контексті якісна візуалізація результатів роботи експертів, щоб можна було зручно, швидко та ефективно сприйняти інформацію, якісно її проаналізувати та прогнозувати наступні кроки, та можливі варіанти негативних наслідків. В розпорядження експертів повинні бути надані сучасні високотехнологічні інструменти проведення комплексного якісного та кількісного системного оцінювання повного спектру параметрів «розумності» соціополісу.

Загалом існує два базових методи для відбору експертів до складу експертних груп - суб'єктний та об'єктний. Об'єктний включає документальний та експериментальний етапи, а суть суб'єктного можна узагальнено подати як реалізацію процедур самооцінки та взаємооцінки претендентів.

Експертне оцінювання є одним з найуніверсальніших інструментів, які використовуються в найрізноманітніших ситуаціях та дозволяють розглядати явища та процесів з врахуванням великої кількості специфічних слабоформалізованих обставин та факторів. Цей метод є достатньо простим і загалом не вимагає попереднього префіксного дотримання специфічних та особливих вимог щодо надання початкової інформації. В дисертаційному дослідженні використано один з відомих методів експертного оцінювання - метод «Дельфі». Метод реалізується шляхом послідовного виконання наступних кроків:

- проведення процедури оцінювання експертами;
- підсумовування оцінок експертів для кожного критерію;
- визначення відносної важливості кожного критерію за коефіцієнтом важливості;
- обчислення коефіцієнта однотайності експертних оцінок за даними рейтингових оцінок експертів;
- оцінка коефіцієнту однотайності експертів за допомогою критерію Пірсона.

Для якісного виконання перелічених вище кроків експертам слід подати інформацію в чіткій та легкосприймаючій формі. Процеси експертного оцінювання повинні супроводжуватись якісною візуалізацією. Під цим розуміється «інтерактивне вивчення візуального подання абстрактних даних для посилення людського пізнання» [101]. Візуалізація даних (англ. Data Visualisation) – це графічне подання даних, завдяки якій можна всю потрібну інформацію викласти в лаконічному легкозрозумілому зображенні.

В дисертаційному дослідженні запропоновано використовувати оригінальну методику візуалізації даних, отриманих в результаті експертного оцінювання

параметрів та критеріїв «розумності» соціополісів з враховуванням ваги кожного критерію та ваги оцінки кожного з експертів, які входять до експертної групи.

Методи експертних оцінок посідають важливе місце серед розмаїття методів статистичного аналізу даних для оцінювання отриманих результатів. Експертне оцінювання один із найрозповсюдженіших способів отримання і аналізу якісної інформації.

В дисертаційному дослідженні метод експертного оцінювання реалізовано наступним чином:

Крок 1. Визначення критеріїв оцінювання компетентності та відбору експертів;

Крок 2. Ранжування експертів та оцінювання узгодженості результатів ранжування;

Крок 3. Визначення комплексних характеристик розумності соціополісів як для кожного експерта окремо, так і загальної думки всіх експертів, що надає можливість бізнес аналітикам обчислити та проаналізувати результати оцінювання;

Крок 4. Проведення розрахунку «ваги» думок експертів.

Крок 5. Складання списку факторів, які впливають на оцінювання, та проведення їх ранжування.

Крок 6. Визначення сумарного ранжування факторів, вибір найсуттєвішого фактора та оцінка узгодженості ранжування факторів за допомогою критерія Пірсона; Якщо оцінка узгодженості буде незадовільною, то процес доведеться повторити спочатку.

Крок 6. Візуалізація результату експертного оцінювання розумності соціополісу.

Однією із особливостей інформаційно-технологічної реалізації методу в контексті системного оцінювання параметрів сталого розвитку окремого класу складних систем, до якого належать соціополіси, є розроблення оригінальних

процедур візуалізації отриманих результатів експертного оцінювання, які подаються у вигляді пелюсткової діаграми. Підготовка процедур візуалізації результатів оцінювання «розумності» починається ще на етапі отримання перших оцінок критеріїв експертів. Зазначений метод візуалізації - пелюсткова діаграма має цілий синонімічний ряд, зокрема, полярна діаграма, веб-діаграма, неправильний багатокутник, діаграма павука чи зіркова діаграма. Форма подання інформації є максимально зручною для сприйняття не тільки експертами, а й пересічними мешканцями соціополісу, краще запам'ятовується, подається в осяжній та зрозумілій формі.

В дисертаційній роботі системно реалізовано процедури відбору експертів та методи оцінювання системних характеристик соціополісів. Сформовано інформаційно-технологічний процес, який втілює метод візуалізації, що дозволяє комплексно та системно подавати результати процесів оцінювання сталого розвитку соціополісів на шляху набуття ними статусу «розумного». При цьому як візуалізаційний образ використовується багатокутник-діаграма, що й побудований у полярній системі координат.

Для того, щоб достовірно та правильно оцінити розумність соціополісу перш за все формується авторитетна високофахова експертна група, на яку покладалося завдання проведення оцінювання заданих напрямів діяльності по даній множині критеріїв. Кожному експерту та оцінці за критерієм надаються вагові коефіцієнти, з врахуванням їх вагомості. Величини значень коефіцієнтів вказують на рівень обізнаності експертів у певній предметній області [116], окремі з критеріїв можуть мати більш суттєвий вплив на загальний результат оцінювання. Експерти зазвичай покликані володіти різного рівня компетентностями в декількох сферах діяльності. Результати оцінювання формуються під час проведення відповідних процедур опитування з використанням ранжованих шкал за кожним з критеріїв. Результати опитування заносяться в базу даних.

Множину вагових коефіцієнтів для критеріїв оцінювання розумності соціополісу подаємо наступним чином:

$$\tilde{W} = \{\tilde{W}_i = \{w_{i,k} = [0(1)M], k = \overline{1, K}, i = \overline{1, M}\}, \quad (3.13)$$

Де $w_{i,k}$ – коефіцієнт i -го критерію оцінювання розумності соціополісу, який надається k -м експертом, $0(1)M$ –діапазон значень оцінок від 0 до M , крок – 1. K – кількість експертів, а M – кількість критеріїв. Проаналізуємо оцінювання, яке проводили 10 експертів за 6 критеріями [116].

У Додатку Е зображено критерії, за якими проводиться оцінювання.

За ним середнє значення вагових коефіцієнтів для i -го критерію оцінювання розумності соціополісу можна визначити наступним чином:

$$\tilde{W}^c = \left\{ w_i^c = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{i,k}, i = \overline{1, M} \right\} \quad (3.14)$$

В базі даних зберігається сукупність оцінок, виставлених кожним експертом, що бере участь в процедурі оцінювання. В базу даних також внесені коефіцієнти вагомості експертів. Початкові значення коефіцієнтів вагомості експертів, взяті емпірично, із врахуванням їх кваліфікації. В таблиці 3.1 зображено вагові коефіцієнти відібраних експертів та обчислення ваги оцінок кожного з експертів.

Критеріями встановлення компетентності були авторитетність та довіра до експертів, фаховість та освіченість.

$\sum_{j=1}^{KR} y_{ij}$ - сума рангів, отриманих i -им експертом у KR ранжуваннях (KR це кількість критеріїв). Чим менше число в результуючому рангу, тим важливіший експерт, та більше треба прислухатись до його думки.

Найдосвідченішим експертом є 3 експерт (адже має найменшу суму рангів), а «найслабшим» 6. δ це вага думки кожного експерта. Їхнім думкам надається ваги $\delta_3 = 2$ та $\delta_6 = 1$ відповідно. Це робиться для розрахунку ваги думок кожного

з експертів. Для цього потрібно визначити коефіцієнти a та c . Визначити їх можна за допомогою δ_3 та δ_6 .

Розрахунок a та c виконується за допомогою розв'язання наступного рівняння:

$$\delta_1 = a + c \sum_{j=1}^{KR} y_{ij} \quad (3.15)$$

Для визначення коефіцієнтів a та c розв'яжемо систему з рівнянь

$$\begin{cases} 2 = a + c6 \\ 1 = a + c24,5 \end{cases}$$

Щоб визначити комплексний показник розумності соціополісу використаємо всю сукупність оцінок експертів - учасників оцінювання, враховуючи вагу думки кожного з них. Визначення комплексних показників розумності досягається сукупністю оцінок, які надають експерти. Для цього введемо множину оцінок розумності соціополісу, які виставляє кожен експерт за певним критерієм оцінювання його діяльності:

$$\tilde{U} = \{u_i = [0(1)10], i = \overline{1, M}\}, \quad (3.16)$$

де u_i - оцінка розумності соціополісу, яку надає експерт за i -им критерієм. Кожна окрема оцінка за відповідним критерієм, яку надає кожен експерт, належить цій множині:

$$\tilde{X} = \{\tilde{X}_i = \{x_{i,k} \in u_i, k = \overline{1, K}\}, i = \overline{1, M}\}, \quad (3.17)$$

Таблиця 3.1

Критерії компетентності експертів та вага думки кожного з експертів

Критерій компетентності	Номер експерта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Авторитетність	7,5	10	1	6	5	7,5	2	3	9	4
Посада	4	2	2	8	5	10	2	6	7	
Освіченість	10	6	3	8	2	7	5	5	6	4
$\sum_{j=1}^{KR} y_{ij}$	21,5	18	6	22	12	24,5	9	15	20	14
Результуючий ранг	8	6	1	9	3	10	2	5	7	4
δ	1,16	1,35	2	1,14	1,68	1	1,84	1,51	1,24	1,57

де $x_{i,k}$ - оцінка розумності соціополісу за i -им критерієм, яку проводить k -ий експерт. Для експертів вводиться поняття комплексного показника експертного оцінювання розумності соціополісу за відповідним критерієм, який можна обчислити за такою формулою:

$$\tilde{G} = \{\tilde{G}_i = \{g_{i,k} = x_{i,k}w_{i,k}\delta_k = \overline{1,K}\}, i = \overline{1,M}\}, \quad (3.18)$$

де $g_{i,k}$ - комплексний експертний показник розумності за i -им критерієм, який наданий k -им експертом з врахуванням ваги самого критерію та ваги думки експерта. Для узагальненого експерта комплексний експертний показник розумності соціополісу за відповідним критерієм обчислимо за такою формулою:

$$\tilde{\tilde{G}} = \left\{ \tilde{\tilde{G}}_i = \left\{ g_{i,k+1} = \frac{\sum_{j=1}^K x_{i,j}w_{i,j}\delta_j}{\sum_{j=1}^K \delta_j}, k = \overline{1,K} \right\}, i = \overline{1,M} \right\}, \quad (3.19)$$

де $g_{i,k+1}$ - комплексний експертний показник розумності соціополісу за i -им критерієм його оцінювання, який стосується узагальненого $(K+1)$ -го експерта.

Якщо врахувати, що оцінку розумності ($x_{i,k}$) експерти подають на основі 10-бальної шкали, вагові коефіцієнти кожного критерію $w_{i,k}$ проставляють в межах від 0 до 10, а коефіцієнт важливості експерта δ_k – безрозмірна величина від 1 до 2, то комплексний експертний показник розумності соціополісу ($g_{i,k}$) набуває значення від 0 до 100. Для визначення комплексного сумарного показника розумності для кожного з експертів використаємо формулу:

$$\tilde{D} = \left\{ d_k = \delta_j \sum_{i=1}^M x_{i,k}w_{i,k} / \sum_{i=1}^M w_{i,k}, k = \overline{1,K} \right\}, \quad (3.20)$$

Комплексний узагальнений показник для усіх експертів загалом обчислимо за такою формулою:

$$d^y = \frac{\sum_{k=1}^K d_k}{\sum_{k=1}^K \delta_j} \quad (3.21)$$

В таблиці 3.2 наведено результати розрахунку комплексних показників розумності соціополісу та їхні середні значення з врахуванням вагових

коєфіцієнтів критеріїв оцінювання, а також вагомості думки кожного експерта як окремо, так і узагальнену.

Таблиця 3.2

Результати розрахунку комплексних показників розумності соціополісу та їхні усереднені значення

Критерії оцінювання	Показники експертів										Середні значення	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Показника	оцінок
Розумна економіка	32	35	45	32	36	50	24	28	40	56	37,8	4,6
Розумні люди	35	40	40	50	54	42	50	28	45	42	42,6	5,2
Розумне керівництво	80	32	63	24	60	70	35	30	56	54	50,4	5,7
Розумне середовище	48	64	42	70	80	72	56	54	45	54	58,5	7,1
Розумне життя	40	63	36	30	35	48	24	35	24	54	38,9	5,4
Розумна мобільність	27	45	40	40	21	60	63	36	25	21	37,8	4,7
Середні оцінки експертів	5,5	5,6	5,5	5	5,6	6,3	5,3	4,6	5	5,8	5,42	5,5
Оцінки експертів з врахуванням їхньої вагомості	6,38	7,56	11	5,7	9,41	6,3	9,75	6,95	6,2	9,11	7,85	7,97

3.6. Візуалізація результатів оцінювання

Одним з авторських доповнень в інформаційно-технологічній реалізації запропонованого методу полягає в розробленні процедур візуалізації результатів оцінювання соціополісів за різними критеріями з використанням пелюсткових діаграм.

Реалізуючи останній крок методу, що використовується в дисертаційній роботі, необхідно виконати наступні етапи:

- По-перше, обґрунтувати необхідність подання результатів у вигляді пелюсткової діаграми, яка надає можливість через зображення презентувати результат оцінювання;

- По-друге, сформулювати висновки, які виходять з результатів оцінювання та надати рекомендації щодо використання розробленої методики візуалізації інформації.

- По-третє, подати надані експертами оцінки у вигляді полярної діаграми.

Актуальні дослідження [118-120] підтверджують той факт, що бізнес аналітик підвищу свою продуктивність роботи на 17%, якщо використовує дані, подані у візуальній формі одним або декількома способами.

Фахівці відзначають [121,122], що завдяки візуалізації інформації людина може запам'ятати малопомітні деталі, які при поданні інформації у формі тексту не привернули б її уваги. Серед найпоширеніших способів візуалізації слід виділити такі як графіки, діаграми, інфографіки, схеми, карти, картограми та інші.

Принагідно зазначимо, що графік це наочне зображення кількісної залежності показників різних явищ та процесів. За аналогією конспективно подано тлумачення ще ряду термінів, таких як діаграма - графічне зображення, що у вигляді певних графічних позначень може показувати представлення даних — співвідношення між різними величинами, які порівнюються; схема - спрощене зображення, викладення чогось у загальних, основних рисах; картограма — географічне зображення, на якому розмір об'єктів або відстані залежать від показника, відмінного від площі або дистанції; картограми – спосіб подання даних, який використовується для зображення відносних статистичних показників за адміністративно-територіальними одиницями; інфографіка — це графічне візуальне подання інформації, даних або знань, призначених для швидкого та чіткого відображення комплексної інформації. Вона може покращити сприйняття інформації, використовуючи графічні матеріали для того, щоб підвищити можливості зорової системи людини.

В результаті проведеного аналізу найзручнішим при поданні результатів експертного системного оцінювання параметрів сталого зростання соціополісів виявилися пелюсткові діаграми.

Пелюсткова діаграма як графічне відображення абстрактних даних є двовимірною, з не менше як з трьома змінними (векторами), які є критеріями, за якими проводиться оцінювання. Ці змінні відображають на осях, що мають спільний початок.

Для побудови полярних діаграм комплексні експертні показники «розумності» соціополісу представимо як вектори системи координат полярного типу, які утворюють пелюсткові діаграми для кожного експерта зокрема і узагальненої думки експертів. Кожному визначеному вектору надається відповідна довжина і кут, що він утворює з попереднім вектором. При цьому довжину вектору окреслює кількісний комплексний показник розумності соціополісу за відповідним критерієм.

Знаходження координат вершин неправильного багатокутника 1,2,...,6 (див. рис. 3.8) проводимо відповідно до обраного методу обрахунку. У разі різної впливовості критеріїв на розумність соціополісу кути між відповідними векторами з врахуванням (3.13) можна визначити за такою формулою:

$$\bar{B}_k = \left\{ \beta_{i,k} = 2\pi w_{i,k} / \sum_{j=1}^M w_{j,k}, i = \bar{1}, M \right\}, k = \bar{1}, K \quad (3.22)$$

Результат оцінювання певним експертом за кожним критерієм подаємо у вигляді векторів полярної системи координат, які утворюють полярну діаграму. Кожен вектор має такі показники, як кут нахилу та довжину. На рисунку 3.7 зображено пелюсткову діаграму для обчислення розумності соціополісу при проведенні оцінювання за вісімнадцятьма однаково важливими критеріями. В такому випадку кут між векторами обчислюється за наступною формулою: $\beta = 2\pi/N$ де N – кількість критеріїв.

Довжина кожного вектору дорівнює кількісному показнику оцінки за відповідним критерієм. В ідеальному випадку довжина кожного з векторів має дорівнювати 100% (в цьому випадку на рисунку 3.7 має дорівнювати 1). Зазвичай, реальна довжина кожного вектору є меншою від 100% чи 1, що відповідає

реальній ситуації, яка склалась в соціополісі за кожним з критеріїв. Кут між векторами визначає силу впливу певного критерію на результат оцінки експертів розумності соціополісу, адже чим більший кут між векторами, тим більший сектор займає цей критерій, отже від показників цього критерію і залежить загальна доля результату оцінювання. Саме тому важливо оцінювати спершу вплив кожного з критеріїв оцінювання розумності соціополісів і після цього оцінювати значення цих критеріїв.

У випадку неоднакового впливу критеріїв на оцінку розумності соціополісів, кути між відповідними векторами можна визначити за формулою:

$$\tilde{\beta} = \left\{ \beta_1 = \frac{2\pi w_j}{\sum_{i=1}^N w_i}, j = \overline{1, N} \right\} \quad (3.23)$$

Де $\overline{W} = \{w_i, j = \overline{1, N}\}$ - ваговий коефіцієнт j -го критерію оцінювання розумності соціополісу, який відповідає оцінці певного експерта.

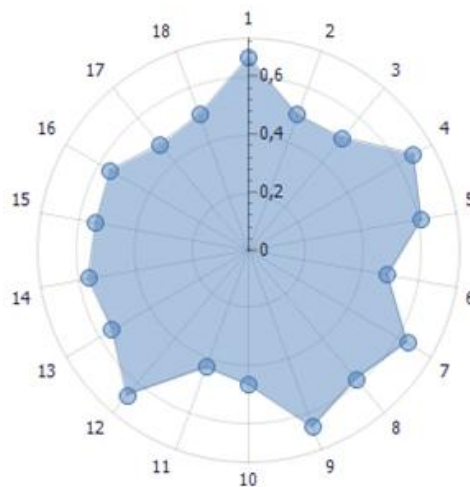


Рис. 3.7. Подання результатів експертного оцінювання «розумності» соціополісу у вигляді пелюсткової діаграми.

Зобразимо кожен критерій у вигляді вектору в полярній системі координат і об'єднаємо точки їхніх вершин, таким чином отримуємо неправильний багатокутник (на рис.3.7. багатокутник 1,2,3,4,...,17,18), площа якого комплексно кількісно і якісно характеризує оцінку розумності соціополісу за всіма характеристиками одночасно. За формою отриманих багатокутників отримуємо

візуальну якісну характеристику розумності за усіма критеріями одночасно, а форма секторного багатокутника – за відповідним критерієм.

Різниця між загальною площею круга та площею багатокутника ($\Delta S_{\text{кр}} = S_{\text{кр}} - S_{\text{бк}}$) буде тою часткою, яку ще потрібно досягти на даний момент для отримання статусу «розумний соціополіс». Якщо поділити площу багатокутника на сектори, то отримаємо оцінку розумності лише за певним критерієм більш наглядно зображена така оцінка на рисунку 3.8.

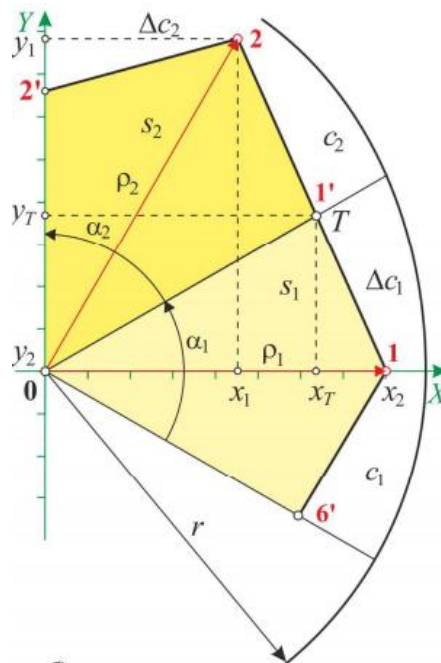


Рис. 3.8 Поділ багатокутника на сектори за певними критеріями.

Для того, щоб цей метод візуалізації оцінки розумності соціополісів був коректним потрібно, щоб виконувались деякі умови, а саме:

- Кількість критеріїв має бути не менше трьох.
- Початковий критерій має знаходитись на додатній осі ординат
- Полярність сектора з бічними променями, які відходять під кутом α , можна було поділити навпіл вектором-критерієм.

Для знаходження площ кожного з багатокутників наведемо відповідну розрахункову схему (рис. 3.8), на якій залишаються невідомими координати точок 1' та 6'. Точка T утворюється внаслідок перетину відрізка [2, 1] з бічним променем

$[0, 1')$ полярного сектора. Тут відрізок $[2, 1]$ є стороною неправильного багатокутника $1,2,\dots,6$, побудованого у декартовій системі координат, а промінь $[0, 1')$ знаходиться під кутом $\alpha/2$ до променя $[0, 6')$ у полярній системі координат. Тепер знайдемо координати точки T за наступним алгоритмом.

З рис. 3.8 видно, що відрізок $[2, 1]$ можна задати координатами двох точок – вершинами векторів ρ_2 і ρ_1 , а саме $2(x_1, y_1)$ і $1(x_2, y_2)$. Щоб знайти аналітичний вираз цього відрізка використаємо лінійну інтерполяцію. Її вираз опишемо алгебраїчним двочленом $f(x) = ax + b$, який задамо двома кінцями відрізка $[2, 1]$. Геометрично це означає заміну графіка функції $f(x)$ прямою, що проходить через точки $2(x_1, y_1)$ і $1(x_2, y_2)$. Рівняння цієї прямої матиме наступний вигляд:

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \quad (3.24)$$

Звідси отримаємо формулу лінійної інтерполяції:

$$y = y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} * (x - x_1), \quad (3.25)$$

З використанням інтерполяції зможемо знайти значення абсциси точки T . Для знаходження значення абсциси точки T використаємо наступну формулу:

$$y = y_0 + (x - x_0) \sin \alpha_1/2 \quad (3.26)$$

Де x_0 і y_0 це розрахункові координати центра полярної системи координат. Прирівнявши вирази (3.25) і (3.26) отримаємо:

$$y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} * (x - x_1) = y_0 + (x - x_0) \sin \frac{\alpha_1}{2} \quad (3.27)$$

Знайдемо з цього виразу значення x

$$x = \frac{y_0 - y_1 + Ax_1 - x_0 \sin \frac{\alpha_1}{2}}{A - \sin \frac{\alpha_1}{2}}, \text{ де } A = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (3.28)$$

За допомогою формули (3.28) можна обчислити значення ординати точки T , після цього значення абсциси точки T можна обчислити за допомогою формул (3.26) або (3.25).

За таким принципом знайдемо значення точки b' . Тепер, маючи координати всіх точок секторного багатокутника ми можемо обчислити площу цього багатокутника, для цього використовуємо наступну формулу:

$$s_1 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^4 |y_i x_{i+1} - x_i y_{i+1}|, \quad (3.29)$$

Де y_i, x_i - координати вершин секторного багатокутника.

Також обчислимо загальну площу сектора (c_1) за формулою

$$c_1 = \pi r^2 \alpha_1 / 2 \quad (3.30)$$

Для знаходження координат усіх точок багатокутника потрібно узагальнити наведені вище вирази (3.25), (3.26) та (3.26) і отримаємо таку систему математичних рівнянь:

$$\begin{cases} A_j = \frac{y_j - y_{j+1}}{x_j - x_{j+1}}, j = \overline{1, N} \\ x_j^T = \frac{y_0 - y_{j+1} + A_j x_{j+1} - x_0 \sin \frac{\alpha_j}{2}}{A_j - \sin \frac{\alpha_j}{2}}, j = \overline{1, N} \\ y_j^T = \begin{cases} y_{j+1} + A_j (x_j^T - x_{j+1}) \\ y_0 + (x_j^T - x_0) \sin \frac{\alpha_j}{2} \end{cases}, j = \overline{1, N} \end{cases} \quad (3.31)$$

Таким чином, з допомогою розрахунку площ секторних багатокутників обчислюємо і подаємо візуально результати оцінювання «розумності» соціополісу за різними критеріями. Запропонований алгоритм надає змогу визначити стан розвитку соціополісу за кожним з критеріїв, який отриманий на основі оцінок експертів, а також демонструє, які галузі потрібно ще розвинути для досягнення статусу «розумний» соціополіс.

А для середнього значення оцінок розумності соціополісу (тобто, $k = K+1$) формула матиме вигляд

$$\bar{B}_k = \left\{ \beta_{i,k} = 2\pi w_i^c / \sum_{j=1}^M w_j^c, i = \overline{1, M} \right\}, k = K + 1 \quad (3.32)$$

Оскільки область полярного сектора з кутом β_j має бути поділена навпіл векторами-критеріями (формула (3.23)), то перший вектор-критерій має знаходитися на осі ординат у декартовій системі координат. Тому початок відліку кута $\beta_{1,k}$ ($\forall k \in K+1$), який відповідає 1-му полярному сектору, почнемо зі значення кута $\alpha_{1,k} = -\beta_{1,k}/2$ ($\forall k \in K+1$), а всі інші кути обчислимо за такою формулою

$$\widetilde{A}_k = \left\{ \alpha_{i,k} = -\frac{\beta_{i,k}}{2}; \alpha_{i-1,k} + \beta_{i,k}, i = \overline{2, M} \right\}, k \in K + 1 \quad (3.33)$$

Значення абсциси вершини вектору-критерію у декартовій системі координат кожного вектору-критерію можна визначити за такою формулою:

$$\widetilde{A}_k = \{a_{i,k} = g_{i,k} \sin(\alpha_{i,k}), i = \overline{1, M}\}, k \in K + 1 \quad (3.34)$$

а значення його ординати – за формулою

$$\widetilde{B}_k = \{b_{i,k} = g_{i,k} \cos(\alpha_{i,k}), i = \overline{1, M}\}, k \in K + 1 \quad (3.35)$$

де: $a_{i,k}$, $b_{i,k}$ – відповідно значення абсциси і ординати вершини i -го вектора-критерію у декартовій системі координат, який стосується k -го експерта. Для того, щоб переконатися у правильності виконання розрахунків, потрібно виконати таку перевірку

$$\widetilde{C}_k = \left\{ c_{i,k} = \sqrt{a_{i,k}^2 + b_{i,k}^2}, i = \overline{1, M} \right\}, k \in K + 1 \quad (3.36)$$

Якщо $g_{i,k} = c_{i,k}$ ($\forall i, k$), то розрахунки виконано правильно. В іншому випадку потрібно перевірити правильність виконання попередніх розрахунків.

Як було зазначено вище, форма неправильного багатокутника, побудованого за вершинами векторів-критеріїв, для будь-якого експерта дає комплексну оцінку розумності соціополісу за вибраними критеріями його оцінювання. Водночас, отримана площа багатокутника буде кількісно характеризувати розумність соціополісу за всіма критеріями. Знаходження площі багатокутника на основі координат вершин проводиться за формулою

$$S_k^{\text{бк}} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^M |a_{i,k} b_{i+1,k} - b_{i,k} a_{i+1,k}|, k \in K + 1 \quad (3.37)$$

Для встановлення частки розумності соціополісу, яку ми маємо на даний момент потрібно поділити площу багатокутника на площу круга, в якому знаходиться цей багатокутник:

$$z_k = \frac{S_k^{\text{бк}}}{\pi r^2}, k \in K + 1 \quad (3.38)$$

де: z_k – частка розумності соціополісу на даний момент, яку визначено на основі даних k -го експерта; r – радіусу круга. Таким чином, комплексний показник оцінювання розумності соціополісу ($g_{i,k}$) набуватиме максимального значення 100, а радіус круга складатиме 100 одиниць. Незаповнена ж площа круга – та частка, яку ще потрібно вдосконалити та розвинути в соціополісі для досягнення статусу «розумний соціополіс». З наведеного вище матеріалу видно, що у цьому дослідженні розроблено методику візуалізації результатів комплексного експертного оцінювання розумності соціополісів, яка полягає у тому, що результатом оцінювання є множина неправильних багатокутників, побудованих у полярній системі координат за оцінками окремих експертів з врахуванням важливості кожного з критеріїв оцінювання і вагомості самих експертів. Такий механізм візуалізації інформації надає можливість якісно та кількісно подати множини значень комплексних показників розумності соціополісу для експертів громадських діячів та громади. Такі результати можна отримати за допомогою будь-яких опитувань різних експертів. Запропонована методика є придатною для подання множини результатів опитувань експертів з поділом на необмежену кількість ролей учасників оцінювання розумності соціополісу з врахуванням вагомості кожного з них. Також розроблено алгоритми розрахунку площі багатокутника, секторних багатокутників, розроблено систему критеріїв для оцінки розумності соціополісів. Знання площі багатокутника візуально дає змогу визначити ті напрямки, які ще потребують додаткового розвитку для отримання соціополісом статусу «розумний» [117].

Формування інноваційного високоефективного “соціального” капіталу завдяки широкомасштабному використанню сучасні інформаційних та комунікаційних технологій стають стратегічним підходом для розвитку розумних міст. Сучасні міста реалізують концепцію побудови комфортного міського соціально-комунікативного середовища та запровадження найновіших інформаційних технологій та інноваційно-технологічних платформ для ефективного функціонування найрізноманітніших міських служб. Соціальна складова у таких містах поєднується в середовище так званих "м'яких" доменів, а комунальна інженерна інфраструктура - у середовищі "жорстких" доменів.

Всебічне впровадження інноваційних інформаційних, комунікаційних та соціально-комунікаційних технології покращать якість навколишнього середовища та рівень життя в сучасних умовах містах, як правило, пропагуються як Розумні міста.

При використанні методики обчислення для обраних критеріїв кожного з вагових коефіцієнтів для індикатора «розумності», важливим фактором є фаховість особи, що визначає процедуру ухвалення кінцевого рішення. Обраховуючи вагу індикатора «розумності» у порівнянні з іншим індикатором, обираючи кожне рішення, слід міркувати максимально виважено та об'єктивно. Запропонована система, базуючись на суб'єктивних оцінках, сприяє поєднанню думок за різними показниками, з використанням критеріїв. Підсумкові результати є комбінованим значенням, обрахованим за оцінками різних експертів на основі багатьох критеріїв. Оцінки, подані лінгвістично, у формі тверджень переводяться у нечіткі значення. Таким чином, на основі отриманої від експертів інформації можна формувати рекомендації та надавати «вичерпні консультації», які дозволяють оцінювати наслідки того чи іншого управлінського втручання.

Пропоновані при цьому інформаційною системою рекомендації є доволі зручними у використанні як особами, котрі приймають рішення, так і для розуміння пересічними мешканцями.

3.7 Застосування методу нечіткої логіки для оцінки сталого розвитку «розумних» соціополісів

Як вже зазначалося для оцінки параметрів розвитку міст, які претендують на статус «розумних», запропоновано застосовувати метод, що ґрунтується на використанні апарату нечіткої логіки.

Базова структура оцінок «розумного міста» подається з використанням матриці [54]:

$$\begin{array}{cccc}
 & G_1 & \cdots & G_J \\
 A_1 & \varphi_{11} & \cdots & \varphi_{1J} \\
 \vdots & \vdots & & \vdots \\
 A_i & \varphi_{i1} & \cdots & \varphi_{iJ}
 \end{array} \quad (3.39)$$

де G_j відображає мету або основні характеристики «розумного» міста;

$G_J = \{G_1, G_2, \dots, G_J\}$ є набором J характеристик «розумного міста», A_i є альтернативою або варіантом $A_J = \{A_1, A_2, \dots, A_J\}$ є набором взаємовиключних планів; φ_{ij} вказує результат плану A_i щодо мети G_J .

Зазвичай ваги $\{w_1, w_2, \dots, w_J\}$ вводяться для подання різних значень характеристик.

Метод сприяє присвоєнню m альтернативам A_1, \dots, A_m їх ваги.

n експертів J_1, \dots, J_n висловлюють своє бачення по критеріях C_1, \dots, C_k [57]. Подана інформація виражена нечіткими трапецевидними числами, отриманими для

$$(\alpha / \beta, \gamma / \delta) \quad (3.40)$$

де a, b, g, d – дійсні числа, які задовольняють співвідношення $a \leq b \leq g \leq d$, [56].

Нечіткі трапецевидні числа доцільніше застосовувати, оскільки вони зручніші в контексті експертних оцінок. При виставленні експертом оцінки “близько 7”, її можна передати як еквівалент цифрового подання $6/7, 7/8$, а оцінку “між 6 і 7” передається наступним цифровим поданням - $6/6, 7/7$.

Ваги показників обчислюються таким шляхом:

1. Експерти подають оцінку показників через критерії та індикатори, по мірі важливості кожного з них, присвоюючи вагові коефіцієнти в інтервалі значень $[0, L]$.

На основі критеріїв формуємо матрицю:

$$T = \begin{array}{c|cccc} & J_1 & J_2 & \dots & J_n \\ \hline C_1 & & & & \\ C_2 & & & & \\ \vdots & & & & \\ C_k & & \bar{b}_{kj} & & \end{array} \quad (3.41)$$

$$\text{де } \bar{b}_{kj} = \varepsilon_{kj} / \zeta_{kj}, \eta_{kj} / \theta_{kj} \quad (3.42)$$

і альтернативною матрицею буде:

$$T_k = \begin{array}{c|cccc} & J_1 & J_2 & \dots & J_n \\ \hline A_1 & & & & \\ A_2 & & & & \\ \vdots & & & & \\ A_m & & a_{ij}^{-k} & & \end{array} \quad (3.43)$$

для кожного критерію $C_k (1 \leq k \leq K)$, де a_{ij}^{-k} виражається як:

$$a_{ij}^{-k} = \left(a_{ij}^{-k} / \bar{b}_{ij}^{-k}, \gamma_{ij}^{-k} / \bar{\delta}_{ij}^{-k} \right) \quad (3.44)$$

2. Ваги оцінок визначаються двома шляхами:

а) Оцінку кожного експерта виражають через J_i ваговий коефіцієнт, який відповідає критеріям, поданих в (3.44):

$$\bar{w}_{ij} = \left(\frac{1}{KL} \right) \otimes \left[\left(a_{ij}^{-1} \otimes \bar{b}_{1j} \right) \oplus \dots \oplus \left(a_{ij}^{-k} \otimes \bar{b}_{kj} \right) \right] \quad (3.45)$$

і визначається для всіх оцінок; а середнє зважене нечіткого вагового коефіцієнту \bar{w}_{ij} буде:

$$\bar{w}_i = \left(\frac{1}{nL} \right) \otimes \left[\bar{w}_{i1} \oplus \dots \oplus \bar{w}_{in} \right] \quad (3.46)$$

що знову-таки нечітке число. Символами \otimes, \oplus позначаються знаки нечіткого множення і додавання, відповідно. Наприклад, якщо $A=(1,2,3,4)$ і $B=(2,3,3,4)$: $A \otimes B=(1 \cdot 2, 2 \cdot 3, 3 \cdot 3, 4 \cdot 4)=(2,6,9,16)$ і $A \oplus B=(1+2, 2+3, 3+3, 4+4)=(2,6,9,16)$.

б) Експерт J_i висловлює свою думку як нечітке число $\bar{a}_{ij} = (a_{ij}^k / b_{ij}^k, \gamma_{ij}^k / \delta_{ij}^k)$ і $\bar{b}_{kj} = (\varepsilon_{kj} / \zeta_{kj}, \eta_{kj} / \theta_{kj})$ тоді середні значення визначаються:

$$\alpha_{ik} = \sum_{j=1}^n \frac{\alpha_{ij}^k}{n} \tag{3.47}$$

щоб отримати

$$\bar{m}_{ik} = (\alpha_{ik} / \beta_{ik}, \gamma_{ik} / \delta_{ik}) \tag{3.48}$$

Таблиця 3.3

Матриця критеріїв

Критерії	J1	J2	J3	J4	J5															
Розумна економіка	4	5	5	6	5	5	5	5	6	7	7	8	4	5	6	7	6	6	7	7
Розумне навколишнє середовище	6	7	7	8	5	5	5	5	7	8	8	9	5	5	7	7	7	8	8	8
Розумна економіка і мобільність	8	8	9	9	6	7	8	9	6	6	7	7	7	7	8	9	6	6	6	6
Розумне управління	4	5	6	7	5	5	6	6	4	6	7	7	5	5	6	6	5	6	6	7

$$\bar{n}_k = \varepsilon_k / \zeta_k, \eta_k / \theta_k$$

(3.12)

$$\bar{w}_i = \left(\frac{1}{KL} \right) \otimes [(\bar{m}_{i1} \otimes \bar{n}_1) \oplus \dots \oplus (\bar{m}_{iK} \otimes \bar{n}_K)] \tag{3.49}$$

3. Після того, як значення $(\bar{\alpha}_{ij}^k, \bar{b}_{kj})$ або $(\bar{m}_{iK}, \bar{n}_K)$ отримано, вагові коефіцієнти можуть бути виражені як:

$$(W_i[L_1, L_2] / X_i, Y_i / Z_i[U_1, U_2]) \tag{3.14}$$

де схема функції приналежності [123]:

- нуль зліва від W_i ,

$$L_1 \cdot y^2 + L_2 \cdot y + W_i = x_B [W_i, X_i] \tag{3.50}$$

- горизонтальна лінія для $(X_i,1)$ до $(Y_j,1)$

$$U_1 \cdot y^2 + U_2 \cdot y + Z_i = x \quad \text{в} \quad [Y_i, Z_i] \quad (3.51)$$

- нуль справа від Z_i , з:

$$W_i = \sum_{k=1}^K \frac{\alpha_{ik} \cdot \varepsilon_k}{K \cdot L} \quad \text{..(3.52)}$$

$$X_i = \sum_{k=1}^K \frac{\beta_{ik} \cdot \zeta_k}{K \cdot L} \quad (3.53)$$

$$Y_i = \sum_{k=1}^K \frac{\gamma_{ik} \cdot \eta_k}{K \cdot L} \quad (3.54)$$

$$Z_i = \sum_{k=1}^K \frac{\delta_{ik} \cdot \theta_k}{K \cdot L} \quad (3.55)$$

$$L_1 = \sum_{k=1}^K \frac{(\beta_{ik} - \alpha_{ik}) \cdot (\zeta_k - \varepsilon_k)}{K \cdot L} \quad (3.56)$$

$$L_2 = \sum_{k=1}^K \frac{a_{ik} \cdot (\zeta_k - \varepsilon_k) + \varepsilon_k (\beta_{ik} - \alpha_{ik})}{K \cdot L} \quad (3.57)$$

$$U_1 = \sum_{k=1}^K \frac{(\delta_{ik} - \gamma_{ik}) \cdot (\theta_k - \eta_k)}{K \cdot L} \quad (3.58)$$

$$U_2 = - \sum_{k=1}^K \frac{\theta_k \cdot (\delta_{ik} - \gamma_{ik}) + \delta_{ik} (\theta_k - \eta_k)}{K \cdot L} \quad (3.59)$$

Елементи W_i, X_i, Y_i, Z_i є компонентами вагових коефіцієнтів (нечіткими числами), в той час, як умови L_1, L_2, U_1, U_2 є коефіцієнтами з 2-го порядку полінома, яким подаються ваги нечіткого числа.

Належність функцій:

$$\overline{m}_{ik} = (\alpha_{ik} / \beta_{ik}, \gamma_{ik} / \delta_{ik}) \quad (3.60)$$

$$\overline{n}_k = \varepsilon_k / \zeta_k, \eta_k / \theta_k \quad (3.61)$$

вони дорівнюють: 0 для $x \leq a$ і $x \geq d$ і $x \leq e$ та $x \geq \theta$ відповідно, дорівнює 1 для $b \leq x \leq g$ та $z \leq x \leq h$ відповідно. В середньому діапазоні, як між a_i та b^i належності функцій і лінійних можна виразити за допомогою:

$$x_i = (\beta_i - \alpha_i) \cdot y + \alpha_i \quad (3.62)$$

Таблиця 3.4

Показники матриці, оцінені для критеріїв розумного управління

Критерії "розумного міста"																				
	J1				J2				J3				J4				J5			
1	1	1	2	2	2	2	3	3	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2
2	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	1	1	2	2
3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	1	1	2	2
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	1	1	2	2
6	6	6	7	7	7	7	8	8	5	6	7	8	7	7	8	8	7	7	9	9
7	7	7	7	7	7	7	8	8	7	7	9	9	6	6	8	8	6	7	8	9
8	3	4	5	5	4	4	6	6	2	2	3	3	2	2	4	4	3	3	3	3
9	7	7	8	8	6	6	8	8	6	7	8	8	8	8	9	9	8	8	8	8
10	7	8	8	8	8	8	9	9	6	6	8	8	7	7	7	8	7	7	9	9
11	5	5	6	6	4	4	5	6	5	5	5	5	6	6	6	6	4	4	6	6
12	9	9	9	9	6	6	8	8	7	7	8	8	6	7	8	9	5	6	7	8
13	6	6	6	6	6	6	7	7	6	6	8	8	5	5	9	9	5	6	6	7
14	2	2	3	3	3	3	4	4	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
15	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	3	3	1	1	1	1	1	1	2	2
16	2	2	3	3	3	3	3	3	1	1	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	5	5	6	6	5	5	6	6	4	4	6	6	6	6	6	6	5	6	7	7

Враховуючи, що нечіткі числа функцій приналежності ваг отримані, виявляться наступні співвідношення:

$$L_1 \cdot y_2 + L_2 \cdot y + W_i = x$$

$$U_1 \cdot y_2 + U_2 \cdot y + Z_i = x \quad (3.63)$$

отже, вага $\overline{w_i}$ виражається через $(W_i[L_1, L_2] / X_i, Y_i / Z_i[U_1, U_2])$.

4. Після отримання вагових коефіцієнтів, поданих нечіткими числами, дістаємо реальні числа або чіткі номери методом дефазифікації. Один з використаних методів ґрунтується на середніх значеннях і передбачає використання наступного співвідношення [123]

$$F(A_i) = \int_0^1 (1/2) \cdot [g_1(y | A_i) + g_2(y | A_i)] \text{ для}$$

$$= \frac{1}{6} \cdot (L_{1i} + U_{1i}) + \frac{1}{4} (L_{2i} + U_{2i}) + \frac{1}{2} \cdot (W_i + Z_i) \quad (3.64)$$

3.8 Гіпотетична модель «розумного» соціополісу

В прикладі розглядається гіпотетична модель «розумного» соціополісу. Модель отримана з застосуванням 5 оцінок за 4 критеріями, такими як розумна економіка, розумне середовище, розумна енергія, мобільність та розумне управління і 18 показників, поданих в Таблиці 3.1. Дану модель можна розширити до більшого числа оцінок, критеріїв і показників, що робить можливим, агрегацію більшої кількості вхідних даних. Для надання показникам в якості індикаторів однорідності які використовуються з метою їх подальшого порівняння, їх ваги обчислюються за допомогою нечіткої логіки [57].

Таблиця 3.5

Середні значення критеріїв.

n1j	5	5.6	6	6.6
n2j	6	6.6	7	7.4
n3j	6.6	6.8	7.6	8
n4j	4.6	5.4	6.2	6.6

Використовується наступна методологія: експерт подає нечіткими числами свою оцінку критеріїв та ранжування показників всіх критеріїв. Матриці критеріїв і показників, отримані для Smart Governance Criteria подані в Додатку Е, а показники відповідно у Таблиці 3.4.

Сформована база даних застосовується для визначення ваг середніх значень критеріїв і показників, що надаються експертами. Нечіткі середні значення n_k отримані для критеріїв і значень m_{ik} отримані згідно з i -показниками наведені в Таблиці 3.5 і для k -критеріїв відповідно у Додатку Є. Отримані компоненти ваг, наведені в Додатку Є. Для отримання ваг, «дефазифікація» проводиться з

використанням методу середнього значення, а потім нормується в середній вазі, як подано в Додатку Є.

Аналіз отриманих результатів засвідчує, що на основі виставлених експертами оцінок, «розумне місто» прямує до сталого розвитку, потребує безпечної системи громадського транспорту, забезпечення енергоресурсами і ефективних технологій переробки побутових відходів.

У дисертаційній роботі подана модель оцінювання «розумних» соціополісів з урахуванням попередньо обраних критеріїв (економіка, навколишнє середовище, енергетика і мобільність, управління) з різними вагами, що визначаються з використанням методів нечіткої логіки.

3.9 Реалізація параметризації моделей «розумних соціополісів»

Приведений вище етап дослідження дозволив отримати експертні оцінки «розумності» міста. За допомогою нечіткої логіки визначаємо ваги оцінювання за показником «мета розумного» соціополісу, який розташовується в межах проміжку від 0 (мінімум) до 100 (максимум). Запропонованим методом розрахунку як приклад було проведено відповідні обчислення для міст Павія, Бергамо, Комо, Салерно, Кремона, Рим, Фоджа, Рієті, Мілан та Неаполю. Результати подані в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

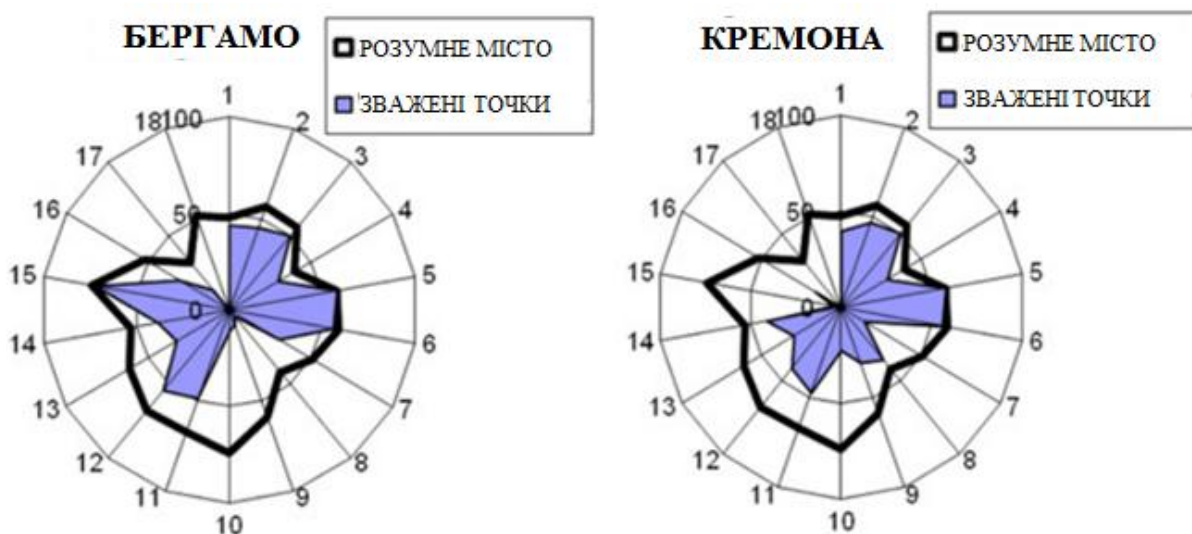
Індекси «розумних міст» Класифікація з нечіткими вагами

Павія	0,68
Бергамо	0,63
Комо	0,62
Кремона	0,56
Рим	0,56
Мілан	0,43

На рис. 3.9 представлено контури, які визначають умови «розумності» міста і контур «реального» стану для деяких міст. Сіра зона візуалізує «реальний» стан, оцінений за обраними 18 показниками. Межі зважують для деякого «ідеального», але не цілком утопічного міста. Зовнішня чорна лінія відображає значення без ваг. Рис. 3.9 ілюструє об'єктивні зміни які необхідно реалізувати для «розумного міста» через зважування оцінок визначених показників. Для кожного з досліджених міст відслідковувалися параметри, які характеризують стан «розумного міста», а також визначають параметри, які необхідно надалі вдосконалювати. З рисунку видно, що деякі параметри не відповідають концепції «розумного міста», разом з тим, частина відповідає їй повною мірою.

В процесі виконання дисертаційної роботи були підготовлені «Питальники» та процедури проведення опитування експертних груп по оцінці параметрів «розумності» населених пунктів, що входять до складу соціополісу «Трускавець». Експертне опитування пропонується проводити в середовищі депутатів рад різних рівнів, а також працівників муніципалітетів та відповідних урядовців.[124,125]

Запропоновані процедури можуть використовуватися в процесах формування та оцінки діяльності територіальних громад, що формуються в Україні в межах проведення адміністративної реформи з децентралізації владних повноважень.



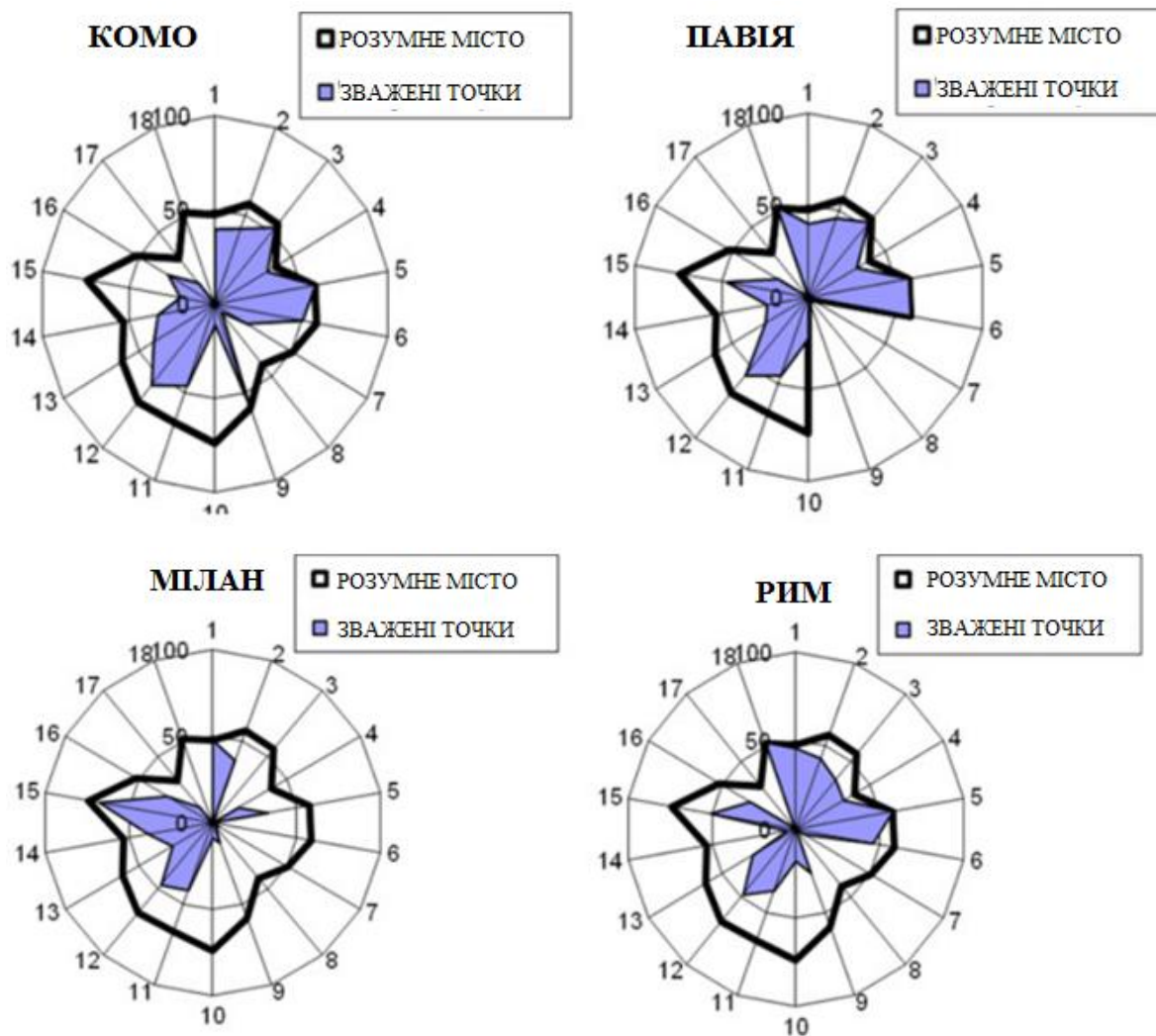


Рис. 3.9. Умови інтелектуальності міста і «реальний» план «розумного міста» з урахуванням вагових коефіцієнтів.

Висновки до третього розділу

На основі аналізу різних підходів до оцінювання розумності міст, дійшли висновку, що «Розумне місто» слід розглядати як населений пункт міського типу, якому притаманні 6 характеристик, що передбачають «розумне» поєднання обдарованості і активності саморегуляції, рішучості незалежних і обізнаних громадян.

Відзначено, що створення інструментів організаційного управління соціополісом Трускавець з використанням досягнень інформаційних технологій,

які включають передусім інтелектуальні системи та систему управління знаннями, дозволяє провести діагностику та прогнозування умов сталого розвитку та підвищення ефективності функціонування соціополісу Трускавець.

Запропоновано використовувати метод вибору експертів та оцінювання їх компетентності та зважування думки кожного з експертів. Обрано критерії для оцінювання розумності соціополісів, їхні вагові коефіцієнти для всіх експертів, які забезпечили достовірне подання наявного стану соціополісу.

Результат оцінювання певним експертом за кожним критерієм доцільно подавати у вигляді векторів полярної системи координат, які утворюють полярну діаграму.

При використанні методики обчислення для обраних критеріїв кожного з вагових коефіцієнтів для індикатора «розумності», важливим фактором є фаховість особи, що визначає процедуру ухвалення кінцевого рішення.

РОЗДІЛ 4 Прототип інформаційної системи рейтингового оцінювання «розумності» соціополісів

В попередньому розділі сформовано концептуальні засади для розроблення комплексу системних методів, засобів розрахунку процесів сталого розвитку характеристик соціополісів. Прикладні аспекти дослідження сфокусовані на прикладі курортного полісу «Трускавець», а базові математичні подання ґрунтуються на методах нечіткої логіки. Цей розділ дисертаційної роботи присвячений практичній реалізації та апробовуванню запропонованих підходів. Для зручності реалізації було обрано мову програмування С#, яка є мовою об'єктно-орієнтованого програмування з безпечною системою типізації для платформи .NET. Мова має цілий ряд позитивних характеристик та переваг до яких слід віднести наявність механізмів перевантаження операторів, підтримує поліморфізм, вказівники на функції-члени класів, атрибути, події, властивості, винятки, коментарі у форматі XML. Для роззосереджених обчислень сформована концепція віртуальної машини та машинно-незалежного байт-коду, свого роду посередника між вихідним текстом програм і апаратними інструкціями комп'ютера чи іншого інтелектуального пристрою.

З метою створення зручного та практично зрозумілого користувачеві інтерфейсу використано Windows Forms, який по суті є інтерфейсом програмування застосунків (API), що відповідає за графічний інтерфейс користувача і є частиною Microsoft .NET Framework. Даний інтерфейс спрощує доступ до елементів інтерфейсу Microsoft Windows за рахунок створення обгортки для існуючого Win32 API в керованому коді. Причому керований код - класи, що реалізують API для Windows Forms, що не залежать від мови розроблення. Тобто програміст може використовувати Windows Forms як при написанні програмного коду на С#, С++, так і на VB.Net, J# і ін. При побудові діаграми було залучено додаткові бібліотеки створені американською компанією DevExpress.

Для розробки прототипу інформаційної системи рейтингового класу використано середовище Microsoft VisualStudio for Desktop 2019, а саме – C# (Windows FormsApplication).

Microsoft VisualStudio – сімейство продуктів компанії Microsoft, що включають в себе інтегроване середовище розроблення програмного забезпечення (IDE – IntegratedDevelopmentEnvironment), а також ряд інших інструментальних засобів.

Вибір середовища розроблення зумовили наступні фактори. В першу чергу Visual C# — це компілятор C#, але це також і середовище, компоненти якого, взаємодіючи один з одним, спрощують процес розробки застосунків.

Компілятор Visual C# містить багато оригінальних зручних інструментальних засобів і поліпшених можливостей для створення Windows — застосунків.

Застосунки Windows прості у використанні, але створювати їх доволі складно. З метою полегшення роботи програмістів, фахівці Microsoft розробили бібліотеку Microsoft FoundationClasses — MFC. По суті, в MFC представлені практично всі функції WindowsAPI. У бібліотеці є засоби опрацювання повідомлень, діагностики помилок і інші засоби, звичні для застосунків Windows.

4.1 Опис інтерфейсу та принцип роботи

Інтерфейс прототипу інформаційної системи містить два діалогових вікна: вікно введення критеріїв показників, кількості експертів та їхніх оцінок, та вікно результатів, яке містить три вкладки середніх значень, таблиці ваг і вкладку з дефазифікацією та діаграмою.

При запуску застосунку користувач відкриває діалогове вікно, в якому він може обрати кількість критеріїв, кількість експертів та кількість показників. За замовчуванням всі ці дані рівні нулю. Після введення кількості всіх показників потрібно натиснути кнопку «Згенерувати таблиці», також можна скористатись функцією «Завантажити приклад» (в даному прикладі згенерований «еталонний» варіант для гіпотетичного «розумного» соціополісу[26]). Якщо обрати режим генерування таблиць можна сформовані таблиці заповнити з клавіатури. Якщо

натиснути кнопку «Завантажити приклад», вікно «Критерії» та «Показники» вже буде заповнено даними, які детально проаналізовані у третьому розділі дисертаційної роботи. (Рис 4.2) (Додаток Є)

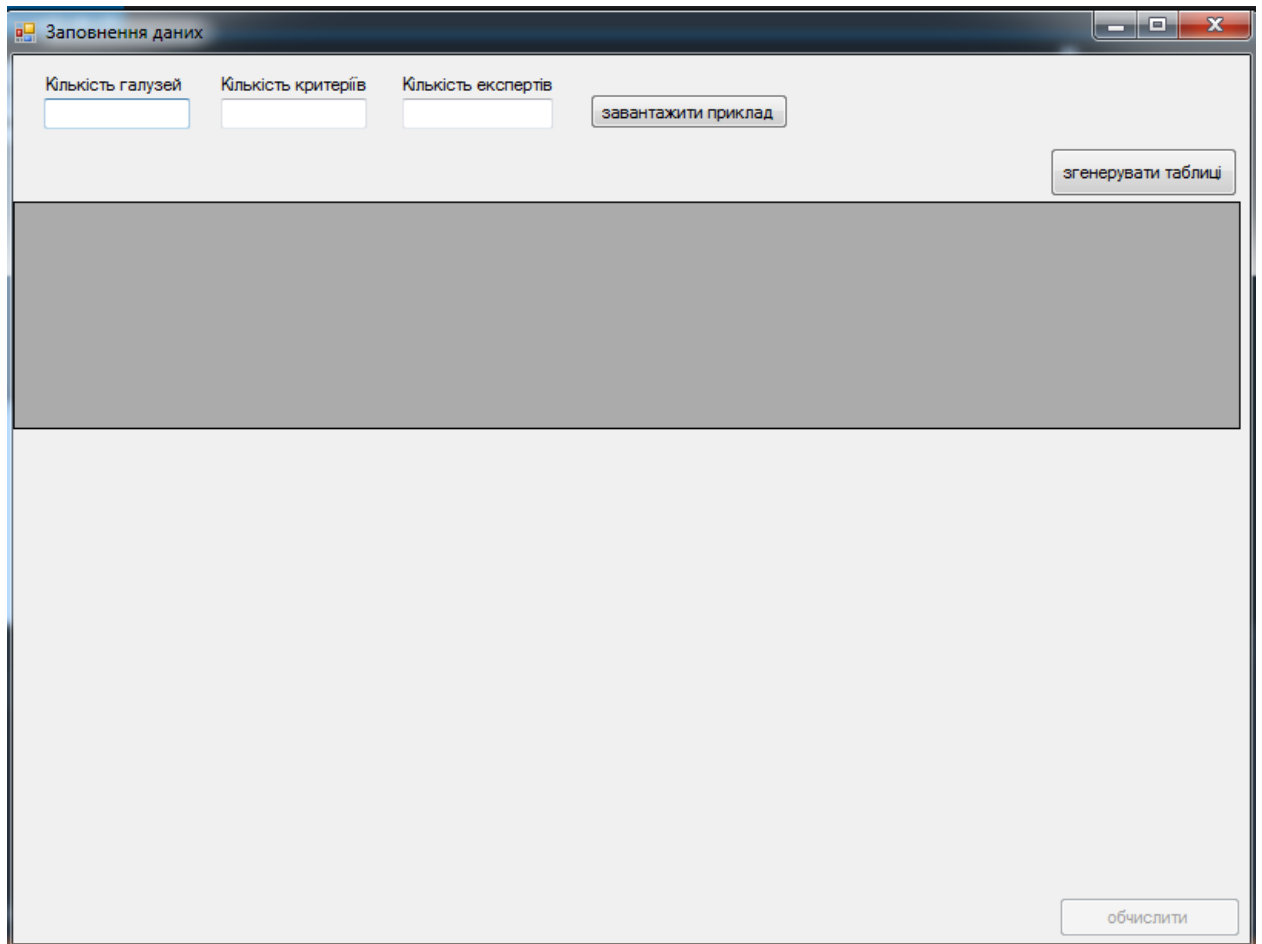


Рис 4.1. Порожнє діалогове вікно, після запуску застосунку

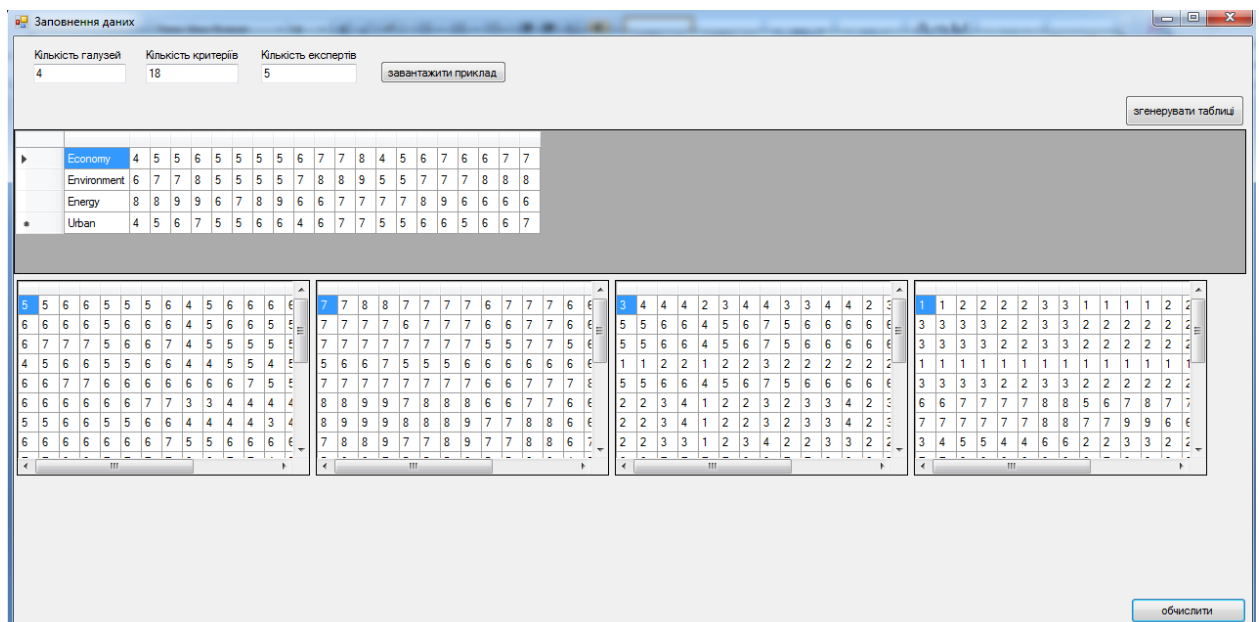


Рис.4.2 Вікно меню «Критерії та показники» при натисканні кнопки «завантажити приклад»

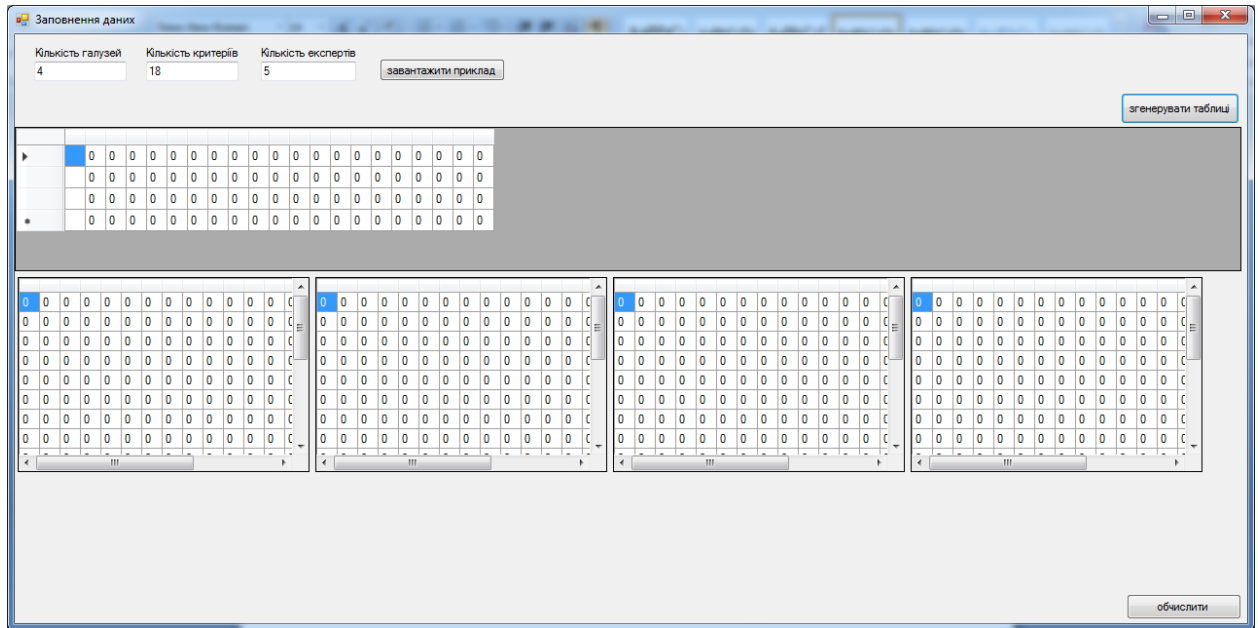


Рис.4.3 Вікно меню «Критерії та показники» при заповненні даних вручну та натискання кнопки «згенерувати таблиці»

Після того, як перейти до опції «Обчислити», програма переходить до діалогового вікна, що містить три вкладки: середніх значень, таблиць ваг і з даними про дефазифікацією та діаграмами. Середнє зважене обчислюється як середнє арифметичне (Рис. 4.4). Таблиця ваг (Рис. 4.5) визначається за формулами, поданими у попередньому підрозділі. Вкладка «Дефазифікація та діаграма» (Рис. 4.6) містить таблицю з перетворених нормованих нечітких чисел в чіткі, а також діаграму, яка обраховується на основі даних, що містяться у другому стовпчику таблиці. Діаграма є зручною формою поданням даних для користувача даних, отриманих в результаті дефазифікації, і фактично є індексом «розумності» соціополіса.

Результати

Середні значення Таблиця ваг Дефазифікація та діаграма

5	5,6	6	6,6
6	6,6	7	7,4
6,6	6,8	7,6	8
4,6	5,4	6,2	6,6

4,6	5,2	6	6,2
5,4	5,8	6,2	6,2
5	5,6	5,6	6
4,6	5	5,6	5,6
5,4	5,8	6	6,2
4,4	4,6	5,2	5,4
4,4	4,6	5	5,2
5,6	5,6	6	6,6
6	6,4	7,2	7,4

6,8	7	7,6	7,6
6,4	6,6	7,2	7,2
6	6,2	7	7,2
5,4	6	6,4	6,8
6,6	7	7,4	7,4
6,6	7	8	8,2
7,4	7,6	8,2	8,4
6,6	7	7,8	8,4
5	5,4	6	6,6

2,4	3	3,6	3,6
5	5,4	6,2	6,4
5	5,4	6,2	6,4
1,6	2	2,6	2,8
5	5,4	6,2	6,4
1,6	2,4	3	4
1,6	2,4	3	4
2	2,2	3,4	3,6
6,6	6,8	7,8	8,2

1,4	1,4	2	2
2	2	2,6	2,6
2	2	2,6	2,6
1	1	1	1
2	2	2,6	2,6
6,4	6,6	7,8	8
6,6	6,8	8	8,2
2,8	3	4,2	4,2
7	7,2	8,2	8,2

Рис. 4.4 Вкладка «Середні значення»

Результати

Середні значення Таблиця ваг Дефазифікація та діаграма

	W	X	Y	Z	L1	L2	U1
1	2,15	2,58	3,22	3,48	0,02	0,42	0,00
2	2,69	3,09	3,77	4,06	0,01	0,39	0,00
3	2,58	3,00	3,65	4,03	0,01	0,40	0,01
4	1,76	2,17	2,61	2,91	0,02	0,38	0,01
5	2,72	3,16	3,78	4,10	0,01	0,42	0,01
6	2,54	3,10	3,96	4,53	0,02	0,54	0,02
7	2,68	3,22	4,00	4,57	0,01	0,53	0,02
8	2,34	2,72	3,56	4,06	0,01	0,37	0,02
9	3,39	3,92	4,88	5,44	0,02	0,50	0,01
10	2,21	2,65	3,40	3,80	0,02	0,43	0,01
11	1,85	2,21	2,83	3,13	0,01	0,35	0,01
12	2,66	3,13	3,96	4,42	0,02	0,46	0,01
13	3,46	3,92	4,92	5,36	0,01	0,45	0,01
14	3,17	3,60	4,40	4,89	0,01	0,41	0,01

Рис. 4.5 Вкладка «Таблиця ваг»

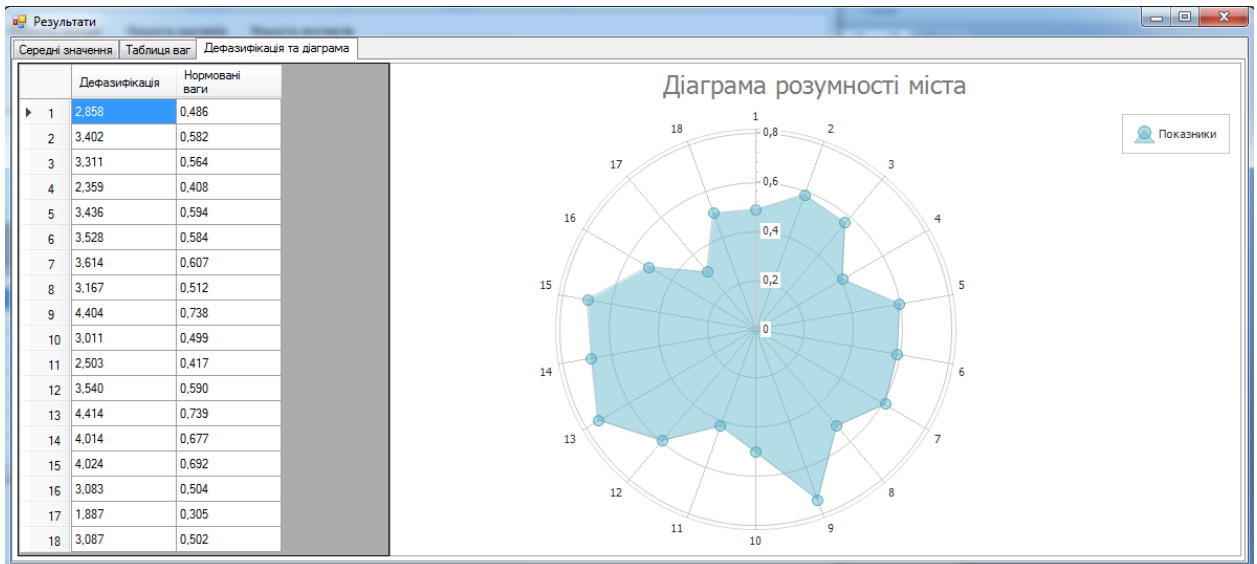
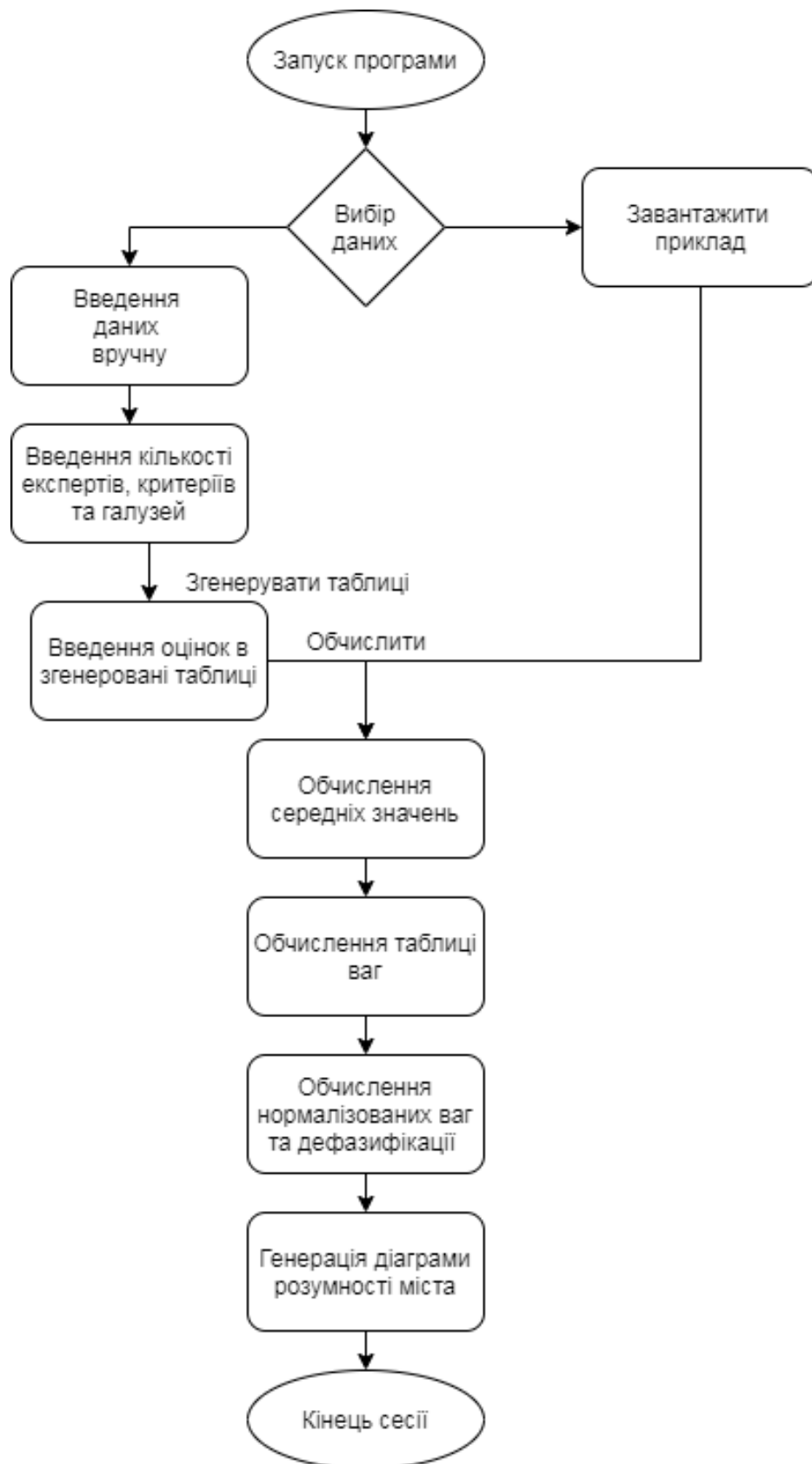


Рис. 4.6 Вкладка «Дефазифікація та діаграма»

На рис 4.6 подано результат оцінювання «розумності» соціополісу. У цьому випадку приклад є гіпотетичним. Діаграма зображує гармонічно збалансований еталонний «розумний» соціополіс, до характеристик якого варто прагнути розвиватись, а також відображає реальний стан речей зафіксований на основі оцінок експертів. Фактично це ідеальний та збалансований варіант «розумного» соціополісу. При виконанні програми в реальному часі слід підготувати вхідні оцінки визначеної кількості експертів, які системно аналізують проблеми та потреби соціополісу. Після реалізації цього етапу дані вводяться в табличній формі в окремий файл. Після опрацювання програмою введених експертних оцінок, візуалізується ситуація того, наскільки «далеко» соціополіс, що оцінюється, перебуває від еталонного варіанту за кожним з критеріїв. В подальшому експерти володіючи візуалізованими результатами, зможуть перейти до наступного етапу – формування та реалізації комплексу проєктів, які спрямовані на покращення стану соціополісу та підвищення його показників за множиною критеріїв оцінювання.

За допомогою блок схем (рис. 4.1) подано повний цикл роботи програмно-алгоритмічного комплексу Smart city app 2.0, який фактично системно реалізує проєктні функції прототипу інформаційної системи рейтингування та оцінювання

процесів сталого розвитку соціополісів. Коли користувач запускає програму, відкривається діалогове вікно, в якому можна або ввести дані про кількість



Діаграма 4.1 Принцип роботи програми Smart city app 2.0

експертів, які беруть участь в оцінюванні, кількість галузей що оцінюються та кількість критеріїв за якими буде проводитись оцінка; або може завантажити дані з вже заповненими даними, та з проставленими експертами оцінками.

В прикладі відтворюються дані, які були описані в третьому розділі роботи та генерується оцінка для збалансованого «розумного» соціополісу.

Якщо користувач обрав приклад, та завантажив його, всі дані про кількість експертів, кількість галузей та критеріїв, необхідні таблиці з вже проставленими оцінками у всіх таблицях згенерується та відобразиться на екрані. В іншому випадку, після введення кількості експертів, галузей та критеріїв, необхідно скористатися опцією «згенерувати таблиці». Після цього в створених таблицях, необхідно ввести оцінки експертів для галузей загалом та оцінки кожного критерію, в кожній галузі (в залежності від вказаної кількості галузей оцінювання згенерується відповідна кількість таблиць, тобто для кожної галузі своя окрема таблиця). Оцінки вводяться у вигляді нечітких значень. Після введення даних вручну чи завантаженні прикладу, та після переходу до опції «обчислити», відкривається нове діалогове вікно під назвою «Результати», з трьома вкладками. А саме: «Середні значення», «Таблиця ваг» та «Дефазифікація та діаграма». Спершу користувач бачить вкладку «Середні значення», в цій вкладці відображені усереднені значення, які були введені в попередньому діалоговому вікні. В вкладці «Таблиці ваг» відображаються обчислені значення W , X , Y , Z , $L1$, $L2$, $U1$, $U2$ для кожного з критеріїв. В вкладці «Дефазифікація та діаграма» відображаються дефазифіковані значення, нормовані ваги та сама діаграма результату оцінювання «розумності» міста. Програмно-алгоритмічний комплекс функціонує за алгоритмом, поданим у наступному підрозділі.

4.2 Алгоритм реалізації методу нечіткої логіки для розрахунку параметрів «розумності» соціополісу

Крок 1. Визначення кількості критеріїв, експертів, показників (в роботі М.Роска та Дж. Лазарова чотири критерії, вісімнадцять показників та п'ятеро експертів)

Крок 2. Збір оцінок експертів щодо кожного критерію та показнику (кількість матриць показників дорівнює кількості критеріїв)

Крок 3. Усереднення всіх оцінок експертів.

Крок 4. Розрахунок ваг $W, X, Y, Z, L1, L2, U1, U2$ за формулами (3.17-3.24), де K – кількість критеріїв, а L – межі оцінки $[0, L]$. У третьому розділі наведено приклад в якому $L=10$.

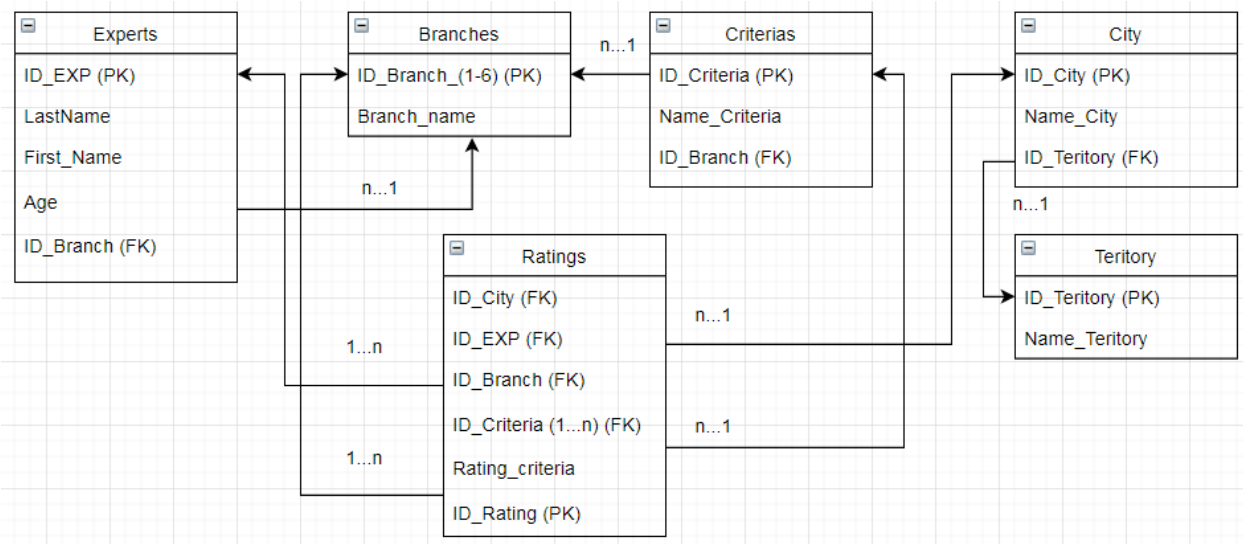
Крок 5. Проводиться дефазифікація за формулою (3.29) в першому стовбці таблиці, а в другому кожен відповідний Y_i ділиться на суму Y .

Крок 6. Побудова пелюсткової діаграми зі значень отриманих при кроці 5 в другому стовбці.

Цей алгоритм реалізований в програмному застосунку Smart city app 2.0 в класі під назвою SampleDigits.cs (Додаток Є).

Для роботи з великими обсягами даних та ефективного збереження в процесі дисертаційного дослідження була спроектована та реалізована бази даних. В процесах оцінюванні «розумності» соціополісу необхідно зберігати інформацію про наступні об'єкти:

- Експерти,
- Міста,
- Території,
- Галузі оцінювання розумності міста,
- Критерії для кожної з галузей,
- Результати оцінювання.



Діаграма 4.2 Структура бази даних для оцінювання «розумності» соціополіса.

При формуванні бази даних, для оцінювання процесів сталого зростання соціополісів було створено наступні таблиці:

- Експерти,
- Галузі,
- Критерії,
- Оцінки,
- Міста,
- Території.

Для таблиці «Експерти» необхідно було сформувати наступні поля:

- ID експерта,
- Ім'я,
- Прізвище,
- Вік
- Галузь в якій ця особа вважається експертом (ID галузі).

Це базові вхідні дані, які необхідні для формування таблиці «Експерти». Зазначена таблиця може бути доповнена додатковими полями, такими як контактні дані експерта (номер телефону, електронна пошта, Skype та ін.), освіта експерта, наукове звання експерта та ін. В цій таблиці присутні ключі Primary key

та Foreign key. Первинним ключем таблиці буде значення поля ID експерта. Зовнішнім (вторинним) ключем виступатиме значення поля «галузь в якій ця особа вважається експертом».

В таблиці «Галузі» створено лише два поля, а саме:

- ID галузі,
- Ім'я галузі.

В таблиці «Критерії» три поля:

- ID критерію,
- ID галузі,
- Назва критерію.

Кожен критерій має відношення до певної галузі. Тобто для кожного критерію значення поля «ID галузі» має співпадати з галуззю, яка є в таблиці «Галузі».

В таблиці «Міста» обов'язковими полями є:

- ID міста,
- ID території,
- Назва міста.

При потребі можуть бути додані поля, які містять додаткову інформацію про соціополіс, наприклад:

- Кількість населення,
- Площа,
- Дата заснування,
- Мер кожного міста,
- Бюджет кожного міста,
- Кількість навчальних закладів,

- Кількість медичних закладів,
- Та ін.

Наступна таблиця - «Території». В цій таблиці необхідними є два поля. А саме:

- ID території,
- Назва території.

Остання таблиця – «Оцінки». В цій таблиці обов'язковими є наступні поля:

- ID соціополісу,
- ID експерта,
- ID галузі,
- ID критерію,
- ID оцінки,
- Оцінки критерію від експерта.

Ключі між таблицями мають виконувати роль зв'язків. Таблиця «Експерти» пов'язана з таблицею «Галузі» зв'язком багато до одного. А також з таблицею «Оцінки» один до багатьох і т.д..

За допомогою бази даних, можна використовуючи запити, отримати наступну інформацію:

- Скільки є експертів, та які експерти можуть оцінювати ту чи іншу галузь.
- Оцінку конкретного соціополісу, за конкретними критеріями, чи по конкретній галузі.
- Найвищу та найнижчу оцінку, отриману від певного експерта.
- Найвищу та найнижчу оцінку, які отримав певний соціополіс.
- Дізнатись який соціополіс має найбільший бал.
- Загальна оцінка кожного з соціополісів, що беруть участь в оцінюванні.
- Список експертів

- Список міст
- Список критеріїв певної галузі.
- Оцінка певного міста від певного експерта та ін.

id	name_criteria	id_branch
1	Level of water supply quality	1
2	Level of wastewater treatment	1
3	Level of development of ecotourism	1
4	The level of economically balanced	1
NULL	NULL	NULL

```
INSERT INTO Criterias VALUES
```

```
(1, 'Level of water supply quality', 1),
(2, 'Level of wastewater treatment', 1),
(3, 'Level of development of ecotourism', 1),
(4, 'The level of economically balanced', 1);
```

Criteria 8 x

Рис. 4.7. Заповнення даними таблиці «Критерії»

Прототип інформаційної системи працює в середовищі операційних систем Windows 7, Windows 8 та Windows 10. Для коректної роботи програмно-алгоритмічного комплексу необхідно: комп'ютер з процесором Intel Core I3 і 4096 МБ оперативної пам'яті. З встановленими платформами .Net Framework або .Net Core.

Найзручнішим інструментом для розроблення інформаційної системи виявилось середовище Microsoft VisualStudio for Desktop 2019, а саме – Visual C# (Windows FormsApplication), як середовище для практичної реалізації поставленої задачі. Програмний застосунок може використовуватись при оцінюванні «розумності» соціополісів, за результатами оцінювання можна планувати подальший їх сталий розвиток. Використаний метод рекомендується для застосування в середніх за розмірами та населенням (від 150тис. до 500тис.) населених пунктах [79].

Апробація прототипу інформаційної системи проводилась на базі науково-дослідної лабораторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Окремі підсистеми, програмні фрагменти та бази даних використовувалися в процесі проведення циклів лабораторних та практичних занять при вивченні дисципліни «Розподілені бази даних та знань» на кафедрі

інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка».

Подальші роботи планується продовжити в плані відпрацювання технологічних аспектів застосування розроблених системних методів та засобів під час підготовки комплексів інноваційних проектів, зокрема, для соціополісів Трускавець та Великий Львів.

Висновки до четвертого розділу

З метою створення зручного та практично зрозумілого користувачеві інтерфейсу інформаційної системи оцінювання соціополісу використано Windows Forms.

Для роботи з великими обсягами даних та ефективного збереження в процесі дисертаційного дослідження була спроектована та реалізована бази даних.

Апробація прототипу інформаційної системи проводилась на базі науково-дослідної лабораторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

ВИСНОВКИ

В ході виконання дисертаційної роботи було сформовано комплекс системних характеристик «розумних» соціополісів та розроблено методи та засоби, що дозволяють ідентифікувати їх «розумність», зокрема:

- був проведений порівняльний аналіз побудови рейтингових систем, що дозволило сформулювати основні вимоги до прототипу рейтингової системи оцінювання «розумності соціополісів»;
- проаналізовано систему концептів проблемної області, що дозволило сформувати концепт «соціополіс» та «розумний соціополіс» як окремого актуального предмету наукового системного дослідження;
- доведено, що для вирішення завдань оцінювання соціополісів доцільно використання інформаційної системи, яка враховує особливості функціонування всіх галузей його розвитку та включає технології інформаційної підтримки.
- запропоновано концептуальну модель інформаційної системи, що відрізняється тим, що вона забезпечує вирішення різноманітних задач аналізу результатів оцінювання розумності соціополісу в рамках єдиної інформаційної технології.
- розроблено методичку автоматизованого аналізу результатів експертного оцінювання, яка дозволяє оперативно та цілеспрямовано вирішувати завдання та проводити візуалізацію отриманих результатів з допомогою пелюсткових діаграм, підвищуючи ефективність процедури аналізу результатів експертного оцінювання параметрів сталого зростання соціополісів.
- сформовані критерії та методичні рекомендації щодо оцінювання розумності соціополісів, їх ефективного використання, що дозволяє користувачеві вибрати раціональну модель множини критеріїв для вирішення задачі визначення рівня сталого розвитку конкретного соціополісу. Ця методологія допомагає чітко визначити теперішній стан

розвитку соціополісу та слабкі, проблемні місця. А це в свою чергу дозволяє розробити дорожню карту з покращення стану соціополісу до переродження його в «розумний» соціополіс.

- розроблено метод візуалізації результатів оцінювання «розумності соціополісів» за допомогою пелюсткових діаграм.
- удосконалено процедуру оцінювання «розумності соціополісів» з використанням методу нечіткої логіки.
- проведено апробацію роботи інформаційної системи на прикладі експертного оцінювання «розумності» соціополісу Трускавець.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Електронне джерело: <https://www.imd.org/research-knowledge/reports/imd-smart-city-index-2019/>
2. Електронне джерело: <https://media.iese.edu/research/pdfs/ST-0509-E.pdf>
3. Електронне джерело: <https://mistosite.org.ua/ru/articles/zasterezhennia-chomu-varto-butu-oberezhnymu-z-reitynhamy-mist>
4. Електронне джерело: https://www.researchgate.net/publication/337857842_Smart_healthcare_for_smart_cities
5. Електронне джерело: https://www.researchgate.net/publication/336256337_A_Study_on_the_Concept_of_Smart_City_and_Smart_City_Transport
6. Електронне джерело: https://www.researchgate.net/publication/338070114_The_Smart_Narrative_of_a_Smart_City
7. Washburn, D., Sindhu, U., Balaouras, S., Dines, R. A., Hayes, N. M., and Nelson, L. E. (2010). Helping CIOs Understand “Smart City” Initiatives: Defining the Smart City, Its Drivers, and the Role of the CIO. Cambridge, MA: Forrester Research.
8. Електронне джерело: https://www.researchgate.net/publication/335431099_A_Framework_for_a_Smart_City_Design_Digital_Transformation_in_the_Helsinki_Smart_City
9. Електронне джерело: https://www.researchgate.net/publication/332425909_Smart_City
10. Kitchin, R. 2015. “Making Sense of Smart Cities: Addressing Present Shortcomings.” Cambridge Journal of Regions, Economy and Society, 8(1):131–136

11. Kim, J.S. 2015. "Making Smart Cities Work in the Face of Conflicts: Lessons from Practitioners of South Korea's U-City Projects." *Town Planning Review*, 86(5): 561–585.
12. Электронне джерело:
https://www.researchgate.net/publication/334494587_Smart_cities_smart_cities
13. Электронне джерело:
https://www.researchgate.net/publication/338630433_Smart_city_Ethical_issues
14. Электронне джерело:
https://www.researchgate.net/publication/335000651_Intellectualization_of_Urban_Governance_as_a_Necessary_Stage_in_the_Transition_to_a_Smart_City
15. Pw C. Essential Eight Technologies, 2016. URL:
<https://www.pwc.com/gx/en/issues/technology/essential-eight-technologies.html> (accessed: 24.04.2019).
16. Электронне джерело:
https://www.researchgate.net/publication/336239392_Mobility_in_Smart_Cities_Will_Automated_Vehicles_Take_It_Over
17. Электронне джерело:
https://www.researchgate.net/publication/297209060_Sustainable_Smart_City_Masdar_UAE_A_City_Ecologically_Balanced
18. Электронне джерело:
https://zik.ua/news/2019/03/22/u_boryslavi_zapratsyuvava_vzhe_druga_sonyachna_elektrstantsiya_z_richnoyu_potuzhnistyu_1534675
19. Электронне джерело:
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%85%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%92%D0%95%D0%A1

20. Електронне джерело:
https://www.researchgate.net/publication/344357491_Education_in_the_Smart_City
- 21.Електронне джерело:
https://www.researchgate.net/publication/337928590_Smart_Transportation_Systems
- 22.Електронне джерело:
https://www.researchgate.net/publication/348133570_Smart_Tourism_Smart_Cities
- 23.Çelik, P., & Topsakal, Y. (2017). Akıllı turizm destinasyonları: Antalya destinasyonunun akıllıturizm uygulamalarının incelenmesi. *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi* , 14 (3), 149–166.doi: 10.24010oid.369951
- 24.Yılmaz. İ. A. (2009). Ağırlama işletmeleri yöneticilerinin bilgiye ve bilgi yönetimine yönelik yaklaşımları:Antalya'daki beş yıldızlı otel işletmeleri üzerinde bir uygulama . Мерсін: Mersin Üniversitesi SosyalBilimler Enstitüsü Turizm İşletmeciliği ABD, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- 25.Denning, S. (2000). *The springboard: how storytelling ignites action in knowledge era organizations*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann
- 26.Lee, Y.-C., & Lee, S.-K. (2006). Capabilities, processes, and performance of knowledge management: A structural approach. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 17(1), 21–41. doi:10.1002/hfm.20065
- 27.OECD. (2003). *Introduction and Draft Results of the Survey of Knowledge Management Practices in Ministries/Departments/Agencies of Central Government*. Retrieved from [www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=GOV/PU/MA/HRM\(2003\)2&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=GOV/PU/MA/HRM(2003)2&docLanguage=En)
- 28.Jia, Z., Shi, Y., Jia, Y., & Li, D. (2012). A framework of knowledge management systems for tourism crisis management. *Procedia Engineering*, 29, 138–143. doi:10.1016/j.proeng.2011.12.683

- 29.Uçar, A., Şemşit, S., & Negiz, N. (2017). Avrupa Birliği Akıllı Kent Uygulamaları Ve Türkiye'deki Yansımaları. Suleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics & Administrative Sciences, 22.
- 30.Kim, K., Park, O., Yun, S., & Yunc, H. (2017). What makes tourists feel negatively about tourism destinations? Application of hybrid text mining methodology to smart destination management. Technological Forecasting and Social Change, 123, 362–369. doi:10.1016/j.techfore.2017.01.001
- 31.Li, Y., Hu, C., Huang, C., & Duan, L. (2017). The concept of smart tourism in the context of tourism information services. Tourism Management, 58, 293–300. doi:10.1016/j.tourman.2016.03.014
- 32.Del Vecchio, P., Mele, G., Ndou, V., & Secundo, G. (2018). Creating value from social big data: Implications for smart tourism destinations. Information Processing & Management, 54(5), 847–860. doi:10.1016/j.ipm.2017.10.006
- 33.Buhalis, D., & Amaranggana, A. (2015, February). Smart tourism destinations enhancing tourism experience through personalisation of services. Paper presented at the meeting of Information and Communication Technologies in Tourism 2015: Proceedings of the International Conference in Lugano, Switzerland, pp. 377-389, 10.1007/978-3-319-14343-9_28
- 34.UNWTO. (2017). Innovation, technology and sustainability - pillars of smart destinations. Erişim Tarihi: 05.11.2018. Retrieved from <http://media.unwto.org/press-release/2017-02-21/innovation-technologyand-sustainability-pillars-smart-destinations>
- 35.Yalçınkaya, P., Lütfi, A. T. A. Y., & Karakaş, E. Akıllı Turizm Uygulamaları. (2018). Gastroia. Journal Of Gastronomy And Travel Research, 2(2), 34–52.
- 36.Jovicic, D. Z. (2017). From the traditional understanding of tourism destination to the smart tourism destination. Current Issues in Tourism, 1–7. doi:10.1080/13683500.2017.1313203
- 37.Femenia-Serra, F., Neuhofer, B., & Ivars-Baidal, J. A. (2018). Towards a conceptualisation of smart tourists and their role within the smart destination scenario. Service Industries Journal, 1–25.

- 38.Електронне джерело: <https://www.ukrinform.ua/rubric-tourism/2576372-truskavec-zazihnuv-na-turisticnij-rekord.html>
39. Електронне джерело: <https://www.betrue.info/infografika-turysty-truskavets-2010-2018/>
40. СОЦИОПОЛИС — МОДЕЛЬ БУДУЩЕГО ОБЩЕСТВА.-Режим доступу: <https://day.kyiv.ua/ru/article/nota-bene/sociopolis-model-budushchego-obshchestva>
- 41.Україна: інтелект нації на межі століть [Текст] : колективна монографія / Українське товариство "Інтелект нації" ; кер. автор. колект. В. К. Врублевський. - Київ : Інформаційно-видавничий центр "Інтелект", 2000. - 516 с. - ISBN 966-646-000-9
- 42.Марчук, Євген Кирилович. Україна: нова парадигма поступу [Текст] / Є. К. Марчук . - Київ : Аваллон, 2001. - 216 с. - ISBN 966-95710-0-6
43. Електронне джерело: <https://valenciaproperty.es/sociopolis/>
- 44.Електронне джерело: https://www.researchgate.net/publication/341808383_Enabling_Technologies_and_Sustainable_Smart_Cities
- 45.Butlin, John (1989-04-01). Our common future. By World commission on environment and development. (London, Oxford University Press, 1987, pp.383 £5.95.). Journal of International Development (en) 1 (2). с. 284–287. ISSN 1099-1328. doi:10.1002/jid.3380010208
- 46.Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. (1980). Математико-статистические методы экспертных оценок. Москва: Статистика.
- 47.Грабовецкий Б. Є. (2000). Основи економічного прогнозування: навч. посібник. Вінниця: ВФ ТАНГ.
- 48.Давиденко Є. О. (2012). Формалізація процесу формування складу експертної групи для аналізу ризиків ІТ-проектів // Вестник ХНТУ, № 1.
- 49.P. Lombardi, S. Giordano, H. Farouh, and W. Yousef, “Modelling the Smart City Performance”. Innovation: The European Journal of Social Science Research 25: 2 (2012) 137–149.

50. G. C. Lazaroiu, and M. Roscia, "Definition Methodology for the Smart Cities Model", *Energy* 47: 1 (2012) 326–332.
51. ПРОЦЕДУРИ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ «РОЗУМНОСТІ» МІСТА / Наталія Кунанець, Олександр Мацюк, Володимир Пасічник, Данило Табачишин ; Вісник SISN.2020; Випуск 7: сс. 35 - 41
52. Сколівські бескиди офіційний сайт Національного природного парку. Гідрологія. Режим доступу: <http://skole.org.ua/gidrologia.html>
53. Волонтерська акція в Карпатах. Режим доступу: <https://www.facebook.com/events/427505034628946/>
54. Gagliardi F, Roscia C, Lazaroiu G. Evaluation of a city through fuzzy logic. *Energy* 2007;32(5):795-802.
55. D. R. Tabachyshyn, V. S. Lenko, N. E. Kunanets, V. V. Pasichnyk, Y. M. Shcherbyna AN EXPERT EVALUATION OF CITY SUSTAINABILITY USING FUZZY LOGIC, ISSN 1561-5359. Штучний інтелект, 2017, № 1.
56. Yager R. R. A procedure for ordering fuzzy subsets of the unit interval. *Information Sciences* 1981;24(2):143-61.
57. Buckley J. J. Ranking alternatives using fuzzy numbers. *Fuzzy Sets Systems* 1985;15:21–31.
58. Tabachyshyn D., Pasichnyk V., Kunanets N., Rzhenskyi A., Shunevych K. Procedures of expert evaluation of the parameters of smart sociopolises (on the example of the subsector "Medicine"). *EconTechMod.* 2020. Vol. 9, № 2. P. 23–29.
59. Coronavirus Could Bankrupt Most Airlines by End of May, Consultant Warns. Режим доступу: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-03-16/virus-to-bankrupt-most-airlines-by-end-of-may-consultant-says>
60. The year global health went local. Режим доступу: <https://www.gatesnotes.com/2021-Annual-Letter>
61. Fatimah S Dawood, Danielle Iuliano, Carrie Reed, Martin I Meltzer, David K Shay, and alt. Estimated global mortality associated with the first 12 months of 2009 pandemic influenza A H1N1 virus circulation: a modelling study.

- Available online at:
[https://www.thelancet.com/journals/laninf/article/PIIS1473-3099\(12\)70121-4/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/laninf/article/PIIS1473-3099(12)70121-4/fulltext)
62. First Global Estimates of 2009 H1N1 Pandemic Mortality Released by CDC-Led Collaboration. Available online at:
<https://www.cdc.gov/flu/spotlights/pandemic-global-estimates.htm>
63. Bill Gates: The Rolling Stone Interview. Available online at:
<https://www.rollingstone.com/culture/culture-news/bill-gates-the-rolling-stone-interview-111915/>
64. Bill Gates Munich Security Conference. Available online at:
<https://www.gatesfoundation.org/Media-Center/Speeches/2017/05/Bill-Gates-Munich-Security-Conference>
65. How to choose a family doctor. Available online at: <https://moz.gov.ua/jak-uklasti-dogovor-z-likarem>
66. Crisis center “DROHOBYCH. Available online at: <https://drohobych-rada.gov.ua/tag/%d0%ba%d0%bc%d1%86%d0%b4%d1%80%d0%be%d0%b3%d0%be%d0%b1%d0%b8%d1%87/#>
67. List of medical care providers designated to provide inpatient care to patients with COVID-19 under the agreement with the National Health Insurance Fund of Ukraine. Available online at: <https://nszu.gov.ua/e-data/dashboard/likarni-covid>
68. Pang B., Lee L., Vaithyanathan S. Thumbs Up? 2002. Sentiment Classification Using Machine Learning Techniques. EMNLP: Proceedings of Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. Pennsylvania: Association for Computational Linguistics, 79-86.
69. P. Lombardi, S. Giordano, H. Farouh, and W. Yousef, “Modelling the Smart City Performance,” *Innovation: The European Journal of Social Science Research* 25: 2 (2012) 137–149.
70. G.C. Lazaroiu, and M. Roscia, “Definition Methodology for the Smart Cities Model,” *Energy* 47: 1 (2012) 326–332.

71. Wang L, Xu L, Song H. Environmental performance evaluation of Beijing's energy use planning. *Energy Policy* 2011;39(6):3483-95.
72. Jovanovic M, Afgan N, Bakic V. An analytical method for the measurement of energy system sustainability in urban areas. *Energy* 2010;35(9):3909-20.
73. Ardebili AV, Boussabaine AH. Application of fuzzy techniques to develop an assessment framework for building design eco-drivers. *Building and Environment* 2007;42(11):3785-800.
74. Wua YY, Wang HL, Ho YF. Urban ecotourism: defining and assessing dimensions using fuzzy number construction. *Tourism Management* 2010;31(6): 739-43.
75. Awasthi A, Chauhan SS, Omrani H. Application of fuzzy TOPSIS in evaluating sustainable transportation systems. *Expert Systems with Applications* 2011; 38(10):12270-80.
76. Peche R, Rodriguez E. Environmental impact assessment by means of a procedure based on fuzzy logic: a practical application. *Environmental Impact Assessment Review* 2011;31(2):87-96.
77. Sattler C, Nagel UJ, Werner A, Zander P. Integrated assessment of agricultural production practices to enhance sustainable development in agricultural landscapes. *Ecological Indicators* 2010;10(1):49-61.
78. European Union. Intelligent energy d Europe in action. Brussels: EU Commission. Available from: http://ec.europa.eu/energy/intelligent/in-action/index_en.htm; 2012 [last date of access 05.09.12].
79. European Smart Cities. Centre of Regional Science Vienna University of Technology; 2012. Available from: <http://www.smart-cities.eu/model.html> [last date of access 05.09.12].
80. European Union. European observation network for territorial development and cohesion (ESPON). Brussels: EU Commission. Available from: http://www.espon.eu/main/Menu_Projects/Menu_ESPON2006Projects/Menu_ThematicProjects/; 2012 [last date of access 05.09.12].

81. ПІДБІР ЕКСПЕРТІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ «РОЗУМНОСТІ» СОЦІОПОЛІСІВ; у матеріали міжнародної наукової конференції «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ТА ПРОБЛЕМИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУ», м. Залізний Порт 2018, Україна. Ст194-195.
82. Dirks S. A Vision of Smarter Cities: How Cities Can Lead the Way into a Prosperous and Sustainable Future / S. Dirks, M. Keeling.- NY: IBM Global Business Services, 2009.
83. Kanter R.M. Informed and interconnected: A manifesto for smarter cities / R.M. Kanter, and S.S. Litow // Harvard: Business School General Management Unit, 2009.
84. Nelio Cacho, Frederico Lopes, Everton Cavalcante, Irani Santos, "A smart city initiative: The case of Natal", Smart Cities Conference (ISC2) 2016 IEEE International, pp. 1-7, 2016.
85. Mihaela Teliceanu, George Cristian Lazaroiu, Virgil Dumbrava, "Consumption profile optimization in smart city vision", Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE) 2017 10th International Symposium on, pp. 876-881, 2017.
86. Yin-Leng Theng, Xuexin Xu, Witedwittayanusat Kanokkorn, "Towards the Construction of Smart City Index for Analytics (SM-CIA): Pilot-Testing with Major Cities in China Using Publicly Available Data", System Sciences (HICSS) 2016 49th Hawaii International Conference on, pp. 2964-2973, 2016, ISSN 1530-1605.
87. H. Patricia McKenna, "Emergent Ambient Culture in Smart Cities: Exploring the Internet of Cultural Things (IoCT) and Applications in 21st Century Urban Spaces", Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS) 2016 12th International Conference on, pp. 420-427, 2016.
88. Felipe Silva Ferraz, Carlos André Guimarres, "Smart City Security Issues: Depicting Information Security Issues in the Role of an Urban

- Environment", Utility and Cloud Computing (UCC) 2014 IEEE/ACM 7th International Conference on, pp. 842-847, 2014.
89. Ayoub Arroub, Bassma Zahi, Essaid Sabir, Mohamed Sadik, "A literature review on Smart Cities: Paradigms opportunities and open problems", Wireless Networks and Mobile Communications (WINCOM) 2016 International Conference on, pp. 180-186, 2016
90. Elsa Negre, Camille Rosenthal-Sabroux, Gascy, "A Knowledge-Based Conceptual Vision of the Smart City", System Sciences (HICSS) 2015 48th Hawaii International Conference on, pp. 2317-2325, 2015, ISSN 1530-1605.
91. Kaja Joanna Fietkiewicz, Wolfgang G. Stock, "How "Smart" Are Japanese Cities? An Empirical Investigation of Infrastructures and Governmental Programs in Tokyo Yokohama Osaka and Kyoto", System Sciences (HICSS) 2015 48th Hawaii International Conference on, pp. 2345-2354, 2015, ISSN 1530-1605.
92. A. Dattakumar, R. S. Sharma, "Smart cities and knowledge societies: Correlation causation or distinct?", Management of Innovation and Technology (ICMIT) 2016 IEEE International Conference on, pp. 193-197, 2016.
93. Odrekhivskyy*** M., Kunanets N., Pasichnyk V., Rzhеuskyi A., Tabachyshyn** D. Information-analytical support for the processes of formation of "Smart Sociopolis" of Truskavets // CEUR Workshop Proceedings. – 2019. – Vol. 2393 : Proceedings of ICT in education, research and industrial applications. Integration, harmonization and knowledge transfer, Vol. 2 : Workshop, Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019.. – P. 241–256. (SciVerse SCOPUS).
94. Eshby, U.: Construction of the brain (1962).
95. Gouldner, A.: Patterns of industrial bureaucracy (1955).
96. Mesarovich, M.: Theory of Hierarchical Multilevel Systems (1973).
97. Kolmogorov, A.: Introduction to Probability Theory (1982).
98. Gnedenko, B.: Theory of reliability and mass service (1969).

99. Golinkevich, T.: Applied theory of reliability (1967).
100. Odrekhivsky, M.: Marketing - oriented management of recreational innovative enterprises: the abstract of doctoral thesis on economics. Donetsk (2010).
101. Kunanets, N., Lukasz, W., Pasichnyk, V., Duda, O., Matsiuk, O., Falat, P.: Cloud computing technologies in “smart city” projects. In: 9th International conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), pp. 339--342. Romania, (2017).
102. Rzhеuskyi, A., Kunanets, N., Kut, V.: The analysis of the United States of America universities library information services with benchmarking and pairwise comparisons methods. In: 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), vol. 1, 417--420 (2017).
103. Lypak, H., Rzhеuskyi, A., Kunanets, N., Pasichnyk V.: Formation of a consolidated information resource by means of cloud technologies. In: 2018 International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T, Kharkiv, 157-160 (2018).
104. Kerren, A., Stasko, J. T., Fekete, J.-D., & North, C. (Eds.) (2008). Information Visualization, (pp. 1–18). In: Human-Centered Issues Науковий вісник НЛТУ України, 2017, т. 27, № 10 Scientific Bulletin of UNFU, 2017, vol. 27, no 10 145 and Perspectives. Vol. 4950 of LNCS State-of-the-Art Survey. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008.
105. Bederson, B., & Shneiderman, B. (2003). The Craft of Information Visualization: Readings and Reflections. Morgan Kaufmann. 410 p.
106. Card, S. K., Mackinlay, J. D., & Shneiderman, B. (1999). Readings in Information Visualization: Using Vision to Think. Morgan Kaufmann Publishers. 686 p.

107. Heer, J., Card, S. K., & Landay, J. (2005). Prefuse: a toolkit for interactive information visualization, (10 p.). In: ACM Human Factors in Computing Systems CHI 2005. 280 p.
108. Spence, R. (2007). Information Visualization: Design for Interaction (2nd Ed.). Prentice Hall. 304 p.
109. Ware, C. (2000). Information Visualization: Perception for design (2nd Ed.). San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers. 34 p.
110. Mazza, R. (2009). Introduction to Information Visualization, University of Lugano Switzerland. Springer-Verlag London Limited 2009. 139 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-219-7>
111. Law of Ukraine "On special economic zone of tourist-recreational type" Kurortopolis Truskavets. Bulletin of Verkhovna Rada, 18, 139--144 (1999).
112. Odrekhivsky, M.: Valeological Innovation Centers: Economic Problems of Creation and Functioning (1997).
113. Gela, A., Malitsky, B., Odrekhivsky, M.: Truskavets - way to resort polis. New approaches to the organization and conduct of treatment, rehabilitation and recreation in the conditions of the resort: materials of the international scientific-practical conference. Truskavets, 10--16 (1995).
114. Odrekhivsky, M., Odrekhivska, O.: Innovative system of regional agglomeration Drohobychyna. Regional economics, 2, 228--238 (2008).
115. Odrekhivsky, M.: Carpathian valeological innovation system. Borderlands. Poland-Ukraine Scientific Yearbook, pp. 410--421 (2007).
116. Bomba, A., Nazaruk, M., Pasichnyk, V., Veretennikova, N., Kunanets, N.: Information technologies of modeling processes for preparation of professionals in smart cities. In: Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 754, pp. 702--712 (2018)
117. Pasichnyk V., Tabachyshyn** D., Kunanets N., Rzheuskyi A. Visualization of expert evaluations of the smartness of sociopolises with the help of radar charts // Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC).

- 2019. – Vol. 938 : Advances in computer science for engineering and education II. Proceedings of the Second international conference on computer science, engineering and education applications ICCSEEA 2019 (Kiev, Ukraine; January 26–27, 2019). – P. 126–141(SCOPUS).; ISSN 2194-53.
118. Rzhеuskyi, A., Kunanets, N., Kut, V.: The analysis of the United States of America universities library information services with benchmarking and pairwise comparisons methods. In: 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, pp. 417–420 (2017)
119. Rzhеuskiy, A., Veretennikova, N., Kunanets, N., Kut, V.: The information support of virtual research teams by means of cloud managers. *Int. J. Intell. Syst. Appl. (IJISA)* 10(2), 37–46 (2018).
<https://doi.org/10.5815/ijisa.2018.02.04>
120. Kunanets, N., Veretennikova, N., Pasichnyk, V., Gats, B.: E-Science: new paradigms, system integration and scientific research organization. In: Xth International Scientific and technical Conference CSIT 2015 on Computer Science and Information Technologies, pp. 76–81. Lviv Polytechnic Publishing House, Lviv (2015)
121. Litvak, B.G.: Development of management solutions. Delo (2000)
122. Veretennikova, N., Kunanets, N.: Recommendation systems as an information and technology tool for virtual research teams. In: Advances in Intelligent Systems and Computing II, vol. 689, pp. 577–587 (2018)
123. Yager RR. A procedure for ordering fuzzy subsets of the unit interval. *Information Sciences* 1981;24(2):143-61.
124. В.В.Пасічник, Н.Е.Кунанець, Д.Р. Табачишин «Використання методів нечіткої логіки при оцінці параметрів «розумного міста»» У матеріали міжнародної науково-практичної конференції «МАТЕМАТИКА. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ. ОСВІТА», м. Луцьк 2018, Україна ст..66-68;

125. Табачишин Д. Р., Ленко В. С., Кунанець Н. Е., Пасічник В. В., Щербина Ю. М. «Експертне оцінювання «розумності міста» із застосуванням нечіткої логіки» у журнал «Штучний інтелект» Інституту проблем штучного інтелекту, Київ. №1 2017 - С. 102-110.

**Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про
апробацію результатів дисертації**

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Д. Табачишин, В. Ленько, Н. Кунанець, В. Пасічник, Ю. Щербина, “Експертне оцінювання «розумності міста» із застосуванням нечіткої логіки,” *Штучний інтелект*, №1 (75), 2017, с. 102–110.
2. Н. Кунанець, О. Мацюк, В. Пасічник, Д. Табачишин, “Процедури оцінювання рівня “розумності” міста,” *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Інформаційні системи та мережі*, вип. 7, 2020, с. 35–41.
3. V. Pasichnyk, D. Tabachyshyn, N. Kunanets, and A. Rzhеuskyi, “Visualization of expert evaluations of the smartness of sociopolises with the help of radar charts,” in *Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC)*, vol. 938, 2019, pp. 126–141.
4. M. Odrekhivskyu, N. Kunanets, V. Pasichnyk, A. Rzhеuskyi, and D. Tabachishin, “Information-analytical support for the processes of formation of "smart sociopolis" of Truskavets,” in *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 2393, 2019, pp. 241–256.
5. M. Odrekhivskyu, V. Pasichnyk, A. Rzhеuskyi, V. Andrunyk, M. Nazaruk, O. Kunanets, and D. Tabachyshyn, “Problems of the intelligent virtual learning environment development,” in *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 2386, 2019, pp. 359–369.
6. D. Tabachyshyn, V. Pasichnyk, N. Kunanets, A. Rzhеuskyi, and K. Shunevych, “Procedures of expert evaluation of the parameters of smart sociopolises (on the example of the subsector "medicine"),” in *EconTechMod*, vol. 9 (2), 2020. pp. 23–29.
7. D. Tabachyshyn, N. Kunanets, M. Karpinski, O. Duda, and O. Matsiuk, “Information systems for processes maintenance in socio-communication and resource networks of the smart cities,” in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 871, 2019, pp. 192–205.

8. M. Odrekhivskiy, V. Pasichnyk, N. Kunanets, and D. Tabachyshyn, “The use of modern information technology in medical and health institutions of Truskavets resort,” in *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 2631, 2020, pp. 184–197.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. В. Пасічник, Н. Кунанець, А. Федонюк, Д. Табачишин, “Комплекс системних характеристик та інформаційних технологій вимірювання «розумності соціополісів,” *Інформаційні технології та взаємодії*, с. 123–124, 8–10 листопада 2016 [Тези доповідей III міжнародної науково-практичної конференції, Київ].

10. В. Пасічник, Н. Кунанець, А. Федонюк, Д. Табачишин, “Системні характеристики та інформаційні технології вимірювання «розумності соціополісів», *Інформаційно-обчислювальні технології. Автоматика та електротехніка*, с.160-163, 10-11 листопада 2016 [Міжнародна науково-практична конференція молодих науковців, аспірантів та студентів, Рівне]

11. В. Пасічник, Н. Кунанець, А. Федонюк, Д. Табачишин, “Комплекс проектів із формування ефективної соціокомунікаційної системи екосоціополісу «Трускавець»,” *Інтернет, освіта, наука* 2016, с. 190–191, 11–14 жовтня 2016 [Збірник праць десятої міжнародної науково-практичної конференції, Вінниця].

12. В. Пасічник, Н. Кунанець, Д. Табачишин, “Використання методів нечіткої логіки при оцінці параметрів «розумного міста,” *Математика. Інформаційні технології. Освіта*, с. 66–68 2018 [Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, Луцьк].

13. В. Пасічник, Н. Кунанець, Д. Табачишин, “Підбір експертів для оцінювання «розумності» соціополісів,” *Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту*, с. 194–195, 21–27 травня 2018 [Збірник наукових праць міжнародної наукової конференції, Залізний Порт].

14. O. Artemenko, V. Pasichnyk, N. Kunanets, D. Tabachyshyn, “Using context analysis for providing real time recommendations in e-tourism mobile location-based recommender systems,” *IEEE Computer Sciences and Information Technologies*, pp. 166–169, 17–20 September 2019 [Proceedings of 14th International Conference, Lviv].

15. В. Пасічник, Н. Кунанець, Д. Табачишин, “Формування груп експертів оцінювання параметрів «розумного» міста,” Управління проектами: стан та перспективи, с. 54–55, 10–13 вересня 2019 [матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції, Миколаїв]

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Проректор з наукової роботи
Тернопільського національного
технічного університету імені
Івана Пулюя

Марущак П.О.

«__» _____ 2021р.

АКТ ВРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційної роботи у наукову роботу НДЛ «Розумне місто Тернопіль»

Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Ми, що нижче підписалася, представники Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя: керівник НДЛ Мацюк О.В, співробітник лабораторії Дуда О. М. склали даний акт про те, що наукові та практичні результати дисертаційної роботи Табачишина Д.Р. на тему «Системні методи та засоби аналізу параметрів сталого зростання соціополісів» використано при виконанні науково-дослідної роботи «Класи інформаційних технологій в проєктах "Розумне місто», (2017-2019 рр., номер держ.реєстрації 0117U002241, керівник теми Мацюк О.В.).

Зокрема, використовуються сформовані Табачишином Д.Р. критерії та методичні рекомендації щодо оцінювання розумності соціополісів, їх ефективного використання, що дозволяє користувачеві вибрати раціональну множину критеріїв для вирішення задачі визначення рівня сталого розвитку конкретного соціополісу. Ця методологія допомагає чітко визначити теперішній стан розвитку соціополісу, проблемні місця, запропонувати еталонну модель.

Керівник НДЛ «Розумне місто
Тернопіль», к.т.н., доцент

Мацюк О.В.

Співробітник НДЛ «Розумне місто
Тернопіль», к.т.н., доцент

Дуда О.М.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор

З наукової роботи



Національного університету

«Львівська політехніка»

Демидов І.В.

2021р.

АКТ

про використання результатів дисертації Табачишина Данила Романовича «Системні методи та засоби аналізу параметрів сталого зростання соціополісів» представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії при виконанні науково-дослідної роботи що виконувалась за кошти Міністерства освіти і науки України

Комісія у складі начальника науково-дослідної частини д.т.н., ст..досл. Небесного Р.В., завідувача кафедри інформаційних систем та мереж д.т.н., проф. Литвина В.В., завідувачки відділу науково-організаційного супроводу наукових досліджень к.т.н. Лазько Г.В. та начальниці планово-фінансової групи Чулой Т.М. підтверджують цим актом, що результати дисертації Табачишина Д.Р. «Системні методи та засоби аналізу параметрів сталого зростання соціополісів» використано при виконанні науково-дослідної роботи «Система підтримки прийняття рішень розпізнавання мультиспектральних образів на основі технологій машинного навчання та онтологічного підходу» номер державної реєстрації 0120U102203.

В результаті досліджень, виконаних Табачишином Д.Р.

- Розроблено метод візуалізації результатів оцінювання «розумності соціополісів» за допомогою пелюсткових діаграм.
- Удосконалено процедуру оцінювання сталого зростання соціополісів з використанням методу нечіткої логіки.

- Розроблено інформаційну систему, яка дозволяє оперативно та цілеспрямовано вирішувати завдання та проводити візуалізацію отриманих результатів з допомогою пелюсткових діаграм, підвищуючи ефективність процедури аналізу результатів оцінювання параметрів сталого зростання соціополісів.

Голова комісії

Начальник НДЧ, д.т.н., ст.досл.



Небесний Р.В.

Члени комісії:

Завідувач кафедри інформаційних систем та мереж, д.т.н., проф.



Литвин В.В.

Завідувачка відділу науково-організаційного супроводу наукових досліджень, к.т.н.



Лазько Г.В.

Заступник начальника планово-фінансового відділу



Чулой Т.М.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор



Науково-педагогічної роботи
Національного університету
«Львівська політехніка»

доц. Давидчак О.Р.

«__» _____ 2021р.

АКТ

про впровадження у навчальний процес

у Національному університеті «Львівська політехніка»

результатів дисертаційної роботи Табачишина Данила Романовича

«Системні методи та засоби аналізу параметрів сталого зростання соціополісів»
представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії при виконанні
науково-дослідної роботи кафедри інформаційних систем та мереж
Національного університету «Львівська політехніка»

Комісія у складі завідувача кафедри інформаційних систем та мереж професор д.т.н. Литвина, професора кафедри інформаційних систем та мереж, доктора наук із соціальних комунікацій, професора Кунанець Н.Е. та професора кафедри інформаційних систем та мереж, д.т.н. Бузова Є.В. розглянула питання впровадження результатів науково-дослідної роботи, що виконувалася в межах дисертаційного дослідження, у навчальний процес.

Даний акт складений про те, що у навчальному процесі кафедри інформаційних систем та мереж впроваджені наукові і практичні результати дисертації Табачишина Д.Р. на тему «Системні методи та засоби аналізу параметрів сталого зростання соціополісів» використовуються під час викладання навчальних дисциплін «Розподілені бази даних та знань» та «Методологія управління проектами».

Зокрема у навчальному процесі використовуються запропоновані Д.Р. Табачишином:

- Методика автоматизованого аналізу результатів експертного оцінювання.

- Інформаційна система, що відрізняється тим, що вона забезпечує вирішення різноманітних задач аналізу результатів оцінювання «розумності» соціополісу в рамках єдиної інформаційної технології.
- сформовані критерії та методичні рекомендації щодо оцінювання «розумності» соціополісів, їх ефективного використання, що дозволяє користувачеві вибрати раціональну множину критеріїв для вирішення задачі визначення рівня сталого розвитку конкретного соціополісу. Ця методологія допомагає чітко визначити теперішній стан розвитку соціополісу, слабкі, проблемні місця, запропонувати еталонну модель.

Використання результатів наукової роботи в навчальному процесі сприяє більш глибокому поданню та ширшому розумінню студентами перспективних напрямків розвитку сучасних інформаційних технологій та систем.

Даний акт не є підставою для проведення фінансових розрахунків.

Голова комісії

Завідувач кафедри ІСМ д.т.н., проф.

Литвин В.В.

Члени комісії:

д.т.н. проф.

Буров Є.В.

д.н.с.к. проф.

Куланець Н.Е.

Частоти ключових слів визначення розумне місто

№	Ключове слово	Частота	Відсоток	№	Ключове слово	Частота	Відсоток
1	ІКТ	94	10.1	21	Будівництво	17	1.8
2	Стабільність	89	9.6	22	Інновації	17	1.8
3	Інфраструктура	59	6.4	23	Здоров'я	15	1.6
4	Інофрмація	50	5.4	24	Спілкування	15	1.6
5	Сервіс	49	5.3	25	Мобільність	14	1.5
6	Якість життя	44	4.7	26	Інтеграція	12	1.3
7	Управління та Адміністрація	37	4.0	27	Життєздатність	12	1.3
8	Розвиток	36	3.9	28	Взаємодія	9	1.0
9	Соціальність, інклюзивність, Відносини, сусідство	34	3.7	29	Прозорість	9	1.0
10	Економіка	33	3.6	30	Зв'язок	8	0.9
11	Навколишнє середовище та викиди	31	3.3	31	Ріст	5	0.5
12	Енергія	31	3.3	32	Безпека	5	0.5
13	Ефективність	30	3.2	33	Трансформація	5	0.5
14	Вода	23	2.5	34	Катастрофа, надзвичайні ситуації	8	0.9
15	Люди	21	2.3	35	Клімат	4	0.4
16	Добробут	21	2.3	36	Процвітання	3	0.3
17	Потреби	20	2.2	37	Переробка	3	0.3
18	Громадський	20	2.2	38	Комфорт	2	0.2
19	Управління	20	2.2	39	Всебічність	2	0.2
20	Транспорт	18	1.9	40	Щастя	2	0.2

Частоти ключових слів визначення розумна мобільність

№	Ключове слово	Частота	Відсоток	№	Ключове слово	Частота	Відсоток
1	Розумний	33	11.2	21	Мобільність як послуга, Мобільність на вимогу	5	1.7
2	Місто	31	10.5	22	Велосипед	4	1.4
3	Мобільність	24	8.2	23	Знання	4	1.4
4	Транспорт	19	6.5	24	Життя	4	1.4
5	Розширений, вдосконалений, Перспективний, безшовний	13	4.4	25	Оптимізованість	4	1.4
6	Стабільність	13	4.4	26	Персоналізований, Індивідуальний	4	1.4
7	Технології	11	3.7	27	Електрифікація	4	1.4
8	Поширення	10	3.4	28	Доступність	3	1.0
9	Сервіси	9	3.1	29	Інфраструктура	3	1.0
10	Ефективність	8	2.7	30	Комунікація	2	0.7
11	Екологічний, Декарбонізація	8	2.7	31	Комутованість	2	0.7
12	Дані, Інформація	8	2.7	32	Розвиток	2	0.7
13	ІКТ	8	2.7	33	Енергія	2	0.7
14	Зручність, гнучкість	8	2.7	34	Витрата палива	2	0.7
15	Автоматизований Автономність	7	2.4	35	Ріст	2	0.7
16	Зелений	6	2.0	36	Інноваційність	2	0.7
17	Мультиmodalний	6	2.0	37	Інтелектуальність	2	0.7
18	Якість	6	2.0	38	Безпека	2	0.7
19	Цифровий	5	1.7	39	Сполучення	2	0.7
20	Зміна парадигми	5	1.7	40	Інклюзивність	1	0.3

Основні етичні проблеми в розумних містах

Технологія	Перевага	Етичні проблеми
Відеонагляд з розпізнаванням обличчя	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зниження рівня міської злочинності 2. Підвищення безпеки на вулицях та в приміщеннях 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Можливість посилення контролю (Старший брат) 2. Порушення прав людини через постійне стеження
Інтернет речей (збір великих даних)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ефективні керуючі рішення на базі отриманих даних (системи підтримки прийняття рішень та предикативна аналітика) 2. Комфорт громадян (нові сервіси) 3. Боротьба з злочинністю і розкриття злочинів за допомогою даних від засобів ІоТ (девайсів підключених до інтернету речей) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ризик витоку даних 2. Залежність міст від виробників технологій, програмного забезпечення та комплектуючих 3. Виявлення «слабких» місць і нових ризиків для безпеки міста

<p>Системи підтримки прийняття рішень (в майбутньому ІІІ, який приймає рішення)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ефективні керуючі рішення на базі отриманих даних (системи підтримки прийняття рішень та предикативна аналітика) 2. Превентивна адресна соціальна допомога. 3. Швидка реакція міської влади на зміни 	<ol style="list-style-type: none"> 4. Ризики дискримінації через упередженості алгоритмів 5. Цифрова нерівність
---	---	---

*Параметри критерію оцінювання “розумності” міста за профілем
“екологія”*

Критерій	Шкала оцінювання	Вага критерію
Рівень викидів CO ₂ муніципальними об'єктами екосоціополісу Трускавець	1:10	5/100
Рівень викидів CO ₂ громадським та приватним транспортом	1:10	5/100
Рівень викидів CO ₂ промисловими підприємствами	1:10	5/100
Загальний рівень викидів інших парникових газів муніципальними об'єктами екосоціополісу Трускавець	1:10	5/100
Загальна політика місцевої влади щодо скорочення викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище	1:10	5/100
Рівень очистки стічних вод, що утворюються в екосоціополісі Трускавець	1:10	5/100
Рівень очистки стічних вод від діяльності промислових підприємств	1:10	5/100
Рівень якості водопостачання	1:10	5/100
Використання екосоціополісом відновлюваних енергоресурсів	1:2	5/100

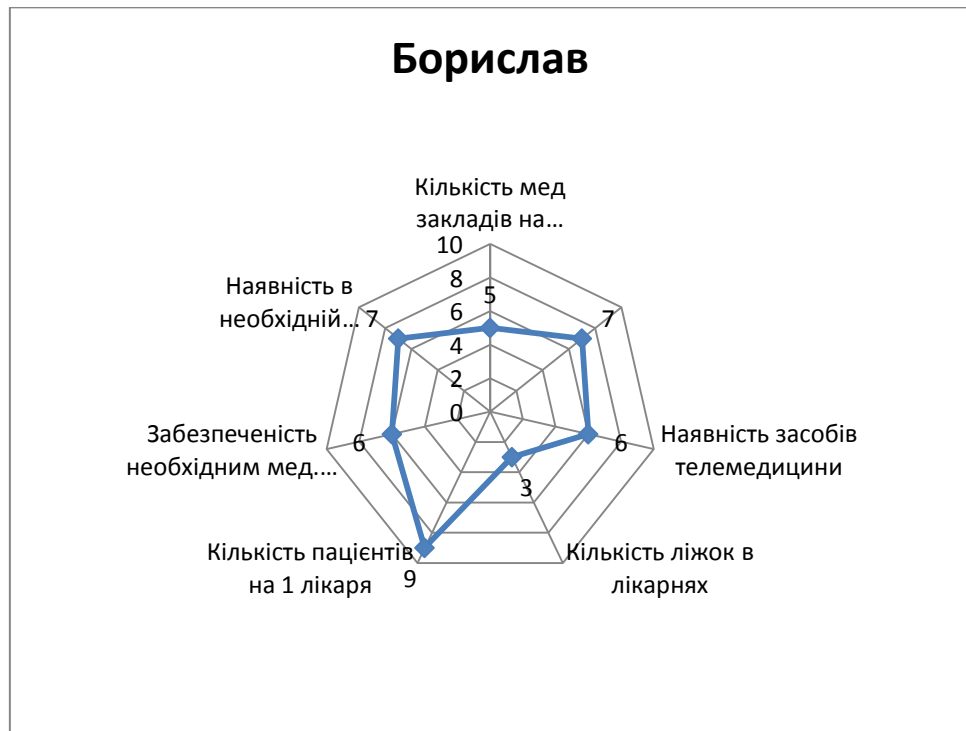
Рівень економічно зваженого використання енергоресурсів	1:10	5/100
Політика місцевої влади щодо використання екоресурсів	1:2	5/100
Рівень забрудненості екосоціополісу ТПВ	1:10	5/100
Наявність сортування ТПВ по фракціях	1:2	5/100
Рівень повторного використання ТПВ	1:10	5/100
Наявність сміттепереробних заводів в межах екосоціополісу	1:2	5/100
Рівень свідомості громадян щодо потреби сортування сміття	1:10	5/100
Рівень зелених насаджень у соціополісі та навколо нього	1:10	5/100
Рівень розвитку та популяризації екотуризму в екосоціополісі	1:10	5/100
Рівень небезпеки від потенційно можливих техногенних катастроф	1:10	5/100
Рівень нелегальної та неконтрольованої вирубки лісів	1:10	5/100

Статистика міст соціополісу «Трускавець»

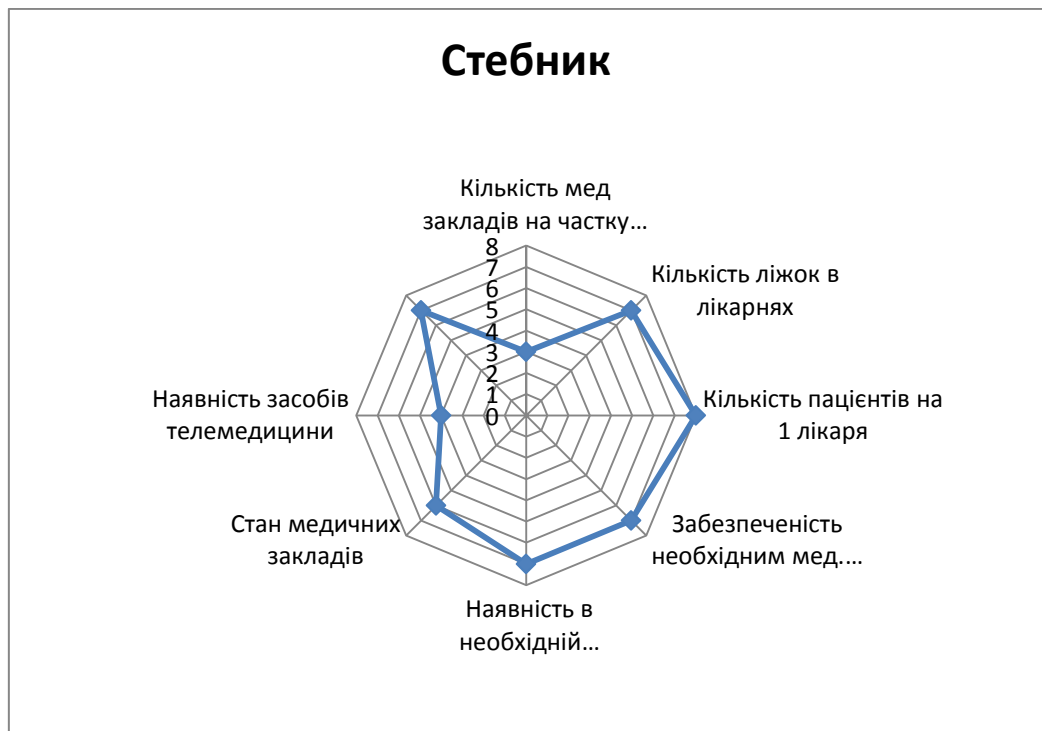
Місто	Дрогобич	Борислав	Трускавець	Стебник
Час заснування	1387	1387	1462	1440
К-сть осіб станом на 01.01.01 р. (тис. осіб)	79,1	38,1	31	20,9
К-сть осіб станом на 01.01.11 р. (тис. осіб)	77,6	35,1	29,7	21,1
Динаміка чисельності населення порівняно з 2001 р. (тис. осіб)	-1,5	-3,0	-1,3	+0,2
Щільність населення (осіб/га)	24,7	10,3	40,1	17,4
Загальна земельна площа (га)	4446	3763	820	829
Забудовані землі (га)	1976,9	1393,4	602,4	432
Загальна площа зелених масивів (га)	533	2663	391	98
Громадського користування (га)	290	2596	39	8
Припадає на особу м² громадського користування	6,9/3,7	75,9/74	13,2/1,3	4,6/0,4

Співвідношення кількості лікарів та населення в екосоціополісі Трускавець

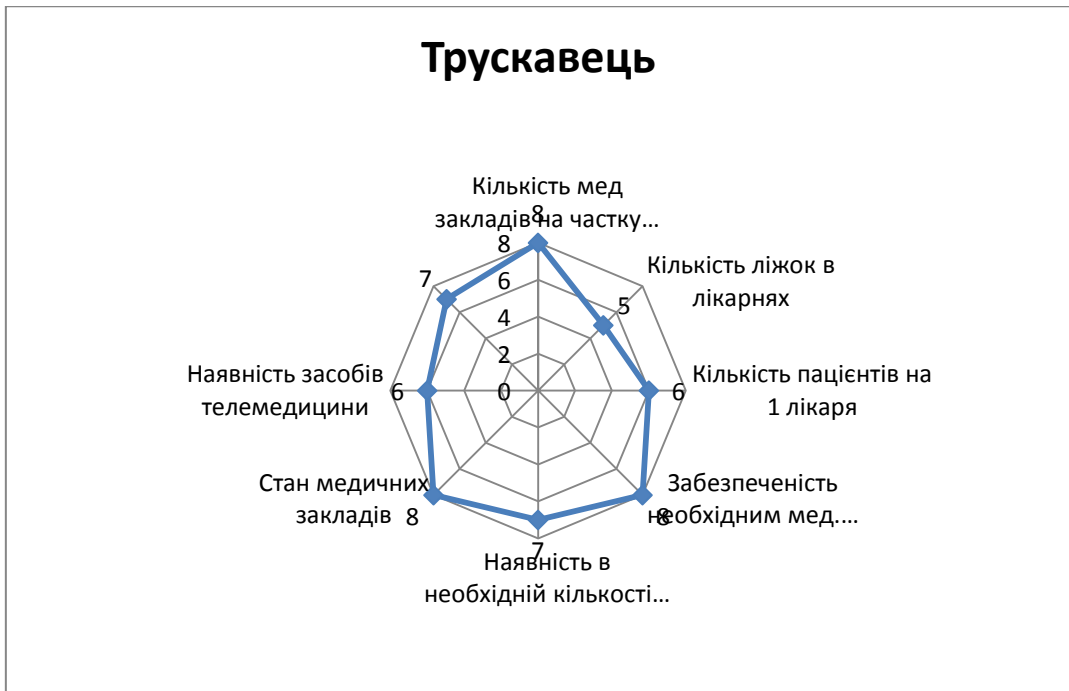
Населений пункт	Кількість населення	Кількість лікарів	Потенційна кількість пацієнтів	Відсоткове співвідношення забезпечення громадян, кількістю лікарів
Борислав	33 186	10 сімейний лікар	18000	142,22%
		11 терапевтів	22000	
		8 педіатрів	7200	
Трускавець	28 701	10 сімейний лікар	18000	86,75%
		3 терапевти	6000	
		1 педіатр	900	
Дрогобич	75 396	42 сімейний лікар	75600	115,92%
		5 терапевтів	10000	
		2 педіатрів	1800	
Стебник	20 858	2 сімейний лікар	3600	115,54%
		8 терапевтів	16000	
		5 педіатрів	4500	
Східниця	2244	2 сімейний лікар	3600	160,43%



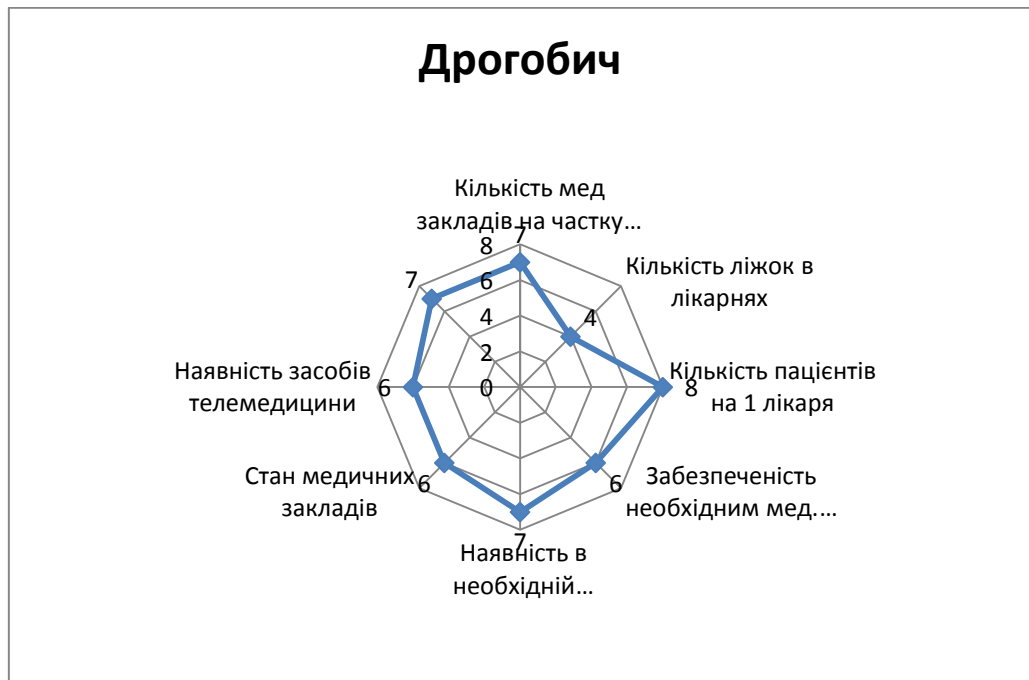
Діаграма «розумності» міста Борислав в галузі медицини



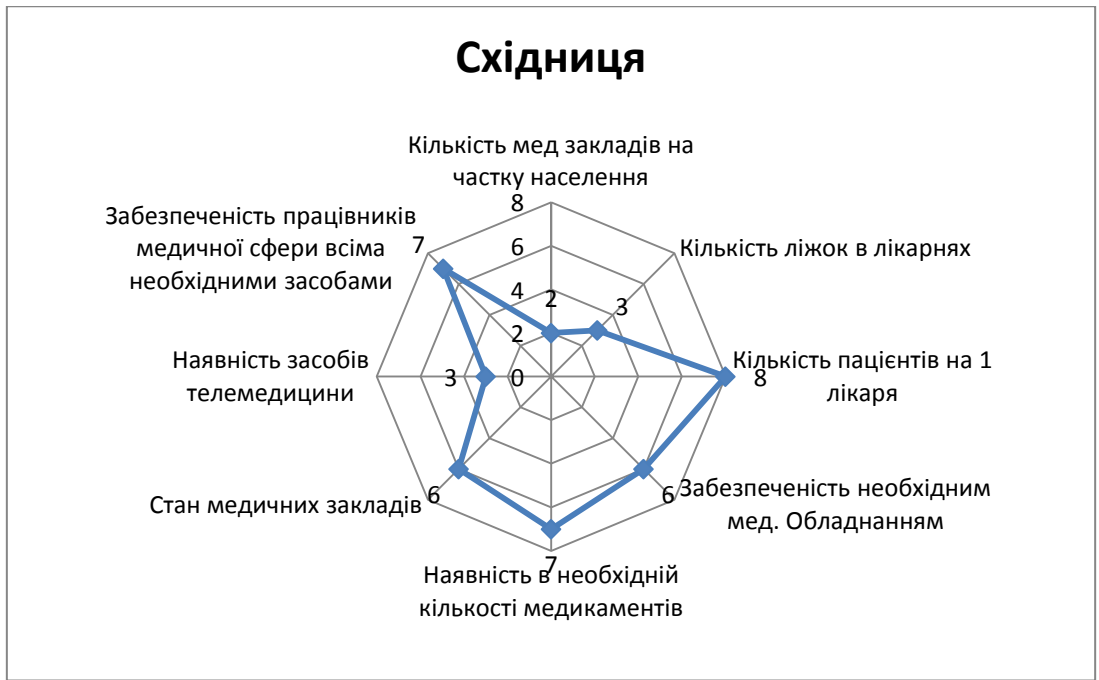
Діаграма «розумності» міста Стебник в галузі медицини



Діаграма «розумності» міста Трускавець в галузі медицини



Діаграма «розумності» міста Дрогобич в галузі медицини



Діаграма «розумності» смт. Східниця в галузі медицини

Критерії оцінювання в рейтингу IESE Cities in Motion Index

№	Індикатор	Опис / Одиниця виміру	Галузь	Джерело
1	Вища освіта	Частка населення із середньою та вищою освітою.	Людський капітал	Euromonitor
2	Бізнес-школи	Кількість бізнес-шкіл (топ 100).	Людський капітал	Financial Times
3	Рух учнів	Міжнародний рух студентів вищого рівня. Кількість студентів	Людський капітал	UNESCO
4	Університети	Кількість університетів у місті, які входять у топ-500.	Людський капітал	QS Top Universities
5	Музеї та художні галереї	Кількість музеїв та художніх галерей на місто.	Людський капітал	OpenStreetMap
6	Школи	Кількість державних чи приватних шкіл на місто.	Людський капітал	OpenStreetMap
7	Театри	Кількість театрів на місто.	Людський капітал	OpenStreetMap
8	Витрати на відпочинок та рекреацію	Витрати на відпочинок і дозвілля на душу населення.	Людський капітал	Euromonitor
9	Витрати на відпочинок та рекреацію	Витрати на відпочинок та рекреацію. У мільйонах доларів, згідно з цінами 2016 року.	Людський капітал	Euromonitor
10	Витрати на освіту	Витрати на освіту на душу населення.	Людський капітал	Euromonitor
11	Смертність	Співвідношення смертності на 100 000 жителів.	Соціальна згуртованість	Euromonitor
12	Рівень злочинності	Рівень злочинності	Соціальна згуртованість	Numbeo
13	Здоров'я	Індекс здоров'я.	Соціальна згуртованість	Numbeo
14	Безробіття	Рівень безробіття (кількість безробітних без робочої сили).	Соціальна згуртованість	Euromonitor
15	Індекс Джині	Міра соціальної нерівності. Він варіюється від 0 до 100, причому 0 - це ситуація ідеальної рівності, а 100 - ідеальної нерівності.	Соціальна згуртованість	Euromonitor
16	Ціна майна	Ціна майна як відсоток доходу.	Соціальна згуртованість	Numbeo
17	Жінки-працівниці	Співвідношення жінок-працівниць у державному управлінні.	Соціальна згуртованість	International Labour Organization (ILO)
18	Глобальний індекс миру	Індекс, що вимірює мирність та відсутність насильства в країні чи регіоні. Найнижчі позиції відповідають країнам з високим рівнем насильства.	Соціальна згуртованість	Institute for Economics and Peace
19	Лікарні	Кількість державних та приватних лікарень та оздоровчих центрів на місто	Соціальна згуртованість	OpenStreetMap
20	Індекс щастя	Індекс, що вимірює рівень щастя країни. Найвищі значення відповідають країнам, які мають вищий ступінь загального щастя.	Соціальна згуртованість	World Happiness Index
21	Глобальний індекс рабства	Рейтинг, який враховує частку людей, які опинилися в ситуації рабства в країні. Країни, що займають найвищі позиції в рейтингу, - країни з найбільшою	Соціальна згуртованість	Walk Free Foundation

		часткою.		
22	Реакція уряду на ситуації рабства	Ця змінна вимірює, як уряд розглядає ситуації рабства в країні. Найвищі позиції в рейтингу вказують на країни, які мають більш ефективну та всебічну відповідь.	Соціальна згуртованість	Walk Free Foundation
23	Тероризм	Кількість терористичних інцидентів за містами за попередні три роки.	Соціальна згуртованість	Global Terrorism Database (GTD) of the University of Maryland
24	Для жінок	Ця змінна має на меті визначити, чи забезпечує місто дружнє середовище для жінок за шкалою від 1 до 5. Міста, що мають значення 1, мають більш вороже середовище, тоді як ті, що мають значення 5, дуже доброзичливі.	Соціальна згуртованість	Nomad List
25	Самогубства	Рівень самогубств в місті.	Соціальна згуртованість	Nomad List
26	Вбивства	Рівень вбивств в місті.	Соціальна згуртованість	Nomad List
27	Продуктивність	Продуктивність праці, розрахована як ВВП на працююче населення (у тисячах).	Економіка	Euromonitor
28	Час, необхідний для відкриття бізнесу	Кількість календарних днів, необхідних для того, щоб бізнес міг працювати легально.	Економіка	World Bank
29	Простота відкриття бізнесу	Найвищі позиції в рейтингу вказують на більш сприятливе регуляторне середовище для створення та розвитку місцевої компанії.	Економіка	World Bank
30	Штаб-квартира	Кількість штаб-квартир публічно торгівельних компаній.	Економіка	Globalization and World Cities (GaWC)
31	Мотивація розпочати роботу в ТЕА (загальна підприємницька діяльність на ранніх стадіях)	Відсоток людей, які беруть участь у ТЕА (тобто початківців підприємців та власників або менеджерів нового бізнесу), що рухається завдяки можливості вдосконалення, поділений на відсоток ТЕА, мотивований потребою.	Економіка	Global Entrepreneurship Monitor (GEM)
32	Оцінка ВВП	Орієнтовне річне зростання ВВП	Економіка	Euromonitor
33	ВВП	ВВП у мільйонах доларів за цінами 2016 року	Економіка	Euromonitor
34	ВВП на душу населення	ВВП на душу населення за цінами 2016 року.	Економіка	Euromonitor
35	Іпотека	Іпотека як відсоток від доходу. Він обчислюється як частка реальної щомісячної вартості іпотеки щодо доходу сім'ї (оцінюється за середньомісячною зарплатою). Чим менший відсоток, тим краще.	Економіка	Numbeo
36	Glovo	Змінна приймає значення 1, якщо місто має послугу Glovo, а в іншому випадку – 0.	Економіка	Glovo
37	Uber	Змінна приймає значення 1, якщо місто має послугу Uber, а в іншому випадку – 0.	Економіка	Uber
38	Зарплата	Погодинна заробітна плата в місті.	Економіка	Euromonitor
39	Купівельна спроможність	Купівельна спроможність (визначається середньою	Економіка	Numbeo

		зарплатою) для придбання товарів та послуг у місті порівняно з купівельною спроможністю Нью-Йорка.		
40	Резерви	Загальні резерви в мільйонах поточних доларів. Оцінюються на міському рівні відповідно до чисельності населення.	Управління	World Bank
41	Резерви на душу населення	Резерви на душу населення в мільйонах поточних доларів	Управління	World Bank
42	Посольства	Кількість посольств та консульств на місто.	Управління	OpenStreetMap
43	Сертифікація ISO 37120	Встановлюється, чи має місто сертифікацію ISO 37120 чи ні. Сертифіковані міста прагнуть покращити свої послуги та якість життя. Це змінна, кодована від 0 до 6. Міста, які сертифіковані найдовше, мають найбільше значення. Значення 0 - для тих міст, які не мають сертифікації.	Управління	World Council on City Data (WCCD)
44	Дослідницькі центри	Кількість науково-технічних центрів на місто.	Управління	OpenStreetMap
45	Урядові будівлі	Кількість державних будівель та приміщень у місті.	Управління	OpenStreetMap
46	Індекс міцності законних прав	Індекс законних прав вимірює ступінь, в якій закони про застапу та банкрутство захищають права позичальників та позикодавців і, таким чином, полегшують доступ до позик. Значення коливаються від 0 (низький) до 12 (високий), де найвищі рейтинги вказують на те, що закони краще розроблені для розширення доступу до кредитів.	Управління	World Bank
47	Індекс сприйняття корупції	Країни зі значеннями, близькими до 0, сприймаються як дуже корумповані, а країни з індексом близько 100 - як дуже прозорі.	Управління	Transparency International
48	Відкрита платформа даних	Це описує, чи має місто відкриту систему даних.	Управління	CTIC Foundation and Open World Bank
49	Індекс розвитку електронного уряду (EGDI)	EGDI відображає, як країна використовує інформаційні технології для сприяння доступу та включенню своїх громадян.	Управління	United Nations
50	Рейтинг демократії	Рейтинг, де країни, що знаходяться на найвищих посадах, є тими, що вважаються більш демократичними.	Управління	The Economist Intelligence Unit
51	Працевлаштування в державному управлінні	Відсоток населення, зайнятого в державному управлінні та обороні; освіта; здоров'я; громадська, соціальна та особиста діяльність; та інші види діяльності.	Управління	Euromonitor
52	Викиди CO ₂	Викиди CO ₂ від спалення викопного палива та виробництва цементу. Вимірюється в кілотоннах (кт).	Навколишнє середовище	World Bank
53	Індекс викидів CO ₂	Індекс викидів CO ₂ .	Навколишнє середовище	Numbeo
54	Викиди метану	Викиди метану, що виникають внаслідок діяльності людини,	Навколишнє середовище	World Bank

		наприклад, сільського господарства та промислового виробництва метану. Вимірюється в кт еквіваленту CO ₂ .		
55	Доступ до водопроводу	Відсоток населення з розумним доступом до відповідної кількості води внаслідок поліпшення постачання.	Навколишнє середовище	World Bank
56	PM2.5	Індикатор PM2,5 вимірює кількість частинок у повітрі, діаметр яких менше 2,5 мікрметрів (мкм). Середнє річне.	Навколишнє середовище	World Health Organization (WHO)
57	PM10	Індикатор PM10 вимірює кількість частинок у повітрі, діаметр яких менше 10 мкм. Середнє річне.	Навколишнє середовище	WHO
58	Забруднення	Індекс забруднення	Навколишнє середовище	Numbeo
59	Індекс екологічних показників (EPI)	Це вимірює екологічне здоров'я та життєздатність екосистеми. Шкала від 1 (погано) до 100 (добре).	Навколишнє середовище	Yale University
60	Відновлювані водні ресурси	Загальна кількість відновлюваних джерел води на душу населення.	Навколишнє середовище	Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
61	Майбутній клімат	Відсоток підвищення температури в місті під час літнього прогнозу на 2100 рік, якщо забруднення, спричинене викидами вуглецю, продовжуватиме зростати.	Навколишнє середовище	Climate Central
62	Тверді відходи	Середня кількість твердих побутових відходів (сміття), що утворюється щороку на людину (кг / рік).	Навколишнє середовище	Waste Management for Everyone
63	Індекс дорожнього руху	Враховуючи час перебування в дорожньому русі, це викликає невдоволення, споживання CO ₂ та інші неефективні ефекти дорожньої системи.	Мобільність і Транспортування	Numbeo
64	Індекс неефективності	Оцінка неефективності руху (наприклад, тривалого часу подорожі). Високі значення представляють високі показники неефективності у керуванні автомобілем.	Мобільність і Транспортування	Numbeo
65	Індекс руху на дорозі до роботи	Індекс часу, який враховує, скільки хвилин потрібно, щоб доїхати на роботу.	Мобільність і Транспортування	Numbeo
66	Спільне використання велосипедів	Ця система показує автоматизовані послуги для загального користування спільними велосипедами, які забезпечують транспорт з одного місця в інше в межах міста. Показник коливається від 0 до 8 залежно від того, наскільки розроблена система.	Мобільність і Транспортування	Bike-Sharing World Map
67	Довжина системи метро	Довжина системи метро на місто.	Мобільність і Транспортування	Metrobits
68	Станції метро	Кількість станцій метро на місто	Мобільність і Транспортування	Metrobits

69	Рейси	Кількість рейсів прибуття (повітряних маршрутів) у місто.	Мобільність і Транспортування	OpenFlights
70	Швидкісний поїзд	Двійкова змінна, яка показує, чи є в місті швидкісний поїзд чи ні.	Мобільність і Транспортування	OpenRailwayMap
71	Транспортні засоби	Кількість комерційних транспортних засобів у місті (у тисячах).	Мобільність і Транспортування	Euromonitor
72	Кількість велосипедів на домогосподарство	Відсоток велосипедів на домогосподарство.	Мобільність і транспортування	Euromonitor
73	Прокат велосипедів	Кількість пунктів прокату велосипедів або спільного використання велосипедів на основі док-станцій, де їх можна взяти або залишити.	Міське планування	OpenStreetMap
74	Відсоток міського населення з належними санітарними засобами	Відсоток міського населення, яке користується принаймні базовими санітарно-гігієнічними послугами, тобто покращеними санітарно-гігієнічними засобами, якими не користуються інші домогосподарства.	Міське планування	World Bank
75	Кількість людей у домогосподарстві	Кількість людей у домогосподарстві. Зайнятість домогосподарств вимірюється порівняно із середнім показником. Це дає змогу оцінити, чи місто переокупувало чи не займало домогосподарства.	Міське планування	Euromonitor
76	Багатоповерхові будинки	Відсоток будівель, які вважаються багатоповерхівками. Багатоповерхівка - це будівля заввишки щонайменше 12 поверхів або 35 метрів (115 футів).	Міське планування	Skyscraper Source Media
77	Будівлі	Ця змінна - це кількість завершених будівель у місті. Він включає такі споруди, як багатоповерхівки, вежі та малоповерхові будинки, але виключає інші, а також будівлі в різних стадіях завершеності (у будівництві, планових тощо).	Міське планування	Skyscraper Source Media
78	McDonald's	Кількість ресторанів мережі McDonald's на місто.	Міжнародне охоплення	OpenStreetMap
79	Кількість пасажирів в аеропорту	Кількість пасажирів в аеропорту в тисячах.	Міжнародне охоплення	Euromonitor
80	Карта пам'яток	Рейтинг міст за кількістю фотографій, зроблених там і завантажених до Panoramio (спільноти, де фотографії обмінювалися в Інтернеті) Найвищі позиції відповідають містам з найбільшою кількістю фотографій.	Міжнародне охоплення	Sightsmap
81	Кількість конференцій та нарад	Кількість міжнародних конференцій та нарад, які проводяться в місті.	Міжнародне охоплення	International Congress and Convention Association (ICCA)
82	Готелі	Кількість готелів на душу населення.	Міжнародне охоплення	OpenStreetMap
83	Ресторанний індекс	Індекс показує ціни на їжу та напої	Міжнародне	Numbeo

		в ресторанах та барах порівняно з Нью-Йорком	охоплення	
84	Twitter	Зареєстровані користувачі Twitter у місті. Це частина змінної соціальних мереж.	Технологія	Tweepsmap
85	LinkedIn	Кількість користувачів у місті. Це частина соціального змінна медіа.	Технологія	LinkedIn
86	Мобільні телефони	Кількість мобільних телефонів у місті за оцінками на основі даних на рівні країни.	Технологія	International Telecommunication Union
87	Точка доступу Wi-Fi	Кількість точок бездротового доступу в усьому світі. Вони представляють варіанти підключення до Інтернету в місті.	Технологія	WiFi Map app
88	Індекс міських інновацій	Індекс інноваційності міста. Оцінка від 0 (без інновацій) до 60 (багато інновацій).	Технологія	Innovation Cities Program
89	Передплата на стаціонарний телефон	Кількість стаціонарних абонентів на 100 жителів.	Технологія	International Telecommunication Union
90	Широкопasmові підписки	Широкопasmові підписки на 100 жителів.	Технологія	International Telecommunication Union
91	Інтернет	Відсоток домогосподарств, які мають доступ до Інтернету в місті.	Технологія	Euromonitor
92	Мобільна телефонія	Відсоток домогосподарств з мобільними телефонами в місті.	Технологія	Euromonitor
93	Веб-індекс	Веб-індекс прагне виміряти економічну, соціальну та політичну вигоду, яку країни отримують від Інтернету.	Технологія	World Wide Web Foundation
94	Телефонія	Відсоток домогосподарств, які мають якусь телефонну послугу.	Технологія	Euromonitor
95	Швидкість Інтернету	Швидкість Інтернету в місті.	Технологія	Nomad List
96	Комп'ютери	Відсоток домогосподарств з персональним комп'ютером у місті.	Технологія	Euromonitor
97	Наявний дохід	Наявний дохід (середньорічний). Дециль 1. У доларах.	Міський кластер	Euromonitor
98	Наявний дохід	Наявний дохід (середньорічний). Дециль 2. У доларах.	Міський кластер	Euromonitor
99	Наявний дохід	Наявний дохід (середньорічний). Дециль 5. У доларах.	Міський кластер	Euromonitor
100	Наявний дохід	Наявний дохід (середньорічний). Дециль 7. У доларах.	Міський кластер	Euromonitor
101	Наявний дохід	Наявний дохід (середньорічний). Дециль 9. У доларах.	Міський кластер	Euromonitor
102	Населення	Кількість жителів.	Державний/міський кластер	Euromonitor
103	Відсоток зайнятого населення	Відсоток зайнятого населення.	Державний кластер	Euromonitor
104	Витрати на медицину та послуги охорону здоров'я	Витрати на медичні та медичні послуги на одного жителя. У мільйонах доларів, згідно з цінами 2016 року.	Державний кластер	Euromonitor
105	Витрати на гостинність та громадське харчування	Витрати на послуги гостинності та громадського харчування на одного жителя. У мільйонах доларів, згідно з цінами 2016 року.	Державний кластер	Euromonitor
106	Витрати на житло на одного жителя	Витрати на житло на одного жителя. У мільйонах доларів, згідно з цінами 2016 року.	Державний кластер	Euromonitor

Показники та їхні ваги відповідно галузей

	Показник	Вага
<u>а) Розумна економіка</u>		
Новаторський дух	3	17%
Підприємництво	2	17%
Економічний образ & торгова марка	1	17%
Продуктивність	1	17%
Гнучкість ринку праці	2	17%
Міжнародна взаємодія	3	17%
Спроможність трансформуватися	0	0%
В підсумку	12	100%
<u>б) Розумна мобільність</u>		
Місцева доступність	3	25%
(Інтер-)національна доступність	1	25%
Доступність ІКТ інфраструктури	2	25%
Стійкі, інноваційні та безпечні транспортні системи	3	25%
В підсумку	9	100%
<u>в) Розумне середовище</u>		
Привабливість природного середовища	2	25%
Забруднення	3	25%

Охорона навколишнього середовища	2	25%
Стале управління ресурсами	3	25%
В підсумку	10	100%

г) Розумні люди

Рівень кваліфікації	4	14%
Здатність вчитися все життя	3	14%
Соціальна і етнічна множинність	2	14%
Пристосовуваність	1	14%
Творчість	1	14%
Космополітизм / широта світогляду	3	14%
Участь у громадському житті	2	14%
В підсумку	20	100%

д) Розумне житло

Культурні об'єкти	3	14%
Медико-санітарні умови	4	14%
Індивідуальна безпека	3	14%
Якість житла	3	14%
Доступність освіти	3	14%
Туристична привабливість	2	14%
Соціальна згуртованість	2	14%
В підсумку	20	100%

е) Розумне управління

Співучасть у прийнятті рішень	4	33%
Публічні і соціальні сервіси	3	33%
Прозорий уряд	2	33%
Політичні стратегії і перспективи	0	0%
В підсумку	9	100%

Показники «розумного соціополісу»

Критерії
1. Забруднення
2. Інноваційний дух
3. Рівень викидів CO ₂
4. Прозоре управління
5. Стале управління ресурсами
6. Розділення сміття
7. Освітні послуги
8. Медико-санітарні умови
9. Сталий, інноваційний і безпечний громадський транспорт
10. Пішохідні зони
11. Велосипедні доріжки
12. Зелені зони
13. Переробка твердих побутових відходів
14. Домашнє господарство
15. Паливо

16. Політичні стратегії і перспективи
17. Наявність ІКТ-інфраструктури
18. Гнучкість ринку праці

Критерії оцінювання, вагові коефіцієнти та оцінки експертів.

Критерії оцінювання	Експерти										Середнє значення вагових коефіцієнтів
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Оцінки експертів/ Вагові коефіцієнти										
Розумна економіка	4/8	5/7	5/9	4/8	4/9	5/10	3/8	4/7	5/8	7/8	8,2
Розумні люди	5/7	5/8	4/10	5/10	6/9	6/7	5/10	4/7	5/9	7/6	8,3
Розумне керівництво	8/10	4/8	7/9	4/6	6/10	7/10	5/7	3/10	7/8	6/9	8,7
Розумне середовище	8/6	8/8	7/6	7/10	8/10	8/9	8/7	6/9	5/9	6/9	8,3
Розумне життя	5/8	7/9	6/6	5/6	7/5	6/8	4/6	5/7	3/8	6/9	7,2
Розумна мобільність	3/9	5/9	4/10	5/8	3/7	6/10	7/9	6/6	5/5	3/7	8,0
Середнє значення оцінки / загальна вага коефіцієнту	5,5/48	5,6/49	5,5/50	5/48	5,6/50	6,3/54	5,3/47	4,6/46	5/47	5,8/48	8,1

Середні значення показників

M14j	1.4	1.4	2	2
M24j	2	2	2.6	2.6
M34j	2	2	2.6	2.6
M44j	1	1	1	1
M54j	2	2	2.6	2.6
M64j	6.4	6.6	7.8	8
M74j	6.6	6.8	8	8.2
M84j	2.8	3	4.2	4.2
M94j	7	7.2	8.2	8.2
M104j	7	7.2	8.2	8.4
M114j	4.8	4.8	5.6	5.8
M124j	6.6	7	8	8.4
M134j	5.6	5.8	7.2	7.4
M144j	2.2	2.2	2.8	2.8
M154j	1.4	1.4	2	2
M164j	2.2	2.2	2.8	2.8
M174j	1	1	1	1
M184j	5	5.2	6.2	6.2

Ваги компонентів

	W	X	Y	Z	L1	L2	U1	U2
1	2.152	2.582	3.224	3.479	0.015	0.415	0.003	-0.258
2	2.69	3.089	3.771	4.064	0.011	0.388	0.002	-0.295
3	2.58	2.995	3.646	4.031	0.014	0.401	0.01	-0.395
4	1.764	2.165	2.609	2.907	0.017	0.384	0.006	-0.304
5	2.72	3.155	3.776	4.101	0.014	0.421	0.005	-0.33
6	2.54	3.098	3.959	4.528	0.017	0.541	0.017	-0.586
7	2.683	3.224	3.995	4.565	0.014	0.527	0.017	-0.587
8	2.342	2.718	3.562	4.056	0.011	0.365	0.017	-0.511
9	3.394	3.915	4.883	5.435	0.017	0.504	0.013	-0.565
10	2.205	2.65	3.398	3.799	0.017	0.428	0.013	-0.414
11	1.847	2.214	2.83	3.127	0.013	0.354	0.007	-0.304
12	2.66	3.131	3.961	4.418	0.015	0.456	0.011	-0.468
13	3.459	3.924	4.918	5.362	0.011	0.454	0.006	-0.45
14	3.108	3.527	4.402	4.892	0.013	0.406	0.011	-0.501
15	3.211	3.673	4.418	4.801	0.016	0.446	0.004	-0.387
16	2.345	2.673	3.444	3.878	0.007	0.321	0.012	-0.446
17	1.413	1.62	2.149	2.371	0.006	0.201	0.006	-0.228
18	2.326	2.663	3.517	3.85	0.011	0.326	0.008	-0.341

Дефазифікація

	Дефазифікація	Нормалізована вага
1	2.858	0.48
2	3.402	0.57
3	3.311	0.56
4	2.359	0.4
5	3.436	0.58
6	3.528	0.59
7	3.614	0.61
8	3.168	0.53
9	4.404	0.74
10	3.011	0.51
11	2.503	0.42
12	3.54	0.59
13	4.414	0.74
14	3.98	0.67
15	4.024	0.68
16	3.083	0.52
17	1.887	0.32
18	3.087	0.52

Клас SampleDigits.cs:

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.IO;
using System.Linq;
using System.Runtime.Serialization.Formatters.Binary;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Xml.Serialization;

namespace SmartCityDesktop
{
    [Serializable]
    public class SampleDigits
    {
        public int expNum;

        public int critNum;

        public int altNum;

        public const int fuzzyNumberCount = 4;

        public string[] CriteriaNames;

        public int[,] Criteria;

        public int[,] Alternatives;

        public double[] W, X, Y, Z, L1, L2, U1, U2;
        public double[] Defuzzyfication, NormalizedWeights;
        private const int L = 10;

        private int div;

        public SampleDigits() { }

        public double[,] CalculateAverageCriteria()
        {
            double[,] tmp = new double[critNum, fuzzyNumberCount];

            for (int i = 0; i < Criteria.GetLength(0); i++)
            {
                for (int z = 0; z < fuzzyNumberCount; z++)
                {
                    double sum = 0;

```

```

        for (int j = z; j < Criteria.GetLength(1); j += (fuzzyNumberCount))
        {
            sum += Criteria[i, j];
        }

        tmp[i, z] = sum / expNum;
    }
}

return tmp;
}

public double[,] CalculateAverageAlts()
{
    double[,] tmp = new double[critNum][,];

    for (int i = 0; i < critNum; i++)
    {
        tmp[i] = new double[altNum, fuzzyNumberCount];
    }

    for (int global = 0; global < Alternatives.GetLength(0); global++)
    {
        for (int i = 0; i < Alternatives[0].GetLength(0); i++)
        {
            for (int z = 0; z < fuzzyNumberCount; z++)
            {
                double sum = 0;

                for (int j = z; j < Alternatives[0].GetLength(1); j +=
(fuzzyNumberCount))
                {
                    sum += Alternatives[global][i, j];
                }

                tmp[global][i, z] = sum / expNum;
            }
        }
    }

    return tmp;
}

public double[,] CalculateWeights()
{
    double[,] aveCrit = CalculateAverageCriteria();

    double[,] aveAlts = CalculateAverageAlts();

    div = L * critNum;

    W = new double[altNum];
}

```

```

X = new double[altNum];
Y = new double[altNum];
Z = new double[altNum];
L1 = new double[altNum];
L2 = new double[altNum];
U1 = new double[altNum];
U2 = new double[altNum];
Defuzzyfication = new double[altNum];
NormalizedWeights = new double[altNum];
for (int i = 0; i < altNum; i++)
{
    for (int j = 0; j < critNum; j++)
    {
        W[i] += (aveCrit[j, 0] * aveAlts[j][i, 0]) / div;
        X[i] += (aveCrit[j, 1] * aveAlts[j][i, 1]) / div;
        Y[i] += (aveCrit[j, 2] * aveAlts[j][i, 2]) / div;
        Z[i] += (aveCrit[j, 3] * aveAlts[j][i, 3]) / div;
        L1[i] += ((aveCrit[j, 1] - aveCrit[j, 0]) * (aveAlts[j][i, 1] -
aveAlts[j][i, 0])) / div;
        U1[i] += ((aveCrit[j, 3] - aveCrit[j, 2]) * (aveAlts[j][i, 3] -
aveAlts[j][i, 2])) / div;
        L2[i] += ((aveCrit[j, 0] * (aveAlts[j][i, 1] - aveAlts[j][i, 0]))
+(aveAlts[j][i, 0] *
            (aveCrit[j, 1] - aveCrit[j, 0]))) / div;
        U2[i] -= ((aveCrit[j, 3] * (aveAlts[j][i, 3] - aveAlts[j][i, 2]))
+(aveAlts[j][i, 3] *
            (aveCrit[j, 3] - aveCrit[j, 2]))) / div;
    }
}
double[,] tmp = new double[altNum, 8];
double sumX = X.Sum();
for (int i = 0; i < altNum; i++)
{
    tmp[i, 0] = W[i];
    tmp[i, 1] = X[i];
    tmp[i, 2] = Y[i];
    tmp[i, 3] = Z[i];
    tmp[i, 4] = L1[i];
    tmp[i, 5] = L2[i];
    tmp[i, 6] = U1[i];
    tmp[i, 7] = U2[i];

    Defuzzyfication[i] = (L1[i] + U1[i]) / 6 + (L2[i] + U2[i]) / 4 + (Z[i] +
W[i]) / 2;
    NormalizedWeights[i] = X[i] / sumX * L;
}
return tmp;
}
}
}

```