

АНОТАЦІЯ

Табачшин 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», частоту використання ключових слів при трактуванні визначення «розумне місто». 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 для оцінки «розумних» соціополісів. Приведено оцінювання «розумності» соціополісу на основі обчислень з використанням 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 власну методику 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 зручне і зрозуміле, та бібліотеку Microsoft FoundationClasses — MFC. Послугування готовими класами C# сприяло швидкому і простому вирішенню багатьох 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 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 адаптовувати до потреб громади. 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 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 проєктів, які сприяють підвищенню «розумності» населених пунктів, приблизно 10% можуть бути використані при формуванні проєктів створення «розумних соціополісів».

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 дисертації отримані у формі прикладних досліджень та розробленої інформаційної системи оцінювання розумності соціополісів.

- 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;
 - доведено, що для вирішення завдань оцінювання соціополісів доцільне використання інформаційної системи, яка враховує особливості функціонування всіх галузей його розвитку та ґрунтується на використанні сучасних інформаційних технологій;
 - 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 методiku 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 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. 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 оцінювання «розумності соціополісів» з використанням методу нечіткої логіки.

- проведено апробацію роботи інформаційної системи на прикладі експертного оцінювання «розумності» соціополісу Трускавець.

Ключові слова

Екологія, соціополіс, розумні міста, експерт, експертні оцінювання, системний аналіз, візуалізація, віртуалізація, сталий розвиток, пелюсткові діаграми, нечітка логіка, інформаційні системи, знання, навчання

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. Табачишин Д. Р., Ленько В. С., Кунанець Н. Е., Пасічник В. В., Щербина Ю. М. Експертне оцінювання «розумності міста» із застосуванням нечіткої логіки. *Штучний інтелект*. 2017. №1 (75). С. 102–110.
2. Кунанець Н., Мацюк О., Пасічник В., Табачишин Д. Процедури оцінювання рівня “розумності” міста. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Серія: Інформаційні системи та мережі. 2020. Вип. 7. С. 35–41.
3. Pasichnyk V., Tabachyshyn D., Kunanets N., Rzhеuskyi 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.
4. Odrekhivskyu M., Kunanets N., Pasichnyk V., Rzhеuskyi A., Tabachishin D. Information-analytical support for the processes of formation of "Smart sociopolis" of Truskavets. *CEUR Workshop Proceedings*. 2019. Vol. 2393 : *Proceedings of the 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. P. 241–256.
5. Odrekhivskyu M., Pasichnyk V., Rzhеuskyi A., Andrunyk V., Nazaruk M., Kunanets O., Tabachyshyn D. Problems of the intelligent virtual learning environment development. *CEUR Workshop Proceedings*. 2019. Vol. 2386 : *Workshop proceedings of the 8th International conference on "Mathematics. Information Technologies. Education"*, MoMLеT&DS 2019. Shatsk, Ukraine, June 2-4, 2019. P. 359–369.
6. Tabachyshyn D., Pasichnyk V., Kunanets N., Rzhеuskyi 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.
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", *Advances in Intelligent Systems and Computing III*, vol. 871, pp 192-205, 2019. ISSN 2194-5365.
8. Mykola Odrekhivskyi Volodymyr Pasichnyk Nataliia Kunanets Danylo Tabachyshyn The Use of Modern Information Technology in Medical and Health Institutions of Truskavets Resort October 2020

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. В.В.Пасічник, Н.Е.Кунанець, А.А.Федонюк, Д.Р. Табачишин, Комплекс системних характеристик та інформаційних технологій вимірювання «розумності соціополісів» III міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології та взаємодії».- Київ 2016.
- 10.В.В.Пасічник, Н.Е.Кунанець, А.А.Федонюк, Д.Р. Табачишин, Системні характеристики та інформаційні технології вимірювання «розумності соціополісів», Міжнародна науково-практична конференція молодих науковців, аспірантів та студентів.-Рівне 2016.
- 11.В.В.Пасічник, Н.Е.Кунанець, А.А.Федонюк, Д.Р. Табачишин, Комплекс проектів із формування ефективної соціокомунікаційної системи екосоціополісу «Трускавець» Десята міжнародна науково-практична конференція «Інтернет, освіта, наука 2016». – Вінниця 2016.ст 190-191.
- 12..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;
- 13..В.В.Пасічник, Н.Е.Кунанець, Д.Р. Табачишин 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.
- 14.. Artemenko O., Пасічник В., Kunanets N., Tabachyshyn^{**} D. Using context analysis for providing real time recommendations in e-tourism mobile location-based recommender systems // Комп'ютерні науки та інформаційні технології, CSIT-2019 : матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції, 17–20 вересня 2019, Львів, Україна. – 2019. – С. 166–169; (SCOPUS)
- 15.Формування груп експертів оцінювання параметрів «розумного» міста / В. В. Пасічник, Н. Е. Кунанець, Табачишин Д. Р., // Управління проектами: стан та перспективи: матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції, 10-13 вересня 2019 р. – Миколаїв, 2019. – С. 54–55.;