

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Рибчак Зоряна Любомирівна

УДК 004.89

ДИСЕРТАЦІЯ

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ
ФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД**

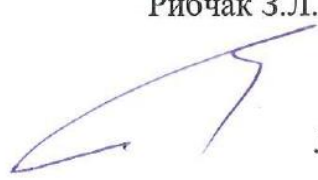
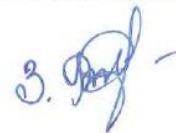
01.05.03 – математичне та програмне забезпечення обчислювальних
машин і систем
Технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

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

джерело

Рибчак З.Л.



Науковий керівник –
Литвин Василь Володимирович,
д.т.н., професор

Ідентичність всіх примірників дисертації

ЗАСВІДЧУЮ:

*Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради*



Львів – 2018

АНОТАЦІЯ

Рибчак З.Л. Методи та засоби підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 01.05.03 «Математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем» – Національний університет «Львівська політехніка», Міністерство освіти і науки України, Львів, 2018.

Зміст дисертації. Дисертацію присвячено розв’язанню актуального науково-прикладного завдання, яке полягає у розробленні математичних методів та програмних засобів підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад.

5 лютого 2015 року Верховною Радою України було схвалено Закон України №157-VIII «Про добровільне об’єднання територіальних громад», а для забезпечення його реалізації Кабінетом Міністрів України затверджено Методику формування спроможних територіальних громад (постанова КМУ № 214 від 08.04.2015). Одним з основних положень формування територіальних громад є визначення майбутніх потенційних адміністративних центрів.

Процес формування та розвитку територіальних громад потребує наукових підходів, а саме розроблення математичної моделі таких задач, методів їх розв’язку та адаптацій до конкретних районів двадцяти п’яти областей України та Автономної Республіки Крим. Маючи таку математичну модель й розробивши методи її розв’язування, можна формувати ТГ на основі науково-обґрунтованого підходу.

Процеси формування та розвитку територіальних громад вивчають багато вчених та фахівців: Л.Ламб, М.Розенхальд, Г.Васильченко, І.Парасюк, Н.Єременко, Б.Андрушків, І.Козюра, В.Куйбіда, І.Санжаровський, Ю. Свірський і інші. Зокрема, особливостями

формування об'єднань територіальних громад Б.Андрушків, І.Санжаровський, Ю.Свірський та В.Куйбіда, а плануванням розвитку територіальних громад займаються Л.Ламб, М.Розенхальд, Г.Васильченко, І.Парасюк, Н.Єременко.

Більшість досліджень, які проводяться стосуються економіки та державного управління, тому актуальним й необхідним завданням є розроблення математичних методів та програмних засобів підтримки прийняття рішень з супроводу процесів формування та розвитку територіальних громад.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у вирішенні науково-технічного завдання створення системи підтримки прийняття рішень формування і розвитку територіальних громад, розробленні математичних методів формування територіальних громад за допомогою ройових алгоритмів (колонії мурах, рою часток, сірих вовків) як розв'язування багатокритеріальної задачі розбиття графу, що на відміну від існуючих підходів дає можливість використати переваги таких алгоритмів для розв'язування NP-повних задач, що у свою чергу, дало змогу розробити математичне забезпечення функціонування системи підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад. Також удосконалено метод розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації формування територіальних громад на основі ройових алгоритмів шляхом налаштування вільних параметрів таких алгоритмів за допомогою генетичного алгоритму, що дало змогу підвищити ефективність використання окремих ройових алгоритмів для формування територіальних громад. Подальшого розвитку набув метод планування розвитку територіальних громад шляхом опитуванням у вигляді анкетування жителів територіальних громад та експертних оцінок опрацювання результатів опитування для визначення першочерговості завдань у межах територіальних громад, а також модифікація алгоритму Пріма, що полягає в ітераційному його використанні для забезпечення

цілісних витрат ресурсів різних типів, яка використовується для розв'язання задачі планування ремонту доріг в межах територіальної громади.

У **першому розділі** здійснено аналітичний огляд існуючих математичних методів та засобів програмного забезпечення підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад.

Розглянуто поняття територіальних громад. Проаналізовано проблемні питання формування та розвитку територіальних громад. Проведено аналіз існуючих методів формування та розвитку територіальних громад, проаналізовано джерела та висвітлено стан інших наукових публікацій за темою дисертації.

Моделювання спроможних територіальних громад являє собою складний процес. Для вибору оптимальних рішень з використанням методики моделювання громад слід розв'язати задачу багатокритеріальної оптимізації. Методи локальної оптимізації використовуються для розв'язання оптимізаційних задач зі складнощами в обчисленнях. Такі методи доволі часто також називають методами локального пошуку. Доцільним є їх використання у задачах, де необхідно знайти розв'язок серед множини існуючих можливих рішень, при чому даний розв'язок повинен бути максимальним для певного критерію.

Головною ідеєю методу локальної оптимізації є перебір можливих розв'язків за допомогою внесення локальних змін з метою зведення результату до оптимального, або ж до вичерпання часового обмеження, чи кількості спроб.

Оптимізаційна модель утворення територіальних громад матиме велику кількість умов, що потребуватиме розробки математичної моделі з певною кількістю обмежень. Покращення класичних алгоритмів розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації з великим обсягом вхідних даних не призведе до отримання найоптимальніших розв'язків, коли мова йде про розв'язання динамічної задачі. Комп'ютерні системи,

що беруть за основу класичні методи, незважаючи на вхідні дані та принцип пошуку мають різні недоліки, тому актуальним є завдання розробки математичних методів процесів формування та розвитку територіальних громад.

У **другому розділі** було розроблено математичні методи формування спроможних територіальних громад, які базуються на використанні ройових алгоритмів та їх гібридизації (алгоритмів мурашиних колоній, рою часток, сірих вовків). Однією з особливостей ройових алгоритмів - значна кількість вільних параметрів. Від значень цих параметрів може сильно залежати ефективність алгоритму, однак формальні рекомендації з вибору значень цих параметрів, виходячи з особливостей оптимізаційної задачі, відсутні. Автором запропоновано визначати вільні параметри для окремих ройових алгоритмів на основі генетичного алгоритму. Математична модель процесу формування територіальних громад представлена у вигляді задачі багатокритеріальної оптимізації розбиття зв'язного графу на зв'язні підграфи, яка відноситься до класу NP-повних задач. Для того, щоб сформувану територіальну громаду використовується гібрид алгоритму колонії мурах та методу рою часток, а для того щоб визначити найкращий адміністративний центр використовуються алгоритми сірих вовків та кажанів. Використані методи пропонують найоптимальніше розбиття району та пошук адміністративного центру, розв'язуючи багатокритеріальну оптимізаційну задачу. Завдяки динамічній зміні множини критеріїв визначення спроможності алгоритм можна застосувати у різних районах моделювання.

У **третьому розділі** розроблено математичні методи визначення першочерговості розв'язування задач розвитку територіальних громад. Було проведено анкетування жителів територіальних громад, а з використанням експертних оцінок опрацьовано результати. Було визначено, що першочерговими задачами є задачі ремонту доріг та адміністративних будівель (шкіл, дитячих садків, лікарень тощо). Першою

задачею розвитку є ремонт доріг. Для вирішення задачі було модифіковано класичну задачу пошуку мінімального кістякового дерева з врахуванням специфіки підпорядкування доріг, щоб ефективно використати наявні кошти на ремонт доріг. Друга задача - ремонт адміністративних будівель. Для її вирішення було зведено задачу планування до задачі динамічного програмування.

У **четвертому розділі** розроблено структуру системи підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад та реалізовано програмне забезпечення її окремих модулів.

Побудовано онтологію предметної області. Відображено результати досліджень запропонованих методів формування та методів розвитку територіальних громад

Здійснено апробацію пропонованих методів та алгоритмів на прикладі формування територіальних громад у Пустомитівському районі Львівської області та деяких районах Чернівецької області. Результатом тестування є аналіз отриманих експериментів з різними комбінаціями коефіцієнтів даних.

Здійснено SWOT-аналіз, який виявив необхідність вдосконалення системи впровадженням можливості адаптації пропонованих методів формування ТГ до районів з різними типами адміністративно-територіального устрою.

Побудовано окремі модулі СППР, які визначають оптимізації набору критеріїв оцінювання адміністративної одиниці на предмет адміністративного центру для вирішення проблеми суміжності рад. Розроблені модулі СППР дозволяють вирішити завдання пошуку учасників формування територіальної громади, перевірки кожного учасника на суміжність, виконання циклу перевірки на предмет адміністративного центру, об'єднання адміністративних одиниць в територіальну громаду із обраним адміністративним центром.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, територіальна громада, населений пункт, алгоритм колонії мурах, метод рою часток, алгоритм сірих вовків алгоритм Пріма, динамічне програмування, багатокритеріальна оптимізація.

Перелік опублікованих праць за темою дисертації:

1. Рибчак З.Л. Методи та засоби моделювання плану першочерговості ремонту доріг в межах територіальної громади / Рибчак З.Л. // Бионика интеллекту.– Харків : ХНУРЕ, 2018. – №1(90). – С. 48-53.
2. Rybchak Z. Optimization of travel routes based on modified genetic and ant algorithms / Z.Rybchak // Econtechmod: An international quarterly journal. – Vol. 6., No. 2. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch, 2017. – P. 85-90.
3. Рибчак З.Л. Система оптимізації маршрутів туризму на основі модифікації генетичного та мурашиного алгоритмів / Рибчак З.Л., Литвин В.В., Угрин Д.І., Іллюк О.Д., Білоус С.В. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Інформаційні системи та мережі. – Львів : Львівська політехніка, 2017. – № 872. – С. 210-220.
4. Zavushchak I. Models of support decisions systems in the employment industry / I.Zavushchak, I.Shvorob, Z.Rybchak // Advances in Intelligent Systems and Computing, ISSN 2194-5357. – Vol.871. – Springer International Publishing AG, 2018. – P. 246-255.
5. Zheliznyak I. Analysis of clustering algorithms / I.Zheliznyak, Z.Rybchak, I.Zavuschak // Advances in Intelligent Systems and Computing, ISSN 2194-5357. – Vol. 512. – Springer International Publishing AG, 2017. – P. 305-314.
6. Rybchak Z. Analysis of methods and means of text mining / Rybchak Z., Basystiuk O. // Econtechmod: An international quarterly journal. – Vol. 6, No. 2. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch, 2017. – P. 73-78.

7. Rybchak Z. Analysis of computer vision and image analysis technics / Rybchak Z., Basystiuk O. // Econtechmod: An international quarterly journal. – Vol. 6, No. 2. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch, 2017. – P. 79-84.
8. Shchur G. Smartphone app with usage of AR technologies – SolAR System / G.Shchur, N.Shakhovska, Z.Rybchak // Eontechmod. An international quarterly journal. – Vol. 6, No. 2. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch, 2017. – P. 63-68.
9. Rybchak Z. Modification of the initialization and crossing methods of ant and genetic algorithms for solving the transport problem in the tourism / Z.Rybchak // 7th International Youth Science Forum "Litteris et Artibus" : proceedings, Nov. 26-28, 2017, Lviv. – Lviv : Lviv Polytechnic Publ. House, 2017. – P. 414-416.
10. Литвин В. Моделювання плану ремонту доріг в межах територіальної громади на основі модифікації алгоритму Пріма / В.Литвин, З.Рибчак, Д.Угрин // Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – Івано-Франківськ: п.Голіней О.М., 2017. – С. 53-57.
11. Zavuschak I. Management process knowledge in the subject area and notion of contextual dependence / I.Zavuschak, I.Zheliznyak, Z.Rybchak // 6th International Youth Science Forum "Litteris et Artibus" : proceedings, Nov. 26-28, 2016, Lviv. – Lviv : Lviv Polytechnic Publ. House, 2016. – P. 102-106.
12. Lytvyn V. Application of sentence parsing for determining keywords in ukrainian texts / V.Lytvyn, V. Vysotska, D. Dosyn, R. Holoschuk, Z. Rybchak // XI-th International Scientific and Technical Conference “Computer Science and Informational Technologies” (CSIT'2017) : proceedings, 05-08 September, 2016, Lviv. 2017. – P. 326-331.

13. Шатських В. Побудова моделі рекомендацій релевантних фільмів до потреб користувача з використанням колаборативної фільтрації / В.Шатських, З.Рибчак, В.Литвин // Математика. Інформаційні технології. Освіта : Матеріали тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції. – Луцьк, 2017. – С. 63-65.

ABSTRACT

Rybchak Z. Methods and means of support in making decisions on the formation and development of territorial communities. - Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

Dissertation for the degree of a candidate of technical sciences (doctor of philosophy) in specialty 01.05.03 "Mathematical and software of computer machines and systems". - Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2018.

Contents of the dissertation. The dissertation is devoted to the solution of the actual scientific and applied problem, which consists in the development of mathematical methods and software tools for supporting the decision making of the formation and development of territorial communities.

On February 5, 2015, the government of Ukraine approved the Law of Ukraine No. 157-VIII "On voluntary association of territorial communities", and to ensure its implementation, the Cabinet of Ministers of Ukraine approved the Methodology for the formation of capable territorial communities (Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 214 dated April 8, 2015). One of the main provisions for the formation of territorial communities is the definition of future potential administrative centers.

The process of formation and development of territorial communities will require scientific approaches, namely the development of a mathematical model of such problems, methods for their solution and adaptations to specific regions of twenty five regions of Ukraine and the Autonomous Republic of Crimea. Having such a mathematical model and developing methods for its solution, it is possible to form territorial communities based on a scientifically grounded approach.

The processes of formation and development of territorial communities are studied by many scientists and specialists: L. Lamb, M. Rozenhald, G. Vasilchenko, I. Parasyuk, N. Yeremenko, B. Andrushkov, I. Kozyur, V. Kuybida, I. Sangzharovsky, Yu. Svirsky and others. In particular, the

peculiarities of the formation of associations of territorial communities are B.Andrushkov, I.Sanzharovsky, Y.Svirsky and V.Kuybida, and the planning of the development of territorial communities is carried out by L. Lamb, M. Rozenchald, G. Vasilchenko, I. Parasyuk, N. Yeremenko .

Most of the studies that are conducted relate to economics and public administration; therefore, the urgent and necessary task is to develop mathematical methods and software tools for decision-making support to support the processes of formation and development of territorial communities.

The scientific novelty of the obtained results consists in solving the scientific and technical task of creating a system for supporting the decision-making of the formation and development of territorial communities, developing mathematical methods for the formation of territorial communities with the help of routine algorithms (ants colony, particle swarm, gray wolves) as a solution to the multicriterial task of the breakdown of the graph, which, in contrast to existing approaches, makes it possible to use the advantages of such algorithms for solving NP-complete problems, which, in turn, made it possible to develop mathematical assurance The functioning of the support system for decision-making in the formation and development of territorial communities is functioning. The method of solving the multicriteria optimization of the formation of territorial communities based on the rook algorithms is also improved by adjusting the free parameters of such algorithms using a genetic algorithm, which made it possible to increase the efficiency of the use of separate roaming algorithms for the formation of territorial communities. The method of planning the development of territorial communities was further developed through a survey in the form of a survey of residents of territorial communities and expert assessments of the processing of survey results to determine the priority of tasks within the territorial communities, as well as the modification of the Primary algorithm, which is its iterative use to ensure the integral costs of different types of resources , which is used to solve the problem of road repair planning within the territorial community.

The first chapter deals with analytical review of existing mathematical methods and software tools for supporting the decision-making of the formation and development of territorial communities was carried out.

The notion of territorial communities is considered. Problematic issues of formation and development of territorial communities are analyzed. The analysis of existing methods of formation and development of territorial communities was carried out, sources were analyzed and the state of other scientific publications was analyzed on the topic of the dissertation.

Modeling a capable territorial communities is a complex process. To find the best solutions using the community simulation methodology, you should solve the multicriteria optimization problem. Local optimization methods are used to solve optimization problems with complexity in calculations. These methods are often also called local search methods. It is advisable to use them in tasks where it is necessary to find a solution among the set of existing solutions, and this solution should be maximized for a certain criterion.

The main idea of the method of local optimization is the search for possible solutions by making local changes in order to reduce the result to the optimal, either before the time limit is exceeded, or the number of attempts.

The optimization model for the formation of territorial communities will have a large number of conditions that will require the development of a mathematical model with a certain number of constraints. Improving the classical algorithms for solving multicriteria optimization problems with a large amount of input data will not lead to the most optimal solutions when it comes to solving a dynamic task. Computer systems based on classical methods, despite the input data and the principle of searching, have various disadvantages, and therefore the task of developing mathematical methods for the processes of formation and development of territorial communities is relevant.

In the second section, mathematical methods for the formation of capable territorial communities, based on the use of the rational algorithms and their hybridization (algorithms of ant colonies, particle swarm, gray wolves) were

developed. One of the features of the roaming algorithms is a large number of free parameters. The values of these parameters can greatly depend on the effectiveness of the algorithm, but there are no formal recommendations for choosing the values of these parameters, based on the features of the optimization problem. The author proposes to determine the free parameters for individual poetical algorithms based on the genetic algorithm. The mathematical model of the process of formation of territorial communities is presented in the form of the task of multicriterion optimization of the partition of a coherent graph on connected piecograms, which belongs to the class of NP-complete problems. In order to form a capable territorial community, the hybrid of the anchor colony algorithm and the particle swarm method are used, and in order to determine the best administrative center, the algorithms of gray wolves and bats are used. The methods used offer the most optimal partitioning of the area and the search for the administrative center, solving the multicriteria optimization problem. Due to the dynamic change in the set of criteria for determining the capacity, the algorithm can be applied in different areas of simulation.

In the third section, mathematical methods for identifying the priority of solving territorial communities development problems were developed. A questionnaire was conducted among residents of territorial communities, and the results were analyzed using expert assessments. It was determined that the primary tasks are the tasks of repairing roads and administrative buildings (schools, kindergartens, hospitals, etc.). The first task of development is repair of roads. To solve the problem, the classical problem of searching the minimal skeletal tree was modified, taking into account the specifics of subordination of roads, in order to effectively use the available funds for road repairs. The second task is to repair administrative buildings. To solve it, the task of scheduling was created to the task of dynamic programming.

In the fourth section, the structure of the decision-making support system for the formation and development of territorial communities was developed and the software of its individual modules was implemented.

The ontology of the subject area is constructed. The results of researches of proposed methods of formation and methods of development of territorial communities are shown

Probation of proposed methods and algorithms is carried out on the example of formation of territorial communities in Pustomyty district of Lviv region and some regions of Chernivtsi region. The result of the test is an analysis of the experiments obtained with different combinations of data coefficients.

A SWOT analysis was carried out, which revealed the need to improve the system by introducing the possibility of adapting the proposed methods of forming territorial communities to districts with different types of administrative-territorial system.

There are constructed separate decision support system modules that determine the optimization of the set of criteria for evaluation of the administrative unit for the purpose of the administrative center to solve the problem of adjacency of the boards. The developed decision support system modules allow solving the problem of the search for participants in the formation of a territorial community, checking each participant for adjacency, performing a verification cycle for an administrative center, merging administrative units into a territorial community with an elected administrative center.

Keywords: decision support system, territorial community, locality, ant colony algorithm, particle swarm algorithm, primitive algorithm for gray wolves, dynamic programming, multicriteria optimization,

References

1. Rybchak Z. Methodology to plan a model plan for repairing repairs to roads in the territory between territories / Rybchak Z.L. // Bionika intelektu. - Kharkiv: KNURE, 2018. - №1 (90). - p. 48-53.
2. Rybchak Z. Optimization of travel routes based on modified genetic and ant algorithms / Z.Rybchak // Econtechmod: An international quarterly journal. –

- Vol. 6., No. 2. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch, 2017. – P. 85-90.
3. Rybchak Z. The system of optimization of tourism routes based on the modification of genetic and antroid algorithms / Rybchak Z.L., Litvin VV, Uhrin D.I., Illiuk O.D., Bilous S.V. // The Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic": Information Systems and Networks. - Lviv: Lviv Polytechnic, 2017. - No. 872. - P. 210-220.
 4. Zavushchak I. Models of support decisions systems in the employment industry / I.Zavushchak, I.Shvorob, Z.Rybchak // Advances in Intelligent Systems and Computing, ISSN 2194-5357. – Vol.871. – Springer International Publishing AG, 2018. – P. 246-255.
 5. Zheliznyak I. Analysis of clustering algorithms / I.Zheliznyak, Z.Rybchak, I.Zavuschak // Advances in Intelligent Systems and Computing, ISSN 2194-5357. – Vol. 512. – Springer International Publishing AG, 2017. – P. 305-314.
 6. Rybchak Z. Analysis of methods and means of text mining / Rybchak Z., Basystiuk O. // Econtechmod: An international quarterly journal. – Vol. 6, No. 2. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch, 2017. – P. 73-78.
 7. Rybchak Z. Analysis of computer vision and image analysis technics / Rybchak Z., Basystiuk O. // Econtechmod: An international quarterly journal. – Vol. 6, No. 2. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch, 2017. – P. 79-84.
 8. Shchur G. Smartphone app with usage of AR technologies – SolAR System / G.Shchur, N.Shakhovska, Z.Rybchak // Eontechmod. An international quarterly journal. – Vol. 6, No. 2. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch, 2017. – P. 63-68.
 9. Rybchak Z. Modification of the initialization and crossing methods of ant and genetic algorithms for solving the transport problem in the tourism / Z.Rybchak // 7th International Youth Science Forum "Litteris et Artibus" :

proceedings, Nov. 26-28, 2017, Lviv. – Lviv : Lviv Polytechnic Publ. House, 2017. – P. 414-416.

- 10.** Lytvyn V. Modeling road repair plan within the local community through modification algorithm Prima / V.Lytvyn, Z.Rybchak, D.Uhryn // Information technology and computer modeling materials International Scientific Conference. - Ivano-Frankivsk: P.Goliney O.M., 2017. - P. 53-57.
- 11.** Zaviruschak I. Management process knowledge in the subject area and notion of contextual dependence / I.Zaviruschak, I.Zheliznyak, Z.Rybchak // 6th International Youth Science Forum "Litteris et Artibus" : proceedings, Nov. 26-28, 2016, Lviv. – Lviv : Lviv Polytechnic Publ. House, 2016. – P. 102-106.
- 12.** Lytvyn V. Application of sentence parsing for determining keywords in ukrainian texts / V.Lytvyn, V. Vysotska, D. Dosyn, R. Holoschuk, Z. Rybchak // XI-th International Scientific and Technical Conference “Computer Science and Informational Technologies” (CSIT'2017) : proceedings, 05-08 September, 2016, Lviv. 2017. – P. 326-331.
- 13.** Shatskyh V. Construction of the model relevant movie recommendations to the user's needs using collaborative filtering / V.Shatskyh, Z.Rybchak, Lytvyn // Mathematics. Information Technology. Education: Materials of abstracts of the International Scientific and Practical Conference. - Lutsk, 2017. - P. 63-65.

ЗМІСТ

Вступ.....	20
Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами	22
Мета і задачі дослідження.....	22
Наукова новизна одержаних результатів.....	23
Практичне значення одержаних результатів.....	24
Особистий внесок здобувача.....	25
Апробація результатів дисертації.....	26
Публікації.....	26
Розділ 1. Аналіз методів формування та розвитку територіальних громад	27
1.1.Поняття терміну територіальна громада	27
1.2.Проблемні питання формування та розвитку територіальних громад..	34
1.3.Існуючі математичні методи формування та розвитку територіальних громад	42
1.4.Постановка задачі дослідження.....	44
Висновки до розділу 1	44
Розділ 2. Розробка методів формування територіальних громад.....	45
2.1.Вибір методів для формування територіальних громад	45
2.2.Побудова математичної моделі процесу формування територіальних громад	48
2.3.Застосування алгоритму мурашиних колоній для формування територіальних громад	53
2.4.Застосування методу рою часток для формування територіальних громад	59
2.5.Застосування алгоритмів сірих вовків та кажанів для визначення адміністративного центру територіальної громади.....	64
2.6.Визначення параметрів ройових алгоритмів на основі машинного навчання з підкріпленням.....	70
Висновки до розділу 2	75
Розділ 3. Розробка математичних методів розвитку територіальних громад	76

3.1.Опитування експертів та обробка експертних оцінок.....	76
3.2.Анкетування жителів територіальної громади в процесі розроблення плану розвитку.....	83
3.3.Застосування модифікації алгоритму Пріма для вирішення завдань розвитку територіальних громад	85
3.4.Використання динамічного програмування для задач розвитку територіальних громад	90
Висновки до розділу 3	92
Розділ 4. Розробка системи підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад, на основі запропонованих методів	93
4.1.Онтологія формування територіальних громад.....	93
4.2.Процес формування спроможних територіальних громад	97
4.3.Результати досліджень запропонованого математичного підходу формування територіальних громад	105
4.4.Результати досліджень запропонованих методів розвитку територіальних громад	128
Висновки до розділу 4	132
Список літератури	135
Додаток А. Акти впровадження.....	147
Додаток Б. Список публікацій та апробація результатів	158

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

СППР – система підтримки прийняття рішень;

ТГ – територіальна громада;

НП – населений пункт;

ОТГ – об'єднана територіальна громада;

ЗБО – задача багатокритеріальної оптимізації;

АСО – (Ant Colony Optimization) алгоритм мурашиних колоній;

PSO – (Particle Swarm Optimization) метод рою часток;

ГА- генетичний алгоритм;

РА- ройові алгоритми.

ВСТУП

На сьогодні в Україні спостерігається тенденція до децентралізації влади і об'єднання декількох населених пунктів, формуючи таким чином спроможну територіальну громаду. 5 лютого 2015 року Парламентом України було схвалено Закон України «Про добровільне об'єднання територіальних громад», а Урядом, для забезпечення його реалізації, затверджено Методику формування спроможних територіальних громад (постанова Кабінету Міністрів України № 214 від 08.04.2015). Одним з основних положень формування територіальних громад є визначення майбутніх потенційних адміністративних центрів. Зазвичай у межах територіальної громади є адміністративні будівлі для розміщення органів управління місцевого самоврядування, органу правопорядку, пожежної частини, пункту швидкої допомоги, центру надання адміністративних послуг, державного казначейства тощо. Такі будівлі, як правило розміщуються в центрі територіальної громади. Зона доступності населених пунктів до адміністративного центру територіальної громади має складати не більше 25 км.

Процес формування та розвитку територіальних громад потребує наукових підходів, а саме розроблення математичної моделі таких задач, методів їх розв'язку, їх адаптацій до конкретних районів 25 областей України та автономної республіки Крим. Маючи таку математичну модель й розробивши методи її розв'язування, можна формувати територіальні громади на основі науково обґрунтованого підходу, адже таке об'єднання неминуче.

Процеси формування та розвитку територіальних громад вивчають багато вчених та фахівців: Л.Ламб, М.Розенхальд, Г.Васильченко, І.Парасюк, Н.Єременко, Б.Андрушків, І.Козюра, В.Куйбіда, І.Санжаровський, Ю.Свірський та інші. Зокрема, особливостями формування об'єднань територіальних громад – Б.Андрушків, І.Санжаровський, Ю. Свірський та В.Куйбіда, а плануванням розвитку

територіальних громад займаються Л.Ламб, М.Розенхальд, Г.Васильченко, І.Парасюк, Н.Єременко.

Більшість досліджень, які проводяться, стосуються економіки та державного управління, тому актуальним завданням є технічні дослідження процесів формування та розвитку територіальних громад.

Під час проведення адміністративно-територіальної реформи при обласних адміністраціях були сформовані громадські організації, які виробляють методику формування та розвитку територіальних громад. Приймаючи участь у такій роботі, автор запропонувала підхід, який описаний у цій роботі. Розроблена модель формування територіальних громад є модифікацією задачі розбиття графу, яка відноситься до класу NP-повних задач. Розв'язуванню цієї задачі за останнє десятиліття присвячено ряд робіт, які ґрунтуються на побудові ефективних алгоритмів з використанням природних систем (ройові алгоритми тощо) для різних прикладних задач. Зокрема, у роботі А.Фельдмана та Л.Фоціні задача розбиття графу використовується для побудови збалансованих дерев. Такі математичні моделі використовуються й для задач кластеризації у працях С.Альзате та Дж.Сюкенса. Останнім часом значна увага приділяється потокам у мережах, що пов'язано із стрімким ростом зберігання інформації на різних серверах. Для цих задач також використовують розбиття графу на сильно зв'язані підграфи, такі вчені, як А.Курве, Дж.Гріфін та А.Кесідіс. З цією задачею пов'язана й інша задача – розпаралелювання потоків у мережі. Всі ці прикладні задачі, які наведені в роботах А.Фельдмана, Л.Фоціні, С.Альзате, Дж.Сюкенса, Н.Курве, Дж.Гріфіна та А.Кесідіса за своєю суттю схожі на аналізовану тут задачу формування територіальної громади, а саме пошук сильно пов'язаних кластерів у певній мережі. Проблемі побудови ефективних алгоритмів розв'язування такої задачі присвячена робота Х.Майєренка, Б.Монієна та Т.Зауєрвальда. Однак розв'язана у цій дисертації задача має свою специфіку, яка полягає в іншій критерії розбиття графу, а саме –

критерієм є зв'язність підграфу, а не величина потоків між підграфами. Тому необхідні додаткові дослідження з вирішення наведеної проблеми.

Отже, науково-прикладне завдання пов'язане із розробленням методів та засобів підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад є актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційне дослідження виконане у межах науково-дослідної роботи Національного університету «Львівська політехніка» «Методи та засоби функціонування систем підтримки прийняття рішень на основі онтологій» (номер державної реєстрації 0118U000269, термін виконання: 2018–2019). Тема дисертації відповідає науковому напрямку кафедри «Інформаційні системи та мережі» - «Дослідження, розробка та 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».

Мета і задачі дослідження

Метою дисертації є розроблення математичних методів та програмних засобів підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад використовуючи ройові та генетичні алгоритми, методи аналізу експертних оцінок та задачі багатокритеріальної оптимізації, модифікацію алгоритму Пріма, зведення задач планування до задач динамічного програмування.

Згідно з метою дисертації є необхідність розв'язання таких завдань:

- 1) Провести аналіз існуючих математичних методів формування та розвитку територіальних громад;
- 2) Розробити математичні методи формування територіальних громад;

- 3) Розробити математичні методи розвитку територіальних громад;
- 4) Розробити систему підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад, на основі запропонованих методів, а також провести апробацію розроблених методів шляхом реалізації системи підтримки прийняття рішень.

Об'єкт дослідження – процеси формування та розвитку територіальних громад.

Предмет дослідження – математичні методи та програмні засоби підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад на основі ройових алгоритмів та теорії графів.

Методи дослідження. Дослідження, виконані під час роботи над дисертацією, ґрунтувалися на основі використання теорії графів, алгоритмів мурашиних колоній, методу рою часток для формування спроможних територіальних громад, алгоритму вовків для визначення адміністративного центру територіальної громади, генетичного алгоритму для визначення значень вільних параметрів ройових алгоритмів, анкетування та експертних оцінок для визначення першочерговості вирішення завдань розвитку в межах територіальної громади, алгоритму побудови кістяків графа та динамічного програмування для планування розвитку територіальних громад.

Наукова новизна одержаних результатів

Визначення наукової новизни дисертаційної роботи - це розв'язання науково-технічного завдання розробки методів та засобів підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад. У дисертаційному дослідженні одержано такі наукові результати:

- вперше розроблено метод формування ТГ за допомогою ройових алгоритмів (колонії мурах, рою часток, сірих вовків) як розв'язування багатокритеріальної задачі розбиття графу, що на

відміну від існуючих підходів дає можливість використати переваги таких алгоритмів для розв'язування NP-повних задач, що у свою чергу, дало змогу розробити математичне забезпечення функціонування системи підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад;

- удосконалено метод розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації формування територіальних громад на основі ройових алгоритмів шляхом налаштування вільних параметрів таких алгоритмів за допомогою генетичного алгоритму, що дало змогу підвищити ефективність використання окремих ройових алгоритмів для формування територіальних громад;
- набув подальшого розвитку метод планування розвитку територіальних громад шляхом анкетування жителів ТГ та експертних оцінок опрацювання результатів опитування для визначення першочерговості вирішення завдань в межах ТГ;
- набув подальшого розвитку метод Пріма для розв'язання задачі планування ремонту доріг в межах територіальної громади, модифікація якого полягає в ітераційному його використанні для забезпечення цілісних витрат ресурсів різних типів, якими володіє територіальної громади.

Практичне значення одержаних результатів

Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному:

- розроблено математичне та програмне забезпечення функціонування окремих модулів системи підтримки прийняття рішень формування територіальних громад на основі ройових та генетичних алгоритмів;
- модифіковано алгоритм Пріма для вирішення завдань моделювання планування ремонту доріг в межах територіальної громади;

- розв'язано задачу планування ремонту адміністративних будівель в межах територіальної громади на основі зведення задачі планування до задачі динамічного програмування;
- розроблено та впроваджено окремі модулі системи підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад.

Результати дисертаційних досліджень використано у навчальному процесі Національного університету «Львівська політехніка», кафедри інформаційних систем та мереж у дисциплінах «Теорія прийняття рішень», «Онтологічний інжиніринг», «Методи та засоби інженерії даних та знань» для студентів ОР «бакалавр», спеціальність 124 «Системний аналіз», а також для студентів ОР «магістр», спеціальностей 122 «Комп'ютерні науки» та 124 «Системний аналіз»

Одержані в дисертаційній роботі результати використано під час розроблення прототипу системи та впроваджено у Брошнів-Осадській об'єднаній територіальній громаді, департаменті розвитку Львівської міської ради, Львівське комунальне підприємство «Культурно-освітній центр імені Олександра Довженка» та Громадському Об'єднанні «Іноваційний фонд».

Особистий внесок здобувача

Усі наукові результати, подані у дисертації, одержані здобувачем особисто. У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, внесок здобувача такий: [3] – алгоритм формування територіальних громад ґрунтуючись на мурашиному алгоритмі; [4] – онтологічний підхід, який використовується під час побудови систем підтримки прийняття рішень; [5] – аналіз алгоритмів кластеризації; [6] – методи опрацювання вхідних даних про населені пункти територіальних громад; [7] – основні принципи computer vision, які використовувались при реалізації системи; [8] – розроблено програмне забезпечення для мобільних платформ; [9] – модифікація алгоритму Пріма для моделювання плану ремонту доріг в

межах територіальної громади; [11] – аналіз концептуальної моделі системи підтримки прийняття рішень [12] – наповнення бази даних для формування територіальних громад використовуючи парсинг документів про населені пункти; [13] – використання колаборативної фільтрації для розв’язування прикладних задач.

Апробація результатів дисертації

Основні результати дисертаційної роботи доповідалися на семінарах та конференціях:

- 6th and 7th International Youth Science Forums "Litteris et Artibus" (Lviv, 2016, 2017);
- Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології та комп’ютерне моделювання» (Івано-Франківськ - Яремче, 2017);
- Міжнародна науково-практична конференція «Математика. Інформаційні технології. Освіта» (Луцьк, 2017);
- XII-th and XIII-th International Scientific and Technical Conferences “Computer Science and Information Technologies” CSIT'2017 and CSIT'2018 (Lviv, 2017, 2018);
- наукових семінарах кафедри «Інформаційні системи та мережі» Національного університету «Львівська політехніка» (2015-2018).

Публікації

Основні результати дисертаційної роботи висвітлено в 13 наукових публікаціях, з яких: 2 наукові статті у наукових фахових виданнях України, 6 наукових статей у наукових періодичних виданнях інших держав, які включено до міжнародних наукометричних баз даних (2 з яких індексуються у SCOPUS), 5 тез доповідей на науково-технічних конференціях міжнародного та державного рівня.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

У розділі проведено аналіз існуючих методів формування та розвитку територіальних громад, що дало змогу краще вибрати методи для розробки аналогічних систем. Всі дослідження, які проводились до теперішнього часу показали, що більшість із них були зосереджені тільки на формуванні громад. Оскільки реформа децентралізації досить стрімко прогресує, виникає потреба у розробці нових методів для формування ефективної територіальної громади та її розвитку.

1.1. Поняття терміну територіальна громада

В Україні протягом останнього часу спостерігається тенденція до децентралізації влади, адже якщо декілька населених пунктів об'єднуються, вони сформують спроможну об'єднану територіальну громаду.

Об'єднана територіальна громада (ОТГ) — добровільне волевиявлення жителів кількох сіл про об'єднання їхніх органів самоврядування.

Територіальна громада (ТГ)— жителі сіл, селищ та міст, які об'єднані постійним проживанням у межах певної самостійної –адміністративно-територіальної одиниці, або ж добровільне об'єднання жителів кількох сіл, що мають єдиний адміністративний центр [14].

Основні засади формування територіальних громад вивчають багато вчених та фахівців: М.П.Орзіх, І.М.Лисенко, О.М.Кондрашова та інші.

Наприклад, Орзіх М.П. вважає, що територіальною громадою можна назвати, такий первинний суб'єкт місцевого самоврядування до складу якого входять громадяни України, особи без громадянства, іноземці, які постійно мешкають, чи працюють на території держави, або володіють, або сплачують місцеві податки та збори й володіють нерухомим майном.

Лисенко І.М. трактує поняття територіальної громади, як об'єднаної певними зв'язками, проживаючої на одній території, та такої, що здійснює самоврядування через місцеві референдуми, органи місцевої представницької влади (сільські, селищні, міські ради і так далі), загальні збори з метою реалізації своїх інтересів.

Кондрашов О.М. вважає, що територіальна громада це сукупність громадян України, які спільно проживають у міському чи сільському поселенні, мають певні колективні інтереси і визначений законом правовий статус.

Не однастайність думок серед науковців щодо поняття «територіальна громада» свідчить про постійну динаміку. Очевидно, що територіальні громади ніколи не бувають статичними, вони завжди знаходяться у процесі розвитку.

У середині дев'яностих років переважно вся влада була спрямована на централізацію. Відповідно до цього всі ресурси та повноваження також були зібрані суто на центральному рівні, що значно послаблювало самостійну роботу самоврядування. Приблизно у 2004 році починається переосмислення такого підходу та спроби впровадити адміністративно-територіальну реформу та реформу, що стосується місцевого самоврядування. На жаль, дані спроби не дали помітних успіхів. Ситуація змінюється трохи пізніше, у зв'язку зі зміною пріоритетів. Тепер однією з цілей України є європейська інтеграція, що потребує рішучих кроків.

Отже, у 2014 році в рамках проголошення курсу на децентралізацію в Україні почались реформи місцевого самоврядування та заходи адміністративно-територіальної реформи. Як створити спроможну громаду? Першим кроком на шляху досягнення цієї мети є передача повноважень та фінансування органів місцевого самоврядування. Це й мається на увазі, коли йдеться про децентралізацію.

В свою чергу, впроваджені реформи мають гарантувати здатність створеної громади, самостійно чи за допомогою органів самоврядування

здійснювати управління та вирішувати проблеми, підконтрольного їм населення в рамках закону України №280 від 21.05.1997 року «Про місцеве самоврядування в Україні». Відповідно до даного закону, громада має задовольняти загальні інтереси місцевого населення, а робити це вона може безпосередньо чи за допомогою сільських, селищних та міських рад чи їх виконавчих органів.

Реально оцінивши ситуацію, можна стверджувати з існуючих на сьогодні 705 громад, тільки невелика кількість з них є спроможними. Причиною цього є те, що переважна більшість об'єднаних громад не має необхідного кадрового чи фінансового забезпечення. Враховуючи вище наведені обставини, впровадження реформи, пов'язаної з місцевим самоврядуванням на перших етапах потребує добровільного об'єднання в громади сіл, селищ, міст, що були б спроможними, тобто належним чином забезпечили б адекватну роботу усіх сфер суспільного життя, надавали якісні послуги у сфері науки, медицини, культури та забезпечували б місцеве населення надійним захистом їх прав[3].

Всі територіальні громади групуються навколо певного центру. Переважно центр громади обирається за рівнем його віддаленості від крайньої точки даної громади. Важливим критерієм є можливість задовольнити проблеми населення даної громади, тож при виборі центру велику увагу звертають на швидкість прибуття невідкладної швидкої допомоги, пожежної служби тощо. Саме тому приблизною відстанню від центру громади до периферії є двадцять кілометрів дороги з твердим покриттям. Звісно, все це дуже умовно та існують певні винятки, зумовлені різними особливостями рельєфу чи відсутністю доріг з твердим покриттям.

Впровадження в життя даної реформи, як і будь-якої іншої містило деякі проблеми. Основною причиною труднощів, що виникали була недовіра населення в можливість впливати на процес об'єднання таких громад, що породжувало їх незацікавленість в даній справі. Як наслідок було зареєстровано близько тридцяти судових справ через порушення

проведення обговорень та процесів прийняття рішень з приводу об'єднання територіальних громад через відсутність комунікацій між владою та суспільством. Що стосується фінансової сторони, то об'єднання в громади всіляко заохочувалось шляхом введення змін в Бюджетний та Податковий кодекси. Згідно з цими змінами, громади мали можливість безпосередньо взаємодіяти з державним бюджетом, не маючи посередників у вигляді обласних чи районних установ.

Ще одною з проблем, яку могло б вирішити добровільне об'єднання в спроможні громади, є забезпечення нормального функціонування населення, що проживає на території, яка втратила власні органи самоврядування. Таким чином для таких територій обирається староста – особа-посередник між владою та жителями, що представляє їх інтереси, допомагає в підготовці документів та вносить свої пропозиції з питань діяльності сіл, селищ, міст, що він представляє. Однак, тут теж виникає безліч труднощів, пов'язаних з неузгодженням певних питань на законодавчому рівні. Законодавством точно не було вирішено повноваження вищезгаданих старост, з'являлись проблеми з визначенням територій, що вони представляють. Ще одною суттєвою проблемою є відсутність грошей в Державному бюджеті, передбачених на вибори таких старост, що означає – відповідальність за їх проведення лягає на органи місцевого самоврядування. Через це існує великий ризик відстрочки та непроведення виборів внаслідок браку фінансів.

Важливою проблемою в практиці впровадження об'єднання в ТГ стало блокування містами цієї ініціативи. Вважаючи себе самодостатніми в плані розвитку та фінансів, вони протестують проти приєднання до них навколишніх сіл чи селищ, розглядаючи ризики послаблення розвитку самих міст, внаслідок браку коштів на забудови та фінансування інфраструктури. З іншої сторони, об'єднання сіл з містами, робило б їх передмістям і створювало між ними б міцний зв'язок. Більшість жителів користувались би медичними, культурними, освітніми та іншими

послугами. Безперечно таке об'єднання не передбачає зміни територіального статусу. На даний момент, така практика не віднайшла в суспільстві широкої підтримки, оскільки лякає представників влади і міст, і близько розташованих до них сіл. Перші бояться за значне збіднення власного бюджету, внаслідок значних вкладів у інфраструктуру останніх, а останні – знецінення їх ролі в обговоренні питань місцевого значення та перенесення центру прийняття рішень в міста.

Під час створення територіальних громад неодноразово виникають труднощі, пов'язані з наявністю на деяких територіях так званих «місцевих олігархів» та їх небажанням передавати важелі влади в руки інших новообраних людей. Панівною ідеєю на таких територіях є правило: один район – одна територіальна громада.

Таким чином, можна стверджувати, що в Україні триває процес децентралізації та об'єднання і територіальні громади. Хоч на практиці цей процес і зіткнувся з різними труднощами і проблемами, частину з них вдалось подолати, внаслідок оперативного аналізу причин цих труднощів та коригування законодавства[6]. В подальшому успішність цього процесу, буде залежати від бажання суспільства співпрацювати з органами влади, оперативністю та ефективністю прийняття рішень посадовцями та якість проведених реформ.

Проблеми розвитку територіальних громад вивчають багато соціологів, економістів, політичних вчених, фахівців державного управління, як і в Україні, так і закордоном. Серед зарубіжних вчених, досліджуванням займалися: М.Конн, Л.Ламб, М.Розенхальд. Дослідженням децентралізації в Україні займаються В.Бабаєв, І.Козюра, В.Куйбіда, А.Лазор, В.Мамонова, І.Санжаровський, Ю.Свірський і інші.

На сьогодні реформа децентралізації в Україні спрямована на створення системи сучасного місцевого самоврядування, яке базується на основі розвитку місцевої демократії з використанням європейських цінностей, для яких основною задачею є наділення ТГ ресурсами та

повноваженнями, які забезпечать надання високоякісних послуг та розвитку місцевої економіки.

Парламентом було ухвалено Закон України № 157 від 5 лютого 2015 року «Про добровільне об'єднання територіальних громад» [15], а урядом було прийнято Методику формування спроможних територіальних громад (постанова Кабінету Міністрів України № 214 від 8 квітня 2015 року) [16]. У відповідності до затвердженої Методики, спроможною територіальною громадою, можуть вважатися добровільно об'єднанні села, селища, міста, які здатні самостійно або через місцеві органи влади забезпечити високий рівень надання різних послуг, насамперед у сфері охорони здоров'я, житлово-комунального господарства, соціального захисту, освіти, культури, які б враховували фінансове забезпечення, кадрові ресурси та розвиток інфраструктури адміністративно-територіальної одиниці [16].

У середині 2015 року була розпочалася практичне впровадження процесу об'єднання ТГ. Станом на 2015 рік було утворено 159 ОТГ, які об'єднали 793 територіальні одиниці. Нові органи місцевого самоврядування було обрано 25 жовтня 2015 року. Станом на січень 2016 року дані органи місцевого самоврядування перейшли на прямі рахунки з державою, які показали позитивну динаміку розвитку наприкінці року. Нові ОТГ отримали розширені повноваження та додаткові ресурси, для свого розвитку, що у свою чергу дозволило впровадити реалізацію проектів розвитку інфраструктури: ремонту доріг, адміністративних будівель, а також будувати нові школи, дитячі садочки, водогони, очисні споруди, системи вуличного освітлення, дороги, створювати нову комунальні підприємства, закуповувати нову комунальну техніку та дбати про благоустрій ОТГ тощо.

Суттєвий прогрес при формуванні ОТГ відбувся у 2016 році, оскільки кількість громад зросла у два рази.

Починаючи з січня 2017 року в Україні уже налічувалось 366 ОТГ, в які об'єдналось 1740 територіальних одиниць у яких пройшли перші

вибори місцевої влади. Для того, щоб врегулювати проблемні питання об'єднання та формування у 2017 році було прийнято низку законів. 30 квітня 2017 року у 47 об'єднаних територіальних громад відбулись вибори місцевого самоврядування, які стали першими виборами місцевого уряду у новостворених ОТГ. Таким чином, на початок червня 2017 року в Україні було утворено 413 об'єднаних територіальних громад у яких відбулись перші місцеві вибори [17].

Динаміку утворення об'єднаних територіальних громад з 2015 по 2017 можна побачити на рис.1.1.



Рис.1.1. Динаміка утворення об'єднаних територіальних громад

Станом на сьогодні в Україні утворено 705 об'єднаних територіальних громад (рис.1.2), у яких відбулись перші вибори та 126, які очікують рішення про призначення перших виборів.

Децентралізація є однією з найуспішніших реформ уряду, до неї прикута увага не лише українців, але й міжнародної спільноти. Не в останню чергу через кошти, які ця спільнота вклала у підтримку реформи.

Пропонований термін завершення реформи децентралізації – 2020 рік. На осінніх виборах 2020 року мають бути сформовані останні, згідно планів, об'єднані територіальні громади.

ДИНАМІКА ФОРМУВАННЯ ОБ'ЄДНАНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

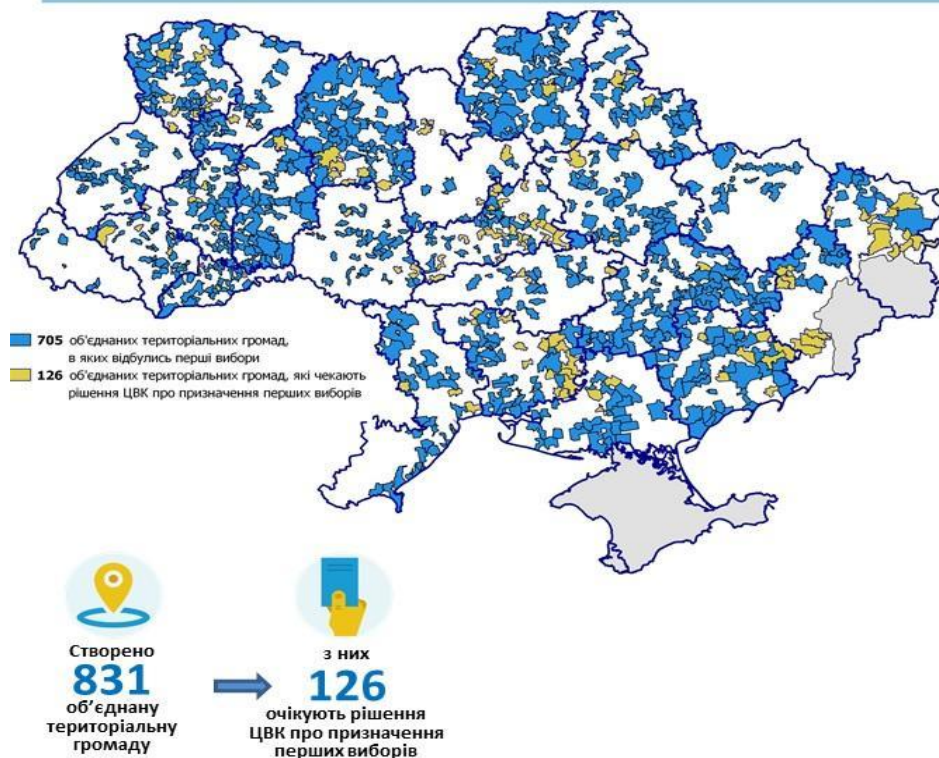


Рис.1.2. Динаміка формування територіальних громад станом на вересень 2018 року

1.2. Проблемні питання формування та розвитку територіальних громад

Доволі хорошу динаміку показав процес формування ОТГ в Україні, наведені вище дані дозволяють зробити такі висновки. Україною, а точніше новоствореними ОТГ протягом 2018 року зроблені суттєві кроки щодо розвитку ТГ та удосконалення законодавчого забезпечення створення ОТГ. Проте, існує і кілька невирішених проблем, оперативного та стратегічного характеру, які будуть перепонами при подальшій реалізації реформи. Зокрема, серед таких проблемних питань, можна визначити:

- 1) Не завершено створення перспективних планів формування територіальних громад;

Велика кількість ОТГ створюється не беручи до уваги вимоги Методики щодо їх створення [16]. Певні ОТГ виникають для того, щоб отримати додаткові ресурси та повноваження, не будучи в стані розпочати економічні процеси та забезпечити своїх жителів відповідним рівнем послуг адже у них відсутні інфраструктура та ресурси належної якості, що унеможлиблює забезпечення сталого розвитку громадян. Розвиток цієї практики ставить під загрозу нівелювання сутності реформи, адже на місці спроможних територіальних громад виникають незначні, слабкі в плані інфраструктури та кадрових ресурсів громади.

- 2) Не ефективне використання фінансових засобів територіальних громад на їх розвиток;

Досить часто в установах місцевого самоврядування сільських ОТГ не здатні розробити високоякісні інвестиційні проекти з метою отримання державних та міжнародних коштів, не в стані планувати та пограмувати розвиток громадян [1].

Продовження введення політики децентралізації управління має відіграти значну роль в процесі нормалізації соціально-економічної ситуації в країні, подолати контрверсії між різними рівнями влади, слугувати допоміжним засобом для збільшення ефективності використання бюджетних коштів незалежно від рівня управління.

- 3) Процес створення ОТГ часто не отримує підтримки місцевих рад, районних адміністрацій .

Дана проблема існує, і про це часто говорять представники вже створених ОТГ, експерти, а нещодавно і представники органів виконавчої влади у Києві. Місцеве самоврядування має побоювання втратити робочі повноваження чи місця, тому протидіють створенню ОТГ. Водночас місцеві ради не хочуть втратити свій вплив на районні чи селищні ради, адже при створенні ОТГ повністю переформовуються органи місцевої влади. Досить критична ситуація склалась у Київській області експерт офісу регіональних реформ Київського районного відділу асоціації міст

України, Володимир Удовиченко назвав головні фактори стримування процесу утворення ОТГ: негативний вплив політиків та органів регіонального рівня, незадовільна робота облдержадміністрацій, супротив з боку районних рад та райдержадміністрацій, відсутність місцевого самоврядування, яке готове проводити реформи.

- 4) Питання ефективного розподілу повноважень та функцій між районними адміністраціями та місцевими радами ОТГ не є врегульованим.

Кожен раз виникають нові протиріччя між органами місцевої влади та адміністративних районів, які створюються, якщо відсутня офіційна позиція моделі реформи всіх рівнів територіального устрою. Згідно даних Мінрегіону України, вже є 15 територіальних громад, у яких територія повністю співпадає з територією адміністративних районів відповідно. Існують і такі райони, у яких територія майже повністю чи повністю покривається декількома ОТГ. У таких районах свою роботу продовжують районна державна адміністрація та районна рада, хоча більшість повноважень має перейти до створеної ОТГ. В результаті виникає низка проблем щодо розподілу повноважень. Необхідність визначення функціонування та повноважень райдержадміністрації та райради є досить вагомим. Потрібно все чітко визначити, а також переглянути видатки на утримання апаратів та їхню чисельність.

- 5) Відсутність кадрового забезпечення апарату місцевого самоврядування ОТГ, не достатньо кваліфіковані службовці.

Неспроможність освоїти державні кошти, неефективне використання ресурсів та фінансів, результат роботи не достатньо кваліфікованого кадрового забезпечення. Органи самоврядування в ОТГ досить часто не в змозі підготувати якісні інвестиційні проекти, якими б можна залучити кошти держави чи кошти міжнародної допомоги, не готові для запровадження плану стратегічного планування розвитку громад. Вирішенням цієї проблеми є введення дієвих програм професіоналізації

органів місцевого самоврядування, впровадження проектів для підвищення кваліфікації службовців та надання необхідної методичної допомоги та консультацій з боку виконавчої влади.

- б) Якість надання соціальних та адміністративних послуг, а також питання контролю за законністю рішень потребує детального опрацювання.

Актуальним є питання контролю за законністю рішень, адже є дуже високі корупційні ризики щодо використання та витрат державних коштів, тому впровадження таких механізмів було б дуже хорошим рішенням, і якість надання соціальних та адміністративних послуг зростає у разі.

Об'єднання сільських, селищних, міських територіальних громад відповідно до перспективного плану (а у разі його відсутності — відповідно до Методики) дає можливість новоутвореній громаді отримати новий правовий статус територіальної громади з повноваженням міст обласного значення та прямі міжбюджетні відносини з Державним бюджетом. Тобто для таких бюджетів передбачаються міжбюджетні трансферти з Державного бюджету та здійснюється горизонтальне вирівнювання їх податкоспроможності.

Важливим стимулом до об'єднання територіальних громад відповідно до перспективного плану є положення ст. 64 Бюджетного кодексу України, де визначено склад доходів бюджетів об'єднаних територіальних громад, що створені згідно із Законом № 157 та перспективним планом формування територій громад, і який значно відрізняється від складу доходів інших місцевих рад.

Законом № 157 передбачено державну фінансову підтримку добровільного об'єднання територіальних громад сіл, селищ, міст шляхом надання об'єднаній територіальній громаді коштів у вигляді субвенцій на формування відповідної інфраструктури згідно з планом соціально-економічного розвитку такої територіальної громади у разі, якщо її межі

повністю відповідають межах, визначеним перспективним планом формування територій громад[10].

При цьому загальний обсяг фінансової підтримки визначається законом про Державний бюджет України і розподіляється між бюджетами об'єднаних територіальних громад, утворених відповідно до перспективного плану формування територій громад, пропорційно до площі об'єднаної територіальної громади та кількості сільського населення у такій територіальній громаді з рівною вагою обох цих факторів. Проте такі об'єднання повинні також розглядатися як позитивні кроки у напрямку оптимізації системи органів та посадових осіб місцевого самоврядування. Зазначені громади також повинні отримувати державну підтримку, зокрема: інформаційно-просвітницьку, організаційну, методичну. Серед інших форм підтримки об'єднані громади можуть розраховувати на кошти державного фонду регіонального розвитку для реалізації інвестиційних проектів та програм, кошти міжнародних проектів та програм підтримки децентралізації в Україні шляхом участі у конкурсному відборі. Водночас необхідно звернути увагу, що об'єднані територіальні громади, які не визнані як спроможні, не можуть відповідно до чинного законодавства претендувати на кошти субвенції, що відповідно до Бюджетного кодексу України надаються на розвиток інфраструктури.

Метою децентралізації на середньострокову перспективу насамперед є завершення процесу формування гідних територіальних громад на території країни, підвищення інституційної та ресурсних спроможностей громад, введення стратегічного планування розвитку ОТГ, інфраструктури та покращення якості надання послуг населенню.

Для досягнення успіхів в реалізації реформи територіальної організації місцевої влади на певних засадах децентралізації необхідно насамперед продовжувати покращувати законодавчо-нормативне забезпечення реформи.

Динаміку державної підтримки на розвиток та розбудову інфраструктури територіальних громад можна побачити на рис. 1.3.

16 вересня 2015 року Кабінет Міністрів України ініціював та затвердив експеримент постановою №726, який полягає у тому, щоб 50% щомісячних надходжень митних платежів на територіях Львівської, Чернівецької, Одеської та Волинської областей були спрямовані до спеціальних фондів обласних бюджетів із метою фінансування відповідно та отримавши додаткове фінансування для ремонту та реконструкції дорожньої інфраструктури.

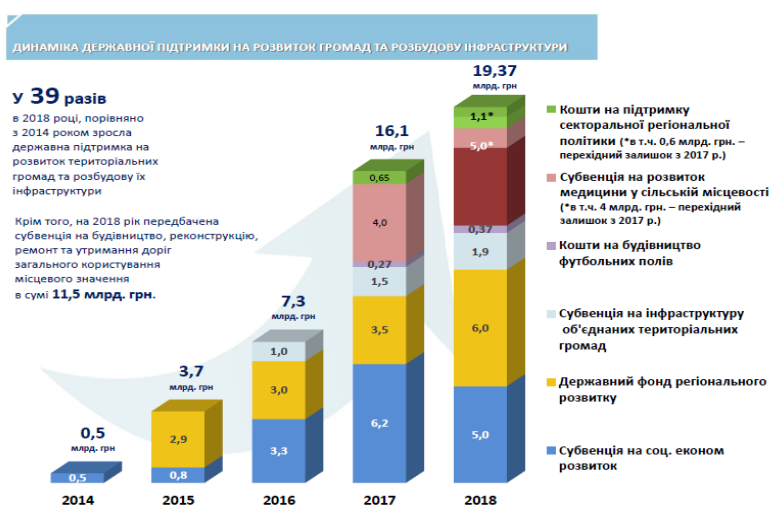
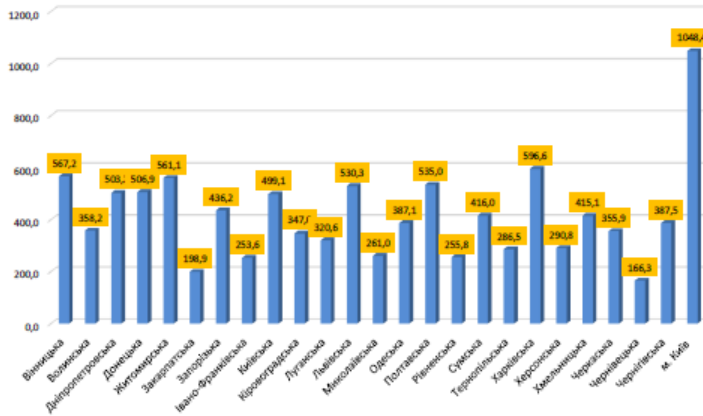


Рис.1.3. Динаміка державної підтримки на розвиток та розбудову інфраструктури ОТГ

У січні 2017 року експеримент поширили на всі області. На рис.1.4 зображено надходження коштів у всіх областях на розбудову дорожньої інфраструктури станом за січень-жовтень 2018 року. Верховна Рада продовжила «митний експеримент» до 01.01.2019 року, а також ввела можливість коштом Державного дорожнього фонду дофінансування ремонту та реконструкції доріг. На рис.1.5. зображено скільки коштів було передбачено у держбюджеті та перераховано субвенцію місцевим бюджетам.

ДЕРЖАВНА ФІНАНСОВА ПІДТРИМКА
СТАН РОЗПОДІЛУ КОШТІВ НА РОЗБУДОВУ ДОРОЖНЬОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Перераховано місцевим бюджетам субвенцію на забезпечення будівництва, реконструкції, ремонту і утримання автомобільних доріг загального користування місцевого значення, вулиць і доріг комунальної власності у населених пунктах між регіонами за січень-листопад



11,5
млрд. грн. передбачено в держбюджеті

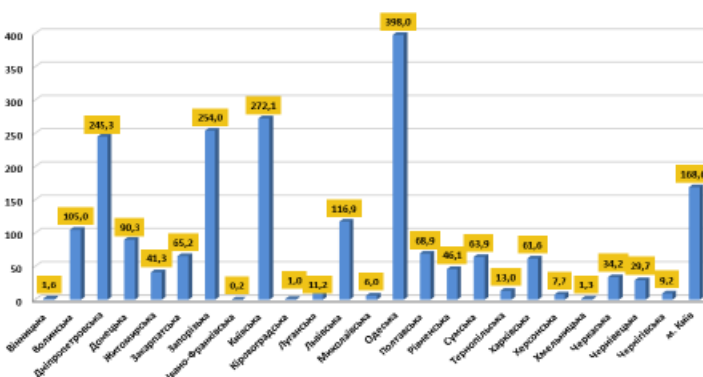
10,5
млрд. грн. перераховано місцевим бюджетам

№ п/п	Область	Розподілено Держ-бюджетом на 2018 рік", млн. грн.	Перераховано місцевим бюджетам за січень-листопад 2018 р., млн. грн.
1	Вінницька	623,8	567,2
2	Волинська	393,9	358,2
3	Дніпропетровська	553,4	503,2
4	Донецька	557,5	506,9
5	Житомирська	617,2	561,1
6	Закарпатська	218,7	198,9
7	Запорізька	479,7	436,2
8	Івано-Франківська	278,9	253,6
9	Київська	549,0	499,1
10	Кіровоградська	381,6	347,7
11	Луганська	352,6	320,6
12	Львівська	583,2	530,3
13	Миколаївська	287,1	261,0
14	Одеська	425,7	387,1
15	Полтавська	588,4	535,0
16	Рівненська	281,3	255,8
17	Сумська	457,5	416,0
18	Тернопільська	315,1	285,5
19	Харківська	656,2	596,6
20	Херсонська	319,8	290,8
21	Хмельницька	456,5	415,1
22	Черкаська	391,5	355,9
23	Чернівецька	182,9	166,3
24	Чернігівська	426,2	387,5
25	м. Київ	1 153,1	1048,4
Всього		11 530,9	10484,2

Рис.1.4. Надходження коштів від «митного експерименту» за січень – жовтень 2018 року

ДЕРЖАВНА ФІНАНСОВА ПІДТРИМКА
СТАН РОЗПОДІЛУ КОШТІВ НА РОЗБУДОВУ ДОРОЖНЬОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Надходження коштів від митного експерименту на розбудову дорожньої інфраструктури за січень-жовтень 2018 року, млн грн



2,1
млрд. грн.
перераховано місцевим бюджетам

№ п/п	Область	Надходження від митного експерименту
1	Вінницька	1,6
2	Волинська	105,0
3	Дніпропетровська	245,3
4	Донецька	90,3
5	Житомирська	41,3
6	Закарпатська	65,2
7	Запорізька	254,0
8	Івано-Франківська	0,2
9	Київська	272,1
10	Кіровоградська	1,0
11	Луганська	11,2
12	Львівська	116,9
13	Миколаївська	6,0
14	Одеська	398,0
15	Полтавська	68,9
16	Рівненська	46,1
17	Сумська	63,9
18	Тернопільська	13,0
19	Харківська	61,6
20	Херсонська	7,7
21	Хмельницька	1,3
22	Черкаська	34,2
23	Чернівецька	29,7
24	Чернігівська	9,2
25	м. Київ	168,6
Всього		2 112,2

Рис.1.5. Стан розподілу коштів Державного дорожнього фонду на розбудову дорожньої інфраструктури за 2018 рік

З 1 січня 2015 року до Бюджетного кодексу України внесено цілу низку змін, які фактично є основою для стимулювання громад до об'єднання та посилення їхньої спроможності шляхом встановлення механізму переходу об'єднаних територіальних громад на прямі міжбюджетні відносини з державним бюджетом (на сьогодні села та селища, міста районного значення отримують показники бюджету через районний бюджет). Об'єднані територіальні громади набувають статусу міст обласного значення.

Найважливішим питанням щодо стимулювання та реалізації об'єднання територіальних громад є фінансова підтримка, яка відбудеться у формі субвенцій для формування інфраструктури згідно зі стратегічними програмами розвитку територій (стаття 24-1 Кодексу). Основним джерелом фінансування шкіл та первинної медичної допомоги є також субвенція з Державного бюджету.

Для фінансового забезпечення повноважень об'єднані територіальні громади отримають фінансові ресурси, основний з яких - 60 % податку з доходів фізичних осіб, стаття 64 Бюджетного кодексу України (далі – Кодекс). Крім цього основного податку, відповідно до статей 69-1, 71 Кодексу, до бюджетів громад надходить 25% екологічного податку, 5% акцизного збору з реалізації підакцизних товарів, 100% єдиного податку, 100% податку на прибуток підприємств та фінансових установ комунальної власності, 100% податку на майно (нерухомість, земля і транспорт), збори та інші платежі відповідно до наведеного вище Кодексу. Громади отримають фінансові ресурси, якими зможуть самостійно розпоряджатися за напрямками видатків, визначеними у статті 89 Кодексу. З районного рівня бюджетів після передачі повноважень об'єднаним громадам будуть надаватись послуги медицини другого рівня та проводитись видатки на заходи загальнорайонного значення, обласний бюджет буде фінансувати освіту – на утримання шкіл-інтернатів та вузів, - підготовку кадрів та медичну

галузь - спеціалізовані заклади. Ці видатки також проводяться за рахунок субвенцій з Державного бюджету та доходів, які закріплені Кодексом. Змінами до Податкового кодексу України з 2015 року передбачено, що органи місцевого самоврядування встановлюють ставки та пільги по платі за землю не тільки в межах, але і за межами населених пунктів (стаття 10 Кодексу).

1.3.Існуючі математичні методи формування та розвитку територіальних громад

Моделювання спроможних ТГ являє собою складний процес. Для вибору оптимальних рішень з використанням методики моделювання громад слід розв'язати задачу багатокритеріальної оптимізації [18].

Методи локальної оптимізації використовуються для розв'язання оптимізаційних задач зі складнощами в обчисленнях. Такі методи доволі часто також називають методами локального пошуку. Доцільним є їх використання у задачах, де необхідно знайти розв'язок серед множини існуючих можливих рішень, при чому даний розв'язок повинен бути максимальним для певного критерію.

Головною ідеєю методу локальної оптимізації є перебір можливих розв'язків за допомогою внесення локальних змін з метою зведення результату до оптимального, або ж до вичерпання часового обмеження, чи кількості спроб [19].

Оптимізаційна модель утворення ТГ матиме велику кількість умов, що потребуватиме розробки математичної моделі з певною кількістю обмежень. Покращення класичних алгоритмів розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації (ЗБО) з великим обсягом вхідних даних не призведе до отримання найоптимальніших розв'язків, коли мова йде про розв'язання динамічної задачі. Комп'ютерні системи, що беруть за основу класичні методи, незважаючи на вхідні дані та принцип пошуку мають наступні недоліки:

- пошук розв'язку виконується одним агентом, що унеможливорює розподілене обчислення, таким чином розв'язуючи лише статичну задачу;
- неефективна, або ж слабка здатність до розпаралелення виконання алгоритму для більшості класичних методів;
- здатність більшості методів знайти рішення, що наближені до оптимального лише для невеликої кількості вузлів за допустимий час.

Описані вище недоліки комп'ютерних систем роблять їх практичне застосування неефективними для розв'язання задач великої розмірності. Існує цілий клас оптимізаційних методів. Умовно всі оптимізаційні методи можна розділити на методи, що використовують поняття похідної, градієнтні методи і стохастичні методи (наприклад, методи групи Монте-Карло) [20,21].

Перспективним виявилось використання поведінки «природних агентів» – соціальних тварин, що мають здатність щоденно вирішувати непрості задачі, що є близькими до задач з комбінаторної оптимізації, в тому числі і ЗБО. Ці методи названо «методами соціальної поведінки» і відносяться вони до, так званих, методів ройового інтелекту (англ. swarm intelligence) [22], або як їх ще прийнято називати - інтелектуальних методів оптимізації. Ройовий інтелект є результатом групової поведінки агентів децентралізованої (від терміну «рій» беремо лише поняття сім'ї, або ж колективу, без врахування його центру) самоорганізуючої (зі здатністю власноруч розв'язувати поставлені завдання) системи.

Дослідження алгоритмів поведінки таких самоорганізованих істот є перспективною та цікавою для реалізації на практиці задачею. Останніми роками інтенсивно розробляється науковий напрямок з назвою «Природні обчислення» (Natural Computing), який об'єднує математичні методи, в основі яких принципи природних механізмів прийняття рішень [23].

Таким чином усі дії комах зводяться до базових інстинктивних реакцій на навколишнє середовище, оточення та інших комах. Отже, досягається механізм стігмергії – непряма взаємодія між агентами на основі міток. Таким чином колектив комах здатен ефективно знаходити найоптимальніший маршрут [24].

Завдяки процедурі «випаровування феромону» можна уникати ідентичних рішень задачі при багатьох ітераціях. Крім того, у процесі оптимізації відбувається нанесення феромону на пройдені ребра відповідно до довжини маршруту для збереження накопиченого досвіду про оптимальні рішення [25-29].

1.1. Постановка задачі дослідження

Основними проблемами, що виникають при формуванні та розвитку територіальних громад є те що згідно з Методикою формування територіальних громад [16], адміністративний центр громади має знаходитись на відстані 20-25 км, у центрі також має бути добре розвинута інфраструктура та наявні всі адміністративні одиниці. Тому виникає необхідність у розробці таких математичних методів та засобів формування та розвитку територіальних громад, які здатні сформувати спроможну територіальну громаду згідно з Методикою формування ТГ та визначити першочергові питання розвитку ТГ.

Висновки до розділу 1

1. Виконано розгорнене подання терміну територіальна громада.
2. Розглянуто існуючі проблеми при формуванні та розвитку територіальних громад.
3. Проаналізовано існуючі методи формування та розвитку територіальних громад.

Здійснено постановку задачі дослідження.

Результати розділу опубліковано у наукових роботах [1, 2, 7, 10].

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

У розділі розроблено методи для формування спроможних територіальних громад, які базуються на використанні алгоритму мурашиних колоній та методу рою часток, що дає можливість оптимальне розбити райони, а також у свою чергу, дало змогу розробити математичні моделі функціонування системи підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад.

2.1. Вибір методів для формування територіальних громад

Робота алгоритму мурашиних колоній (ACO) розпочинається з розташування мурашок у графі на їх вершинах, після чого починається рух мурашок – напрямок визначається методом імовірнісним, завдяки формулі:

$$P_i = \frac{I_i^\alpha \cdot f_i^\beta}{\sum_{k=0}^N I_k^\alpha \cdot f_k^\beta}, \quad (2.1)$$

де P_i – вірогідність переходу дорогою i ; l_i – величина довжини i -го переходу, f_i – сукупність феромонів на i -му переході, α – величина, визначаюча жадібність алгоритму, β – величина, визначаюча стадність алгоритму і $\alpha + \beta = 1$.

Основна ідея алгоритму оптимізації зграєю птахів (PSO) полягає в переміщенні часток у просторі можливих розв'язань певної задачі. Наприклад, для розв'язання задачі необхідно знайти мінімум чи максимум функції виду $f(X)$, де X – вектор змінних параметрів, які можуть приймати значення з певної області D . В такому разі кожна з часток можна описати параметрами X з області D та значеннями функції $f(X)$, що підлягає оптимізації. Параметри X визначають координати обраної точки в просторі. Під час виконання цього частка «запам'ятовує» найоптимальнішу для неї точку в заданому просторі та планує своє повернення до неї. Як зв'язок між частинками, застосовують поняття спільної пам'яті. Воно

полягає в тому, що будь-яка частка містить інформацію про вищезгадану найоптимальнішу точку (в даній точці перебували кожна з часток рою). Крім того на рух частинки впливають інерційність і випадкові відхилення. Класичний алгоритм використовує тільки 3 коефіцієнти: C_1 , C_2 і ω . При цьому використовуються наступні формули:

$$V_{ij+1} = V_{ij}\omega + C_1(P_{ij} - X_{ij})r_1 + C_2(G - X_{ij})r_2, \quad (2.2)$$

$$X_{ij+1} = X_{ij} + V_{ij+1}, \quad (2.3)$$

де V_{ij} – швидкість i -ої частинки на j -ій ітерації алгоритму, P_{ij} – координати найкращої точки в просторі рішень, у якій була i -а частка від 1 до j -ої ітерації алгоритму, X_{ij} – координати позиції i -ї частинки на j -ій ітерації, G – координати найкращої точки, що знайдена роєм на момент j -ої ітерації, r_1 і r_2 – випадкові числа, що рівномірно розподілені в інтервалі $[0, 1]$, C_1 і C_2 – визначають значимість для агента свого кращого положення і кращої позиції серед всього рою, ω – характеризує інерційні властивості часток.

Координати найкращої точки – це найкраща позиція, знайдена зграєю і характеризує колективну пам'ять зграї [21-23]. Таким чином, зміна швидкості кожної частки (її прискорення) визначається, як сума двох векторів, перший направлений на власну найкращу позицію, а другий на найкращу позицію, знайдену всім роєм. Експерименти показали, що коефіцієнти C_1 і C_2 можуть вибиратись по-різному. Найкращою вважається ймовірнісна схема, або всі коефіцієнти вибираються випадковим чином з діапазону $[0,1]$, або C_1 вибирається випадковим чином, а значення C_2 тоді буде рівним 1 [19, 20].

Основна ідея алгоритму алгоритму сірих вовків - пошук поживи. Для даної задачі такою поживою є пошук адміністративного центру. Основною властивістю цього алгоритму є циклічність. Отже, зі збільшенням кількості циклів, результат стає точнішим. Даний процес описаний в роботах.

Для реалізації задачі формування територіальних громад застосовуються такі алгоритми як: генетичний та класичні ройові алгоритми.

Для застосування генетичного алгоритму важливими є такі елементи формування територіальних громад як число учасників, знаходження початкової популяції (адміністративні центри) та загальна їх кількість.

За допомогою функції схрещення, цей алгоритм дозволяє використовувати його для розв'язання завдань формування територіальних громад. Це означає, що під час знаходження адміністративного центру сформованої популяції, алгоритм запам'ятовує інформацію, що пізніше надаватиметься нащадкам (наступним поколінням) для вирішення кола подібних задач. Це дає змогу кожному наступному поколінню знаходити оптимальніший центр.

Існують і певні недоліки. Одним з таких є поява численних потенційних рішень та виникнення дуального зв'язку при великій кількості циклів. При появі дуального зв'язку, генетичний алгоритм не перевіряє адміністративний центр з декількох кандидатів [3].

Для уникнення таких проблем застосовують класичний алгоритм кажанів. За допомогою застосування функції ехолокації, даний алгоритм надає можливість з-поміж потенційних претендентів визначити найкращого, тобто такого, що має велику концентрацію критеріїв до вибору у визначеній області. Такими критеріями є численність жителів, кількість державних та соціальних установ, або достатню концентрацію транспортних сполучень.

Процес утворення територіальних громад відбувається у певній області, що задається (кластері). Це робиться для запобігання рекурсивної процедури, що зумовлює підвищення кількості учасників процесу створення територіальної громади. У якості даних учасників можуть виступати прилеглі ради чи населені пункти, що входять до складу сусідніх територіальних громад.

Отже, після проведеного аналізу можемо стверджувати, що оптимальний кінцевий результат можна отримати тільки внаслідок суміщення функцій декількох алгоритмів. Це допоможе покращити метод процесу формування територіальних громад.

2.2. Побудова математичної моделі процесу формування територіальних громад

З метою ефективного формування спроможних ТГ доцільно дослідити моделі стохастичних алгоритмів. Для цього необхідно розробити математичну модель такої задачі й адаптувати її для розв'язання алгоритмами ACO та PSO, алгоритму сірих вовків та кажанів. Математична модель представляється у вигляді багатокритеріальної задачі. Маючи таку модель і розробивши методи розв'язування є можливість обґрунтувати формування ТГ. Весь район, у якому ведеться моделювання, можна зобразити у вигляді графа, де основою територіальних громад є населені пункти (НП). НП зв'язані між собою дорогами із твердим покриттям, довжина d яких відома. Тобто отримується зважений граф, в якому вершини є НП, а ребри – дороги між ними. НП характеризуються параметрами, які потрібні для формування громади:

- тип (село, селище міського типу, селище, місто);
- кількість шкіл, кількість лікарень тощо;
- якість доріг, які ведуть до НП;
- відстань до найближчого центру;
- наявність ради.

Дуги задають дороги з твердим покриттям, деякі дуги графа можуть бути орієнтованими, тобто НП, в якій відсутня сільська рада може відноситися до НП, які мають сільську раду. Кількість рад у регіоні, що моделюється можна позначимо k . Можна сказати, що кожна ТГ формується із множини рад, крім того, кожна рада R_i складається з множини НП, тобто:

$$TG_i = \{R_1, R_2, \dots, R_k\}, \quad (2.4)$$

$$R_i = \{NP_1, NP_2, \dots, NP_i\}, \quad (2.5)$$

де TG_i – територіальна громада; R_i – рада; NP_i – населений пункт.

Для запропонованої моделі, згідно з методикою моделювання, важливими є такі дані: наявність закладів, які утримуються за рахунок бюджету органів місцевого самоврядування:

- кількість загальноосвітніх шкіл III ступеня (S);
- кількість лікарень (L);
- кількість дитячих садочків (D);
- закладів культури (K);
- закладів фізичної культури (F);
- фельдшерсько-акушерських пунктів (A);
- амбулаторій, поліклінік (P);
- станцій швидкої допомоги (SH).

Необхідна також наявність приміщень для розміщення державних органів та установ, що здійснюють повноваження: правоохоронної діяльності (V); пенсійного забезпечення (Z); соціального захисту (H); пожежної безпеки (B); казначейського обслуговування (O).

В методиці вказано, що для успішного формування ТГ, в ній має бути розвинута інфраструктура, зокрема на території обов'язково має бути загальноосвітній навчальний заклад I–III ступеня, лікарня, дитячий садочок, заклад правоохоронної діяльності та пожежна станція. Ці критерії визначають спроможність громади. Найвіддаленіший населений пункт громади має бути легко досяжним для пожежної команди, швидкої допомоги чи поліцейського патруля.

Враховуючи ухвалену методику формування [16], можна розглянути обмеження на формування спроможної ТГ. На території спроможної громади повинні бути хоча б по одній загальноосвітній школі III ступеня,

лікарні, дитячому садочку, 1 заклад правоохоронної діяльності та мінімум 1 пожежна станція. Це обмеження записується наступним чином:

$$(\forall TG_i): (S_i^{TG} > 0), (L_i^{TG} > 0), (D_i^{TG} > 0), (V_i^{TG} > 0), (B_i^{TG} > 0), \quad (2.6)$$

де TG_i – i -а громада; S_i^{TG} – кількість шкіл в i -тій громаді; L_i^{TG} – кількість лікарень; D_i^{TG} – кількість дитячих садочків; V_i^{TG} – кількість закладів правоохоронної діяльності; B_i^{TG} – кількість пожежних станцій.

1. Раду називають незалежною, якщо вона має кількість лікарень, пожежних станцій, шкіл, садочків, правоохоронних закладів більше 0. Множину незалежних рад позначимо \tilde{R} . Обмеження має вигляд:

$$(S_i > 0), (L_i > 0), (D_i > 0), (V_i > 0)(B_i > 0) \rightarrow (R_i \in \tilde{R}), \quad (2.7)$$

Якщо рада є залежною, то її називають залежною (множину залежних рад позначатимемо \hat{R}). Незалежна рада може створювати ТГ, а залежна ні. Підмножина залежних рад створює незалежну раду, при умові (2.6).

Суміжність рад є одним із критеріїв. Під суміжністю рад розуміють присутність суміжних вершин, де вершини – це НП, які відносяться до інших рад. Функція суміжності рад має вигляд:

$$g(R_i, R_j) = \begin{cases} 1, & \text{якщо ради } R_i \text{ та } R_j \text{ суміжні,} \\ 0, & \text{якщо ради } R_i \text{ та } R_j \text{ несуміжні.} \end{cases} \quad (2.8)$$

Таким чином, якщо ТГ має більше, ніж однієї ради, то для будь-якої ради, що є у цій ж ТГ повина існувати суміжна рада з цієї ТГ:

$$(\forall R_i \in TG_m)(\exists R_j \in TG_m): (f(R_i, R_j)) = 1, \quad (2.9)$$

2. Крім того за алгоритмом Флойда-Уоршалла, який на основі графу відстаней між НП, будується матриця найкоротших відстаней d_{ij} між НП в межах регіону. Адміністративним центром ТГ є НП, шлях від якого до всіх НП в межах ТГ є мінімальний і становить ≤ 25 км. Виглядає це наступним чином:

$$d_k = \sum_{j=1}^{n_i} d(x_j, x_k), d(x_j, x_k) \leq 25, k = 1, 2, \dots, n_i, \quad (2.10)$$

де d_k – сумарна відстань; x_j – початковий НП; x_k – пункт призначення; k – кількість НП в ТГ.

НП, які відповідають умові (2.10), формують множину N_p (НП, які можуть бути центрами громади). Якщо множина $N_p = \emptyset$, то ТГ з розглянутих НП сформувати неможливо. Тому із ТГ необхідно виключити деякий НП і перезапустити алгоритм. Будемо вважати, що множина N_p не пуста. Тому із цієї множини потенційним центром ТГ буде НП, якому наступна умова досягає мінімуму:

$$P_i^{TG} = \arg \min_{N_j \in N_p} d_j. \quad (2.11)$$

Такому центру ТГ справджує сумарний шлях до всіх НП в межах однієї ТГ d_i^{TG} . На цьому кроці вибирається населений пункт, сумарна відстань від якого до запропонованих для входження пунктів є найменшою;

Наступним кроком є дослідження можливості призначення потенційного НП центром громади за допомогою обмеження (2.6). Тому критерієм формування k громад в певному регіоні є мінімізація функції:

$$f(x) = \sum_{i=1}^k d_j^{TG} \rightarrow \min, \quad (2.12)$$

Математична модель задачі полягає у формуванні в заданому регіоні спроможних територіальних громад, мінімізувавши функцію (2.12) при обмеженнях (2.6)–(2.11). Рішення отриманої ЗБО полягає у виборі оптимального рішення з допустимої множини рішень. Точка $x = (x_1, \dots, x_n)$, яка задовольняє обмеженням, називається допустимим рішенням оптимізаційної задачі. Множина усіх допустимих рішень ЗБО називається допустимою множиною заданої задачі, яку і треба знайти.

Під час опису математичної моделі не враховано інші важливі чинники, які впливають на визначення спроможності громади: чисельність населення (у тому числі шкільного, дошкільного віку), обсяг доходів та загальна площа ТГ, що формується.

Вище наведені критерії мають високий фактор динамічності, вони постійно змінюються, тому їх використання може значно впливати на якість прийняття рішення на основі статичних критеріїв. Такі сфери як освіта, культура, охорона здоров'я, соціальний захист, житлово-комунальне господарство та розвинена інфраструктура відносяться до статичних критеріїв. Тому вони мають вирішальне значення у процесі формування перспективного плану об'єднання[10].

Постановка задачі дуже схожа на постановку задачі про розбиття графу (Graph partition). Дана задачка відноситься, до так класу NP-повних задач.

Після проведення аналізу алгоритму сірих вовків та методу багатокритеріальної оптимізації, встановлено, що для роз'язання задачі формування територіальних громад, необхідними є знання про кількість учасників цього процесу. Наступним етапом є проектування математичної моделі даного алгоритму, а саме моделі, що дозволяє знайти критерії для оцінки. Після цього описуємо модель процесу якнайкращого розміщення у територіальних громадах адміністративних одиниць та їх центрів.

У задачі знаходження критеріїв оцінки області побудованого алгоритму нам допоможе метод багатокритеріальної оптимізації. За допомогою нього ми маємо змогу оптимізувати параметри кластера для пошуку адміністративних одиниць.

Отже, для знаходження i -го кластеру:

$$R_{ij} : \text{Якщо } X_1 = A_{1i} | X_2 = A_{2i} | X_3 = A_{3i} \dots | X_k = A_{ki} |, \text{ то } class = c_j, \quad (2.13)$$

де $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ – кількість адміністративних одиниць; A_{ki} - набір властивостей, які характеризують k -ий критерій в i -ому кластері ($i \in [1, R]$), R – число допустимих адміністративних центрів, c_j – ідентифікатор j -го рівня, $j \in [1, m]$.

Завдання кластеризації може бути описано функцією:

$$f : R^n \{0,1\}^m, \quad (2.14)$$

де $f(x) = (c_1, c_2, c_3 \dots c_m)$, причому $j \in [1, m], i \neq j$, коли критерій, що заданий числом x , належить до класу c_i . Рішенням є клас, який визначається наступним чином:

$$class = c_j \arg = \max_{1 \leq j \leq m} B_j. \quad (2.15)$$

Отже, за допомогою вищезгаданого процесу оптимізації параметрів кластеру, маємо змогу здійснити перевірку адміністративних одиниць для знаходження оптимального адміністративного центру.

2.3. Застосування алгоритму мурашиних колоній для формування територіальних громад

Метод колонії мурах здатен розв'язувати ЗБО, беручи за початкові дані виключно початковий вузол $P(0)$. Матриця вартостей (феромонів) C та матриця доступностей (відстаней) D в повному обсязі не є необхідними для даного методу, тому дані можуть бути певною мірою невідомими на початку обчислень або евристичними [24].

Алгоритм колонії мурах опирається на застосуванні деяких агентів та має специфічні властивості, які характерні мурахам, котрі використовуються для орієнтації у просторі, зокрема феромон, яким мурахи помічають пройдений шлях. Мітки у випадку апаратної та програмної реалізації алгоритму є цифровими (хімічними у справжніх мурах). Значення мітки, яка відноситься до з'єднання НП i до НП j позначимо як M_{ij} , а сукупність значень міток створює матрицю M (marks). Наявну сукупність значень міток також називають пам'ять колонії мурах, котра є акумулятором назбираного мурахами досвіду в процесі розв'язання ЗБО. Для розв'язку поставленої задачі мурашиним алгоритмом ключовими є наступні вхідні параметри:

- кількість агентів (мурах) – позначимо k ;
- використання допоміжних засобів підсилення шуканих квазі-оптимальних маршрутів за допомогою збільшення значення

мітки («нанесення феромону» додатково) з метою пришвидшення розв'язання ЗБО;

- параметри процесів «накладання феромонів» і «випаровування феромонів»;
- критерій зупинки обчислень: кількість ітерацій циклу пошуку шляхів мурахами або час обчислення;
- коефіцієнти, що визначають співвідношення довжини ребер β та значення феромону (значень міток) – α .

Оскільки мурахи вирішують проблеми пошуку оптимальних шляхів через хімічну регуляцію (феромони), то інший мураха, який відчув слід на землі, йде по ньому, завдяки механізму стігмергії – непрямій взаємодії між агентами на основі міток.

Розв'язуючи поставлену задачу, докільням для руху мурах є орієнтований граф, вершинами якого є НП, серед яких слід сформувати спроможні громади. Кожне ребро має вагу, котра позначається як шлях між двома НП, сполученими ним. Граф двонаправлений, завдяки цьому мураха може подорожувати по грані у будь-якому напрямі. Перед початком алгоритму усі агенти розміщуються у вершинах графа.

На початку роботи алгоритму задаються початкові значення міток M_{ij} , що розташовані на з'єднаннях між НП, які в сукупності утворюють матрицю M . Початкове значення є невеликим додатним числом, на початковому етапі ймовірності переходу до іншого вузла будуть рівні і не нульові. Пам'ять колонії мурах на початку є обнуленою (без досвіду колонії).

Для пропонованої задачі формування спроможних громад слід заповнити матрицю феромонів M (ребер графа) враховуючи ймовірність переходу з i -того НП в j -тий за рахунок наявності в j -тому НП необхідних для створення громади адміністративних об'єктів (шкіл, садочків, пожежних станцій тощо). Кожна адміністративна будівля має свій пріоритет, який задається динамічно і може змінюватись під час роботи

алгоритму. На основі пріоритету кожної адміністративної будівлі у j -тому НП і кількості критеріїв, які впливають на визначення спроможності, вираховується початкове значення мітки з діапазону $[0,1]$ за наступним рівнянням:

$$M_{ij} = \sum_{c=0}^q 1 * \frac{PR_c}{CR} \quad (2.16)$$

де M_{ij} – інтенсивність феромону на ребрі з i -го в j -ий; CR – кількість критеріїв, для яких проводиться моделювання; q – кількість критеріїв в НП з індексом j ; PR – пріоритет критеріїв з індексом c для НП з індексом j .

Крім того, імовірність включення ребра у маршрут обраної мурахи пропорційна кількості феромону на ребрі і також кількості феромону, що відкладається, пропорційна довжині шляху [13]. Чим коротше шлях тим більше феромону залишиться на його ребрах, тому більша кількість мурах синтезуватиме власні маршрути включи його складові в синтез.

Під час роботи алгоритму мураха підтримує список відвіданих НП. У такий спосіб, мураха-агент повинний проходити через НП, які знаходяться в межах доступності до центру громади [24, 27].

Рух мурахи-агента виходить з одного досить простого імовірнісного рівняння (2.1). Якщо шлях мурахи-агента ще не закінчено, тобто він відвідав не достатню кількість НП для формування спроможної ТГ, то для визначення наступного НП для переходу застосовується імовірнісна вибірка на основі значення функції зворотного відображення значущості пройдених НП.

Вузли, відвідані мурахою-агентом, вносяться до списку заборонених для відвідування, також відомий як список табу (taboo list). Через те що агент подорожує тільки по НП, які досі не були відвідані (згідно з списком табу), імовірність розраховується лише для з'єднань, що ведуть до раніше не відвіданих, доступних НП. Процедура знаходження наступного вузла відбувається доки усі НП не буде пройдено серед яких можливо сформувати спроможну громаду [27, 28].

Після того, як всі мурахи-агенти завершили свій шлях для кожного агента досліджується його пройдений шлях і чи всі населені пункти знаходяться в межах 25 км згідно з обмеженням (2.10). Наступним кроком є вибір центру пропонованої громади, визначенням мінімальної відстані від усіх пропонованих НП за допомогою (2.12).

Наступним кроком є збільшення мурахами кількості феромону на ребрах між НП. Опісля завершення маршруту, можна підрахувати вартість шляху. Вона буде рівною сумі довжин усіх з'єднань, по яких проходили мурахи-агенти. Зміна значень кількості феромону на $\Delta M_{ij}^k(t)$, яка відбувається на кожному, складаючому маршрут, з'єднанні, для k -ої мурахи-агента визначається наступним рівнянням:

$$\Delta M_{ij}^k(t) = \frac{Q}{C^k(t)}, \quad (2.17)$$

де Q – константа, що пропорційна очікуваній довжині пройденого шляху; $C^k(t)$ – сумарна довжина пройденого маршруту на момент часу t для k -ої мурахи.

Результатом рівняння (2.17) є одержання досвіду для пам'яті колонії мурах, притім з'єднання між НП, що складають маршрут з меншою сумарною відстанню, отримують більші значення феромону ніж з'єднання, що є складовими частинами маршрутів, які мають більшу довжину. Отриманий результат $\Delta M_{ij}^k(t)$ використовується в рівнянні (2.18), щоб збільшити інтенсивність феромону на кожному ребрі між НП маршруту, пройденого мурахою-агентом. Накладання феромону (збільшення значення мітки) відбувається після завершення кожної ітерації циклу для пошуку маршрутів мурахами-агентами, вслід за процедурою «випаровування феромону» (2.19).

$$M_{ij}(t+1) = M_{ij}(t) + \sum_k \Delta M_{ij}^k(t), \quad (2.18)$$

$$M_{ij}(t+1) = M_{ij}(t) * (1 - P), \quad (2.19)$$

де P – константа, що визначає інтенсивність випаровування в межах $[0, 1]$.

Рівняння (2.18) застосовується до усього маршруту і при цьому значення феромону на кожному ребрі збільшується пропорційно до довжини пройденого маршруту. Відповідно необхідно дочекатися, поки мураха-агент закінчить подорож і тільки тоді оновити значення феромону згідно до досвіду, отриманого агентами, інакше істинна довжина пройденого шляху залишиться невідомою.

Моделювання підходу, що використовує лише позитивний зворотний зв'язок, призводить до завчасної збіжності – більшість мурах рухаються локально-оптимальним маршрутом, що призводить до неоптимальних розв'язків [26, 27].

Цього можна уникнути моделюючи негативний зворотний зв'язок як випаровування феромону (2.19). При швидкому випаровуванні феромону втрається накопичений досвід, що зберігається в пам'яті мурашиної колонії та відомостей про оптимальні рішення. Проте великий час випаровування може привести до одержання стійкого локального оптимального рішення без можливості пошуку більш оптимальних рішень.

Знаходячи оптимальні розв'язки ЗБО для формування спроможних громад, алгоритму потрібна деяка визначена кількість ітерацій, яка зазначається на початку моделювання. Під час кожної ітерації циклу мурахи-агенти, розпочинаючи свій шлях з деякого початкового НП $P(0)$, пересуваються мережею відвідуючи інші НП, переходячи з'єднаннями між НП, що обираються згідно рівняння (2.1). Усі ітерації циклу пошуку маршрутів мурахами-агентами завершуються поверненням усіх агентів до початкового НП та збиранням результатів, відразу після чого для кожного k -го агента звільняється список «табу» та видаляється довжина пройденого маршруту разом із записаним результуючим маршрутом.

Цикл виконується за однією чи декількома з наступних умов: було виконано визначену кількість ітерацій; найкращі рішення мають дуже малий коефіцієнт зміни, порівняно з попередніми рішеннями; вичерпано призначений ліміт часу обчислення ЗБО [28, 29]. Після того, як шлях було

завершено, а мураха-агент повернувся до початкового вузла, проводиться процедура визначення, чи є можливість сформувати громаду на основі отриманих даних. Якщо так, то за допомогою обмежень (2.6)–(2.11) визначаються НП та пропонований центр ТГ. Далі здійснюється процедура «випаровування феромону» на усіх ребрах для уникнення ідентичних рішень. Крім того, відбувається нанесення феромону на пройдені ребра відповідно до довжини маршруту для збереження накопиченого досвіду про оптимальні рішення.

Далі здійснюється аналіз усіх сформованих громад мурахами-агентами, та здійснюється вибір найоптимальніших. Після завершення циклу формування найкращих громад, здійснюється аналіз усіх пропонованих розв'язків для визначення найкращого. Найкращий розв'язок може змінюватись, якщо запускати алгоритм декілька раз. Крім того, гнучкість параметрів α і β дозволяє контролювати якість пропонованого розв'язку та жадність алгоритму [30]. При $\alpha=1$ і $\beta=0$ в результатах будуть враховані лише адміністративні будівлі. При $\alpha=0$ і $\beta=1$ результат буде опиратись на відстань між НП.

На рис. 2.1 представлена блок-схема реалізації алгоритму АСО для формування спроможних громад. Згідно описаного алгоритму вирішення задачі формування ТГ, на початку роботи алгоритму здійснюється ввід коефіцієнтів алгоритму АСО, НП та критерії для моделювання. Наступним кроком є ініціалізація агентів.

В процесі роботи кожний мураха пропонує своє найкраще рішення для кожного НП у районі (графі) моделювання. Вибір пунктів здійснюється за допомогою формули (2.1). Після завершення роботи дані збираються і здійснюється процедура оновлення значення феромону та його випаровування відповідно до опису вирішення задачі формування ТГ за алгоритмом АСО. В кінці обираються оптимальні рішення.

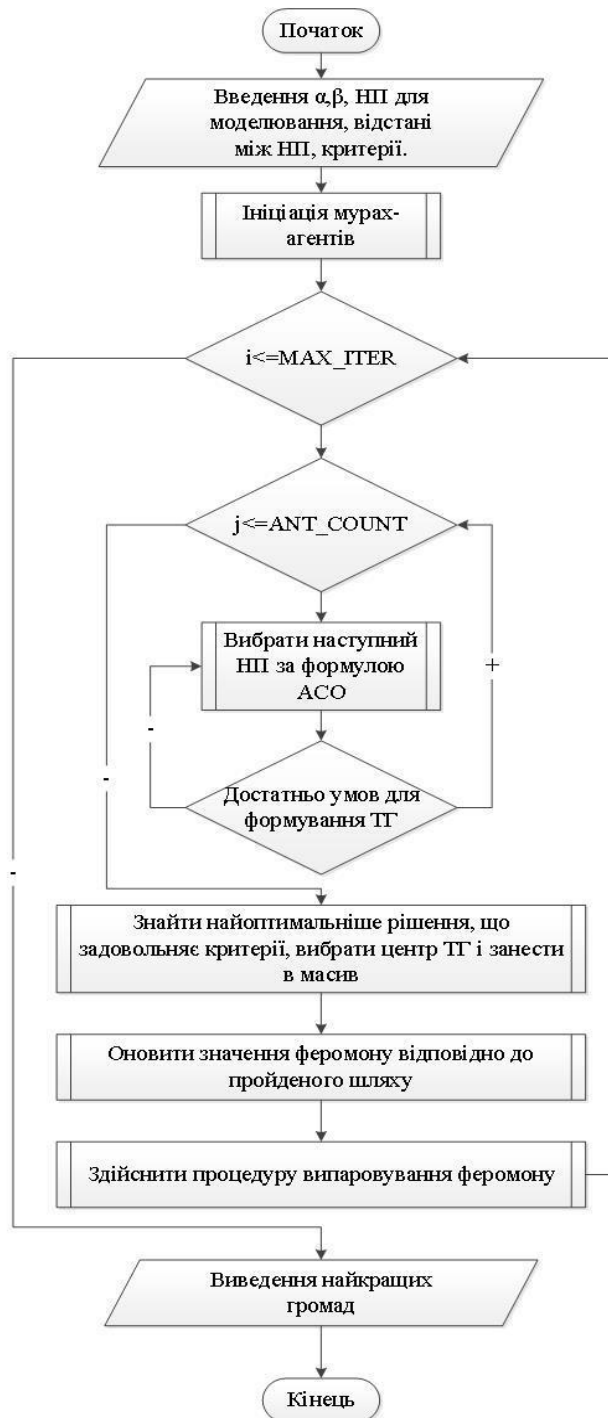


Рис. 2.1. Блок-схема програмної реалізації ACO (Ant Colony Optimization)

2.4. Застосування методу рою часток для формування територіальних громад

В основі методу PSO лежить те, що окремі члени зграї можуть отримати вигоду від попереднього досвіду всіх інших членів зграї при пошуку оптимальних рішень. Ця перевага алгоритму стає вирішальною

завжди, коли необхідні об'єкти розташовані на шляху випадковим або невідомим чином. Тобто існує соціальний поділ інформації серед представників одного виду, який вигідний всім членам зграї.

Метод базується на групуванні агентів за рахунок визначеної топології зв'язків в зграї. Використовується для вирішення оптимізаційних завдань в багатокритеріальній постановці. У цьому випадку задачу оптимізації можна сформулювати і вирішити як задачу векторної оптимізації, яка полягає в мінімізації векторного критерію [20, 21].

Задача глобальної оптимізації формулюється як задача мінімізації цільової функції (2.11) в просторі пошуку D :

$$x \in D = \{x^* \in R^d\}, \quad (2.21)$$

де D – область пошуків оптимального рішення; d – кількість вершин у графі; x – аргумент функції, що оптимізується; x^* – глобальне рішення.

Кількість агентів, що застосовується в алгоритмі PSO, безпосередньо впливає на якість проведеної оптимізації. Занадто маленьке їх число може не дозволити локалізувати глобальний оптимум або ж швидкість збіжності до нього буде дуже низька. Збільшення числа використовуваних агентів підвищує імовірність знаходження оптимального рішення, однак може призвести до надмірно високої кількості обчислень цільової функції [23].

Для вирішення ЗБО стосовно формування спроможних громад достатньо вказати розмір рою, який був би рівним кількості НП в заданому районі, для якого виконується оптимізація. У даному методі рій часток є сукупністю точок-рішень, які переміщуються у просторі в пошуках глобального оптимуму. При своєму русі частинки намагаються поліпшити знайдене ними раніше рішення і обмінюються інформацією з своїми сусідами. Позначимо сукупність позицій агентів зграї наступним чином:

$$B = \{b_1, b_2, \dots, b_t\}, \quad (2.22)$$

де t – кількість птахів у зграї. Позиція i -ої частинки – це сукупність її координат (відвіданих НП) (2.19) в середовищі пошуку.

$$(b_{i_1}, b_{i_2}, \dots, b_{i_t}), i = \overline{1, t}, \quad (2.23)$$

На початковому етапі роботи алгоритму проводиться випадкова ініціалізація агентів зі зграї. Якщо відсутня будь-яка визначена інформація про функцію, що оптимізується, то найпростіше початкові положення агентів вибирати за формулою:

$$b_{ij} = rand(b_{j_{\min}}, b_{j_{\max}}), \quad (2.24)$$

де b_{ij} – j -а координата i -го агента; $rand(b_{j_{\min}}, b_{j_{\max}})$ – випадкове число з рівномірним законом розподілу на інтервалі, який визначає межі пошуку у графі.

Зі зграєю птахів також асоціюється множина векторів швидкостей агентів:

$$V = \{V_1, V_2, \dots, V_t\}. \quad (2.25)$$

На початковому етапі всі швидкості прийнято вважати рівними нулю. Під час руху птахів по області розв'язків перевіряється наявність у кожному з відвіданих НП необхідних для створення громади об'єктів (шкіл, садочків тощо). Крім того, запам'ятовується пройдений шлях і його довжина. Коли агент під час руху обійшов деяку множину НП, серед яких можливо вибрати центр за обмеженням (2.6) визначається центр громади за обмеженням (2.10) та (2.11) для створення оптимального плану об'єднання. Якщо можливо, то за обмеженням (2.8) кожний агент пропонує свою множину незалежних рад.

Таку послідовність кроків слід зробити для кожного агента у зграї для аналізу пропонованих рішень і їх порівняння. Після того, як усі агенти у зграї запропонували свої рішення, алгоритм намагається знайти найкраще рішення для функції (2.12) (fitness) для того, щоб можна було сформувати спроможну громаду [24]. Для цього, серед усіх запропонованих розв'язків слід знайти розв'язок, для якого наступна формула дає найбільше значення:

$$R_i = \sum_{j=1}^c CR_j + \frac{1}{d_i}, \quad (2.26)$$

де R_i – коефіцієнт оптимальності рішення для i -го агента; $\sum_{j=1}^c CR_j$ – сумарна кількість критеріїв у відвіданих НП; d_i – відстань пройдена i -им агентом.

Після цього, дане рішення стає найкращим, поки не буде знайдено кращого співвідношення на наступних ітераціях алгоритму.

Наступним кроком є оновлення швидкості і позиції агента, за формулами (2.2) та (2.3). Якщо в процесі оптимізації агент виходить за межі простору пошуку, відбувається обнулення швидкості цього агента, а сам агент повертається до найближчої границі графа. Інерційний коефіцієнт ω визначає вплив попередньої швидкості частки на її нове значення. Чисельні експерименти показують, що при підвищенні розмірності вирішуваної задачі оптимізації кращих результатів вдається досягти, якщо застосовувати більш вузький інтервал варіювання інерційного коефіцієнту, збільшуючи його нижню межу, щоб уникнути швидкої втрати агентами їх швидкостей.

Може статись передчасна збіжність алгоритму, коли більшість агентів у зграї практично перестають змінювати свої оптимально-локальні рішення, а глобальне рішення все ще залишається не знайденим. Ця ситуація може виникнути при використанні невеликих значень інерційного, когнітивного або соціального коефіцієнтів.

Ще однією особливістю застосування алгоритму є те, що значення коефіцієнтів для рівняння (2.2) вибирається в наступних діапазонах:

$$\begin{cases} 0 < \omega \leq 1, \\ 0 < C_1, C_2 \leq 1. \end{cases} \quad (2.27)$$

Для забезпечення збіжності цього методу оптимізації, для підтримки балансу між локальним і глобальним пошуком, чисельні значення коефіцієнтів C_1 і C_2 зазвичай вибираються однаковими. Також можливі різні способи динамічного вибору параметрів зграї, проте така адаптація вимагає додаткових початкових ітерацій алгоритму, що може привести до

збільшення кількості обчислень цільової функції, що необхідні для знаходження оптимального розв'язку. Додатковим параметром алгоритму є максимальне допустиме значення модуля параметра швидкості агентів зграї V_{\max} . Зазвичай воно вибирається невеликим, наприклад, $V_{\max} = \frac{1}{4}$, якщо значення допустимої швидкості виходить за межі діапазону $[-V_{\max}, V_{\max}]$, то агент повертається до НП.

У процесі роботи алгоритму, зграя володіє пам'яттю про найкращі рішення, що знайдені окремими агентами і всією зграєю в цілому. Під час ініціалізації початкові позиції агентів вважаються найкращими. На кожній наступній ітерації алгоритму після застосування формул (2.2) та (2.3) індивідуальні кращі позиції кожного агента b_i і найкраще рішення знайдене роєм G оновлюються за правилами:

$$\begin{cases} b_i = x_i, & \text{якщо } f(x_i) < f(b_i), \\ G = b_i, & \text{якщо } f(b_i) < f(G). \end{cases} \quad (2.28)$$

Після усіх обчислень, коли фактор зміни оптимальності розв'язку дуже малий, здійснюється аналіз усіх сформованих громад птахами-агентами. Крім того, гнучкість параметрів C_1 і C_2 дозволяє контролювати якість пропонованого розв'язку, чи в якості розв'язків перевага надається загальному розв'язку зграї, або локальному для кожного агента [20,24-25]. На рис. 2.2 представлена блок-схема реалізації алгоритму PSO для формування спроможних громад.

На початку роботи алгоритму усі точки-агенти ініціалізуються випадковим вектором швидкості та позицією у графі. Далі визначається, чи серед НП деякого агента є усі критерії, і можна сформувати громаду. Найкраще значення відношення критеріїв до загального шляху стає найкращим для зграї. На основі формули (2.1) оновлюється вектор швидкості агентів враховуючи позицію зграї.

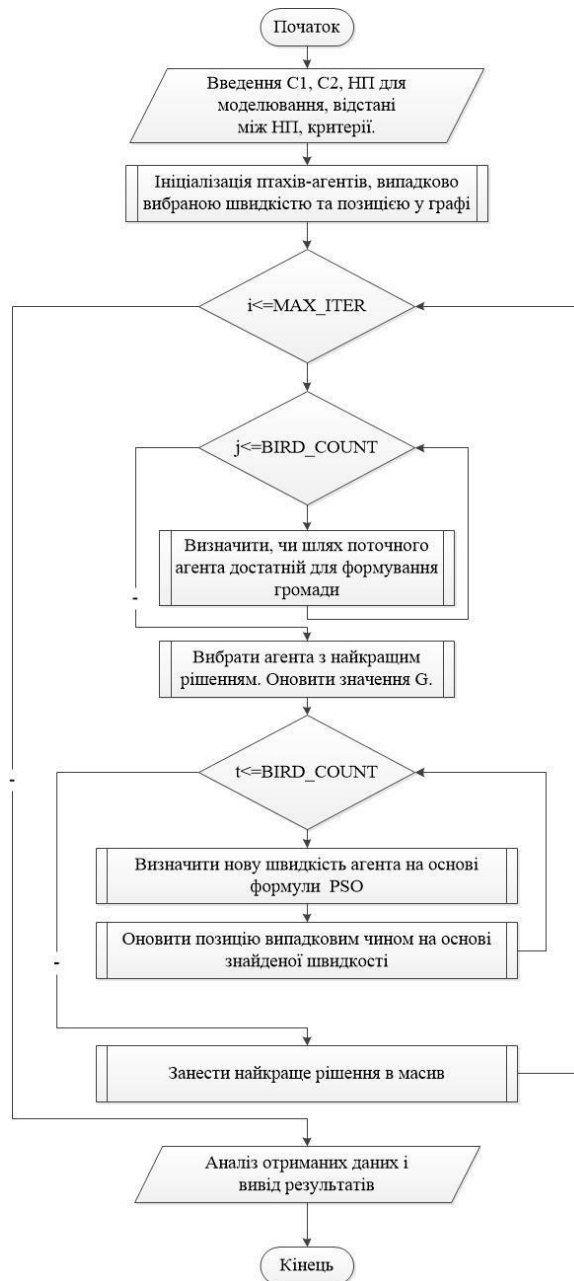


Рис. 2.2. Блок-схема програмної реалізації PSO (Particle Swarm Optimization)

2.5. Застосування алгоритмів сірих вовків та кажанів для вибору адміністративного центру територіальної громади

Вибір адміністративного центру громади є одним із найбільш проблемних місць у процесі формування територіальної громади. Вибір потрібно здійснити, таким чином щоб обраний центр мав повний набір критеріїв оцінювання, таких як: наявність пожежних частин, лікарень, відділків поліції, дитячих садочків та соціальних установ. Для виявлення

особливостей даного процесу необхідно провести технічний аудит щоб виявити основні аспекти такого процесу.

Перехід від економіки централізованого планування до ринкових відносин супроводжується цілим рядом змін моделі регіонального розвитку. Його основними проблемами являються: поглиблення сітки адміністративних центрів, районів, великих та середніх міст, а також приріст безробіття та інших соціальних проблем, що викликані неможливістю влаштування на роботу. Внаслідок цього руйнується економічний потенціал відокремлених адміністративних районів, центрів, що призводить до соціальної деградації та збільшення витрат коштів на соціальні потреби. Тому потрібні нові методи для оптимізації структури розміщення територіальних громад з метою досягнення однакового рівня соціального проживання в усіх регіонах, які не будуть залежати від кількості населення, величини території і т.д.

У роботі автор використала алгоритм сірих вовків для отримання максимально ефективного результату оптимізації розташування адміністративних центрів при побудові нових територіальних громад.

Алгоритм сірих вовків – є метаевристичним алгоритмом пошуку. В даній роботі описані основні складові процесу, які визначають наближення обраних адміністративних одиниць (сірих вовків) до адміністративного центру (здобич), тобто оптимальне розподілення адміністративних одиниць таким чином, щоб їхнє розташування було найближчим до адміністративного центру.

Даний алгоритм був запропонований Сейдалі Мерджалілі у 2013 році. Суть алгоритму побудована на основі моделі полювання групи вовків. Вважається, що до вовка котрий знаходиться найближче до здобичі перелаштовуються інші вовки, створюючи кільце. Надалі інші вовки знову перелаштовуються до вовка, який знаходиться ще ближче до цілі. Процес перелаштовування проходить до тих пір поки вовки не зберуться у групу. Коли дана ціль буде досягнута – це і буде оптимальна відстань до

здійснення атаки на здобич.

Наступним етапом у роботі є визначення критеріїв оцінювання адміністративних одиниць на предмет адміністративного центру і можливість його об'єднання у територіальну громаду. Для цього пропонується використовувати метод багатокритеріальної оптимізації і алгоритм кажанів. Під багатокритеріальною оптимізацією найчастіше розуміють не вербальний опис задачі, а її модель. Тобто математичну модель прийняття рішення за декількома критеріями. Ці критерії можуть відображати оцінку різних якостей об'єкту або процесу, з приводу яких приймається рішення. Для отримання того чи іншого рішення необхідно визначити яким саме критерієм буде віддаватись більша перевага. Для рішення такої проблеми необхідно сформулювати спеціальний принцип оптимальності, визначити додаткову суб'єктивну інформацію про об'єкти, а також визначити процедури отримання переваги одного об'єкту над іншим. До складу такої задачі входить один критерій, а до вихідної процедури додається обмеження, що і буде основним визначником критерію оцінювання адміністративного центру, який міститиме в собі додаткову інформацію, що необхідна для об'єднання. Для отримання стійкого рішення визначення суб'єктивної інформації використовувався алгоритм кажанів.

Алгоритм кажанів – є алгоритмом оптимізації, що розроблений Ш. Янгом у 2010 році Одним із переваг даного алгоритму є швидкість його виконання. Такий алгоритм є потенційно потужнішим ніж алгоритми рою часток, а також генетичний алгоритм, які також використовуються для формування територіальних громад. Генетичний алгоритм та алгоритм рою часток є спрощеними варіантами алгоритму кажанів, тому що у генетичному алгоритмі використовуються нащадки, а в рою часток здійснюється пошук оптимального рішення за допомогою мінімізації локальних точок. Тим часом алгоритм кажанів містить в собі пошук точок і областей по локальному мінімуму та максимуму, а також здійснює

процес пошуку та оптимізації за допомогою «поширення» ехолокацій, які містять в собі інформацію про первісну позицію тої чи іншої точки.

Таким чином, заданий процес оптимізації параметрів області задля визначення критерію оцінювання адміністративних одиниць на предмет адміністративного центру реалізується методом багатокритеріальної оптимізації, зображеного на рис.2.3. Даний метод дає змогу оптимально розв'язати потрібну нам задачу.



Рис.2.3. Багатокритеріальна оптимізація параметрів адміністративної одиниці

Скористуємось алгоритмом сірих вовків для формування територіальних громад з наступною послідовністю дій:

Пропонується покрокова методика формування територіальних громад з використанням алгоритму сірих вовків:

Крок 1. Пошук найближчих адміністративних одиниць. Кожному адміністративному центру відповідають адміністративні одиниці $x_i = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, а їх позиція генерується по області $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$, де $\theta \in$

індексом позиції адміністративних центрів.

Крок 2. Знаходження найближчих трьох адміністративних одиниць. Кінцева позиція адміністративного центру генерується функцією:

$$f_x^n = \min\{(\theta_1 - x_{11})^2 + (\theta_2 - x_{12})^2 + \dots + (\theta_n - x_{1n})^2\}. \quad (2.29)$$

На цьому кроці формується список з трьох адміністративних центрів, які ближче всього знаходяться до адміністративних одиниць.

Крок 3. Обчислення координат положення адміністративного центру по відношенню до адміністративних одиниць. Надалі обчислюється положення наступних адміністративних центрів $D_{\theta_1}, D_{\theta_2}, D_{\theta_3}$ і $Y_{\theta_4}, Y_{\theta_5}, Y_{\theta_6}$.

$$\vec{D}_a = |\vec{C}_1 \vec{X}_a - \vec{X}|, \vec{D}_b = |\vec{C}_2 \vec{X}_b - \vec{X}|, \vec{D}_d = |\vec{C}_3 \vec{X}_d - \vec{X}|, \quad (2.30)$$

$$\vec{Y}_1 = \vec{X}_a - \vec{A}_1 \vec{D}_a, \vec{Y}_2 = \vec{X}_a - \vec{A}_2 \vec{D}_a, \vec{Y}_3 = \vec{X}_a - \vec{A}_3 \vec{D}_a. \quad (2.31)$$

Положення адміністративних центрів A і C обчислюються за формулою:

$$\vec{A} = 2\vec{a}\vec{r}_1 - \vec{a}, \quad (2.32)$$

$$\vec{C} = 2\vec{r}_2, \quad (2.33)$$

де r_1 і r_2 – максимальне число адміністративних одиниць розташованих по області, де a – є майбутня територіальна громада:

$$\vec{a} = 2 - 2\left(\frac{itr}{\max itr}\right), \quad (2.34)$$

де itr – це кількість повторень здійснення пошуку, а $\max itr$ - скільки повторень буде всього.

Крок 4. Обчислення нових координат для адміністративних одиниць.

Щоб обчислити нові координати адміністративних одиниць потрібно знайти середнє арифметичне до попередніх координат A_1, A_2, A_3 :

$$\bar{x}(i,1) = \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3}. \quad (2.35)$$

Крок 5. Проводимо співставлення кількості і переадресація до другого кроку в разі неспівпадіння їх числа.

Крок 6. Встановлення найближчого адміністративного центру стосовно інших існуючих. В подальшому проводиться його перевірка ЗБО.

Описаний алгоритм надає можливість методом багатокритеріальної оптимізації перевірити будь-яку адміністративну одиницю на предмет адміністративного центру та сформуванню оптимального вирішення задачі формування територіальних громад з використанням алгоритму сірих вовків. Оптимізація характеристик нечіткої області є основною ціллю застосування алгоритму сірих вовків, що представлений на рис.2.4. Головна концепція полягає в розкритті кластеру, в якому беруть участь населення територіальної громади.



Рис.2.4. Блок-схема функціонування алгоритму сірих вовків

2.6. Визначення параметрів ройових алгоритмів на основі машинного навчання з підкріпленням

Задля вирішення задачі формування спроможних територіальних громад, треба знайти близькі до оптимальних параметри ройових алгоритмів (РА). Для розв'язання цієї підзадачі використаємо генетичний алгоритм (машинне навчання з підкріпленням). Для мурашиного алгоритму це значення α та β ; для методу рою часток C_1, C_2, ω .

Навчання з підкріпленням підходить нам для вирішення задачі формування територіальних громад, оскільки цей метод застосовується при розв'язаннях задач на виживання в середовищі. Саме такою є задача визначення ефективних параметрів ройових алгоритмів, зокрема для розв'язування задачі про формування ТГ. Для різних прикладних задач ці значення параметрів є різними.

Генетичні алгоритми (ГА) належать до методів навчання з підкріпленням. При використанні генетичного алгоритму серед певного простору гіпотез, ми маємо вибрати найоптимальнішу. Для кожного РА ми генеруватимемо свою гіпотезу.

За допомогою функції пристосованості *Fitness* ми маємо змогу визначити рівень пристосованості певного організму до «навколишнього середовища». У даній задачі таким організмом є вектор параметрів певного ройового алгоритму. Наприклад для алгоритму мурашиної колонії це є значення параметрів α та β . Функцією пристосованості *Fitness* буде експертна оцінка сформованих територіальних громад за деяких значень параметрів РА.

Коли на світ з'являються нові особини в дію вступає інший набір генетичних операцій. Робота алгоритма завершується тоді, коли досягнуто певного цільового значення $Fitness_{max}$. У даному випадку таким цільовим значенням є множина спроможних ТГ. Іншою умовою для зупинки роботи

алгоритму є деяка кількість згенерованих поколінь чи здійснено певна кількість циклів.

ГА включає в себе наступні генетичні операції:

1. *Ініціалізація*. Першим кроком є створення будь-якої популяції, для подальшого відкидання частини, що не пройшла природній відбір. Якщо початкова популяція виявиться неконкурентоспроможною, то генетичний алгоритм переведе її до потрібного вигляду, зробить життєздатною. Можемо зробити маленький підсумок. На першому етапі утворюємо вибірку з особин, що відповідали б формату представників популяції. Це робиться для подальшого підрахунку функції *Fitness*. Як бачимо функція пристосованості даних особин не є важливою. Результатом виконання першого етапу є популяція H , яка включає в себе N осіб.

2. *Відбір*. Другим кроком є відбір з створеної раніше популяції лише деякої частини, що буде «живою». Імовірність її виживання h залежить від функції пристосованості $Fitness(h)$. В результаті, ми зі створеної в першому етапі популяції H , кількістю N особин, залишаємо «жити» залишитися sN особин. Саме вони пізніше створять підсумкову популяцію H' .

3. *Розмноження*. Задля створення нащадків в генетичних алгоритмах, використовується статеве розмноження. Для нього потрібно як мінімум двоє батьків. В різних алгоритмах розмноження визначається поданням даних. Головною умовою розмноження є можливість нащадки суміщати риси обох предків. Для здійснення розмноження із H обираємо $\frac{(1-s)p}{2}$ і з ними проводимо цю операцію. Від кожної з пар отримуємо по два нащадки, їх долучаємо до H' . Сукупність H' складатиметься з N особин. Можливий варіант, коли ми хочемо з кожної пари одержати по одному нащадку. У такому випадку ми обираємо $(1-s)p$ пар.

4. *Мутації*. Ще одним параметром ГА є певна кількість мутантів m .

На кроці мутантів обираємо mN особин. Пізніше ми змінюємо їх згідно з визначеними попередньо операціями мутацій. Як згадувалось раніше, нащадки поєднують в собі риси обох батьків. Це дуже просто реалізується на векторах параметрів РА. Для цього із частин рядків-предків збирається підсумковий рядок. Ця послідовність дій називається *кроссовером* (crossover). Для створення кроссоверу двох рядочків, застосовуємо *маску*. Відповідно до використаної маски, встановлюємо потрібні нам значення вектора параметрів предків.

Нижче розглянемо декілька видів кроссоверу. Така класифікація зумовлена вибором тієї чи іншої маски.

1. *Одноточковий кроссовер* (single-point crossover- є найпростішим видом кроссовера; для того, щоб ним скористуватись треба в рядку випадковим чином вибрати одну позицію. Навколо цієї позиції розташовуємо нулі та одиниці (одиниці – справа, одиниці – зліва). Таким чином зліва буде один з батьків нащадка, а справа – другий.

2. *Двоточковий кроссовер* (double-point crossover). В загальному, методика є такою ж як і у випадку одноточкового кроссовера. Відмінністю є те, що тепер обираються дві позиції, а батьки розташовуються наступним чином: параметри одного з них – між цими позиціями, параметри іншого поза ними. Інколи треба, щоб нащадок мав порівно значення параметрів обох батьків. Для досягнення цієї мети, обираємо одну позицію, відраховуємо від обраної позиції половину рядка.

3. *Однорідний кроссовер* (uniform crossover). У такому виді кроссовера обираємо рівномірно, випадковим чином.

Для методу рою часток маємо: $C_1 = 1 - C_2$. Отже застосовуємо одноточковий кроссовер із використанням маски 001 чи 110.

Найчастіше зустрічається мутація – інвертування випадкового значення вектора, що визначає значення параметрів. За допомогою неї розв'язується багато задач. Для нашої задачі параметри знаходяться в області від 0 до 1. Нехай кроком зміни параметрів буде 0,01. Тепер

значення параметрів ройового алгоритму розташовуватимуться в множині $\{0; 0,01; 0,02; \dots 1\}$. Якщо з цієї множини ми випадковим чином оберемо мутацію – отримаємо мутацію для нашого випадку.

Одним із класичних методів вибору особин є *метод рулетки* (roulette wheel selection). Суть даного методу полягає в тому, що будь-яка гіпотеза, функція пристосованості якої є ненульовою може бути обраною і є пропорційною ймовірності виживання даної гіпотези. Кожна гіпотеза h_i має такі шанси бути серед обраних:

$$\Pr(h_i) = \frac{Fitness(h_i)}{\sum_{j=1}^N Fitness(h_j)}. \quad (2.36)$$

Оскільки алгоритм працює і робить свій вибір за певну кількість ітерацій (sN), будь-яка особина може обиратись декілька разів. Хоч цей метод є найпоширенішим, він рідко підходить для практики, бо має певні недоліки: дорога реалізація, через малу різноманітність обраних гіпотез. Дані недоліки можна частково усунути, застосовуючи *ранговий метод*.

Такий метод є виграшним порівняно з попереднім, оскільки ймовірність вибору тієї чи іншої гіпотези є пропорційною не значенню пристосованості, а рангу даної гіпотези. Реалізація даного методу є майже такою ж як і попереднього, за винятком того, що спершу особини підлягають сортуванню за пристосованістю. Якщо особина за значенням *Fitness* дуже відрізняється від своїх конкурентів, даний метод перемістить її на перше місце, зменшуючи розходження в значеннях.

Ще одним з найуживаніших методів є *турнірний* (tournament selection). Його суть: випадковим чином обирається дві особини. Маємо фіксовану ймовірність їх виживання p (переважно $p > 0,2$) для першої та $(p-1)$ для другої, що є менш пристосованою.

Враховуючи все вище описане, одержуємо генетичний алгоритм для розрахунку параметрів РА. Для нього, в якості методу природного відбору

було обрано метод рулетки та єдиний тип мутацій (відбір значень параметрів з інтервалу $[0, 1]$ з встановленим кроком $0,01$).

Реалізацію алгоритму та визначення ефективних параметрів РА для розв'язування задачі формування ТГ детально наведено у розділі 4.

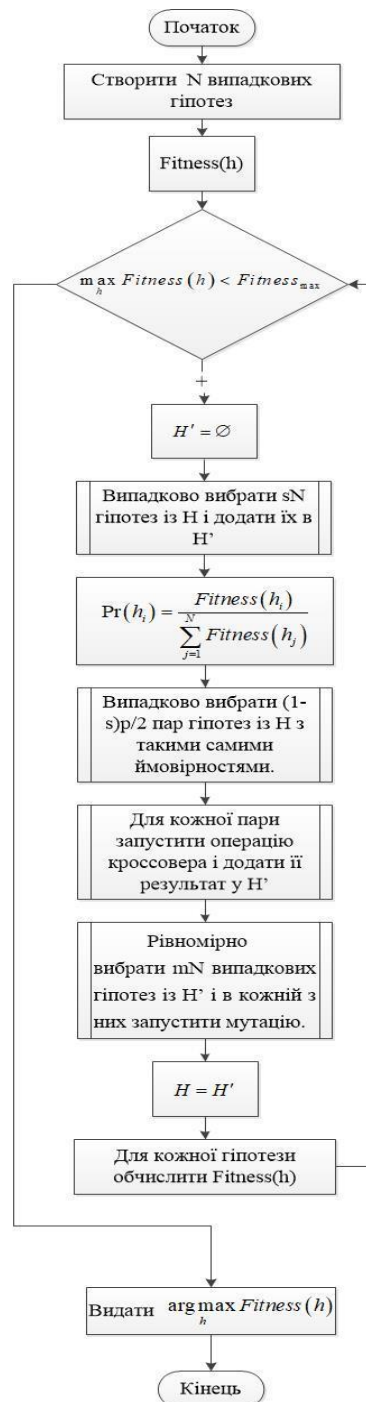


Рис.2.5. Генетичний алгоритму для знаходження параметрів РА

Висновки до розділу 2

У другому розділі вибрано математичні методи для формування територіальних громад. Побудовано математичну модель процесу формування територіальної громади як багатокритеріальну оптимізаційну задачу розбиття зв'язного графу на зв'язні підграфи, яка відноситься до класу NP-повних задач. Цю задачу запропоновано розв'язувати за допомогою ройових алгоритмів: гібриду алгоритмів колонії мурах та рою часток, для розбиття графу на підграфи та алгоритму сірих вовків для знаходження адміністративних центрів. Для налаштування вільних параметрів ройових алгоритмів використано машинне навчання з підкріпленням, а саме генетичний алгоритм. Визначено оптимальні параметрами для алгоритму мурашиної колонії та методу рою часток.

Результати розділу опубліковано у наукових роботах [2, 3, 10, 13].

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

У даному розділі розроблено математичні методи розвитку територіальних громад. Проведено аналіз проблеми експертами та здійснено обробку експертних оцінок. Здійснено анкетування жителів ТГ. Запропоновано математичні методи, що базуються на використанні модифікації алгоритму Пріма, а також динамічного програмування.

3.1. Опитування експертів та обробка експертних оцінок

Для проведення методу експертних оцінок необхідно, щоб експерти провели аналіз проблеми, кількісне оцінювання міркувань, а також обробили отримані результати. Для вирішення проблеми необхідна узагальнена думка експертів.

В процесі опитування експертів слухають і фіксують в кількісній та змістовній формі їхні міркування щодо даної проблеми. Основним етапом для спільної роботи експертів з групою управління є проведення опитування. Необхідно виконати наступні вимоги для проходження цього етапу:

- вирішення організаційно-методичних питань;
- постановка задач і постановка запитань експертам;
- інформаційне забезпечення роботи експертів.

Для визначення різновиду експертного оцінювання застосовують вид опитування. За допомогою виду опитування є можливість визначити метод експертного оцінювання. Існують такі основні методи опитування: анкетування, мозковий штурм, інтерв'ювання, дискусія, метод Делфі.

Вибираючи той чи інший вид опитування, необхідно керуватися сутністю проблеми, цілями самої експертизи, витратами, необхідними для проведення опитування, наявним часом на його проведення, а також достовірністю та повнотою вихідної інформації.

Під час дослідження було використано анкетування, експертів опитують у письмовій формі з використанням анкет. Всі запитання в анкеті можна класифікувати по типу і змісту.

За типом класифікуються на такі: відкриті, закриті і з віялом відповідей.

За змістом запитання ділять на такі групи:

- дані про експерта (вік, освіта, посада, спеціальність тощо);
- основні питання про проблему, яка аналізується;
- додаткові запитання, які дають змогу знайти інформаційне джерело, аргументацію відповідей і тд.

По типу основні запитання класифікуються на відкриті, закриті і запитання з віялом відповідей.

Відкриті запитання передбачають можливість відповіді у довільній формі. Відповідь на закриті запитання може бути подана у вигляді «так», «ні», «не знаю». Якщо експерт вибирає відповідь з сукупності припустимих, то це запитання з віялом відповідей.

Відкриті запитання переважно використовують, якщо присутня велика невизначеність проблеми. Ця невизначеність дає змогу виявити спектр думок експертів, а також передбачає широке охоплення проблеми, яку розглядають. До недоліків відкритих запитань можна віднести довільну форму відповідей, а також їхню різноманітність. Ці фактори призводять до забруднення обробки анкет.

У випадку, коли необхідно розглядати визначені альтернативні варіанти, використовують закриті запитання. Можна сказати, що визначається степінь більшості міркувань. Обробка запитань цього типу не передбачає виникнення труднощів.

Якщо присутні альтернативні варіанти, які створені для орієнтації експертів у напрямках вирішення заданої проблеми, використовують запитання з віялом, в яких також може бути застосована порядкова та бальна шкали, по яких експерт вибирає значення оцінок.

Для обробки питань заданого типу, необхідно більше затрат ніж в обробці відкритих запитань, але менше ніж в обробці закритих.

Для анкетування, яке проводиться в декількох турах і супроводжується великою складністю та невизначеністю проблеми, спочатку використовують відкриті запитання, а запитання з віялом відповідей і закриті використовують в наступних турах.

Після опитування виконують обробку всіх результатів. Обробку використовують для отримання узагальнених даних, а також нової інформації. Ця інформація міститься в експертних оцінках у прихованій формі. Рішення проблеми ґрунтується на результатах обробки [56-62].

Якісні та кількісні методи обробки результатів застосовують при наявності числових та змістових висловлювань експертів. Від класу проблем, які вирішують експерти, залежить питома вага даних методів обробки.

Існують такі типи задач, які виникають при обробці результатів опитування в залежності від цілей експертного оцінювання:

- 1) узгодженість думок експертів;
- 2) побудова оцінок об'єктів;
- 3) визначення відносних ваг об'єктів;
- 4) визначення залежності думок експертів;
- 5) оцінювання надійності експертних результатів.

Визначення узгодженості оцінок експертів необхідне для підтвердження чи спростування гіпотези про точність їх вимірювань та для знаходження можливих угруповань серед експертної групи. Для оцінки узгодженості думок незалежних експертів проводимо обчислення, що дозволяють визначити близькість індивідуальних думок. Аналіз узгодженості дозволяє нам зробити висновки про загальний рівень обізнаності експертів в певній області і виявити експертів з схожими думками, що є зумовлені характером професійної діяльності, різницею поглядів чи концепцій [5].

При оцінюванні узгодженості експертних думок використовуємо поняття компактності, уявлення про яке надає геометрична інтерпретація результатів експерименту. Експертні оцінки зображаємо як точки в певному просторі, у якому присутнє поняття відстані. У випадку, коли точки усіх експертів розміщені поблизу одна від одної, тобто створюють компакту групу, можемо говорити про хорошу узгодженість експертних думок. Якщо ж точки розміщені на значній віддалі одна від одної - узгодженість експертних думок є малою. Можливим також є випадок, коли експертні оцінки – точки розміщені таким чином, що створюють дві або більше компактних груп [7]. У цьому випадку можемо казати про існування серед експертів двох або більше точок зору, що суттєво відрізняються між собою. В залежності від вибору міри ступеня узгодженості та використання якісних та кількісних шкал вимірювання, можемо виконувати конкретизацію ідеї оцінювання узгодженості.

Таким чином, при оцінюванні лише одного параметру об'єкта і використанні кількісних шкал вимірювання, думки експертів можуть бути подані у вигляді точок на числовій осі. Точки можуть бути розглянуті як реалізація випадкової величини, тому для якісного оцінювання центру угруповання і розкиду точок можемо використовувати методи математичної статистики. Центр угруповання визначається як середнє значення (математичне очікування), або ж як медіану випадкової величини, в той час як розкид кількісно оцінюємо як дисперсію випадкової величини [88-90].

Мірою узгодженості експертних думок (компактності розміщення точок на числовій осі) може слугувати відношення середньоквадратичного відхилення до математичного очікування випадкової величини.

Якщо об'єкт оцінюється різними числовими параметрами, значить думка кожного експерта представляється як точка у просторі параметрів. Центр угруповання точок знову вичисляється як математичне очікування

вектора багатьох параметрів, а розкид точок – дисперсією вектора параметрів [77-82]. Великою узгодженістю міркувань експертів також може служити у випадку суми відстанів оцінок від середньогостатистичного значення відношення до відстані математичного очікування з початку координат. Великою узгодженістю може служити кількість точок, які розташовані у радіусі середньоквадратичного відхилення від того ж математичного очікування, до кількості точок.

При вимірюванні об'єктів у порядкувому рейтингу узгодженість оцінок експертів в виді ранжування чи парних порівнювань об'єктів теж оснований на понятті компактності.

Коли при ранжуванні об'єктів використовується величина узгодженості групи експертів – *коефіцієнт дисперсійної конкордації (коефіцієнт узгодження)*.

Подивимось матрицю результатів ранжування об'єктів m групою з експертів d $\|r_{is}\|$ ($s=1, d, i=1, m$), де r_{is} – клас, який призначається s – м експертом об'єкту i – му. Складемо суму рангів по окремих рядках. Отримуємо такий вектор з компонентами:

$$\begin{aligned} r_i &= \sum_s^d r_{is} & (i = \overline{1, m}), \\ r_i &= \sum_{s=1}^d r_{is} & (i = \overline{1, m}). \end{aligned} \quad (3.1)$$

Розглянемо величини r_i як реалізації величини, яка є випадкова, та знайдемо оцінку дисперсії. Оптимальна по стандарту мінімуму середнього квадрату похибки ціну дисперсії визначається формулою:

$$D = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (r_i - \bar{r})^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (\sum_{s=1}^d r_{is} - \bar{r}), \quad (3.2)$$

де \bar{r} – ціна математичного очікування, що дорівнює

$$\bar{r} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m r_i. \quad (3.3)$$

Коефіцієнт дисперсійної конкордації визначається: відношення оцінки дисперсії (3.2) до значення максимального цієї оцінки

$$W = \frac{D}{D_{\max}}. \quad (3.4)$$

Коефіцієнт дисперсійної конкордації змінюється від 0 аж до 1, бо $0 \leq D \leq D_{\max}$.

Значення максимальної дисперсії дорівнює:

$$D_{\max} = \frac{d^2(m^3 - m)}{12(m-1)}. \quad (3.5)$$

Вводимо позначення:

$$S = \sum_{i=1}^m (\sum_{s=1}^d r_{is} - \bar{r})^2. \quad (3.6)$$

Використовуючи (3.4) оцінку дисперсії (3.7) можна подати у виді:

$$D = \frac{1}{m-1} S. \quad (3.7)$$

Дана формула дає змогу визначити коефіцієнт конкордації при відсутності зв'язних рангів.

Якщо існують зв'язні ранги, то максимальне значення дисперсії у формулі (3.8) буде меншим, ніж коли зв'язні ранги присутні. Було доведено, що за наявності зв'язних рангів формула коефіцієнта конкордації визначається таким чином:

$$W = \frac{12S}{d^2(m^3 - m) - d \sum_{i=1}^d T_s}, \quad (3.8)$$

де T_s – показник зв'язних рангів у ранжуванні, що дорівнює:

$$T_s = \sum_{k=1}^{H_s} (h_k^3 - h_k), \quad (3.9)$$

де H_s – число груп рівних рангів у ранжуванні s , h_k – число рівних рангів у k -ій групі зв'язаних рангів за ранжування s – м експертом

Якщо співпадаючі ранги відсутні, то $H_s=0$, $h_k=0$, $T_s=0$, тоді значення формули (3.10) буде рівним значенню (3.8).

Коефіцієнт конкордації рівний 1, у випадку, коли всі ранжування експертів однакові, та рівні нулю, якщо вони різні. Коефіцієнт конкордації, що вираховується за формулами (3.8) і (3.10) є оцінкою дій дійсного значення коефіцієнта, а тому є випадковою величиною. Щоб визначити залежність оцінки коефіцієнта конкордації необхідний розподіл частот для відповідних значень числа експертів d та кількості об'єктів m , які подані у відповідних статистичних таблицях. Якщо число об'єктів $m > 7$ оцінка значущості коефіцієнта конкордації визначається χ^2 - розподілом з $\nu = m - 1$ степенем вільності. При існуванні зв'язних рангів χ^2 - розподіл має вигляд:

$$\chi^2 = \frac{12S}{dm(m+1) - \frac{1}{m-1} \sum_{s=1}^d T_s} \quad (3.10)$$

Коефіцієнт конкордації - це число від 0 до 1, що показує узгодженість думок експертів при проведенні ранжирування якихось властивостей. Чим ближче це значення до 0, тим узгодженість вважається нижчою. При величині даного коефіцієнта менше 0,3 думки експертів вважаються неузгодженими. При знаходженні величини коефіцієнта в діапазоні від 0,3 до 0,7 узгодженість вважається середньої. При величині більше 0,7 узгодженість приймається як висока.

Експертним методом оцінюються проблеми розвитку ТГ, що потребують першочергового вирішення. У наведеній нижче таблиці 3.1 приклад розрахунку коефіцієнта конкордації. Перш, ніж оцінити проблеми розвитку ТГ, необхідно проранжувати властивості даної проблеми, наскільки чітко були подані відпові у анкетах [8]. Припустимо, що в якості таких властивостей виступатимуть наступні властивості інформації: об'єктивність, зрозумілість, корисність, достовірність, актуальність, повнота, важливість, ефективність. Прийmemo, що до складу експертної групи входять 10 експертів. Результати ранжування даних властивостей продемонстровані в табл. 3.1 .

Середнє значення r розраховується як середнє арифметичне і складе 42. Для знаходження S підсумовуємо квадрати різниць між r_{is} і r середнім, відповідно до наведеної раніше формули, і визначимо, що величина S становить 2684.

Таблиця 3.1

Дані для визначення коефіцієнту конкордації

Експерти	Актуальність	Об'єктивність	Зрозумілість	Корисність	Повнота	Достовірність	Сума
1	8	7	4	5	1	2	27
2	8	7	3	4	1	2	25
3	9	6	5	5	2	2	29
4	7	8	3	4	1	1	24
5	8	7	5	4	2	2	28
6	7	5	4	3	2	1	22
7	6	4	5	4	3	1	23
8	8	6	6	3	2	2	27
9	6	6	6	5	1	1	25
10	8	3	3	4	2	2	22
$\sum r_{is}$	75	59	44	41	17	16	252
R	-	-	-	-	-	-	42
Різниця	33	17	2	-1	-25	-26	0
Квадрат різниці	1089	289	4	1	625	676	2684
W	-	-	-	-	-	-	0,83

Таким чином, коефіцієнт конкордації показує узгодженість думок декількох експертів. Оскільки у нашому випадку він рівний 0,83, а це значення ближче до 1, то можна стверджувати, що думки експертів більш узгоджені.

3.2. Анкетування жителів територіальної громади в процесі розроблення плану розвитку

При розробці плану розвитку територіальної громади з метою досягнення високого рівня розвитку та переваг, які пропонуються інвесторам, проводяться різні дослідження та опитування. На практиці, щоб сформувавши правильний план авторські групи спираються на:

- результати системного та порівняльного аналізу, які описують ТГ на тлі інших;
- різні майстер-класи з розроблення планів розвитку ТГ на кількарічний період, зазвичай, на подібних заходах розглядаються сильні та слабкі сторони ТГ, а також можливості та загрози розвитку;
- анкетування жителів ТГ, яке охоплює питання з метою оцінювання умов, що заважають або сприяють розвитку ТГ.

У роботі буде розглянуто анкетування жителів ТГ, які становлять дуже корисну інформацію, при прийнятті рішень розвитку ТГ. Необхідно, щоб анкети потрапили до різноманітних соціальних груп, адже вони по-різному оцінюють обставини та мають різні проблеми та потреби [95-100].

Тематика анкет, буде різноманітна, адже для досліджень важливо знати, що саме потрібно змінити у житті громади, тому відповіді мають бути конкретними, а питання чіткими. Спосіб групування заповнених анкет залежить від способу поставлених запитань і тематики [43]. Умовно анкети можна поділити на 4 тематичні блоки:

1. Ставлення мешканців до ТГ;
2. Головні проблеми у ТГ;
3. Шляхи вирішення проблем розвитку ТГ;
4. Майбутній стан ТГ;

Учасників анкетування, можна розділити на три вікові категорії, щоб краще проаналізувати результати анкетування:

- Старші люди (люди, у яких вік більше 50 років)
- Люди середнього віку (категорія людей від 23 до 50 років)
- Молоді люди (Люди у яких вік до 23 років).

Світогляд у цих категоріях ґрунтується на гіпотезі, що у опитуваних вік є дуже різним, тому їхні погляди на певні питання потребують ефективнішого та детальнішого аналізу. На загальному фоні будуть різні висновки результатів опитування. Ефективний аналіз результатів при анкетуванні надає корисну інформацію про ТГ. Вказує на певні проблемні

аспекти розвитку ТГ, недоліки у використанні ресурсів території, тощо[44].

Сформульовані мешканцями відповіді у анкетах дають можливість зробити правильний вибір стратегії розвитку, вдосконалити поточну діяльність органів місцевого урядування, відповідно до того, що очікує громада.

Буде доцільно розширити дослідження на всі ТГ України. Це дасть можливість порівняти стан розвитку ТГ та визначити проблемні питаннями, які є для них характерними.

3.3. Застосування модифікації алгоритму Пріма для вирішення завдань розвитку територіальних громад

Поза всяким сумнівом, можна твердо стверджувати, що стан українських автомобільних доріг недоброякісний та цілком незадовільний на сьогодні. Ця болюча точка стала задачею для вирішення для всієї країни та актуальним інформаційним приводом для мас-медіа. Критична більшість автошляхів, а саме 95%, наразі знаходяться в непридатному для використання стані. На жаль, протягом останніх років, а в деяких випадках витрати на обслуговування, ремонтні роботи, спорудження нових автодоріг ніяким чином не гарантували покращення та поновлення якісного стану покриття. Децентралізація доріг відбулася з 1 січня 2018 року. Зі 170 тисяч кілометрів доріг, які були в руках «Укравтодору», 120 тисяч передали на рівень обласних державних адміністрацій, а 50 тисяч залишилися на центральному рівні [82-87]. Передані не лише дороги, але й кошти. В межах дорожнього фонду це 35%, ми передали 11,5 мільярдів гривень. За словами голови Укравтодору Славомира Новака найкращий рівень використання коштів на ремонт доріг наразі у Львівській, Волинській, Тернопільській областях, найгірший – на півдні та сході. Влада очікує, що в 2018 році в Україні відремонтують близько 4 тисяч кілометрів доріг паралельно з моніторингом якості вже відремонтованих.

За даними Міністерства інфраструктури, цього року «Укравтодор» отримав безпрецедентно високе фінансування на контроль якості доріг – 30 млн грн. Кабінет міністрів на засіданні 5 вересня 2018 року затвердив перерозподіл коштів на будівництво та реконструкцію автомобільних доріг державного значення за результатами роботи за сім місяців 2018 року [32,42-44]. Не можна не зазначити, що простежується позитивна тенденція – націлення системи автодорожнього господарства на підвищення витрат для спорудження нових автошляхів. Проте, треба наперед визнати, що масштаби даної проблеми в межах України є критичними, тому вирішення всіх проблем, які виникли в даній сфері, потребуватиме значних фінансових вкладень протягом багатьох років [31].

Тому актуальним завданням буде розробка плану ефективного розподілу коштів для ремонту доріг на кількарічний період.

Для розв'язку задачі ефективного розподілу коштів для ремонту доріг на кількарічний період, необхідно знати стан дороги та її покриття, підпорядкованості дороги та виділено на ремонт бюджету [1].

Стан дороги визначає необхідний кошторис на ремонт відповідної дороги. Існує таких п'ять станів:

- 1) видимі незначні дефекти і, необхідність ремонту до 5 %;
- 2) шелушіння, окремі нерівності покриття, частково присутні тріщини та невеликі вибоїни, необхідність ремонту до 25 %;
- 3) викришування, раковини, зсуви, просідання, не-значно виражена колійність, руйнування кромки дорожнього покриття, граней бетонного покриття, бор-дюрів, необхідність ремонту до 50 %;
- 4) вибоїни, проломи, великі ями, значна колійність, місцями пересування значно ускладнено, необхідність ремонту до 75 %;
- 5) базовий тип покриття практично відсутній, явно виражена колійність, пересування значно ускладнено, необхідність ремонту до 100 %.

Розрізняють 6 різних типів покриття: асфальтобетонне, цементно-бетонне, залізобетонне, бруківка, гравійне, ґрунтове.

Підпорядкованість визначає за який саме бюджет ця дорога буде ремонтуватись. Як правило, існують три бюджети: загальнодержавний бюджет, обласний бюджет, бюджет ТГ.

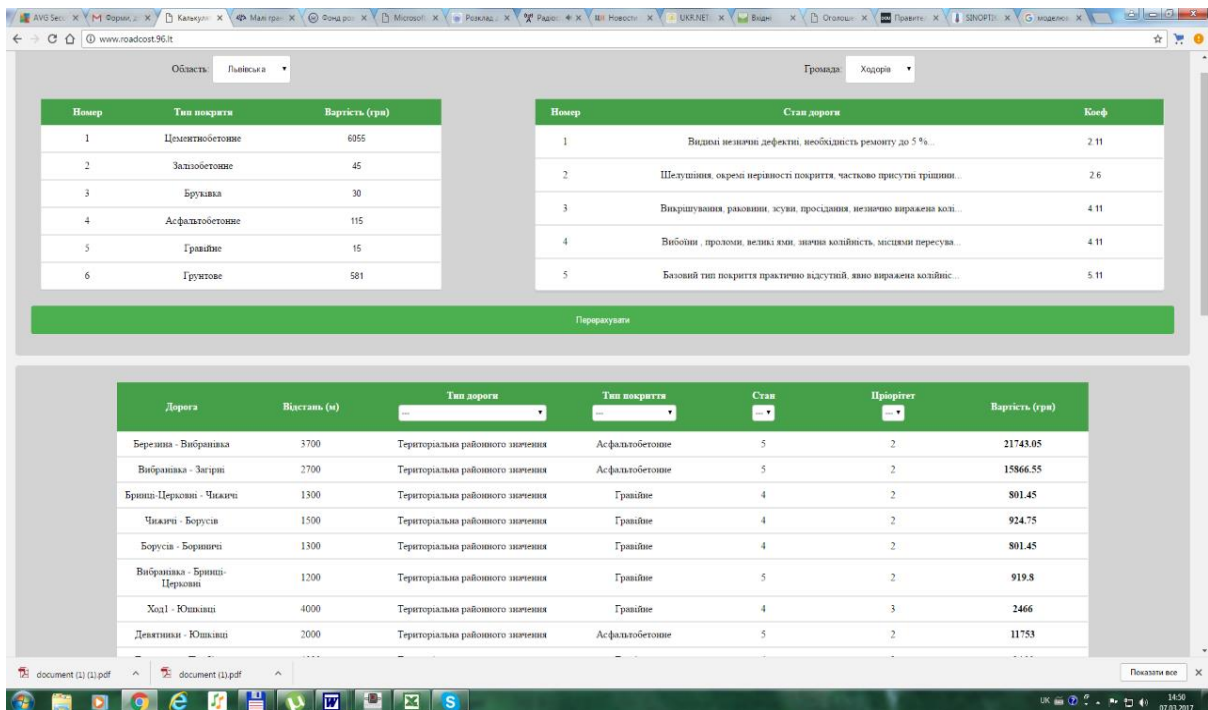


Рис.3.1. Приклад обчислення вартості доріг

На рис.3.1 зображено приклад обчислення вартості доріг. При розрахунку вартості ремонту доріг визначалась ціна ремонту ста метрів дороги. Враховувався стан дороги, який множиться на певний коефіцієнт. Розроблений калькулятор знаходиться за адресою: <http://www.roadcost.96.lt/> [3]. Розроблений модуль дає змогу фільтрувати вартість ремонту доріг в межах ТГ за такими параметрами: тип дороги, тип покриття, стан.

Дорогу між двома різними населеними пунктами (НП) будемо розглядати як окрему дорогу. Якщо є розвилки доріг поза межами НП, то в місці такої розвилки вводитимемо фіктивні НП (ФНП).

Отримуємо зважений граф $G = (НП, E)$, вершинами якого є НП та ФНП, а ребра $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ задають кошторис $w(e_i)$, необхідний на ремонт дороги між відповідними НП [32]. Тобто, маємо N НП, які об'єднані

дорогами. Очевидно, що для цього достатньо відремонтувати $N-1$ доріг між НП.

Виникає задача: для того щоб сумарна вартість ремонту доріг була мінімальна й вартість ремонту доріг не перевищувала відповідний бюджет, як можна об'єднати НП між собою в межах ТГ,

Тобто всі ребра поділимо на 3 підмножини в залежності від виду бюджету $E = E_1 \cup E_2 \cup E_3$, $E_j = \{e_1^j, e_2^j, \dots, e_n^j\}$, $j = 1, 2, 3$.

Задача полягає в знаходженні такого зв'язаного ациклічного під графу $T \subset G$, який містить всі вершини, щоб сумарна вага всіх його ребер була мінімальною при умові, що сумарна вага ребер, які належать до одного бюджету не перевищувала розмір цього бюджету.

Оскільки T зв'язаний й не містить циклів, він є деревом й називається остовним деревом (spanning tree) [32-34]. Остовне дерево T , в якого сумарна

вага його ребер $w(T) = \sum_{e_i \in T} w(e_i)$ мінімальна, називається мінімальним остовним деревом (minimum spanning tree). Частину дерева T , що містить ребра з підмножини E_j позначатимемо T_j , $T = T_1 \cup T_2 \cup T_3$. Тим самим

отримаємо таку математичну модель задачі: знайти $T \subset G$, щоб

$$w(T) = \sum_{e_i \in T} w(e_i) \rightarrow \min \quad (3.11)$$

$$w(T_j) = \sum_{e_i^j \in T_j} w(e_i^j) \leq W_j, \quad j = 1, 2, 3 \quad (3.12)$$

Алгоритми Пріма або Крускала використовуються для того, щоб знайти мінімальне кістякове дерево. Для розв'язування задачі (3.11)-(3.12) модифіковано алгоритм Пріма. Модифікація полягає в ітераційному використанні алгоритму Пріма, поки не буде виконана умова (3.12).

Якщо умова (3.12) не виконується, то із початкового графа G вилучаємо ребро із максимальною вагою серед підмножини ребер для яких не виконується (3.12) із максимальною різницею між наявним бюджетом та необхідним коштами на ремонт доріг. Ребро вилучаємо із умовою, що

граф G залишається зв'язним, тобто не має ізольованих вершин. Якщо такого ребра немає, то задача (3.11)-(3.12) немає розв'язку.

Отримаємо такий алгоритм визначення доріг, які необхідно відремонтувати в межах $ТГ$:

1) Утворити граф G , вершинами якого є НП $ТГ$, а ребра задають вартість ремонту доріг між $НП$ $ТГ$. Відомі кошти, які закладені у бюджетах на ремонт доріг W_1, W_2, W_3 .

2) Запустити алгоритм Пріма для графу G :

2.1. Утворити дерево T_1 з одним ребром:

– вибрати вершиною $НП_0$ центр $ТГ$;

– вибрати ребро e_1 яке має найменшу вагу, а також вершину $НП_0$;

– покласти $k = 1$.

2.2. Якщо ззовні останнього побудованого дерева T_k з ребрами e_1, e_2, \dots, e_k є такі вершини початкового графа G , наступним кроком є:

– серед ребер, у яких одна вершина не належить до T_k , а інша вершина належить - вибрати ребро e_{k+1} з найменшою вагою;

– утворити дерево T_{k+1} долученням до T_k вибраного ребра e_{k+1} і його вершин;

– збільшити величину k на 1;

2.3. Припинити побудову мінімального кістякового дерева, якщо до T_k , належать всі вершини початкового графа G , інакше переходимо на пункт 2.2

3) Для дерева T_k шукаємо вартості ремонту доріг за 3-ма

підмножинами: $w(T_j) = \sum_{e_s^j \in T_j} w(e_s^j), j = 1, 2, 3.$

4) Обчислюємо значення $\Delta_j = W_j - w(T_j), j = 1, 2, 3.$

5) Якщо всі $\Delta_j \geq 0$, то дерево (план ремонту доріг) знайдено, інакше серед множини E_i , де $l = \arg \max_{\Delta_i < 0} |\Delta_j|$, вилучаємо ребро з максимальною вагою серед підмножини ребер E_i , після вилучення яких граф G залишається зв'язним й переходимо до п.2. Якщо ребер, після вилучення яких граф G залишається зв'язним, немає, то плану ремонту доріг для таких початкових значень не існує. Необхідно збільшувати бюджети для яких $\Delta_j < 0$.

Тобто в алгоритм Пріма додано ще один ітераційний процес, мета якого зменшення розмірності початкового графу за рахунок відкидання ребер, які не будуть відображені у кінцевому дереві. Дуже важливо перевіряти, щоб у графа при такому відкиданні не з'являлись ізольовані вершини, бо інакше в населений пункт, який задає така вершина, добратись буде неможливо. Складність запропонованого алгоритму в n разів більша за алгоритм Пріма, оскільки додається ще один цикл, тобто становитиме $O(n^2 \cdot \ln n)$.

3.4. Використання динамічного програмування для задач розвитку територіальних громад

Динамічне програмування – це керування, що вважається оптимальним на кожному кроці протягом усього періоду з забезпеченням паралельного оптимального керування об'єктом чи процесом, тобто кожний наступний крок вибирається і узгоджується з врахуванням можливих наслідків, які будуть простежуватися на майбутніх кроках. Необхідно зазначити, що останній крок треба планувати і вибирати відповідно до отримання найоптимальніших результатів [35].

Оптимальне управління характеризується такими властивостями, що незалежно від початкового стану на будь-якому кроці управління і

наступне управління повинно обиратися оптимальним відносно стану, до якого прийде система в кінці цього кроку. Метод, побудований на використанні принципу оптимальності, дозволяє встановити співвідношення між екстремальними значеннями цільової функції в задачах, що характеризуються різною тривалістю процесу і різними початковими станами. При цьому необхідно враховувати наслідки реалізації знайденого оптимального рішення і для наступних рішень. Такий підхід обумовлений розробкою оптимальної стратегії. Процес прийняття рішення в цьому випадку є багатокроковим.

Найбільш доцільно динамічне програмування застосувати для вирішення таких практичних задач, в яких пошук оптимального рішення вимагає поетапного підходу; наприклад, визначення часу заміни устаткування з урахуванням витрат на експлуатацію устаткування, на придбання нового, первісної вартості даного устаткування, вартості отриманої на ньому продукції.

Для початку опишемо структуру рішення, щоб можна було вирішити методом динамічного програмування оптимізаційну задачу [9]. Якщо вирішення буде складатися з оптимальних рішень підзадач, то завдання володітиме оптимальністю. У даному випадку буде доцільне використання динамічного програмування. Невелике число підзадач – друга властивість, яка є досить суттєва при цьому методі. Одні й ті ж самі підзадачі використовують рекурсивне рішення. Кількість підзадач залежатиме величини вихідної інформації. У спеціальній таблиці зберігатиметься відповідь, тому коли програма буде використовувати дані, вона значно зекономить час.

Коли виникатиме завдання поетапного прийняття рішення, то ефективним застосуванням, буде використання динамічного програмування. Наприклад, розглянемо таке просте завдання, як ремонт адміністративних будівель з експлуатацією на кількарічний період. У

цілому слід поступово виконати кілька підзадач. Відповідна задача потребує свого способу розв'язання (вибору).

Оскільки G – існуючий запас, r – бажаний термін експлуатації, в такому випадку доцільність прийняття висновків полягатиме в:

$$\left[\begin{array}{l} U = \sum_{i=0}^{N-1} U(a_{ij}^k) \rightarrow \max, \\ r \geq r_e, \\ \sum_{i=0}^{N-1} g_{ij}^k \leq G. \end{array} \right. \quad (3.13)$$

Висновки до розділу 3

У третьому розділі було розроблено математичні методи розвитку територіальних громад. Було проведено анкетування мешканців територіальних громад з метою визначення першочерговості розв'язування задач у межах ТГ. Результати анкетування опрацьовано з використанням експертних оцінок. Коефіцієнт конкордації був визначений та складає 0,83, що свідчить про сильну узгодженість думок експертів. Визначено, що першочерговими задачами є задачі ремонту доріг та адміністративних будівель (шкіл, дитячих садків, лікарень тощо). Модифіковано алгоритм Пріма для завдання планування ремонту доріг у межах територіальної громади, який враховує обмеження на ресурси. Зведено задачу планування ремонту адміністративних будівель до задачі динамічного програмування.

Результати розділу опубліковано у [2, 5, 7, 9].

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД, НА ОСНОВІ ЗАПРОПОНОВАНИХ МЕТОДІВ

У розділі використано онтологічне представлення предметної області, для кращого розуміння тематики. Відображено візуалізацію формування та розвитку ТГ. Апробовано методи формування територіальних громад для Чернівецької області а також методи розвитку ТГ, зокрема проведене анкетування житлів у Брошнів-Осадській ОТГ, сформований план ремонту доріг у ТГ Львівської області, та проведений розподіл задач для реонту адміністративних будівель у ТГ.

4.1. Онтологія формування територіальних громад

У дисертації було розроблено методи для системи підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад. Для того, щоб покращити знання про вибрану предметну область, слід використати онтологічне представлення знань [87-89].

Онтологічне моделювання використовується для формування та розвитку територіальної громади. Створюються обмеження, а також можливості для вирішення даного завдання. До переваг слід віднести: можливість застосування аксіом, логічне виведення [90]. Це дозволяє розробити методи формування та розвитку територіальної громади, які беруть за основу логічне виведення, використовуючи знання про предметну область, а також дані про стан системи н аданий момент.

Щоб зберегти відношення і сутності галузі формування та розвитку територіальної громади та побудувати правила щодо формування територіальної громади, використовується онтологія вибраної предметної області.

В онтології міститься модель домену, яка представдена у вигляді таксономії класів [91, 92]. Це дозволяє визначити властивості об'єктів, а

також їхні загальні атрибути. Також з'являється можливість однозначно інтерпретувати об'єкти предметної області, використовуючи інформаційну базу. Система є чутливою до подій (ситуацій, які можуть виникнути) із зовнішнього світу. Також вона ідентифікує події і на основі результату виконує зміну або створення нових фактів про неї (процес логічного міркування).

Для того, щоб створити онтологію, необхідно проаналізувати предметну область. Процес створення складається з послідовності етапів [93], які можна побачити на рис.4.1.

Для того, щоб створити онтологію, необхідно проаналізувати предметну область. Процес створення складається з послідовності етапів [93], які можна побачити на рис.4.1.



Рис.4.1. Етапи, необхідні для створення онтології

Щоб створити онтологію предметної області, застосовано Protégé (редактор онтологій) [93]. Після завершення процесу аналізу предметної області, необхідно виділити основні концепти(класи) та створити ієрархію. На рис. 4.2 зображено процес створення нової сутності:

На рис.4.3 представлено створену онтологію предметної області галузі тестування.

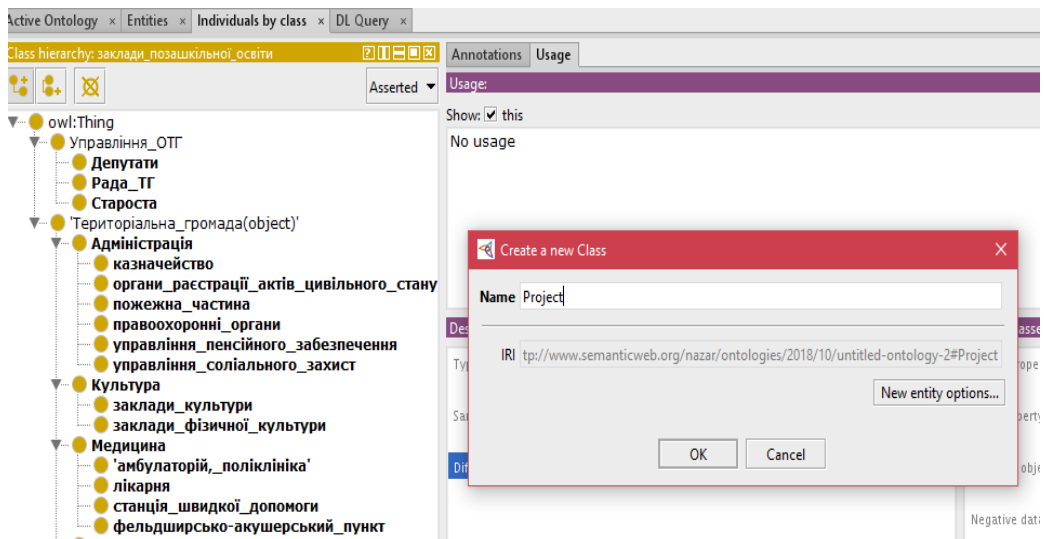


Рис.4.2. Процес додавання сутностей предметної області

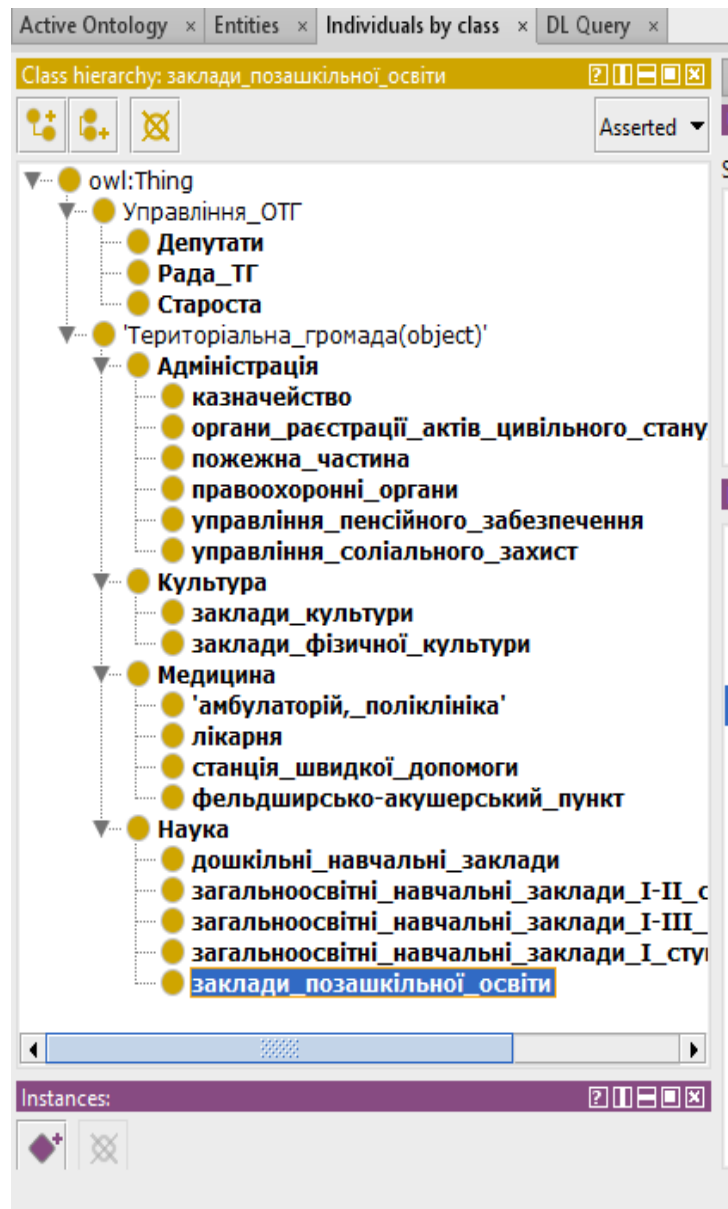


Рис.4.3. Створена онтологія предметної області

Створена онтологія територіальної громади містить такі сутності:

Управління ТГ:

- староста – репрезентує і є головою певної ТГ;
- рада ТГ – орган територіального самоврядування;
- депутати – є складовою частиною ради ТГ, вносять свої пропозиції, беруть участь у обговореннях та голосуваннях.

Адміністрація – сутність, яка зберігає інформацію про всі адміністративні органи:

- правоохоронні органи;
- органи реєстрації актів цивільного стану та майнових прав;
- управління пенсійного забезпечення;
- управління соціального забезпечення;
- пожежна частина;
- казначейство.

Культура – сутність, яка зберігає інформацію про всі заклади пов'язані з культурною сферою;

- заклади фізичної культури;
- заклади культури.

Медицина – сутність, яка зберігає інформацію про всі медичні установи:

- фельдшерсько-акушерський пункт;
- лікарня;
- амбулаторій, поліклініка;
- станція швидкої допомоги.

Наука – сутність, яка зберігає інформацію про всі навчальні установи:

- заклади дошкільної освіти;
- загальноосвітні навчальні заклади I-II ступеня;
- загальноосвітні навчальні заклади I-III ступеня;
- загальноосвітні навчальні заклади I ступеня;

- заклади позашкільної освіти.

Після виконання усіх показаних вище дій, приступають до створення відношень, які поділяються на відношення між типами даних, а також відношення між класами [94, 95]. Як приклад можна використати сутність Депутат, яка пов'язана із сутністю Адміністрація відношенням «приймає рішення», або, наприклад, Казначейство, яке має відношення типу даних string «має назву», чи відношення типу даних int «має номер будинку». На рис.4.4 зображено процес створення відношення «Адміністрація» для депутата.

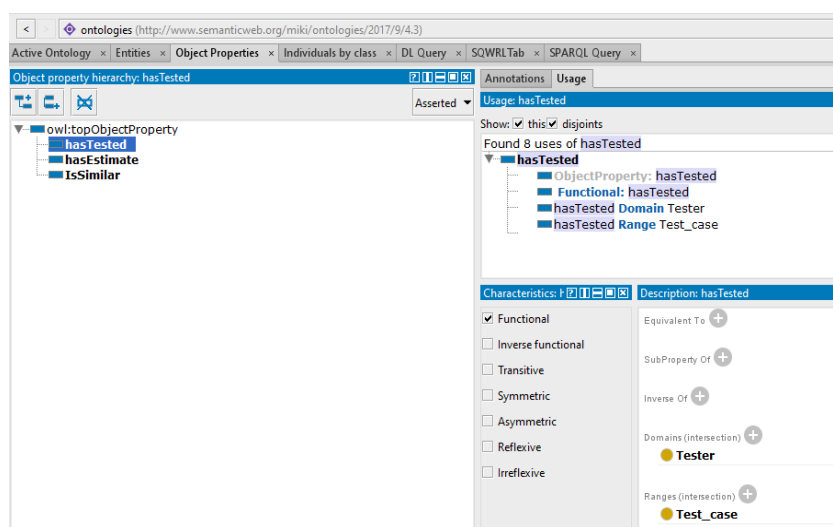


Рис.4.4. Процес створення відношень

4.2. Процес формування спроможних територіальних громад

Експертами було проведено верифікацію СППР. Для формування ТГ експертні оцінки наведені у табл.4.1

Таблиця 4.1.

Експертна оцінка формування ТГ

Кількість населених пунктів у територіальній громаді	Середня експертна оцінка (1-5)
2	5
3	4,8
4	4,3
5	3,9

Для візуалізації процесу формування спроможних ТГ розроблено модель, що охоплює усі етапи процесу та враховує вимоги, які визначені методикою формування спроможних ТГ.

Відповідно до затвердженої методики, процес формування складається з таких етапів (діаграма діяльності процесу зображена на рис. 4.5).

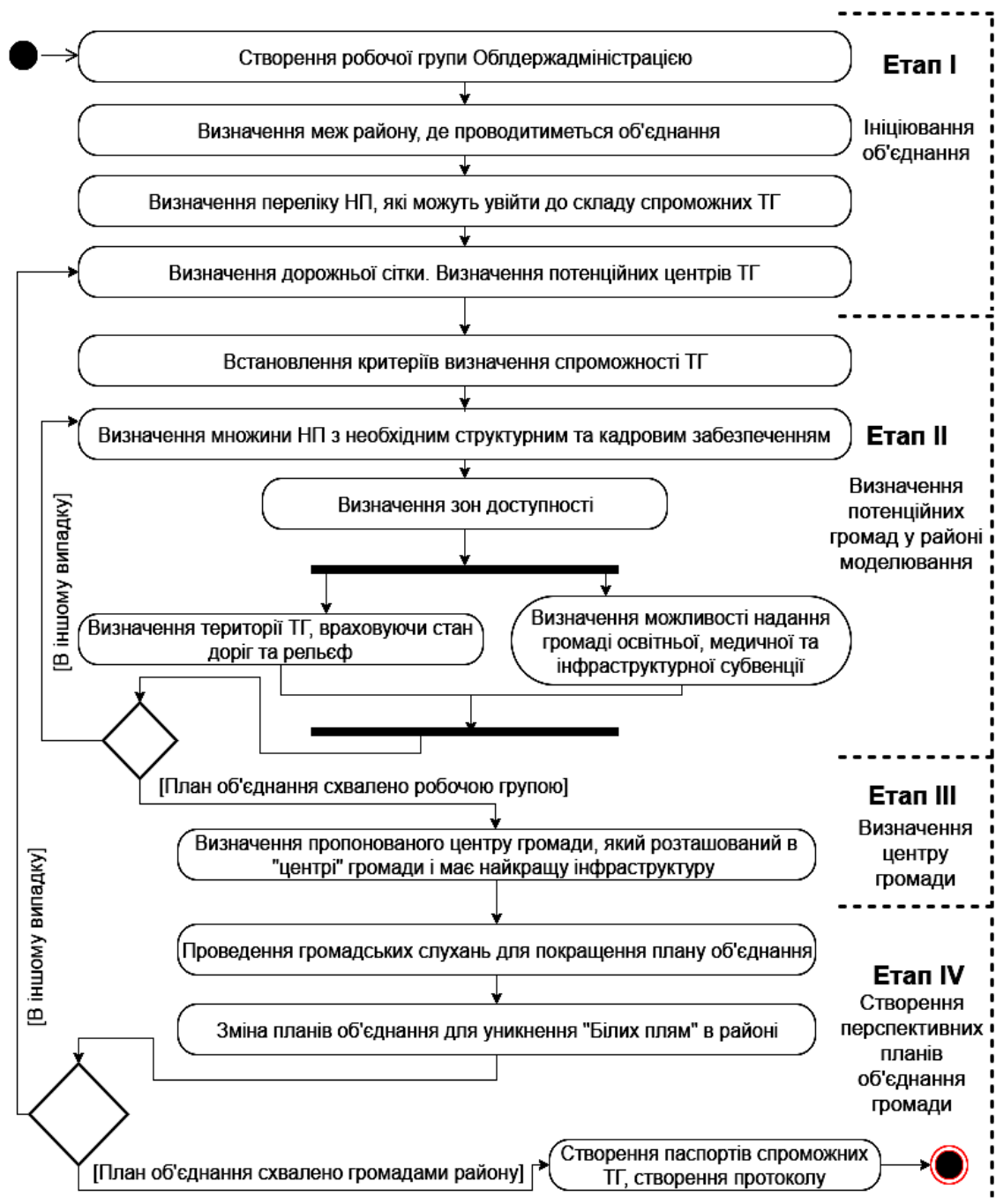


Рис.4.5 Діаграма діяльності процесу утворення спроможних територіальних громад

Процеси утворення спроможних територіальних громад:

– ініціювання створення робочих груп, на цьому етапі голова ради – ініціатор готує розпорядження «Про ініціювання добровільного об'єднання ТГ», обласна державна адміністрація утворює певну робочу групу, яка розроблятиме перспективний план ОТГ;

– визначення меж району, де буде проводитись моделювання населених пунктів, або списку територіальних громад, які мають змогу стати членами спроможної територіальної громади та визначення майбутніх адміністративних центрів об'єднаних територіальних громад;

– визначення зон доступності можливого адміністративного центру для спроможної територіальної громади, що є оптимальним для надання адміністративних та інших різних послуг мешканцям громади;

– визначення інфраструктури потенційної спроможної ОТГ, наявність середньої школи та лікарні є обов'язковою та визначення центрів та меж територіальної громади. Визначення списку територіальних громад, які не охоплюються зонами доступності можливих адміністративних центрів;

– врахування інтересів ОТГ, для яких необхідно провести консультації з органами самоврядування під час розроблення плану, а також громадські слухання;

– створення перспективних планів, які складаються з:

- графічної частини, яка відображає межі спроможних територіальних громад, населені пункти, а також потенційні адміністративні центри;
- паспорту спроможної територіальної громади, в якому описана кожна така громада;
- протоколу консультації з представниками громад.

У розробленій системі формування спроможних ТГ має бути охоплено усі етапи процесу формування громад, а також враховано вимоги, які визначають її спроможність. На рис.4.6 зображено логічну структуру системи формування спроможних ТГ.

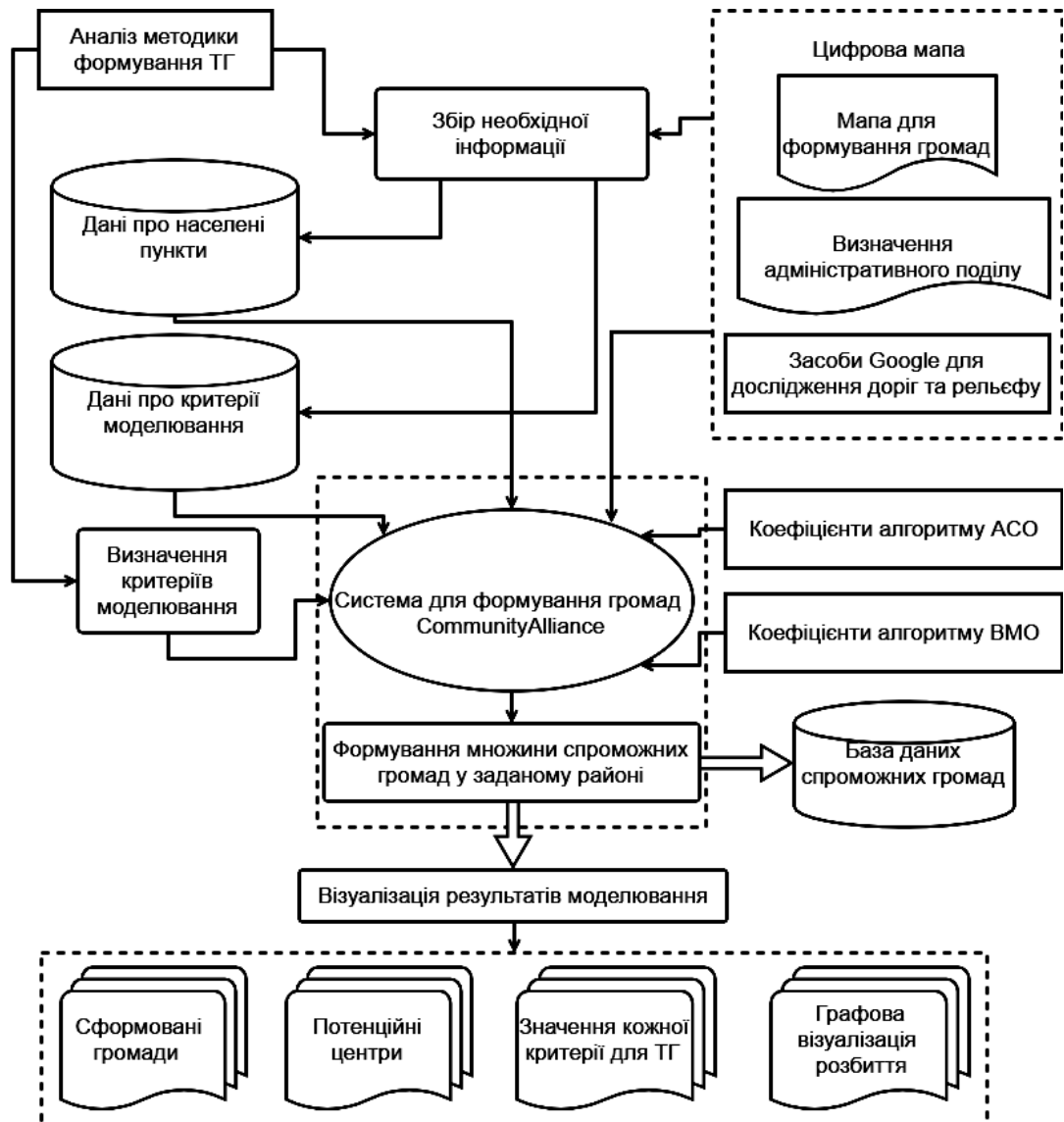


Рис. 4.6. Логічна структура програмної реалізації системи формування громад

Представлена структура являє собою архітектурне рішення, за допомогою якого можна спроектувати та реалізувати програмний продукт. Реалізація системи може складатись з таких етапів:

- аналіз затвердженої методики формування громад для вирішення мети, визначення очікуваних результатів розробки та створення предметної області;
- отримання даних, представлених у вигляді картографічної інформації, оскільки мапа це основний інструмент моделювання;

- застосування мапи для збору інформації про НП, поділ районів України, дослідження дорожньої сітки та рельєфу місцевості моделювання;
- використання існуючих систем Google для отримання даних про відстані між НП та про координати НП, та про їх межі;
- внесення даних про НП, серед яких буде проводитись моделювання в базу даних та визначення затверджених, ключових критеріїв визначення спроможності та занесення інформації про них у базу даних;
- для кожного окремого процесу моделювання визначення основних коефіцієнтів пошуку оптимальних розв'язків для алгоритмів ACO та PSO;
- створення програмного продукту для користування введеними даними та візуалізації результатів моделювання та занесення отриманих результатів у базу даних з можливістю їх подальшого аналізу та порівняння;
- візуалізація результатів моделювання на мапі для візуальної взаємодії та оцінки запропонованих рішень, відображення сформованих громад з вказуванням їх пропонованого центру, отримання результатів на мапі з відображенням значення кожного критерію, який використовувався у моделюванні та відображення результатів у вигляді графа.

Для визначення спроможності громади слід додати критерії, за якими буде вестись моделювання [4]. Для цього можна додати нові критерії моделювання для дослідження отриманих результатів при різних увімкнених параметрах. Критерій має пріоритет, і також тип. Пріоритет буде використано під час моделювання.

Доступні пріоритети наведено у табл. 4.2.

Таблиця 4.2.

Пріоритети для критеріїв моделювання

№	Назва критерію	Значення
1	Найнижчий	0.2
2	Низький	0.4
3	Нормальний	0.6
4	Високий	0.8
5	Найвищий	1

Також критерій може мати один із зазначених нижче типів:

- заклади, які органи місцевого самоврядування утримують за рахунок свого бюджету;
- приміщення для розміщення державних установ та органів, які здійснюють повноваження.

Для вирішення задачі формування спроможних громад, слід подати кожен змінну застосованих алгоритмів у формі, яка б використовувалась у програмній реалізації кожного з вибраних алгоритмів[11,12]. Розглянемо кроки, які необхідно виконати, для застосування алгоритму мурашиних колоній:

- за допомогою сервісу GoogleMaps DistanceMatrix треба отримати матрицю відстаней між усіма НП;
- ввести коефіцієнти α і β для використання особливостей алгоритму;
- ввести відстань, для критерію «Зона доступності НП до центру»;
- передати список НП, для яких проводиться моделювання;
- передати масив критеріїв, для яких виконується моделювання;
- визначити кількість ітерацій для роботи алгоритму.

В основі роботи алгоритму є цикл, умовою виходу з якого є перевищення кількості можливих ітерацій. На початку роботи алгоритму заповнюється матриця міток (феромонів), визначенням ймовірності переходу з одного НП в інший на основі наявності в НП призначення

необхідних для формування ТГ критеріїв. Також усі мурахи-агенти розміщуються у кожному НП.

Наступним кроком є моделювання руху мурах. Для кожної мурахи визначається наступний пункт призначення на основі формули (2.1) з використання введених коефіцієнтів α і β , зчитуючи значення феромону і відстань між НП. Після того, як вибрано наступне місто, перевіряється наявність усіх необхідних критеріїв для формування громади. Якщо критеріїв достатньо, то мураха знайшла локальне рішення, і мураха завершує шлях до наступної ітерації циклу. Коли всі мурахи знайшли локальні рішення, проводиться процедура випаровування феромону для матриці міток. На основі пройденого шляху кожною мурахою, проводиться оновлення значень феромону[6]. Для уникнення зациклення і симуляції зворотного зв'язку проводиться процедура випаровування феромону ще один раз. Наступним кроком є збір усіх даних у мурах, які успішно знайшли локальні розв'язки. Серед вибраних НП вибирається центр ТГ на основі алгоритму Флойда-Уоршелла. Усі дані заносяться у асоціативний масив, ключем якого є номер агента в рої. Після завершення алгоритму усі зібрані дані аналізуються і здійснюється вибірка даних на основі якості пропонованого рішення кожною мурахою за час роботи алгоритму.

Для використання методу рою часток (PSO) слід дотримуватись наступних кроків:

- ввести коефіцієнти C_1 і C_2 для використання особливостей алгоритму;

- визначити кількість ітерацій для роботи алгоритму.

Інші кроки аналогічні використанню АСО. На початку роботи алгоритму слід випадковим чином вибрати коефіцієнт швидкості і позицію кожного агента. Наступним кроком є моделювання переміщення часток у просторі, для цього визначається вектор переміщення частки, враховуючи константу інерційності, яка зазвичай має значення 1. Для визначення

максимального допустимого параметра швидкості, з усієї зграї вибирається агент з найбільшим значенням поточного рішення. Визначається нова швидкість та позиція кожної окремої частинки.

Наступним кроком є сортування всього масиву часток для отримання найкращого агента, який пройшов найменший шлях, і на основі відвіданих НП якого, можна було б сформувати ТГ. Його позиція стає найкращою G для зграї. Для аналізу найкращих рішень масив часток сортується за формулою і вибирається найкраще рішення. Далі для аналізу цього рішення вибирається центр ТГ за алгоритмом Флойда-Уоршелла. Алгоритм повторюється для усіх агентів. Після сортування отримується пройдений шлях кожним агентом, змінений відповідно до вектора швидкості зграї. Після завершення роботи алгоритму, асоціативний масив сортується для кожного НП за якістю вибору центра громади для нього та здійснюється формування найкращого рішення.

Взаємодія між модулями включає всі класи системи. Але для процесу моделювання основними є лише ті класи, які беруть безпосередню участь у моделюванні. Динаміка взаємодії між об'єктами в часі у процесі формування громад зображена на рис. 4.7.

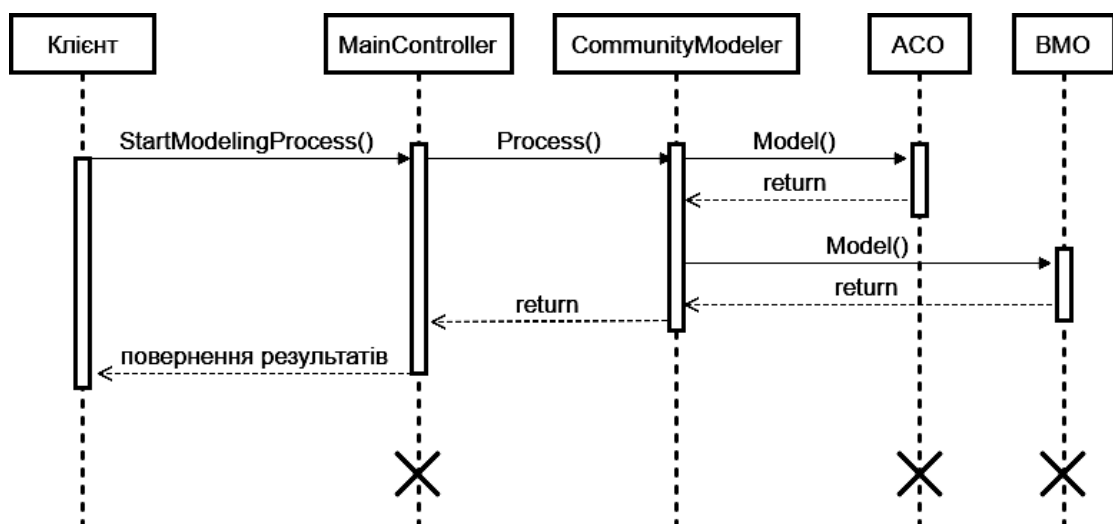


Рис.4.7. Діаграма послідовності процесу моделювання територіальних громад

Наведена діаграма послідовності показує активність об'єктів у процесі моделювання.

4.3. Результати досліджень запропонованого метематичного підходу формування територіальних громад

У процесі розробки цієї сторінки було реалізовано можливість вибору НП, серед яких треба сформувати громади. Для цього слід вибрати НП, натискаючи на відповідні прапорці у крайній правій колонці таблиці. Після цього слід натиснути на кнопку «Змоделювати». Відкриється вікно, зображене на рис. 4.8. Натиснувши кнопку «Перейти до моделювання» користувач буде переміщений на сторінку «Мапа».

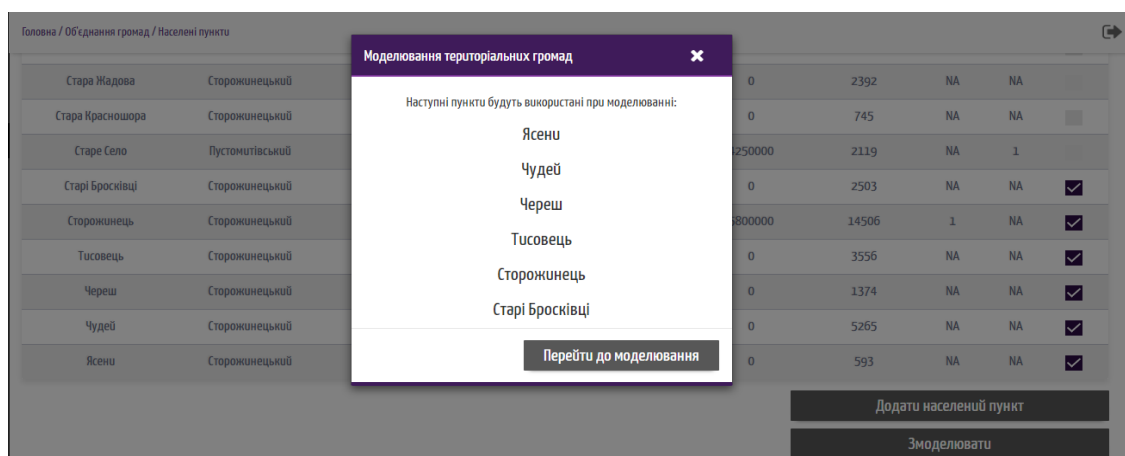
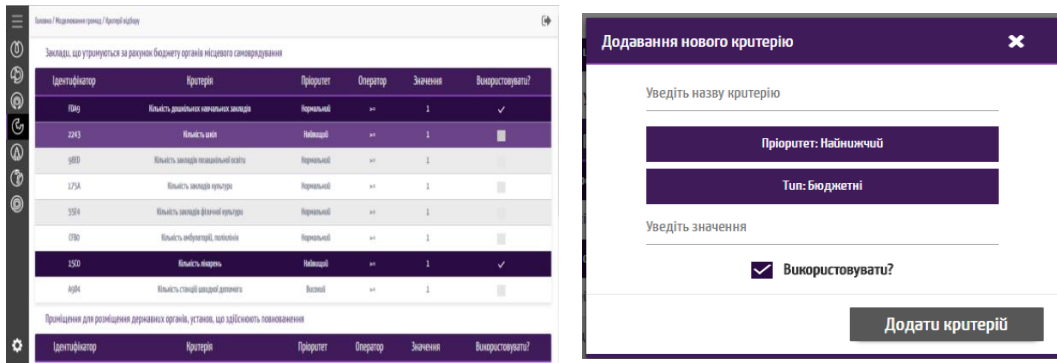


Рис. 4.8. Вікно «Моделювання територіальних громад»

Відкривши сторінку «Критерії відбору», користувач побачить усі додані критерії, які містяться у 3 категоріях. Таблиця містить усю інформацію про критерії. Натискаючи відповідні прапорці поля «Використовувати?» є можливість відключення критеріїв, в такому випадку тільки вибрані критерії будуть використовуватись для визначення спроможних громад. Дану сторінку показано на рис.4.9, а. Для додавання нового критерію слід натиснути кнопку «Додати критерій» розташовану під основною таблицею. Натиснувши на клавішу відкривається вікно, зображене на рис. 4.9, б. Де потрібно ввести необхідну інформацію про критерій. Вибір пріоритету і типу критерії реалізовано за допомогою спадаючих списків.



а

б

Рис. 4.9. Критерії моделювання: а – вікно «Критерії відбору»;

б – вікно «Додавання нової критерії»

Перейти на сторінку «Мапа» можна вибравши НП на сторінці «Населені пункти» і натиснувши «Змоделювати», або натиснувши на посилання «Мапа». Майже всю область сторінки «Мапа» займає графічне представлення мапи, яка відображається завдяки сервісу GoogleMaps і коду JavaScript. Інтерфейс для взаємодії з мапою зображено на рис. 4.10.

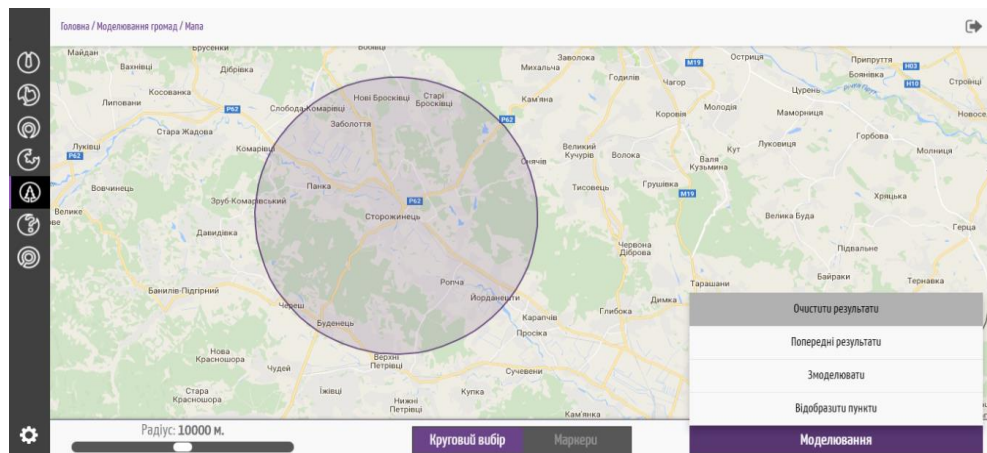


Рис. 4.10. Інтерфейс для взаємодії з мапою

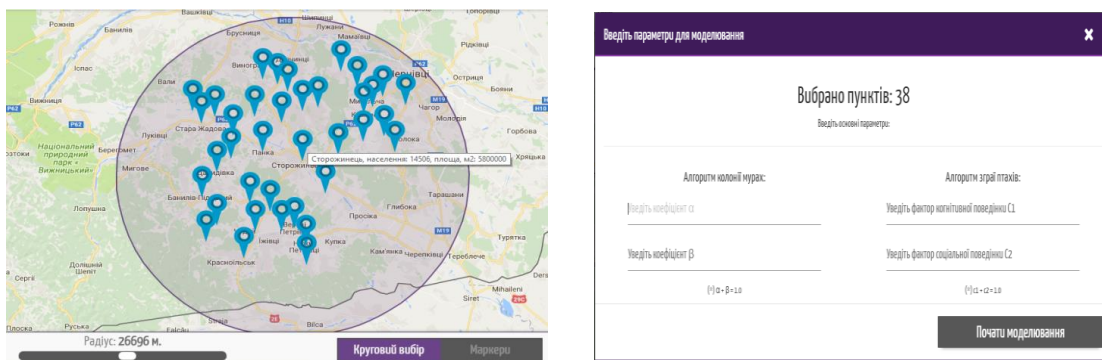
Кнопка «Моделювання» представляє собою спадаючий список з 4 опціями: «Відобразити пункти» – завантажує НП які знаходять в заданому радіусі[8]. Результат дії кнопки продемонстровано на рис. 4.11, а;

«Змоделювати» – дозволяє почати процес моделювання. Відповідне вікно зображене на рис. 4.11, б;

«Попередні результати» – дозволяє переглянути результати попереднього моделювання;

«Очистити результати» – очищує всі маркери на мапі і всі результати.

Для початку моделювання слід ввести коефіцієнти алгоритму ACO та PSO і натиснути клавішу «Почати моделювання».

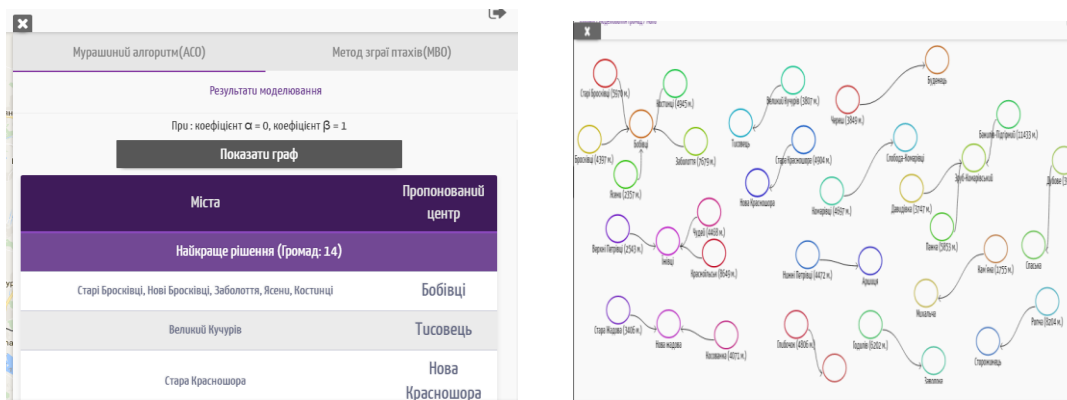


а

б

Рис. 4.11. Початок моделювання: а – вибрані населені пункти на мапі; б – вікно початку процесу моделювання

Закінчивши моделювання, на сторінці з правого боку відображається висувна панель з результатами моделювання. Цю панель зображено на рис. 4.12, а. На панелі з результатами можна переключатись між результатами моделювання, запропонованими алгоритмами ACO та PSO.



а

б

Рис. 4.12. Результати моделювання: а – вікно результатів; б – вікно графічного представлення результату

Результати зображено у вигляді таблиці з двома колонками. У першій – НП, які входять у пропоновану громаду, а у другій – центр.

Кнопка «Показати граф» зображує найкращий розв’язок у вигляді орієнтованих підграфів. Інтерфейс відображення графа реалізовано з використанням вікна, зображеного на рис. 4.12, б.

При роботі з результатами моделювання є можливість переглянути сформовані результати на мапі. Для цього слід натиснути на рядок з громадою. Для кожної громади випадковим чином вибирається колір для візуалізації на мапі. Центр громади позначається колом більшого розміру ніж кола для НП, які увійшли в ТГ. Натиснувши на коло центру громади можна переглянути інформацію про відповідну ТГ. Зокрема, які критерії використовувались для моделювання і відстані до НП, які увійшли до сформованої громади. Мапа з результатами моделювання показано на рис. 4.13, а. Вікно з інформацією про ТГ зображено на рис. 4.13, б.

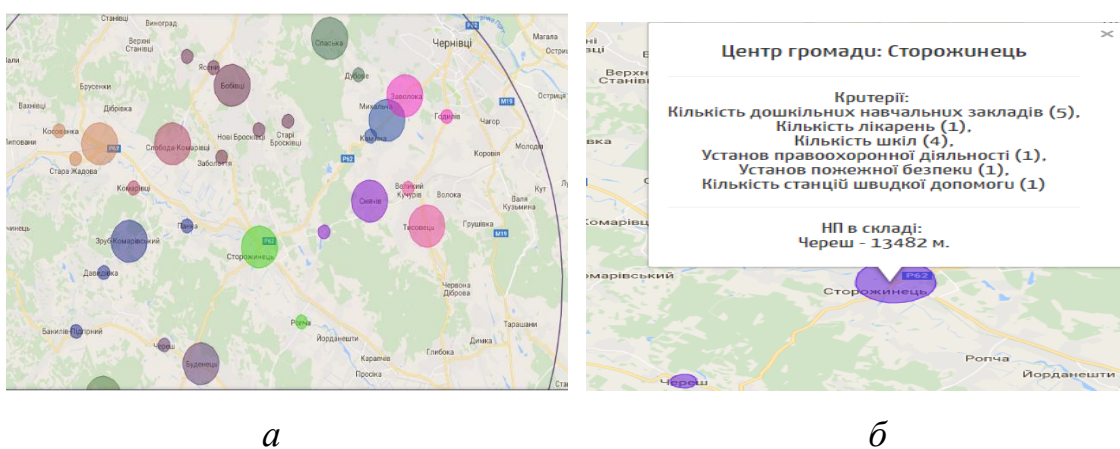


Рис. 4.13. Результати моделювання: а – відображення на мапі ТГ;
б – вікно інформації про громаду

Для порівняння і аналізу результатів моделювання було передбачено можливість додавання існуючих громад. Крім того програмою підтримується отримання інформації про дві вибрані громади. Їх можна вибрати натискаючи на відповідний рядок. При виборі достатньої для порівняння кількості громад, з'являється кнопка «Порівняти», натиснувши на яку можна отримати інформацію про порівнювані ТГ (рис. 4.14).

Для тестування розробленого програмного продукту доцільно вибрати певний район України, і провести імітаційне моделювання планів об'єднання.

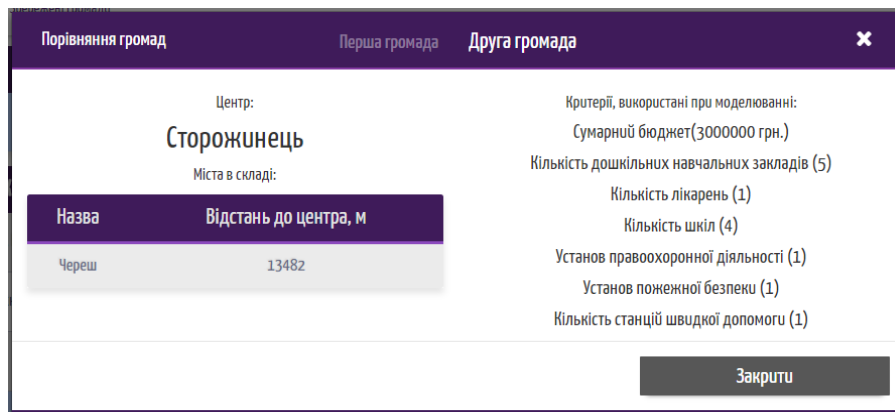


Рис. 4.14. Вікно порівняння ТГ «Інформація про громаду»

Очевидно, що складовою територіальних громад (ТГ) є населений пункт (НП). НП, у свою чергу, зв'язані дорогами (до уваги беруться дороги із твердим покриттям). Відома відстань d між НП по таких дорогах. Тим самим отримуємо зважений граф, вершинами якого є НП, а ребрами дороги між НП. НП (вершини графа) характеризуються такими параметрами:

- тип (місто, село, селище тощо);
- наявність ради, школи, лікарні, дитячого садочка;
- кількість населення та площа населеного пункту;
- кількість учнів, педагогічних працівників;
- кількість лікарів, кількість осіб, що лікуються (на профілактиці);
- доходи та видатки;
- заклад культури, бібліотека, спортивні майданчики.

Приклад такого графу (частина Пустомитівського району Львівської області, Україна) наведений на рис. 4.15. Вершини графу представляють собою НП цього району. Вони поділені на 4 частини, в яких записано наявність у НП:

- адміністративних будівель для розміщення органів управління місцевого самоврядування (Р);
- загальноосвітньої школи (Ш);
- закладу охорони здоров'я (Л);
- дитячого садочка (Д).

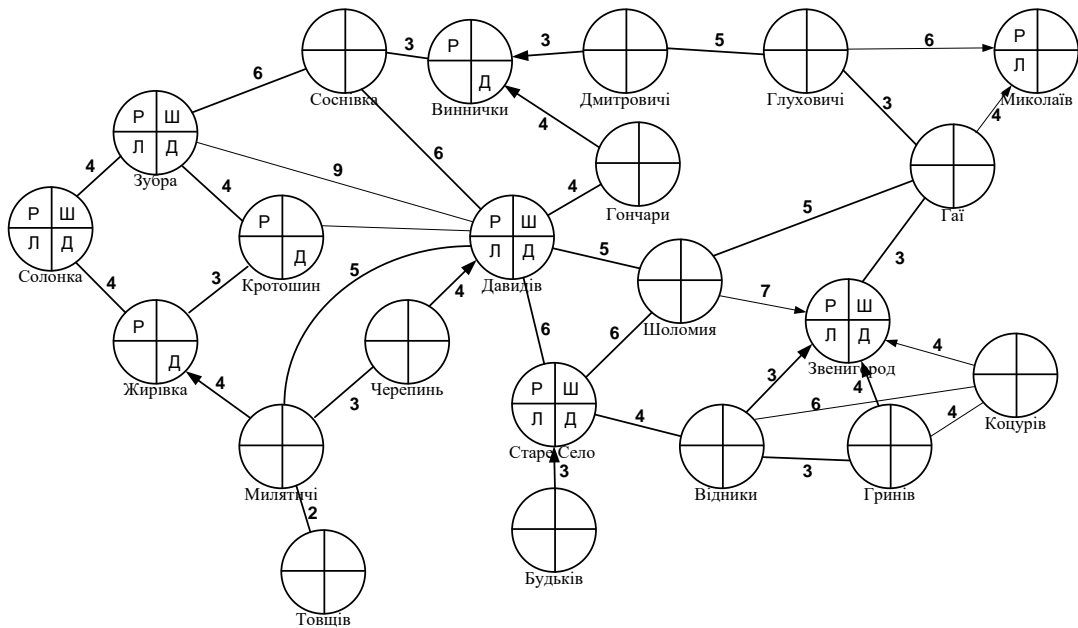


Рис. 4.15. Зважений граф окремої частини Пустомитівського району Львівської області

Дуги задають існуючі дороги з твердим покриттям. На них задано відстань від центрів НП. Деякі дуги графа є орієнтованими, а саме стрілка йде від НП в яких відсутні сільські ради до НП, в яких наявна сільська рада і, які в даний час до неї відносяться. Для спрощення моделі будемо вважати, що такі НП утворюють єдину раду й всі разом будуть відноситись до нової сформованої ТГ. Наприклад таку раду утворюють села „Старе Село” та „Будьків”, або „Шоломия”, „Звенигород”, „Гринів”, „Відники”, „Коцурів”. Раду будемо позначати множиною з назвою НП, в якому знаходиться адміністративна будівля. Наприклад „Старе Село” = {„Старе Село”, „Будьків”}. Таке спрощення моделі дає змогу враховувати сумарну кількість населення та площу земельних ділянок у раді. Як правило в селі із сільською радою є загальноосвітня школа та заклад охорони здоров'я. Також різниця між доходами та видатками, як вхідна інформація береться для цілої ради. Кількість рад у регіоні для якого формуємо ТГ позначатимемо n .

Беручи до уваги наші припущення, будемо вважати, що кожна ТГ складається із множини рад. У свою чергу, кожна рада R_j складається із множини НП.

Зазначені дані для нашого прикладу наведено у табл. 4.3.

Таблиця 4.3
Вхідні дані для формування ТГ

НП	К-сть насе- ння, тис Х	К-сть шкіл, У	Площа землі, Z	К-сть лікарень, U	К-сть дитсад очків, V	Доходи – видатки , тис Q,
1.Зубра	2,7	1	1067,4	1	1	45,6
2.Солонка	6	1	2596	1	1	76,5
3.Миколаїв	1,2	-	3792	1	-	12,1
4.Давидів	5	1	2184,3	1	1	67,6
5.Старе Село	2,7	1	5445	1	1	30,2
6.Звенигород	3,1	1	5557	1	1	43,4
7.Кротошин	1,1	1	971,2	-	1	25,6
8.Виннички	1,4	-	2498,2	-	1	23,4
9.Жирівка	1,2	-	2150,0	-	-	18,7

Розглянемо обмеження на формування ТГ.

1. У ТГ повинна бути принаймні 1 загальноосвітня школа III ступеня, 1 лікарня, 1 дитячий садочок.

Раду назвемо незалежною, якщо в ній кількість лікарень, кількість шкіл та кількість дитячих садків більше нуля. Множину незалежних рад позначатимемо \hat{R} . Якщо рада не є незалежною, то називатимемо її залежною (множину залежних рад позначатимемо R'). Очевидно, що незалежна рада сама по собі може утворювати ТГ, а залежна ні. У нашому прикладі ради „Кротошин“, „Миколаїв“, „Виннички“ та „Жирівка“ є залежними, інші 5 незалежні.

2. Будемо вважати, що кількість формованих ТГ в регіоні наперед задана й дорівнює k . Тоді ще одним обмеженням на формування ТГ є приблизно однакова кількість населення у всіх ТГ.

3. Також важливим з точки зору формування ТГ є суміжність рад. Під суміжністю рад будемо розуміти наявність суміжних вершин у графі, де вершини задають НП, які відносяться до різних рад. Наприклад ради „Виннички” й „Миколаїв” є суміжними, оскільки суміжними є вершини графу „Дмитровичі” (відноситься до ради „Виннички”) та „Глуховичі” (відноситься до ради „Миколаїв”). Матриця суміжності для нашого прикладу наведена у табл. 4.3.

4. Вважаємо, що за алгоритмом Флойда-Уоршалла на основі зваженого графу відстаней між НП, нами побудована матриця найкоротших відстаней d_{ij} між НП в межах заданого регіону. Під час формування ТГ беремо підматрицю цієї матриці з НП, які входять у ТГ й аналізуємо її.

Таблиця 4.4
Суміжні ради в межах частини Пустомитівського району

Ради НП	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1.Зубра	0	1	0	1	0	0	1	0	0
2.Солонка	1	0	0	0	0	0	0	0	1
3.Миколаїв	0	0	0	0	0	1	0	1	0
4.Давидів	1	0	0	0	1	1	1	1	0
5.Старе Село	0	0	0	1	0	1	0	0	0
6.Звенигород	0	0	1	1	1	0	0	0	0
7.Кротошин	1	0	0	1	0	0	0	0	1
8.Виннички	0	0	1	1	0	0	0	0	0
9.Жирівка	0	1	0	0	0	0	1	0	0

У табл. 4.5 наведено відстань між НП в межах 3-ьох рад „Давидів”, „Старе Село”, „Звенигород”, які є суміжними, а, отже, можуть сформувати ТГ.

Таблиця 4.5

**Відстані між окремими населеними пунктами в межах частини
Пустомитівського району**

НП	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1.Черепинь	-	4	10	13	9	16	14	17	20	103
2.Давидів	4	-	6	9	5	12	10	13	16	75
3.Старе Село	10	6	-	3	6	7	4	7	11	54
4.Будьків	13	9	3	-	9	10	7	10	14	75
5.Шоломия	9	5	6	9	-	7	10	13	11	70
6.Звенигород	16	12	7	10	7	-	3	4	4	63
7.Відники	14	10	4	7	10	3	-	3	6	57
8.Гринів	17	13	7	10	13	4	3	-	4	71
9.Коцурів	20	16	11	14	11	4	6	4	-	86

Для нашого прикладу ТГ рекомендовано, щоб центром було A^{Tg} „Старе Село”, оскільки сумарна відстань є найменшою ($d^{Tg}=54$). Якщо запропонований центр не є центром ради, то прийняття рішення про призначення його центром ТГ треба додатково досліджувати на предмет наявності школи, закладу охорони здоров'я тощо. Відзначимо, що в рядку матриці, який відповідає НП „Старе Село” всі елементи матриці <25 .

Можна зробити додаткове обмеження, що центрами ТГ можуть бути лише НП з адміністративною будівлею (тобто є центрами рад), що значно спрощує обчислення.

Беручи до уваги все вище сказане, критерієм формування к ТГ в певному регіоні буде мінімізація функції:

$$f = \sum_{i=1}^k d_i^{TT} \rightarrow \min$$

Для нашого прикладу на основі розробленого алгоритму, ми отримали такі ТГ, які наведені у табл. 4.6

Таблиця 4.6
Пропоновані ТГ

Номер ТГ	Ради, які входять у ТГ	Пропонований центр ТГ
1.	Зубра, Солонка, Кротовин, Жирівка	Солонка
2.	Миколаїв, Звенигород	Звенигород
3.	Давидів, Старе Село, Виннички	Давидів

Прикладом тестування системи може буде завдання моделювання спроможних ТГ для окремої частини Чернівецької області. Адміністративно-територіальний устрій Чернівецької області наступний: 11 районів, 2 міста обласного значення, 2 міста районного значення, 398 сіл, та 8 селищ міського типу. Для моделювання територіальних громад та для дослідження результатів виконання програми використовуватиметься частина Сторожинецького району.

Для моделювання були вибрані наступні критерії: кількість шкіл ($S > 0$), кількість дошкільних навчальних закладів ($D > 0$), кількість лікарень ($L > 0$), кількість станцій швидкої допомоги ($SH > 0$), кількість установ правоохоронної діяльності ($V > 0$), кількість установ пожежної безпеки ($B > 0$), зона доступності НП до адміністративного центру 25 км.

Зазначені дані критеріїв для прикладу наведено у табл. 4.6.

В табл. 4.8 зазначено інформацію про відстані між окремими НП, усі величини зазначено в метрах.

Провівши ряд експериментів з використанням різних значень параметрів, необхідно знайти таке поєднання коефіцієнтів алгоритмів, при якому алгоритми видадуть оптимальне значення або найбільш близьке до нього в більшості випадків запуску алгоритмів. Рішення може бути не оптимальним і навіть одним з найгірших, проте через наявність

випадковості у виборі розв'язків, алгоритми можуть видавати досить точний результат.

Таблиця 4.7
Вхідні дані для формування територіальних громад

НП	Тип	S	D	L	SH	V	B	Бюджет, грн.
1. Сторожинець	Місто	4	3	1	1	1	1	5.000.000
2. Панка	Село	1	–	–	–	–	–	450.000
3. Череш	Село	–	2	–	–	–	–	800.000
4. Давидівка	Село	3	–	1	–	1	–	750.000
5. Зруб-Комарівський	село	1	–	-	–	–	–	500.000
6. Комарівці	село	–	1	–	–	–	1	1.000.000
7. Нова жадова	село	1	1	–	1	–	–	1.200.000
8. Стара Жадова	село	2	–	1	–	1	–	1.700.000

Таблиця 4.8
Відстані між населеними пунктами (НП) окремої частини
Сторожинецького району Чернівецької області

НП	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	7620	13482	13204	16938	13873	16578	20800
2	7620	0	21102	5853	9587	8431	11136	14200
3	13482	21102	0	10098	8197	27355	30060	32305
4	13204	5853	10098	0	3747	5973	11402	13647
5	16938	9587	8197	3747	0	9707	15136	14540
6	13873	8431	27355	5973	9707	0	5800	7674
7	16578	11136	30060	11402	15136	5800	0	3406
8	20800	14200	32305	13647	14540	7674	3406	0

Для мурашиного алгоритму існує ряд параметрів, що впливають на ефективність його роботи:

- коефіцієнт врахування значення феромону переходу між вузлами α ;
- коефіцієнт врахування довжини ребер при переході між вузлами β ;

- параметр інтенсивності випаровування феромону P ;
- коефіцієнт оновлення феромону на переході Q .

Для методу рою часток основними є наступні параметри:

- коефіцієнт когнітивної поведінки C_1 ;
- коефіцієнт соціальної поведінки C_2 ;
- параметр інерційності агента ω .

Щоб визначити, наскільки набір значення коефіцієнтів впливає на результат роботи алгоритмів, необхідно використовувати варіювання значень параметрів. В розробленій системі коефіцієнтами, для яких можна ввести значення перед виконанням програми, є α , β , C_1 та C_2 , а значення параметрів P , Q , та ω динамічно змінюється протягом виконання програми.

На початку основні коефіцієнти алгоритмів мали такі значення: $\alpha=0,5$, $\beta=0,5$, $P=0,5$, $Q=1$; $C_1=0,5$, $C_2=0,5$, $\omega=1,05$.

Під час тестування буде досліджено вплив зміни параметрів на якість запропонованого рішення, а значення основних коефіцієнтів буде змінюватись з деяким кроком. Для оцінки якості застосованих алгоритмів буде використано загальну довжину від центру L до кожного НП, який входить до громади, оскільки критерій «Зона доступності» визначає перспективність плану об'єднання перед його оприлюдненням.

Окрім цього, доцільно дослідити сумарну величину доходів сформованої громади Q для оцінки можливості бюджетного розвитку та надання фінансової субвенції громаді. Ця оцінка критерію є важливою для складення кошторису сформованої громади і здійснення бюджетного моніторингу:

При використанні значень коефіцієнтів $\alpha=0,5$, $\beta=0,5$, $C_1=0,5$, $C_2=0,5$ було отримано результати, наведені у табл. 4.9, 4.10.

Таблиця 4.9

Пропоновані територіальні громади (ТГ) за алгоритмом АСО при $\alpha=0,5, \beta=0,5$

Номер ТГ	НП, які увійшли у громаду	Пропонований центр ТГ	Q
1	Давидівка, Зруб-Комарівський, Стара Жадова, Комарівці, Панка	Нова Жадова	5.600.000
2	Череш	Сторожинець	5.800.000

Таблиця 4.10

Пропоновані територіальні громади (ТГ) за алгоритмом PSO при $C_1=0,5, C_2=0,5$

Номер ТГ	НП, які увійшли у громаду	Пропонований центр ТГ	Q
1	Сторожинець, Череш, Давидівка	Зруб-Комарівський	7.050.000
2	Нова Жадова, Стара Жадова, Панка	Комарівці	4.350.000

Використовуючи значення коефіцієнтів $\alpha=0, \beta=1, C_1=0, C_2=1$ було отримано результати, наведені у табл. 4.11,4.12.

Таблиця 4.11

Пропоновані територіальні громади (ТГ) за алгоритмом АСО при $\alpha=0, \beta=1$

Номер ТГ	НП, які увійшли у громаду	Пропонований центр ТГ	Q
1	Нова Жадова, Комарівці, Стара Жадова, Зруб-Комарівський	Давидівка	5.150.000
2	Череш, Панка	Сторожинець	6.250.000

Таблиця 4.12

Пропоновані територіальні громади (ТГ) за алгоритмом PSO при $C_1=0, C_2=1$

Номер ТГ	НП, які увійшли у громаду	Пропонований центр ТГ	Q
1	Сторожинець, Панка, Давидівка, Комарівці, Череш, Стара Жадова, Нова Жадова	Зруб-Комарівський	11.400.000

Увівши значення коефіцієнтів $\alpha=0,2, \beta=0,8, C_1=0,2, C_2=0,8$ було отримано результати, наведені у табл. 4.12, 4.13.

Таблиця 4.13
Пропоновані територіальні громади (ТГ) за алгоритмом АСО при
 $\alpha=0,2, \beta=0,8$

Номер ТГ	НП, які увійшли у громаду	Пропонований центр ТГ	Q
1	Череш, Стара Жадова, Комарівці, Нова Жадова, Зруб-Комарівський, Давидівка, Панка	Сторожинець	11.400.00 0

Таблиця 4.14
Пропоновані територіальні громади (ТГ) за алгоритмом PSO при
 $C_1=0,2, C_2=0,8$

Номер ТГ	НП, які увійшли у громаду	Пропонований центр ТГ	Q
1	Сторожинець, Зруб-Комарівський, Давидівка, Панка, Череш, Нова Жадова, Стара Жадова	Комарівці	11.400.000

Тестуючи вплив коефіцієнтів було введено наступні значення: $\alpha=0,7, \beta=0,3, C_1=0,7, C_2=0,3$, при цьому отримано результати, що наведені у табл. 4.15, 4.16.

Таблиця 4.15
Пропоновані територіальні громади (ТГ) за алгоритмом АСО при
 $\alpha=0,7, \beta=0$

Номер ТГ	НП, які увійшли у громаду	Пропонований центр ТГ	Q
1	Череш	Сторожинець	5.800.000
2	Панка, Нова Жадова, Стара Жадова, Комарівці, Зруб-Комарівський	Давидівка	5.600.000

Таблиця 4.16
Пропоновані територіальні громади (ТГ) за алгоритмом PSO при
 $C_1=0,7, C_2=0,3$

Номер ТГ	НП, які увійшли у громаду	Пропонований центр ТГ	Q
1	Череш, Давидівка, Комарівці	Зруб-Комарівський	2.500.000
2	Сторожинець, Нова Жадова, Стара Жадова	Панка	8.900.000

Проводячи тестування зі значеннями $\alpha=1,0, \beta=0, C_1=1,0, C_2=0$ було отримано результати, що наведені у табл. 4.17, 4.18.

Таблиця 4.17

Пропоновані територіальні громади (ТГ) за алгоритмом ACO при $\alpha=1,0, \beta=0$

Номер ТГ	НП, які увійшли у громаду	Пропонований центр ТГ	Q
1	Панка, Зруб-Комарівський, Комарівці, Нова Жадова	Давидівка	3.900.000
2	Стара Жадова, Череш	Сторожинець	7.500.000

Таблиця 4.18

Пропоновані територіальні громади (ТГ) за алгоритмом PSO при $C_1=1,0, C_2=0$

Номер ТГ	НП, які увійшли у громаду	Пропонований центр ТГ	Q
1	Нова Жадова, Стара Жадова, Давидівка, Панка, Зруб-Комарівський	Комарівці	5.600.000
2	Череш	Сторожинець	5.800.000

В табл. 4.19 наведено результати для комбінацій коефіцієнтів алгоритмів мурашиних колоній та методу рою часток.

Таблиця 4.19

Результати для різних комбінацій коефіцієнтів α, β та C_1, C_2

№ експерименту	Алгоритм мурашиних колоній			Метод рою часток		
	α	β	L	C_1	C_2	L
1	0	1	64232	0.0	1.0	63924
2	0.2	0.8	100518	0.2	0.8	78442
3	0.5	0.5	60362	0.5	0.5	48583
4	0.7	0.3	66199	0.7	0.3	52774
5	1.0	0.0	70482	1.0	0.0	50696

Проведене тестування базується на аналізі даних, які були отримані стохастичним способом, завдяки особливостям алгоритмів ACO і PSO

щодо пошуку оптимального розбиття району. Для порівняння отриманих даних, необхідно дослідити спроможні громади, які були б запропоновані робочою групою. Керуючись методикою формування ТГ, для розглянутого прикладу еталонним рішенням може бути результат, наведений у табл.4.20.

Таблиця 4.20
Пропоновані територіальні громади (ТГ) за методикою формування ТГ

Номер ТГ	НП, які увійшли у громаду	Пропонований центр ТГ	Q	L
1	Нова Жадова, Стара Жадова	Комарівці	3.900.000	64718
2	Череш, Давидівка, Панка, Зруб-Комарівський	Сторожинець	7.500.000	

Оптимальне рішення базується на мінімізації відстані між НП та центром ТГ. На рис. 4.16 графічно відображено результати експериментів. Досліджуючи вплив параметрів на якість отримання оптимального розбиття району, можна зробити висновок, що зміна значень коефіцієнтів значно впливає на якість пропонованого рішення.

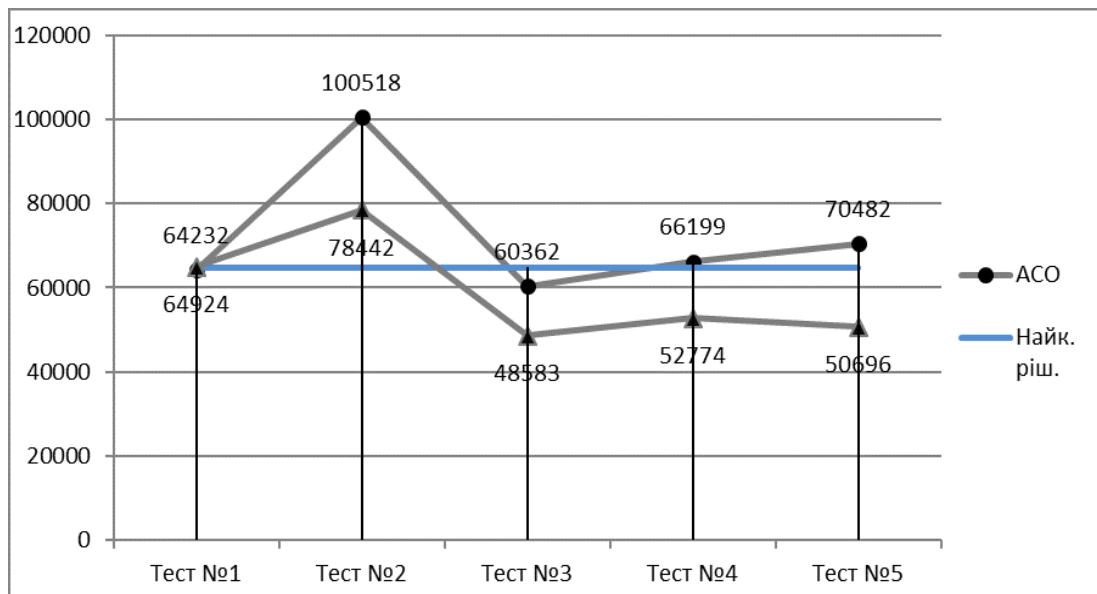


Рис. 4.16. Вплив зміни параметрів на якість рішення алгоритмами

В методиці вказано, що формування спроможних ТГ в заданому районі має відбуватись розділенням повноважень між НП, які можуть

надавати всі необхідні послуги, вибираючи при цьому центрами громад НП, які мають найменшу сумарну відстань до кожного НП в громаді, це показує специфіку задачі формування ТГ.

Алгоритм колонії мурах продемонстрував, що при збільшенні його коефіцієнта β оптимальні розв'язки опираються на відстані між окремими НП серед яких можливо сформувати громади. При $\beta=1$, алгоритм показав «жадність» до врахування відстані між НП. При великих значеннях α отримане рішення значно залежить від феромону на шляху. При $\alpha=1$, вибір НП не опирається на значення відстані при формуванні ТГ. Оптимальний розв'язок було отримано, використовуючи значення $\alpha=0,5$, $\beta=0,5$.

Метод рою часток показав, що зменшуючи коефіцієнт впливу C_2 алгоритм опирався на локальні розв'язки агента, зменшуючи сумарну відстань до НП в громаді. Зменшуючи коефіцієнт локального оптимуму C_1 , формування громад опиралось на загальний розв'язок, який знайдений зграєю, що давало збільшення області ТГ через залучення нових НП до формованих громад. Оптимальний розв'язок було отримано, використовуючи значення $C_1=1$, $C_2=0$ тому, що він продемонстрував оптимальний вибір центрів ТГ.

Отримані результати необхідно досліджувати на практиці для конкретних районів України. Фінальний результат може бути не найкращим, він лише демонструє застосування методів для вирішення задачі. Специфіка задачі формування ТГ передбачає врахування всіх НП, серед яких необхідно змодельовати ТГ, обираючи центром ті НП, до яких можна дістатись навіть з найдалших НП. Доцільно перезапускати алгоритми, поки не буде знайдено кращого розв'язку за попередній.

Можна переконатись, що незалежно від вибору центру громади, абсолютно всі ТГ мають критерії визнання спроможності, множина яких визначена на початку тестування. Що стосується сумарної кількості бюджету ТГ, то в процесі тестування цей параметр динамічно змінювався. Аналіз розв'язків демонструє схожий розподіл ресурсів, що дає змогу

побудувати ефективну систему управління, направлену на розвиток усіх сформованих ТГ.

Проведені дослідження базуються на даних, які були отримані стохастичним способом через специфіку роботи алгоритмів ройового інтелекту. Здійснення їх аналізу, і визначення найкращого рішення може стати підґрунтям для обґрунтування спроможності сформованих громад. Запропоновані методи показали ефективність на прикладі формування спроможних ТГ для частини Сторожинецького району Чернівецької області .

В процесі розробки програми було адаптовано 2 алгоритми ройової оптимізації для вирішення задачі формування громад. Але недоліком є те, що не всі характеристики, які можуть впливати на прийняття рішення, було враховано. В подальшому, для кращої роботи алгоритму можна було б включити до оптимізаційної задачі наступні обмеження:

- загальна площа ТГ, що формується;
- кількість населення в громаді;
- розклад руху транспортних засобів (потяги, автобуси тощо).

Що стосується застосованих алгоритмів вирішення, то можна було покращити алгоритм АСО, додавши застосування елітних мурах, їх кількість, частоту запуску. «Елітні» мурахи-агенти пересуваються по графу в такий спосіб як і звичайні агенти. Вони допоможуть збільшити значення міток на з'єднаннях, які входять до знайденої множини кращих результатів, та, відповідно, відсіювання занадто довгих маршрутів. Частота та кількість запуску «елітних» мурах-агентів є ще не до кінця дослідженими, бо при частому використанні даних мурах є ймовірність, що залишаться нерозглянутими розв'язки, які б входили до потенційно оптимальних маршрутів.

Що стосується алгоритму рою часток, то перспективним напрямком є гібридизація алгоритму з іншими методами пошуку оптимуму, зокрема,

локальним пошуком, методом переміщення бактерій і генетичними алгоритмами.

На рис. 4.17 зображено ,як формується ТГ, на основі виконання циклу пошуку учасників ТГ. У ході дослідження було виявлено 24 населених пункти,але для алгоритму кажанів при переврці пропонованого адміністративного центру, враховуються тільки 17,адже 7 рад є суміжними. Якщо, застосувати пропонований алгоритм формування територіальних громад, модна отримати карту утворення можливих ТГ та їх адміністративних центрів, згідно Методики формування територіальних громад (рис. 4.18).

На карті зазначено можливі територіальні громади відповідним кольором: Кадубівська ТГ (жовтий), Малокучурівська ТГ(оранжевий), Заставнівська ТГ (червоний), Кострижівська ТГ (зелений), Ржавинська ТГ (синій).

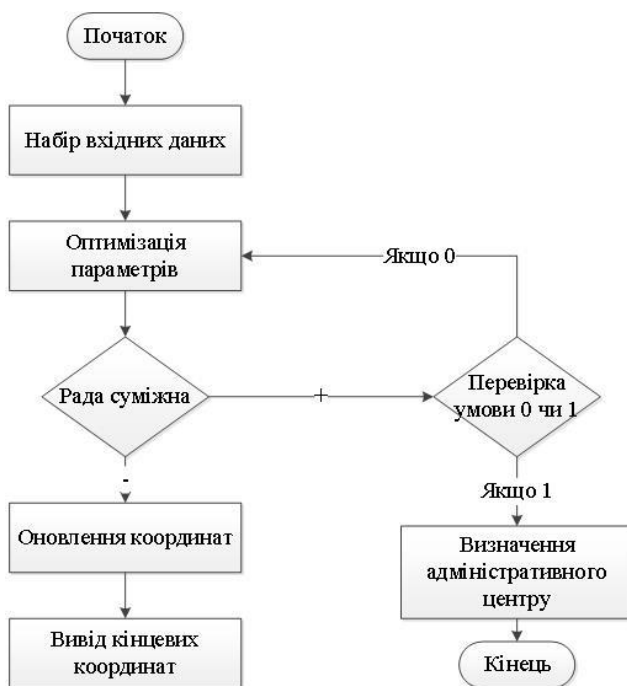


Рис. 4.17. Алгоритми сірих вовків та кажанів для формування територіальних громад

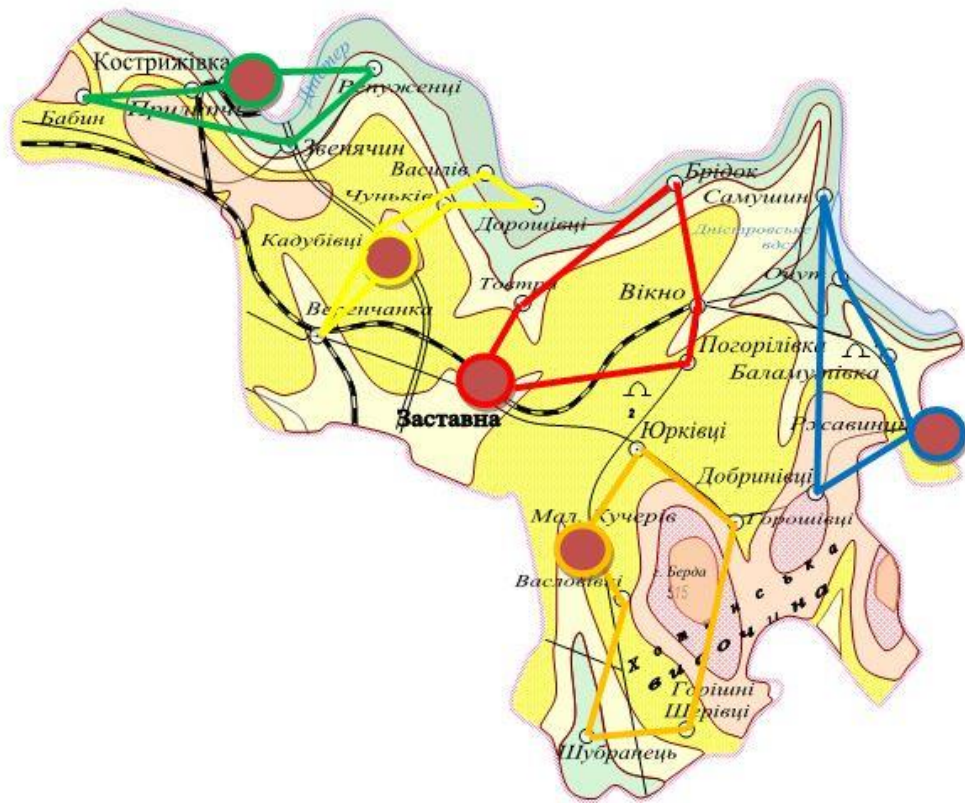


Рис.4.18. Карта можливих ТГ

Населені пункти та пропоновані адміністративні центри територіальних громад показані у табл.4.21.

Таблиця 4.21
Запропоновані територіальні громади

№ територіальної громади	Ради, що входять у територіальні громади	Пропонований адміністративний центр
1	Василів, Веренчанка, Дорішівц, Чуньків	Кадубівці
2	Васловівці, Горішівці, Горішні Шерівці, Шубранець, Юрківці	Малий Кучурів
3	Брідок, Вікно, Погорілівка, Товтри	Заствна
4	Бабин, Звенячин, Прилипче, Репужинці,	Кострижівка
5	Баламутівка, Добриноівці. Омут, Самушин	Ржавинці

Після виконання циклу пошуку адміністративних центрів за допомогою алгоритму сірих вовків серед 24 адміністративних одиниць, було виявлено 5 потенційних адміністративних центрів.

За рахунок можливості задання кількості ітерацій, з кожним циклом можуть виявлятися ще більше потенційних адміністративних центрів, проте значення критеріїв буде меншою ніж у першій ітерації. Дана логіка обробки вхідних і вихідних даних, що зображена на рис. 4.19, дозволить оперувати ними у довільному порядку.

Такий підхід може бути застосований ситуативно. До прикладу, якщо при пошуку учасників процесу формування територіальної громади була включена адміністративна одиниця з іншої громади і її участь можлива в обидвох громадах, то в такому випадку виникає дуальний зв'язок, схема якого наведена на рис. 4.20.

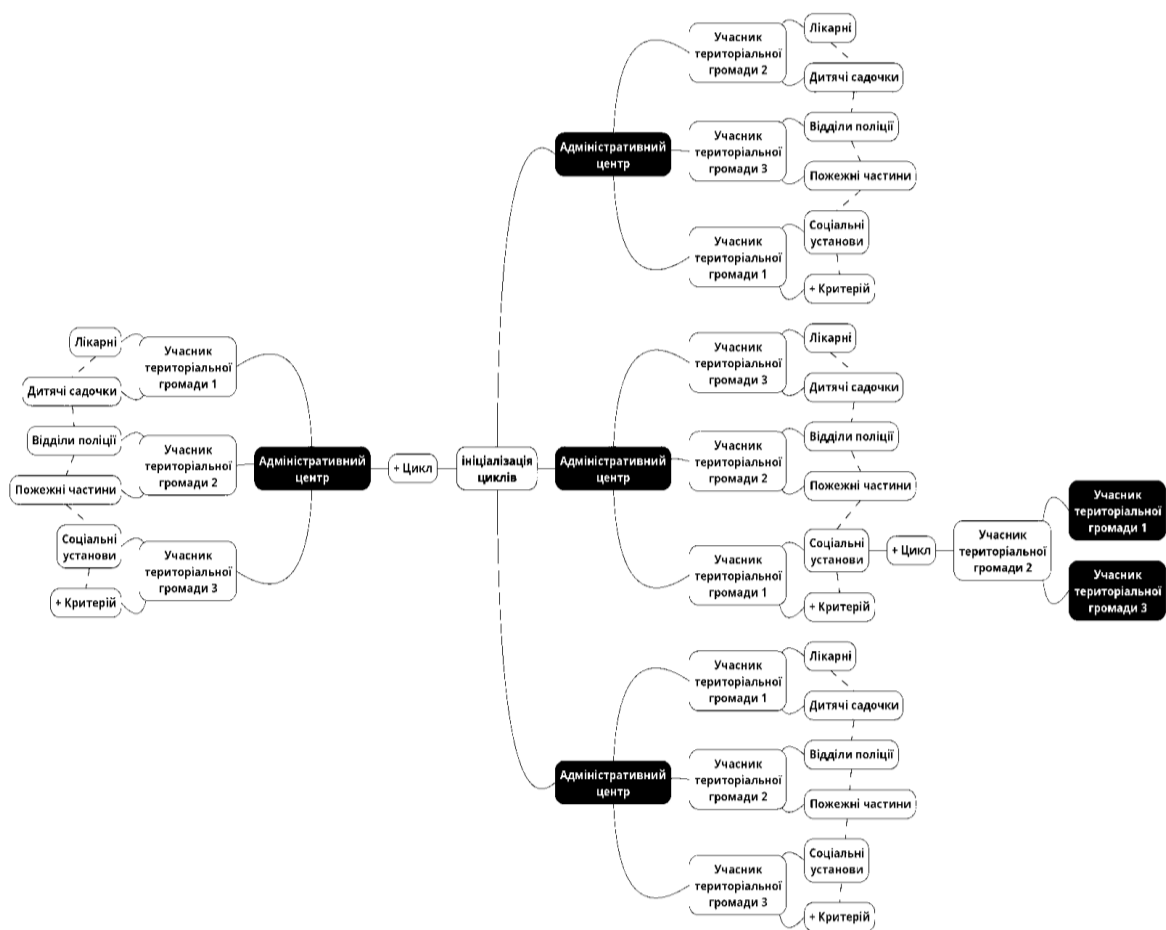


Рис. 4.19 Логіка обробки вхідних і вихідних даних

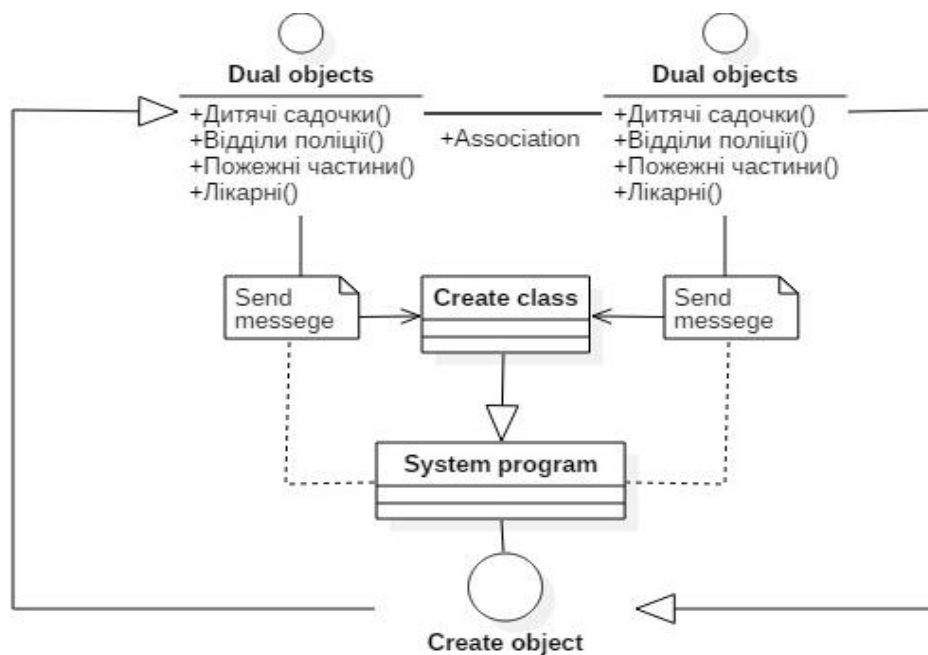


Рис. 4.20. Дульний зв'язок адміністративних одиниць

При виникненні такого зв'язку між двома об'єктами, в нашому випадку адміністративними одиницями, які мають однаковий набір та кількість критерії, можна помітити цілком очевидну залежність. Маючи однакові параметри повідомлення, яке відсилається до системи буде також ідентичним. Це зумовлює можливість створення класу, який автоматизує цей процес. Також при виникненні такого роду зв'язку, одразу повідомлятиме про те, що існує 2 чи більше рішення. Гнучкість запропонованого методу дозволяє нам власноруч проаналізувати доцільність включення адміністративної одиниці в ту чи іншу територіальну громаду.

Дані методи, які запропоновані у роботі, можуть бути застосовані, як і для регіонів України, так і до інших зарубіжних країн яких є аналогічний поділ території. Виявляти основні ефективні компоненти розподілу території, являється ознакою гнучкості пропонуваного методу. Критерії оцінювання можна розташувати не тільки по адміністративних пунктах, а й по економічних, екологічних критеріях, тощо.

Тепер здійснимо стратегічне планування дослідження - використовується SWOT-аналіз.

Strengths. Першою основною характеристикою SWOT-аналізу є сильні сторони. Сильною стороною у дослідженні - аналіз інформаційних технологій та алгоритмів, які використовуються при формуванні територіальних громад в Україні. Також важливим є адаптація алгоритмів колективного інтелекту для вирішення задачі формування громад у заданому районі. Гнучкість зміни параметрів, які використовуються для моделювання, зокрема критеріїв, які визначають спроможність ТГ і максимальної відстані дорогою з твердим покриттям, дозволяє динамічно змінювати пропоновані програмою плани об'єднання. Завдяки цьому, систему можна налаштувати для використання з конкретними областями України.

Weaknesses. Слабкою стороною є те, що кожний окремий район моделювання має свій певний набір критеріїв визначення спроможності, до яких треба адаптуватись. Тобто алгоритм доцільно запускати декілька разів для виявлення найкращого рішення. Також моделювання проводиться на основі геоінформаційних карт, які мають бути досить достовірними та актуальними для одержання точних результатів розбиття району при формуванні спроможних громад.

Opportunities. Основними можливостями та перспективами для подальших досліджень є запозичення досвіду країн Європи в питаннях формування та розаитку територіальних громад, вивчення технологій методів та засобів, що використовуються при дослідженні даної проблеми, для впровадження у метод можливості адаптування до різних типів територіального устрою різних країн.

Threats. Загрозами даного дослідження є те, що в Україні відбувається проведення багатьох реформ, що стосуються інтеграції України у Євросоюз, багато змін у соціумі, зміна потреб населення, яка виникає із впровадження отриманих результатів дослідження. Всі перелічені аспекти мають вплив на ефективність запропонованого методу формування

спроможних територіальних громад, адже існують різні територіальні устрої

У такий спосіб, SWOT-аналіз виявив потрібність покращення системи впровадженням можливості адаптації пропонованого методу формування ТГ до районів з відмінними типами територіального устрою.

4.4.Результати досліджень запропонованих методів розвитку територіальних громад

Від жовтня 2017 до жовтня 2018 року у смт. Брошнів-Осада, с. Креховичі, с. Кадобна Брошнів-Осадської ОТГ відбувалось стратегічне планування розвитку ТГ. Для того, щоб ефективно визначити економічні проблеми та напрямки розвитку ТГ, було застосовано опитування пересічних громадян ТГ. Опитування є ефективним інструментом залучення громади для розвитку планування власного майбутнього та життя у ТГ [45]. Проведені опитування виконували функцію інформування жителів і залучення їх до співпраці розвитку ТГ.

Анкетування відбулося протягом лютого-вересня 2018 року. В анкеті були запитання щодо думки жителів про першочергові дії розвитку громади та бачення її майбутнього мешканцями. За формою анкета була короткою й анонімною. Більше 2000 примірників анкет було розповсюджено через різні заклади та установи Брошнів-Осадської ОТГ. Кількість населення Брошнів-Осадської ОТГ – 9115 мешканців. Усього було повернуто та опрацьовано 1251 анкету: 756 від мешканців смт. Брошнів-Осада; 369 – жителів с.Креховичі та с.Кадобна; 126 анкет – від учнів Брошнів-Осадської гімназії. Варіанти відкритих відповідей було узагальнено та підраховано у відсотковому відношенні(рис.4.21). Більшість мешканців все-таки вірять у краще майбутнє і будуть старатись покращити своє життя у ТГ. Кількість негативних відповідей свідчить, що у ТГ наявні проблеми, зокрема це ремонт доріг та адміністративних

будівель, недостатня кількість робочих місць, відсутність нових комунальних будівель, забрудненість середовища.

Завдяки відповідям мешканців при обробці експертами було визначено, що першочерговими задачами для розвитку ТГ є задача планування ремонту доріг в межах ТГ та ремонту адміністративних будівель (шкіл, дитсадків, лікарень тощо).

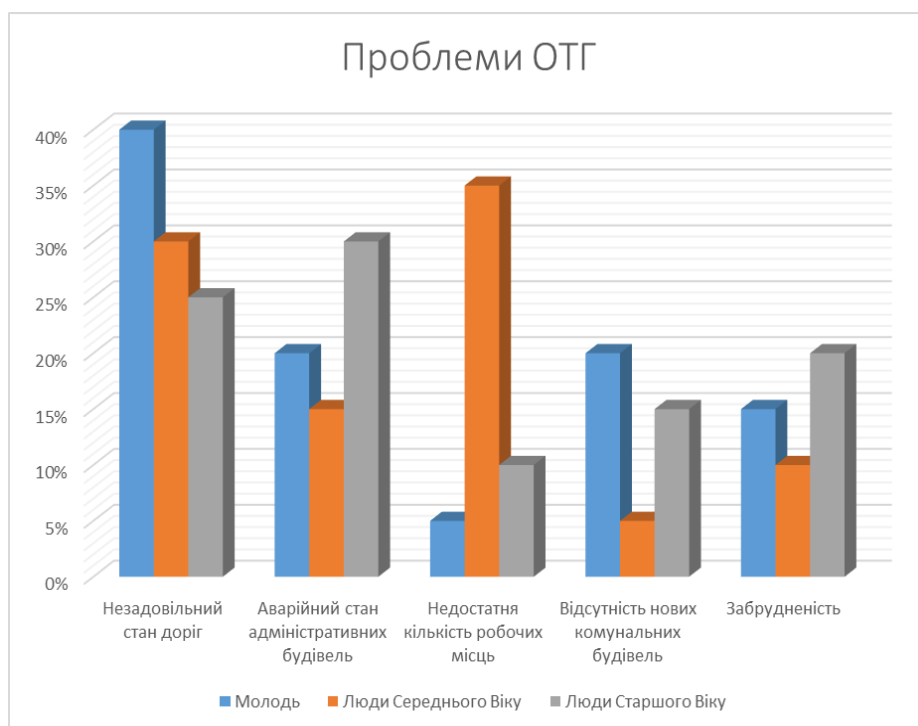


Рис.4.21. Наявні проблеми ОТГ

Експертами було проведено верифікацію СППР та визначено, що математичні методи які використовуються при процесах розвитку ТГ є ефективними та кращими за інші методи, приклад приведений у табл.4.22.

Для визначення ефективності методів розвитку експертами використовувались наступні три схожих один на одного методи: запропоновані методи розвитку, пробно-статистичний та балансований методи.

Таблиця 4.22

Експертна оцінка методів розвитку ТГ

Запропоновані методи розвитку	Пробно-статистичний метод	Балансований метод
4,8	4,3	3,6

17 серпня 2016 року у Львівській обласній державній адміністрації було підписано розпорядження про створення Давидівської територіальної громади. Вона складається з таких населених пунктів: Пасіки-Зубрицькі, Кротошин, Черепин, Давидів, Гончари, Виннички, Дмитровичі, Соснівка, Волиця, Бережани, Горішній. Граф доріг територіальної громади наведено на рис. 4.22.

Чорними точками позначено НП, білими – ФНП (перехрестя доріг поза НП).

Дороги належать до 3 підмножин: E_1 – загальнодержавного підпорядкування (червоний колір, ремонт здійснено ще у 2011 році перед ЧЄ з футболу), E_2 – обласного підпорядкування (синій колір) E_3 – районного підпорядкування (чорний колір).

На графі задана вартість доріг (дані-експериментальні). Взявши, що $W_1 = 30$, $W_2 = 30$, $W_3 = 22$, отримаємо пропонування план ремонту доріг, який наведений на рис. 4.23. Якщо б не враховувалось те, що підмножини ребер різні, то за алгоритмом Пріма у Виннички пропонувалось б доїзжати із Гончарів. Однак через обмеження на бюджет, рекомендується ремонтувати дорогу із множини E_2 і у Виннички їздити із перехрестя дороги, що йде на Дмитровичі. Загалом за множинами виходить така вартість ремонту доріг: $w(T_1) = 0$, $w(T_2) = 28 < 30$, $w(T_3) = 21 < 22$.

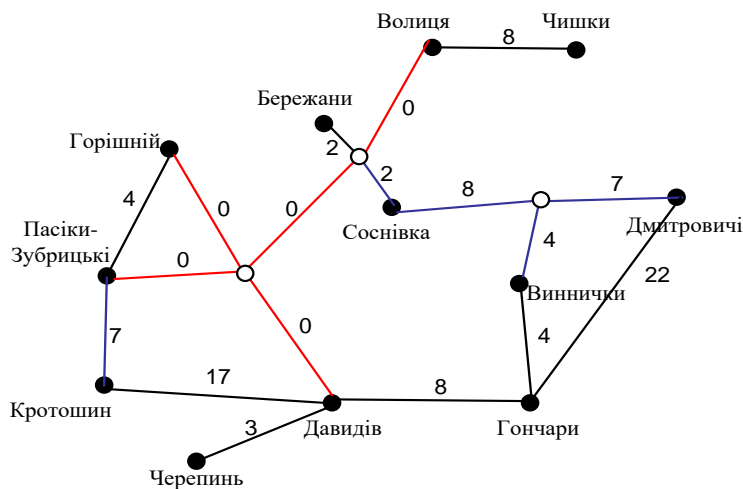


Рис. 4.22. Граф доріг Давидівської територіальної громади

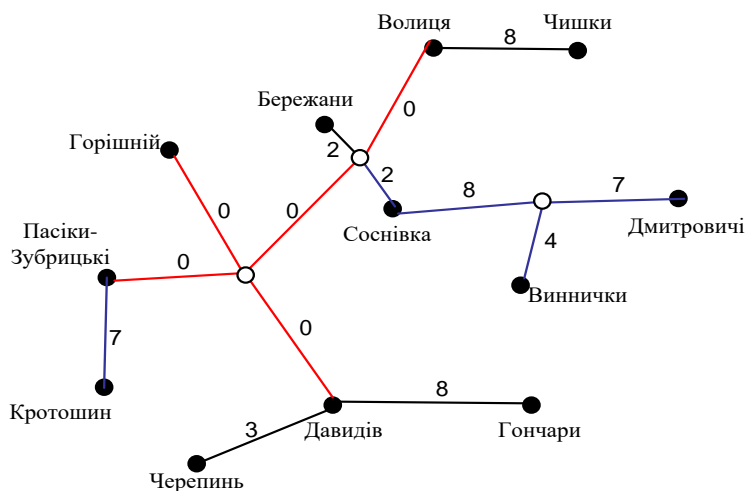


Рис.4.23. Пропонований план ремонту доріг Давидівської територіальної громади.

Нехай необхідно здійснити ремонт адміністративної будівлі. Необхідно зробити такий ремонт, щоб якомога збільшити термін його експлуатації. Отже, початковий стан: до ремонту. Кінцевий стан (стан мети): після ремонту.

Враховуючи те, що складова одна, то досліджується одна ціль: ремонт(див. рис. 4.24). Завдання ділиться на 3 підзавдання (штукатурні, облицювальні і малярні роботи, фасади, покрівлі і покриття), перша з яких розділяється в додачу на 3 підзавдання (ремонт штукатурки стін і стелі з попереднім оббиванням, заміна облицювання стін, пофарбування приміщень і окремих конструкцій) як показано на рис.3.2.

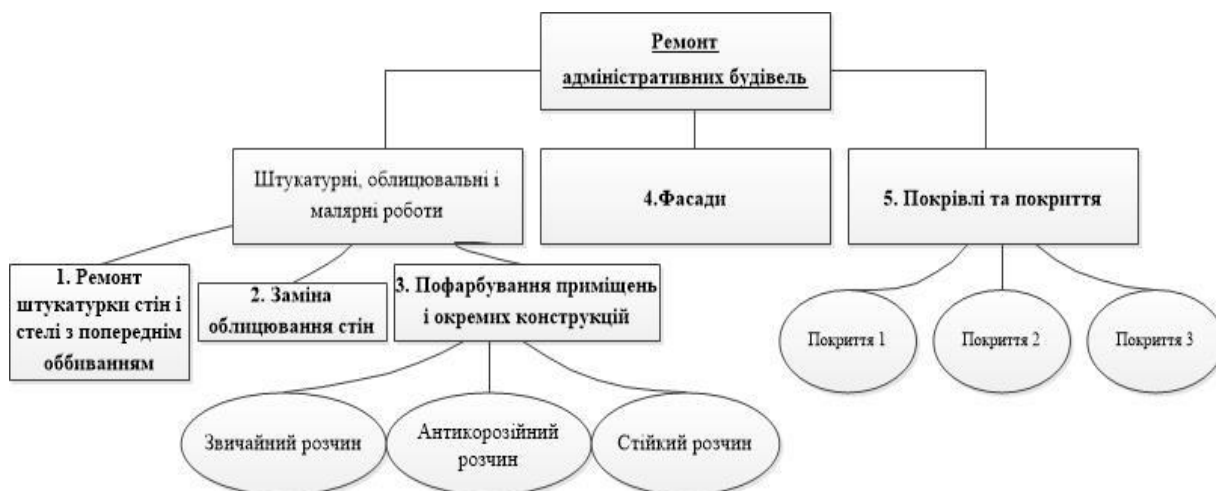


Рис. 4.24. Декомпозиція завдання «Ремонт адміністративних будівель»

Таким чином, загалом необхідно послідовно реалізувати шість підзадач P_1, P_2, \dots, P_6 . З метою здійснення будь-якої підзадачі застосовують альтернативні рішення.

Висновки до розділу 4

У цьому розділі розроблено структуру системи підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад та реалізовано програмне забезпечення її окремих модулів. Побудовано онтологію предметної області. Відображено результати досліджень запропонованих методів формування та методів розвитку територіальних громад

Здійснено апробацію пропонованих методів та алгоритмів на прикладі формування територіальних громад у Пустомитівському районі Львівської області та деяких районах Чернівецької області.

Результати розділу опубліковано у [3, 6, 8, 11, 12].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано актуальне науково-прикладне завдання, яке полягає у розробленні методів та засобів підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад.

Під час наукового дослідження отримано такі результати:

1. Обґрунтовано ефективність розробки методів та засобів підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад та їх математичних моделей з використанням ройового інтелекту.
2. Побудовано математичну модель процесу формування територіальної громади як багатокритеріальну оптимізаційну задачу розбиття зв'язного графу на зв'язні підграфи, яка відноситься до класу NP-повних задач. Цю задачу запропоновано розв'язувати за допомогою ройових алгоритмів: гібриду алгоритмів колонії мурах та рою часток, для розбиття графу на підграфи та алгоритму сірих вовків для знаходження адміністративних центрів. Для налаштування вільних параметрів ройових алгоритмів використано машинне навчання з підкріпленням, а саме генетичний алгоритм. Визначено, що оптимальними параметрами є для алгоритму мурашиної колонії – $\alpha=0,5$, $\beta=0,5$; для методу рою часток – $C_1=1$, $C_2=0$.
3. Проведено анкетування мешканців територіальних громад з метою визначення першочерговості розв'язування задач у межах громади. Результати анкетування опрацьовано з використанням експертних оцінок. Коефіцієнт конкордації був визначений та складає 0,83, що свідчить про сильну узгодженість думок експертів. Визначено, що першочерговими задачами є задачі ремонту доріг та адміністративних будівель (шкіл, дитячих садків, лікарень тощо).
4. Модифіковано алгоритм Пріма для завдання планування ремонту доріг у межах територіальної громади, який враховує обмеження на ресурси. Щоб ефективно використати наявні кошти на ремонт доріг з

врахуванням їх стану та важливості, запропоновано модифікувати класичну задачу пошуку мінімального кістякового дерева з врахуванням специфіки підпорядкування доріг.

5. Зведено задачу планування ремонту адміністративних будівель до задачі динамічного програмування.
6. Розроблено структуру системи підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад та реалізовано програмне забезпечення її окремих модулів.
7. Здійснено апробацію пропозованих методів та алгоритмів на прикладі формування територіальних громад у Пустомитівському районі Львівської області та окремих районах Чернівецької області.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Рибчак З.Л. Методи та засоби моделювання плану першочерговості ремонту доріг в межах територіальної громади / Рибчак З.Л. // Бионика интеллекта.– Харків : ХНУРЕ, 2018. – №1(90). – С. 48-53.
2. Rybchak Z. Optimization of travel routes based on modified genetic and ant algorithms / Z.Rybchak // Econtechmod: An international quarterly journal. – Vol. 6., No. 2. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch, 2017. – P. 85-90.
3. Рибчак З.Л. Система оптимізації маршрутів туризму на основі модифікації генетичного та мурашиного алгоритмів / Рибчак З.Л., Литвин В.В., Угрин Д.І., Іллюк О.Д., Білоус С.В. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Інформаційні системи та мережі. – Львів : Львівська політехніка, 2017. – № 872. – С. 210-220.
4. Zavushchak I. Models of support decisions systems in the employment industry / I.Zavushchak, I.Shvorob, Z.Rybchak // Advances in Intelligent Systems and Computing, ISSN 2194-5357. – Vol.871. – Springer International Publishing AG, 2018. – P. 246-255.
5. Zheliznyak I. Analysis of clustering algorithms / I.Zheliznyak, Z.Rybchak, I.Zavuschak // Advances in Intelligent Systems and Computing, ISSN 2194-5357. – Vol. 512. – Springer International Publishing AG, 2017. – P. 305-314.
6. Rybchak Z. Analysis of methods and means of text mining / Rybchak Z., Basystiuk O. // Econtechmod: An international quarterly journal. – Vol. 6, No. 2. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch, 2017. – P. 73-78.
7. Rybchak Z. Analysis of computer vision and image analysis technics / Rybchak Z., Basystiuk O. // Econtechmod: An international quarterly

journal. – Vol. 6, No. 2. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch, 2017. – P. 79-84.

8. Shchur G. Smartphone app with usage of AR technologies – SolAR System / G.Shchur, N.Shakhovska, Z.Rybchak // Eontechmod. An international quarterly journal. – Vol. 6, No. 2. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch, 2017. – P. 63-68.

9. Rybchak Z. Modification of the initialization and crossing methods of ant and genetic algorithms for solving the transport problem in the tourism / Z.Rybchak // 7th International Youth Science Forum "Litteris et Artibus" : proceedings, Nov. 26-28, 2017, Lviv. – Lviv : Lviv Polytechnic Publ. House, 2017. – P. 414-416.

10. Литвин В. Моделювання плану ремонту доріг в межах територіальної громади на основі модифікації алгоритму Пріма / В.Литвин, З.Рибчак, Д.Угрин // Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – Івано-Франківськ: п.Голіней О.М., 2017. – С. 53-57.

11. Zavuschak I. Management process knowledge in the subject area and notion of contextual dependence / I.Zavuschak, I.Zheliznyak, Z.Rybchak // 6th International Youth Science Forum "Litteris et Artibus" : proceedings, Nov. 26-28, 2016, Lviv. – Lviv : Lviv Polytechnic Publ. House, 2016. – P. 102-106.

12. Lytvyn V. Application of sentence parsing for determining keywords in ukrainian texts / V.Lytvyn, V. Vysotska, D. Dosyn, R. Holoschuk, Z. Rybchak // XI-th International Scientific and Technical Conference “Computer Science and Informational Technologies” (CSIT'2017) : proceedings, 05-08 September, 2016, Lviv. 2017. – P. 326-331.

13. Шатських В. Побудова моделі рекомендацій релевантних фільмів до потреб користувача з використанням колаборативної фільтрації / В.Шатських, З.Рибчак, В.Литвин // Математика.

Інформаційні технології. Освіта : Матеріали тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції. – Луцьк, 2017. – С. 63-65.

14. Реформа децентралізації. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://www.kmu.gov.ua/ua/diyalnist/reformi/reforma-decentralizaciyi>

15. Закон України (2015). Про добровільне об'єднання територіальних громад. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/157-19>

16. Постанова Кабінету Міністрів України Про затвердження Методики формування спроможних територіальних громад.

[Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/214-2015-п17>

17. Про об'єднання громад [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://decentralization.gov.ua/gromadas>

18. Pandian P. Determining efficient solutions to multiple objective linear programming problems./Pandian P., Jayalakshmi M.//Applied Mathematical Sciences, 2013. – 325 p.

19. Galchenko V. Population heuristic algorithms of optimization by the swarm of particles/ Galchenko V. // Cherkassu: FLP Tretyakov, 2012. – 160 p.

20. Karpenko A. Modern algorithms of searching optimization. Algorithms inspired by nature : train aid./ Karpenko A.// MGTU Bauman, 2011. – PP.171–195.

21. Valle D. Particle Swarm Optimization: Basic Concepts./ D. Valle, Y., Venayagamoorthy, G. K., Mohagheghi, S., Hernandez, J.-C., Harley, R. G. // Variants and Applications in Power Systems. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2008. – PP. 102-106.

22. Parsopoulos K. Multi-Objective Particles Swarm Optimization Approaches. *Multi-Objective Optimization in Computational Intelligence/ Parsopoulos K., Vrahatis M.* // IGI Global, 2008. - PP. 20–42.
23. Coello C. An Introduction to Multi-Objective Particle Swarm Optimizers. *Soft Computing in Industrial Applications/Coello C.*//Springer Berlin Heidelberg, 2011. - PP. 3–12.
24. Dorigo M. The Ant Colony Optimization Metaheuristic: Algorithms, Applications, and Advances./ Dorigo M., Stützle T.// International Series in Operations Research & Management Science. Kluwer Academic Publishers, 2003. – PP. 250–285.
25. Gan R. Improved ant colony optimization algorithm for the traveling salesman problems. / Gan R., Guo Q., Chang H., Yi Y.//Journal of Systems Engineering and Electronics, 2010. – PP. 329–333.
26. Adubi S. A comparative study on the ant colony optimization algorithms. / Adubi S., Misra S. // 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO). IEEE., 2014. – PP.3-21.
27. SinghJadon R. Modified Ant Colony Optimization Algorithm with Uniform Mutation using Self-Adaptive Approach./ SinghJadon R., Dutta U. // International Journal of Computer Applications, 2013. – PP. 5–8.
28. Yang X.-S. Efficiency Analysis of Swarm Intelligence and Randomization Techniques / Yang X.-S. // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience, 2012. – PP. 189–198.
29. Pang S. An Improved Ant Colony Optimization with Optimal Search Library for Solving the Traveling Salesman Problem. / Pang S., Ma T., Liu T. // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience, 2015. – PP. 1440–1444.
30. Wang X. Improved multi-objective ant colony optimization algorithm and its application in complex reasoning/ Wang X., Zhao Y., Wang D.,

Zhu H., Zhang Q. // Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2013. – PP. 1031–1040.

31. Стан доріг України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://espresso.tv/article/2018/01/15/yakykh_dorig_chekaty_ukrayincyam

32. Литвин В.В. Моделювання процесу формування територіальних громад як задачі розбиття графу/В.В. Литвин, Д.І. Угрин, А.М. Фітьо // Східно-Європейський журнал передових технологій, №1/4, 2016. - С.47-52.

33. Литвин В.В. «Формалізація задачі формування територіальних громад»/ Литвин В.В., Угрин Д.І., Фітьо А.М. // 11 Міжнародна науково-практична конференція „Математичне та імітаційне моделювання систем МОДС”, 2016. – С. 290-292.

34. Макконелл Дж. «Основи сучасних алгоритмів: 2-е доповнене видання»/ Макконелл Дж // М.: Техносфера, 2004. – 368 с.

35. Зайченко О.Ю. Дослідження операцій / Зайченко О.Ю., Зайченко Ю.П. // Исследование операций. Збірник задач., 2007. – С.34 - 56

36. Евстигнеев В.А. «Применение теории графов в программировании»/ Евстигнеев В.А.// М.: Наука, 1985. – 352 с.

37. Свами М. «Графы, сети и алгоритмы»/ Свами М., Тхуласираман К.// М.: Наука, 1984. – 256 с.

38. Кажаров А. А. Мурашині алгоритми для вирішення транспортних задач / Кажаров А. А.// М.: Наука, 2005. – 167 с.

39. Курейчик В. М. Теорія і системи управління / Курейчик В. М. // Російська академія наук., 2010. – С. 32–45.

40. Ільченко Н. В. Еволюція підходів до розвитку територіальної громади / Н. В. Ільченко // Інвестиції : практика і досвід, 2010. – С.106–109.

41. Ільченко Н. В. Комплексний підхід до забезпечення сталого розвитку територіальної громади / Н. В. Ільченко // Сталий розвиток

територій : проблеми та шляхи вирішення, Д. : ДРІДУ НАДУ, 2010. – С. 135–137.

42. Добровільне об'єднання територіальних громад. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

http://nbuviar.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=2050:dobrovilne-ob-ednannya-teritorialnikh-gromad-2&catid=71&Itemid=382

43. Гвоздєв С. Е. Математичне програмування / С. Е. Гвоздєв // Новосибірськ: НГАСУ, 2001. – 96 с.

44. Бобарикін В. А. Математичні методи розв'язування автотранспортних задач / В. А. Бобарикін // СЗПІ, 1986. – 83 с.

45. Алексєєв А. О., Транспортна задача по критерію часу при обмеженій кількості транспортних ресурсів / А. О. Алексєєв // Математичні методи оптимізації і управління в складних системах, 1984. – С. 60–65.

46. Верховський Б. С. Задачі лінійного програмування типу транспортних / Б. С. Верховський // ДАН СРСР, 1963. – С. 515-520.

47. Farahbod R. Integrating Abstract State Machines and Interpreted Systems for Situation Analysis Decision Support Design / Farahbod Roozbeh Uwe Glässer, Eloi Bosse, Adel Goutouni // Proceedings of the 11th International Conference on Information Fusion, 2008. - PP. 1566 – 1573.

48. Gross G. A fuzzy graph matching approach in intelligence analysis and maintenance of continuous situational awareness/ Gross Geoff, Nagi Rakesh, Sambhoos Kedar. // Information Fusion, v.18, 2014. - PP. 43-61.

49. Endsley M. Measurement of Situation Awareness in Dynamic Systems/ Endsley M. // Vol. 3, 1995. – PP. 65 – 84.

50. Salmon P. M. Measuring Situation Awareness in Complex Systems: Comparison of Measures Study / P. M. Salmon // International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 39, 2009. – PP. 490 – 500.

51. Salmon P. M. Situation Awareness Measurement: A Review of Applicability for C4i Environments / P. M. Salmon [and other] // Applied Ergonomics, Vol. 37, 2006. – PP. 225 – 238.
52. Bolstad S. Modeling Shared Situation Awareness / S. Bolstad [and other] // Proceedings of the 14th Conference on Behavior Representation in Modeling and Simulation, 2005. – PP. 190 – 198.
53. Seppänen H. Developing shared situational awareness for emergency management / Seppänen H., Mäkelä J, Luukkala P, Virrantaus K // Safety science, v.35, 2013. – PP.1 – 9.
54. Feng Y. Modelling Situation Awareness for Context-Aware Decision Support / Feng Yu Hong, Teck Hou Teng, Ah Hwee Tan // Expert Systems with Applications, Vol. 36, 2009. – PP. 455 – 463.
55. Kuderna-Iulian B. Ontology Based Affective Context Representation / Ben Kuderna-Iulian, Anca Rarău, Marcel Cremene // Proceedings of the 2007 Euro American conference on Telematics and information systems EATIS 07, 2007. – PP.1-10.
56. The Dynamic OODA Loop [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.researchgate.net/publication/237290828_The_Dynamic_OODA_Loop_Amalgamating_Boyd's_OODA_Loop_and_the_Cybernetic_Approach_to_Command_and_Control_ASSESSMENT_TOOLS_AND_METRICS
57. Литвин В. Метод використання онтологій у петлі OODA / Литвин В. В. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка», 2014. – С. 137 – 144.
58. Endsley M. Final Reflections: Situation Awareness Models and Measures / Mica Endsley // Journal of Cognitive Engineering and Decision Making, 2015. – PP. 101 – 111.
59. Nilsson M. Information fusion in practice: A distributed cognition perspective on the active role of users / Maria Nilsson, Joeri van Laere, Tarja Susi, Tom Ziemke // Information Fusion, 2012. – PP. 60 – 87.

60. Niklasson L. Extending the scope of Situation Analysis: Information Fusion / Niklasson L. // 11th International Conference, 30 June. IEEE, 2008. – PP. 1 – 8.
61. Koo B. Meta-language for Systems Architecting / B. A. Koo // In Engineering Systems and Management Massachusetts Institute of Technology, 2005. – 168 p.
62. Burris S. A Course in Universal Algebra / S. Burris, H. P. Sankappanavar// New York: Springer-Verlag, 1981. – PP. 129 -154.
63. Fagin, R. Reasoning about knowledge and probability / R. Fagin, J. Halpern // Journal of the ACM, 1994. – PP.340 – 367.
64. Fagin R. Belief, awareness, and limited reasoning / R. Fagin, J. Halpern // Artificial Intelligence, 1987. – 325 p.
65. Литвин В. В. Проектування інтелектуальних агентів прийняття рішень в просторі ознак з використанням онтологічного підходу / В. В. Литвин, Р. Р. Даревич, Д. Г. Досин, Н. В. Шкутяк // Штучний інтелект, 2010. – С. 254–262.
66. Катренко А.В. Теорія прийняття рішень/А.В Катренко, В.В. Пасічник, В. П.Пасько//К.:ВНУ, 2009. – 448 с.
67. Bouchon-Meunier B. Les incertitudes dans les systemes intelligents / Bouchon-Meunier, B., Nguyen, H. T.//Press Universitaires de France, Paris, 1996. – 185 p.
68. Krause P. Representing Uncertain Knowledge / Krause P. Clark D. // An Artificial Intelligence Approach, 1993. – 224 p.
69. Klir G. J. Uncertainty-Based Information: elements of generalized information theory: 2 edition / Klir, G. J., & Wierman, M. J.//Verlag Berlin Heidelberg , 1999. – 178 p.
70. Smets P. Imperfect information: Imprecision and uncertainty / P. Smets // Uncertainty Management in Information Systems, 1997. – PP.225 – 254.

71. Olive A. Conceptual Modeling of Information Systems / A. Olive // Springer Berlin Heidelberg, 2007. – 471 p.
72. Gruber T. R. A translation approach to portable ontology specifications / Gruber T. R. // Knowledge Acquisition, 1993. – PP.199 – 220.
73. Burov E. Complex ontology management using task models / E. Burov // Int. J. knowledge-based Intell. Eng. Syst., vol. 18, no. 2, 2014. – PP. 111–120.
74. Буров Є.В. Концептуальне моделювання інтелектуальних програмних систем: монографія/ Є.В. Буров.// Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2012. - 432 с.
75. Yao Y. Information granulation and rough set approximation / Y. Y. Yao // International Journal of Intelligent Systems, Vol. 16. No. 1, 2001- PP.87 – 104.
76. Литвин В. В. Проектування інтелектуальних агентів прийняття рішень в просторі ознак з використанням онтологічного підходу / В. В. Литвин, Р. Р. Даревич, Д. Г. Досин, Н. В. Шкутяк // Штучний інтелект, 2010.– С. 254–262.
77. Литвин В. В. Використання адаптивних онтологій в інтелектуальних системах прийняття рішень / В. В. Литвин, В. Я. Крайовський, Н.Б.Шаховська // Східно – Європейський журнал передових технологій, 2009. – С. 1 – 12.
78. Литвин В. В. Бази знань інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень: Монографія / В. В. Литвин//Львів: Видавництво «Львівської політехніки», 2011. – 240 с.
79. Руда О. А. Методи та моделі тестування програмного забезпечення / О. А. Руда, Ю. Б. Моденов // Вісник національного авіаційного університету. Проблеми інформатизації та управління, 2013. – С. 93 – 98.

80. Liu Y. Investigation of Knowledge Management Methods in Software Testing Process / Y. Liu, J. Wu, X. Liu, and G. Gu // Int. Conf. Inf. Technol. Comput. Sci., 2009. – PP. 90–94.
81. Software Bugs Cost U.S. Economy \$59.6 Billion Annually, RTI Study Finds [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.nist.gov/director/prog-ofc/report02-3.pdf>.
82. Guo S. An application of ontology to test case reuse / S. Guo, J. Zhang, W. Tong, and Z. Liu // Int. Conf. Mechatron. Sci. Electr. Eng. Comput., 2011. – PP. 775–778.
83. Литвин В. В. Бази знань інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень / Литвин В. В. // Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 240 с.
84. Botzenhardt A. Developing a domain ontology for software product management / A. Botzenhardt, A. Maedche and J. Wiesner // 5th International Workshop on Software Product Management, IWSPM 2011 – Part of the 19th IEEE International Requirements Engineering Conference, 2011 - PP. 7–16.
85. OWL Web Ontology Language [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.w3.org/TR/owl-guide/>
86. Kitchenham A. B. Towards an ontology of software maintenance / A. B. Kitchenham, G. H. Travassos, A. Von Mayrhauser, F. Niessink, N. F. Schneidewind, J. Singer, S. Takada, R. Vehvilainen, and H. Yang // J. Softw. Maint. Res. Pract., vol. 11, no. 6, 1999. – PP. 365–389.
87. Ikeda M. Task ontology: Ontology for building conceptual problem solving models / M. Ikeda, K. Seta, O. Kakusho, R. Mizoguchi // Environment, 1998. – PP. 126–133.
88. Mitsuri Ikeda. Task ontology: Ontology for building conceptual problem solving models/ Mitsuri Ikeda, Kazuhisa Seta, Osamu Kakusho, Riichiro Mizoguchi // Workshop note of application of ontologies and problem-solving meyhods, ECAI98, 1998. – PP.123-345.

89. Taylor P. Ontology-Based Task Simulation / P. Taylor, M. Raubal, W. KuhnSpat// *Cogn. Comput.*, vol. 4, no. 917247301, 2004. – PP. 15–37.
90. Guarino N. Formal Ontology, Conceptual Analysis and Knowledge Representation / Guarino N. // *International Journal of Human-Computer Studies*, 1995. – PP. 625–640.
91. Литвин В.В. Мультиагентні системи підтримки прийняття рішень, що базуються на прецедентах та використовують адаптивні онтології/ Литвин В.В. // *Радіоелектроніка, інформатика, управління*, 2009. – С. 120–126.
92. Lytvyn V. Design of intelligent decision support systems using ontological approach / V. Lytvyn // *ECONTECHMOD. An international quarterly journal* Vol. 2, №1, 2013. – PP. 31-37.
93. Niu L. Cognition-Driven Decision Support for Business Intelligence / Li Niu, Jie Lu, Guangquan Zhang. // Springer Verlag, 2009. – 235 p.
94. Golbreich Ch. Combining SWRL rules and OWL ontologies with Protégé OWL Plugin, Jess, and Racer / Christine Golbreich & Atsutoshi Imai // *Computer and Computing Technologies in Agriculture VII: 7th IFIP WG 5.14 International Conference, CCTA 2013, Beijing, China, September 18-20, 2013.* – PP. 1 – 17.
95. Субботін С. О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень/ Субботін С. О.// *Навчальний посібник.* — Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. – 341 с.
96. Литвин В. В. Проектування інтелектуальних агентів на основі адаптивних онтологій / В. В. Литвин, Н. Б. Шаховська, А. С. Мельник, О. Ю. Пшеничний, Ю. В. Ришковець // *Міжнар. наук. конф. “Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту” ISDMCI’2010, 2010* – С. 401-404.
97. Chen P. Active Conceptual Modeling of Learning / Peter P. Chen LeahY.Wong(Eds.). // Springer Verlag, 2007. – 243 p.

98. Фаулер М. UML в кратком изложении / М. Фаулер, К. Скотт.//М.: Мир, 1999. – 340 с.
99. Буч Г. Язык UML. Руководство пользователя. 2-е изд.: Пер. с англ. Мухин Н./ Буч Г. // М.: ДМК Пресс, 2006. – 496 с.
100. Ф. Харарі. Теорія графів. Пер. з англ. Козирева В. П./ Ф. Харарі// Едиториал УРСС, 2003. — 296 с.

ДОДАТОК А.
АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ



АКТ

про впровадження результатів

дисертаційної роботи аспіранта кафедри «Інформаційні системи та мережі»

Національного університету «Львівська політехніка»

Рибчак Зоряни Любомирівни

в Брошнів-Осадській об'єднаній територіальній громаді

Цей акт підтверджує, що результати кандидатської дисертаційної роботи Рибчак З.Л., були використані та впроваджені в практичну діяльність при розробці системи підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад для Брошнів-Осадської ОТГ у смт. Брошнів-Осада у 2017 -2018 рр.

Терміни проведення досліджень: жовтень 2017 р. – жовтень 2018 р.

Впровадження отриманих результатів дисертаційного дослідження З.Л. Рибчак полягає у наступному:

- розробка математичних моделей для формування територіальних громад;
- розробка задачі визначення першочерговості ремонту доріг в межах територіальної громади;
- розробка задачі ремонту адміністративних будівель в межах територіальної громади.

Розроблені результати дисертаційного дослідження дозволили:

- побудувати математичну модель процесу утворення територіальної громади за допомогою алгоритму колонії мурах та алгоритму оптимізації зростаючих прахів. Використані методи пропонують найоптимальніше розбиття району, розв'язуючи багатокритеріальну оптимізаційну задачу. Завдяки динамічній зміні множини критеріїв визначення спроможності алгоритм можна застосувати у різних районах моделювання.

- використати модифікацію алгоритму Пріма для задачі моделювання планування ремонту доріг в межах територіальної громади. Щоб ефективно використати наявні кошти на ремонт доріг з врахуванням їх стану та важливості, запропоновано модифікувати класичну задачу пошуку мінімального остовного дерева з врахуванням специфіки підпорядкування доріг.

- використати метод динамічного програмування для задачі ремонту адміністративних будівель у межах територіальної громади .

Використання розроблених у дисертаційному дослідженні методів та засобів дало змогу побудувати систему підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад.

Члени комісії:

д.т.н., професор кафедри ІСМ



А.Ю.Берко

д.т.н., професор кафедри ІСМ



Є.В.Буров

ПІДТВЕРДЖУЮ
Заступник міського голови з питань
розвитку
А.О.Москаленко
«27 серпня» 2018 р.



АКТ
про впровадження результатів дисертаційної роботи
аспіранта кафедри «Інформаційні системи та мережі»
Національного університету «Львівська політехніка»
Рибчак Зоряни Любомирівни
в департаменті розвитку Львівської міської ради

Цей акт підтверджує, що результати кандидатської дисертаційної роботи Рибчак З.Л., були впроваджені в практичну діяльність при розробці системи підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад

Терміни проведення досліджень: вересень 2017 р.. – серпень 2018 р.
Впровадження отриманих результатів дисертаційного дослідження З.Л. Рибчак полягає у наступному:

- розробка математичних моделей та окремих модулів програмного забезпечення для формування територіальних громад на основі ройового інтелекту, за допомогою яких беруться до уваги основні елементи процесу формування територіальних громад, а саме: кількість учасників процесу й адміністративні центри;
- дослідження ефективності виконання методу формування територіальних громад на прикладі формування територіальних громад у Львівській області;
- розробка задачі планування ремонту адміністративних будівель в межах територіальної громади.
- розробка та тестування окремих модулів системи підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад.

Розроблені результати дисертаційного дослідження дозволили:

- вирішити завдання пошуку учасників формування територіальної громади, перевірки кожного учасника на суміжність, виконання циклу перевірки на предмет адміністративного центру, об'єднання адміністративних одиниць в територіальну громаду із обраним адміністративним центром;

- розробити математичне та програмне забезпечення функціонування окремих модулів системи підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад на основі ройових алгоритмів;
- розв'язати задачу планування ремонту адміністративних будівель в межах територіальної громади;
- протестувати запропонований метод формування територіальних громад.

Використання розроблених у дисертаційному дослідженні методів дало змогу побудувати модель оптимізації набору критеріїв оцінювання адміністративної одиниці на предмет адміністративного центру для вирішення проблеми суміжності рад, розробити математичну модель, що дозволяє вирішити завдання пошуку учасників формування територіальної громади, перевірки кожного учасника на суміжність, виконання циклу перевірки на предмет адміністративного центру, об'єднання адміністративних одиниць в територіальну громаду із обраним адміністративним центром. Розв'язано задачу планування ремонту адміністративних будівель в межах територіальної громади на основі зведення задачі планування до задачі динамічного програмування. Здійснена перевірка роботи на основі розроблених методів, які базуються на використанні ройових алгоритмів на прикладі Львівської області.

Члени комісії:

Директор департаменту
розвитку



Н.П. Бунда

Головний спеціаліст управління
інформаційних технологій



Т.В. Кожокарь

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова ГО „Інноваційний фонд”
А. Фітьо
«29» травня 2018 р.



АКТ

про впровадження результатів

дисертаційної роботи аспіранта кафедри «Інформаційні системи та мережі»

Національного університету «Львівська політехніка»

Рибчак Зоряни Любомирівни

Цей акт підтверджує, що результати кандидатської дисертаційної роботи Рибчак З.Л., були використані та впроваджені в практичну діяльність під час консультативної діяльності ГО „Інноваційний фонд” з підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад для Впровадження отриманих результатів дисертаційного дослідження З.Л. Рибчак полягає у наступному:

- розробка математичних моделей для формування територіальних громад;
- розробка задачі визначення першочерговості ремонту доріг в межах територіальної громади.

Розроблені результати дисертаційного дослідження дозволили:

- побудувати математичну модель процесу формування територіальної громади за допомогою алгоритму колонії мурах та алгоритму оптимізації зграєю прахів. Використані методи найоптимальніше розбивають район, розв'язуючи багатокритеріальну оптимізаційну задачу. Завдяки динамічній зміні множини критеріїв визначення спроможності територіальних громад, алгоритм можна застосувати у різних районах моделювання.

- для задачі моделювання планування ремонту доріг в межах територіальної громади використати модифікацію алгоритму Пріма. Для того, щоб ефективно використати наявні кошти на ремонт доріг з врахуванням їх стану, важливості запропоновано модифікувати класичну задачу пошуку мінімального остовного дерева з врахуванням специфіки підпорядкування доріг, додавши ітераційний процес.

- провести анкетування мешканців територіальних громад з метою визначення першочерговості розв'язування задач в межах громади, опрацювати результати з використанням експертних оцінок.

Використання розроблених у дисертаційному дослідженні методів та засобів дало змогу розв'язати ЗБО формування територіальних громад на основі ройових алгоритмів, що дало змогу підвищити ефективність використання окремих ройових алгоритмів для формування територіальних громад. Проведено анкетування мешканців територіальних громад, результати анкетування опрацьовано з використанням експертних оцінок, визначено, що першочерговими задачами є задачі ремонту доріг та адміністративних будівель (шкід, дитячих садків, лікарень тощо).

Члени комісії:

к.т.н., доцент кафедри ІСМ



О.М. Верес

к.т.н., доцент кафедри ІСМ



А.С. Василюк

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор Львівського
комунального підприємства
«Культурно-освітній
центр імені Олександра Довженка»
М.З.Іванишин



АКТ
про впровадження результатів
дисертаційної роботи аспіранта кафедри «Інформаційні системи та мережі»
Національного університету «Львівська політехніка»
Рибчак Зоряни Любомирівни
в ЛКП «Культурно-освітній центр імені Олександра Довженка»

Цей акт підтверджує, що результати кандидатської дисертаційної роботи Рибчак З.Л., були використані та впроваджені в практичну діяльність при розробці системи підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад для ЛКП «Культурно-освітній центр імені Олександра Довженка».

Терміни проведення досліджень: листопад 2017 р. - серпень 2018 р.

Впровадження отриманих результатів дисертаційного дослідження З.Л. Рибчак полягає у наступному:

- розробленні методу розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації формування територіальних громад на основі ройових алгоритмів
- розроблено метод планування розвитку територіальних громад шляхом анкетування жителів територіальних громад та експертних оцінок опрацювання результатів опитування для визначення першочерговості вирішення завдань в межах ТГ;

Розроблені результати дисертаційного дослідження дозволили:



- побудувати математичну модель процесу утворення територіальної громади за допомогою ройових алгоритмів і за допомогою генетичного алгоритму шляхом налаштування вільних параметрів, підвищити ефективність використання окремих ройових алгоритмів для формування територіальних громад.. Використані методи пропонують найоптимальніше розбиття району, розв'язуючи багатокритеріальну оптимізаційну задачу.
- провести анкетування мешканців територіальних громад з метою визначення першочерговості розв'язування задач в межах громади, опрацювати результати з використанням експертних оцінок.

Використання розроблених у дисертаційному дослідженні методів та засобів дало змогу розв'язати ЗБО формування територіальних громад на основі ройових алгоритмів шляхом налаштування вільних параметрів таких алгоритмів за допомогою генетичного алгоритму, що дало змогу підвищити ефективність використання

окремих ройових алгоритмів для формування територіальних громад. Проведено анкетування мешканців територіальних громад, результати анкетування опрацьовано з використанням експертних оцінок, визначено, що першочерговими задачами є задачі ремонту доріг та адміністративних будівель (шкід, дитячих садків, лікарень тощо).

Члени комісії:

Заступник директора ЛКП
«Центр Довженка»

В. Кричківський

Начальник відділу розвитку
«Центр Довженка»

Н. Пайтра



АКТ
використання наукових результатів дисертаційної роботи
Рибчак Зоряни Любомирівни

«Методи та засоби підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад» представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.03 – Математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем

Комісія в складі: голови комісії – начальника науково-дослідної частини, к.т.н., доцента Жук Л.В. та членів комісії – завідувача кафедри інформаційних систем та мереж, д.т.н., професора Литвина В.В., завідувача відділу науково-організаційного супроводу наукових досліджень, к.т.н. Лазько Г.В. і заступника начальника планово-фінансового відділу Чулой Т.М., цим актом підтверджують, що результати дисертаційної роботи Рибчак З.Л., використовувалися при виконанні держбюджетної НДР «Методи та засоби функціонування систем підтримки прийняття рішень на основі онтологій» (номер державної реєстрації U0118U000269).

Рибчак З.Л. було проаналізовано можливості підвищення швидкодії окремих модулів системи підтримки прийняття рішень. На основі розробленої системи здійснено валідацію та верифікацію функціонування модуля автоматизованої перевірки таксономії понять онтологій.

Голова комісії:

начальник науково-дослідної частини, к.т.н. доцент


Жук Л.В.

Члени комісії:

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


Лазько Г.В.

заст. нач. планово-фінансового відділу


Чулой Т.М.

зав. каф. інформаційних систем та мереж, д.т.н., проф.


Литвин В.В.



«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Проректор з науково-педагогічної роботи
Національного університету
«Львівська політехніка»
О.Р. Давидчак
листопад 2018 р.

А К Т

про впровадження в навчальний процес результатів
кандидатської дисертаційної роботи
Рибчак Зоряни Любомирівни

Цей акт складено про те, що результати кандидатської дисертаційної роботи Рибчак Зоряни Любомирівни на тему «Методи та засоби підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад», представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, використовуються у навчальному процесі кафедри «Інформаційні системи та мережі» Національного університету «Львівська політехніка». Матеріали дисертаційного дослідження використовуються під час написання студентами курсових робіт, кваліфікаційних бакалаврських та магістерських робіт, а також під час викладання дисциплін «Теорія прийняття рішень», «Онтологічний інжиніринг» та «Методи та засоби інженерії даних та знань».

Зокрема, у навчальному процесі використовуються запропоновані З.Л.Рибчак:

- методи розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації формування територіальних громад (дисципліна «Теорія прийняття рішень» для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр», що навчаються за напрямом 6.040303 «Системний аналіз», тема 3 «Моделі та методи прийняття рішень за умов багатокритерійності»);
- методи та засоби онтологічного моделювання предметної області (дисципліна «Онтологічний інжиніринг» для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр», що навчаються за напрямом 8.05010104 «Системи штучного інтелекту», тема 6 «Процес побудови онтології»);
- методи планування розвитку територіальних громад (дисципліна «Методи та засоби інженерії даних та знань» для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр», що навчаються за напрямом 8.05010104 «Системи штучного інтелекту», тема 3 «Методи представлення знань. Формальні методи подання знань.»).

Директор ІКНІ,
д.т.н., професор

Завідувач кафедри ІСМ,
д.т.н., професор

Професор кафедри ІСМ, д.т.н.

М.О. Медиковський

В.В. Литвин

А.Ю. Берко

ДОДАТОК Б
СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ТА АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

1. Рибчак З.Л. Методи та засоби моделювання плану першочерговості ремонту доріг в межах територіальної громади / Рибчак З.Л. // Бионика интеллекта.– Харків : ХНУРЕ, 2018. – №1(90). – С. 48-53.
2. Rybchak Z. Optimization of travel routes based on modified genetic and ant algorithms / Z.Rybchak // Econtechmod: An international quarterly journal. – Vol. 6., No. 2. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch, 2017. – P. 85-90.
3. Рибчак З.Л. Система оптимізації маршрутів туризму на основі модифікації генетичного та мурашиного алгоритмів / Рибчак З.Л., Литвин В.В., Угрин Д.І., Іллюк О.Д., Білоус С.В. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Інформаційні системи та мережі. – Львів : Львівська політехніка, 2017. – № 872. – С. 210-220.
4. Zavushchak I. Models of support decisions systems in the employment industry / I.Zavushchak, I.Shvorob, Z.Rybchak // Advances in Intelligent Systems and Computing, ISSN 2194-5357. – Vol.871. – Springer International Publishing AG, 2018. – P. 246-255.
5. Zheliznyak I. Analysis of clustering algorithms / I.Zheliznyak, Z.Rybchak, I.Zavuschak // Advances in Intelligent Systems and Computing, ISSN 2194-5357. – Vol.512. – Springer International Publishing AG, 2017. – P. 305-314.
6. Rybchak Z. Analysis of methods and means of text mining / Rybchak Z., Basystiuk O. // Econtechmod: An international quarterly journal. – Vol. 6, No. 2. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch, 2017. – P. 73-78.
7. Rybchak Z. Analysis of computer vision and image analysis technics / Rybchak Z., Basystiuk O. // Econtechmod: An international quarterly

- journal. – Vol. 6, No. 2. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch, 2017. – P. 79-84.
8. Shchur G. Smartphone app with usage of AR technologies – SolAR System / G.Shchur, N.Shakhovska, Z.Rybchak // Eontechmod. An international quarterly journal. – Vol. 6, No. 2. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch, 2017. – P. 63-68.
 9. Rybchak Z. Modification of the initialization and crossing methods of ant and genetic algorithms for solving the transport problem in the tourism / Z.Rybchak // 7th International Youth Science Forum "Litteris et Artibus" : proceedings, Nov. 26-28, 2017, Lviv. – Lviv : Lviv Polytechnic Publ. House, 2017. – P. 414-416.
 10. Литвин В. Моделювання плану ремонту доріг в межах територіальної громади на основі модифікації алгоритму Пріма / В.Литвин, З.Рибчак, Д.Угрин // Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – Івано-Франківськ: п.Голіней О.М., 2017. – С. 53-57.
 11. Zavuschak I. Management process knowledge in the subject area and notion of contextual dependence / I.Zavuschak, I.Zheliznyak, Z.Rybchak // 6th International Youth Science Forum "Litteris et Artibus" : proceedings, Nov. 26-28, 2016, Lviv. – Lviv : Lviv Polytechnic Publ. House, 2016. – P. 102-106.
 12. Lytvyn V. Application of sentence parsing for determining keywords in ukrainian texts / V.Lytvyn, V. Vysotska, D. Dosyn, R. Holoschuk, Z. Rybchak // XI-th International Scientific and Technical Conference "Computer Science and Informational Technologies" (CSIT'2017) : proceedings, 05-08 September, 2016, Lviv. 2017. – P. 326-331.

13. Шатських В. Побудова моделі рекомендацій релевантних фільмів до потреб користувача з використанням колаборативної фільтрації / В.Шатських, З.Рибчак, В.Литвин // Математика. Інформаційні технології. Освіта : Матеріали тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції. – Луцьк, 2017. – С. 63-65.

Основні положення дисертаційної роботи були представлені на таких конференціях: 6th and 7th International Youth Science Forums "Litteris et Artibus" (Lviv, 2016, 2017), Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання» (Івано-Франківськ-Яремче, 2017), Міжнародній науково-практичній конференції «Математика. Інформаційні технології. Освіта» (Луцьк, 2017), XII-th and XIII-th International Scientific and Technical Conference "Computer Science and Information Technologies" CSIT'2017 and CSIT'2018 (Lviv, 2017, 2018) та наукових семінарах кафедри «Інформаційні системи та мережі» Національного університету «Львівська політехніка».