

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет «Львівська політехніка»

Рибчак Зоряна Любомирівна



УДК 004.89

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

01.05.03 - Математичне та програмне забезпечення  
обчислювальних машин і систем

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Львів – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник** доктор технічних наук, професор  
**Литвин Василь Володимирович**,  
Національний університет «Львівська політехніка»,  
завідувач кафедри інформаційних систем та мереж.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, доцент  
**Овсяк Олександр Володимирович**,  
Відокремлений підрозділ “Львівська філія  
Київського національного університету  
культури і мистецтв”,  
професор кафедри кіно-, телемистецтв

кандидат технічних наук, доцент  
**Боднарчук Ігор Орестович**,  
Тернопільський національний технічний  
університет імені Івана Пулюя,  
в.о. завідувача кафедри комп'ютерних наук

Захист відбудеться «05» квітня 2019 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.052.05 у Національному університеті «Львівська політехніка» (79013, м. Львів, вул. С.Бандери, 12, ауд. 226 головного корпусу).

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Національного університету «Львівська політехніка» (79013, м. Львів, вул. Професорська, 1).

Автореферат розісланий «04» березня 2019 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
доктор технічних наук, професор



Р.А.Бунь

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Дисертаційну роботу присвячено розробці методів та засобів підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад.

**Актуальність теми.** 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, школи та дитячі садочки 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 обгрунтованого 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. Беручи 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.Фощіні 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 графа на сильно зв'язані підграфи, такі вчені, як А.Курве, Дж.Гріфін та А.Кесідіс. З цієї задачею пов'язана й інша задача – розпаралелювання потоків у мережі. Всі ці прикладні задачі, які наведені в роботах А.Фельдмана, Л.Фощіні, 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 проблеми розроблення математичних методів та програмних засобів підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад.

Отже, науково-прикладне завдання 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 завдання дослідження.** Метою дисертації є розроблення методів та засобів підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад, використовуючи ройові та генетичні алгоритми, модифікацію алгоритму Пріма, методи аналізу експертних оцінок та задачі багатокритеріальної оптимізації.

Мета дисертаційної роботи визначає необхідність розв'язання таких завдань:

1. Провести аналіз 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* – методи та 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.** Отримано такі нові наукові результати:

- вперше розроблено метод формування територіальних громад за допомогою ройових алгоритмів (колонії мурах, сірих вовків, методу рою часток) як розв'язування багатокритеріальної задачі розбиття графу, який 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 територіальних громад та експертних оцінок опрацювання результатів опитування для визначення першочерговості вирішення завдань у межах територіальної громади ;

- набув подальшого розвитку метод Пріма для розв'язання задачі планування ремонту доріг у межах територіальної громади, модифікація якого полягає в ітераційному його використанні для забезпечення цілісних витрат ресурсів різних типів, якими володіє територіальна громада.

**Практичне значення одержаних 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 у межах територіальної громади;

- розв'язано задачу планування ремонту адміністративних будівель у 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, Львівському комунальному підприємств «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.

**Структура роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури та 2 додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 160 сторінок, з яких основного тексту – 105 сторінок. Робота містить 21 таблицю та 37 рисунків. Список літератури містить 100 найменувань.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** наведено загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми, визначено об'єкт і предмет дослідження, сформульовано мету і завдання дослідження, розкрито застосовані методи дослідження, наукову новизну, практичне значення і апробацію одержаних результатів.

У **першому розділі** – «Аналіз математичних методів формування та розвитку територіальних громад» – систематизовано джерела та з'ясований стан наукових досліджень за темою дисертації.

У 2014 році в рамках проголошення курсу на децентралізацію в Україні почались реформи місцевого самоврядування та заходи адміністративно-територіальної реформи. Першим кроком на шляху досягнення мети є створення спроможної територіальної громади. У свою чергу, впроваджені реформи мають гарантувати здатність створеної громади, самостійно чи за допомогою органів самоврядування здійснювати управління та вирішувати проблеми, підконтрольного їм населення у рамках закону України №280 від 21.05.1997 року «Про місцеве самоврядування в Україні». Відповідно до цього 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, що з існуючих на теперішній час 831 об'єднаної територіальної громади, 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.

На практиці досить важко сформувати спроможну громаду через наявність багатьох ключових факторів формування громади:

- неможливість забезпечення на належному рівні надання вторинної медичної допомоги та спеціалізованої освіти;
- потреба в приміщеннях для розміщення установ;
- складне географічне положення, яке має враховувати щоденні міграції мешканців у межах зони доступності адміністративного центру.

Тому на сьогоднішній день основними проблемами реформи є:

- правильний розподіл ресурсів для мінімізації фінансування з боку держави;
- організація перспективних планів об'єднання в усіх районах України з визначенням потенційного центру громади із врахуванням доступності послуг у відповідних сферах на території спроможної територіальної громади та з умовою наявності середньої школи і амбулаторії в зоні доступності.

Загалом в Україні утворено 705 об'єднаних територіальних громад у яких відбулись перші вибори, та 126, які очікують рішення про призначення перших виборів.

Моделювання спроможних територіальних громад являє собою складний процес. Для вибору оптимальних рішень з використанням методики формування громад слід розв'язати оптимізаційну багатокритеріальну задачу.

Оптимізаційна модель утворення територіальних громад має велику кількість умов, що потребуватиме розробки математичної моделі з певною кількістю обмежень. Вдосконалення класичних алгоритмів розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації (ЗБО) з великим обсягом вхідних даних не призведе до отримання оптимальних розв'язків, коли мова йде про розв'язання динамічної задачі. Комп'ютерні системи, що базуються на використанні класичних методів, незалежно від початкових даних та принципу знаходження мають наступні недоліки:

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

Розглянуті недоліки комп'ютерних систем роблять їх застосування на практиці неефективними для розв'язання задач великої розмірності.

Досить перспективним виявилось застосування поведінки «природних агентів» – соціальних тварин, здатних щоденно вирішувати складні задачі, які, по суті, близькі до задач з комбінаторної оптимізації, у тому числі і ЗБО. Такі методи отримали назву «методи соціальної поведінки». Вони відносяться до методів ройового інтелекту, або як їх прийнято називати інтелектуальними методами оптимізації. Ройовий інтелект є результатом колективної поведінки агентів децентралізованої (від терміну «рій») залишається лише поняття сім'ї, колективу, без врахування центру такого колективу) самоорганізуючої (здатної самостійно розв'язувати поставлені завдання) системи.

Основними проблемами, що виникають при формуванні та розвитку територіальних громад є те, що згідно з Методикою формування територіальних громад, 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 розробленні математичних методів та програмних засобів формування та розвитку територіальних громад.

Результати розділу опубліковано у [1, 3, 6, 10].

**У другому розділі – «Розробка математичних методів формування територіальних громад»** – розроблено 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 є 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. В роботі запропоновано визначати такі параметри для окремих ройових алгоритмів на основі генетичного алгоритму.



Математичну модель представляємо у вигляді задачі багатокритеріальної оптимізації. Весь район, у якому ведеться моделювання, можна зобразити у вигляді графа, де складовою територіальних громад є населені пункти.

Враховуючи ухвалену методику формування територіальних громад, можна розглянути обмеження на формування спроможної територіальної громади: на території спроможної громади повинні бути принаймні 1 загальноосвітня школа III ступеня, 1 лікарня, 1 дитячий садочок, 1 заклад правоохоронної діяльності та мінімум 1 пожежна станція. Це обмеження записуємо таким чином:

$$(\forall TG_i): (S_i^{TG} > 0), (L_i^{TG} > 0), (D_i^{TG} > 0), (V_i^{TG} > 0), (B_i^{TG} > 0), \quad (1)$$

де  $TG_i$  – громада  $i$ ;  $S_i^{TG}$  – кількість шкіл в  $i$ -й 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.

Кожна територіальна громада формується з множини територіальних рад -  $R_i$ , а кожна рада складається з множини населених пунктів -  $NP_i$ .

$$TG_i = \{R_1, R_2, \dots, R_i\}, \quad (2)$$

$$R_i = \{NP_1, NP_2, \dots, NP_i\}. \quad (3)$$

Територіальну раду називають незалежною, якщо в ній кількість лікарень, пожежних станцій, шкіл, садочків, правоохоронних закладів більше нуля. Множину незалежних рад позначаємо як  $\tilde{R}$ . Обмеження має вигляд:

$$(S_i > 0), (L_i > 0), (D_i > 0), (V_i > 0), (B_i > 0) \rightarrow (R_i \in \tilde{R}). \quad (4)$$

Якщо рада не є незалежною, то її називають залежною (множину залежних рад позначатимемо як  $\hat{R}$ ). Незалежна рада сама по собі може утворювати територіальну громаду, а залежна – ні. Підмножина залежних рад утворює незалежну раду, при умові (1).

Суміжність рад є одним із критеріїв. Під суміжністю рад розуміють наявність суміжних вершин у графі, де вершини – це населені пункти, які відносяться до різних рад. Функція суміжності рад має вигляд:

$$g(R_i, R_j) = \begin{cases} 1, & \text{якщо ради } R_i \text{ та } R_j \text{ суміжні,} \\ 0 & \text{якщо ради } R_i \text{ та } R_j \text{ несуміжні} \end{cases} \quad (5)$$

Таким чином, якщо територіальна громада складається більше, ніж з однієї ради, то для будь-якої ради, що входить у цю ж територіальну громаду має існувати суміжна йому рада з цієї територіальної громади:

$$(\forall R_i \in TG_m)(\exists R_j \in TG_m) : (f(R_i, R_j) = 1). \quad (6)$$

Крім того, за алгоритмом Флойда-Уоршалла, на основі зваженого графу відстаней, будується матриця найкоротших відстаней  $d_{ij}$  між населеними пуктами у межах регіону. Адміністративним центром територіальної громади є населений пункт, відстань від якого до всіх інших населених пунктів у межах територіальної громади є мінімальною і становить  $\leq 25$  км. Виглядає це таким чином:

$$d_k = \sum_{j=1}^{n_j} d(x_j, x_k), d(x_j, x_k) \leq 25, k = 1, 2, \dots, n_i, \quad (7)$$

де  $d_k$  – сумарна відстань;  $x_j$  – початковий населений пункт;  $x_k$  – пункт призначення;  $k$  – кількість населених пунктів в територіальних громадах.

Населені пункти, які відповідають умові (7), формують множину  $N_p$  (населені пункти, які можуть бути центрами громади). Якщо множина  $N_{p=\emptyset}$ , то територіальну громаду з розглянутих населених пунктів сформувавши неможливо. Тому із територіальної громади необхідно виключити деякий населений пункт і перезапустити алгоритм. Будемо вважати, що множина  $N_p$  не порожня. Тоді із цієї множини потенційним центром територіальної громади буде населений пункт, для якого наступна умова досягає мінімуму:

$$P_i^{TG} = \arg \min_{N_j \in N_p} d_j. \quad (8)$$

Такому центру територіальної громади відповідає сумарна відстань до всіх інших населених пунктів у межах однієї територіальної громади  $d_i^{TG}$ . На цьому кроці вибирається населений пункт, сумарна відстань від якого до пропонуванних для входження пунктів є найменшою.

Наступним кроком є дослідження можливості призначення потенційного населеного пункту центром громади за допомогою обмеження(1). Тому критерієм формування  $k$  громад у певному регіоні є мінімізація функції:

$$f(x) = \sum_{i=1}^k d_i^{TG} \rightarrow \min. \quad (9)$$

Математична модель процесів формування спроможних територіальних громад, полягає у мінімізації функції (9) при обмеженнях (1),(4)-(6). Рішення отриманої задачі багатокритеріальної оптимізації полягає у виборі оптимального рішення з допустимої множини рішень.

Застосуємо метод рою часток для формування спроможних територіальних громад. В основі методу рою часток лежить те, що окремі члени зграї можуть отримати вигоду від попереднього досвіду всіх інших членів зграї при пошуку оптимальних рішень. Ця перевага методу стає вирішальною завжди, коли необхідні об'єкти, що 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 у зграї. Використовується для вирішення оптимізаційних задач в багатокритеріальній постановці. У цьому випадку задачу оптимізації можна сформувавши і вирішити як задачу векторної оптимізації, яка полягає в мінімізації векторного критерію.

Задача глобальної оптимізації формулюється як задача мінімізації цільової функції у просторі пошуку  $D$ :

$$x \in D = \{x^* \in R^d\} \quad (10)$$

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

Кількість агентів, що застосовується в методі рою часток, безпосередньо впливає на якість проведеної оптимізації. Занадто маленьке їх число може не дозволити локалізувати глобальний оптимум або ж швидкості 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.

Для вирішення задач багатокритеріальної оптимізації стосовно формування спроможних громад достатньо вказати розмір рою, який був би рівним кількості населених пунктів у заданому районі, для якого виконується оптимізація.

У цьому 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:

$$B = \{b_1, b_2, \dots, b_t\}, \quad (11)$$

$$(b_{i_1}, b_{i_2}, \dots, b_{i_d}), i = \overline{1, t}, \quad (12)$$

де  $t$  – кількість птахів у зграї. Позиція  $i$ -ї частинки – це сукупність її координат (відвіданих населених пунктів) у середовищі пошуку (у графі розмірністю  $d$ ).

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:

$$b_{ij} = \text{rand}(b_{j\min}, b_{j\max}), \quad (13)$$

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

З роєм часток також асоціюється множина векторів швидкостей агентів:

$$V = \{V_1, V_2, \dots, V_t\}. \quad (14)$$

На початковому етапі всі швидкості прийнято вважати рівними нулю. Під час руху птахів по області розв'язків перевіряється наявність у кожному з відвіданих населених пунктів 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 населених пунктів, серед яких можливо вибрати центр за обмеженням (1), визначається центр громади за обмеженням (7) та (8) для створення оптимального плану об'єднання. Якщо можливо, то за обмеженням (4) кожний агент пропонує свою множину незалежних рад.

Таку послідовність кроків слід зробити для кожного агента у зграї для аналізу пропонуваних рішень та їх порівняння. Після того, як усі агенти у зграї запропонували свої рішення, алгоритм намагається знайти найкраще рішення для функції (9) (fitness) для того, щоб можна було сформувати

спроможну громаду. Для цього, серед усіх запропонованих розв'язків слід знайти розв'язок, для якого наступна формула дає найбільше значення:

$$R_i = \sum_{j=1}^c CR_j + \frac{1}{d_i}, \quad (15)$$

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

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

Наступним кроком є оновлення швидкості та позиції агента. 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  $\omega$  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.

Після виконання циклу пошуку адміністративних центрів за допомогою алгоритму вовків визначаємо потенційні адміністративні центри територіальних громад. Пропонований метод можна застосувати до будь-якого регіону України. Гнучкість пропонованого методу дає можливість ефективно виявляти основні компоненти проектування територіального розподілу. Щодо адміністративних пунктів можна використовувати як критерії оцінювання не тільки дитячі садочки, пожежні частини, відділи поліції, соціальні установи тощо, а й економічні та екологічні критерії.

Для визначення близьких до оптимальних значень вільних параметрів ройових алгоритмів запропоновано використати генетичні алгоритми. Пристосованість хромосом у нашому випадку визначають експерти: наскільки побудовані територіальні громади є спроможними. Хромосома – це вектор, значенням елемента якого є значення вільного параметра ройового алгоритму. Моделювання значень таких вільних параметрів для алгоритмів рою часток під час побудови спроможних територіальних громад наведено у 4-му розділі.

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

**У третьому розділі – «Розроблення математичних методів розвитку територіальних громад»** – розроблено метод визначення першочерговості розв'язування задач для розвитку територіальних громад на основі опитування представників територіальних громад, а також методи розв'язання цих задач.

При розробці плану розвитку територіальної громади з метою досягнення високого рівня розвитку та переваг, які пропонуються інвесторам, проводяться різні дослідження та опитування.

Для вирішення проблеми необхідна узагальнена думка експертів, тому було проведено опитування.

У роботі розглянуто анкетування жителів територіальних громад, для прийняття рішень розвитку громади. Сформульовані мешканцями відповіді у анкетах дають можливість зробити правильний вибір стратегії розвитку, вдосконалити поточну діяльність органів місцевого урядування, відповідно до того, що очікує громада.

Коефіцієнт конкордації склав 0,83, що свідчить про сильну узгодженість думок експертів.

Згідно анкетування визначено такі проблеми розвитку територіальних громад: ремонт доріг та адміністративних будівель, недостатня кількість робочих місць, відсутність нових комунальних будівель, забрудненість середовища тощо.

Першочерговими задачами для розвитку територіальних громад є задача планування ремонту доріг у межах територіальної громади та ремонту адміністративних будівель (шкіл, дитсадків, лікарень тощо).

Математична модель завдання першочерговості ремонту доріг у межах територіальної громади полягає в знаходженні такого зв'язаного ациклічного підграфу  $T \subset G$ , який містить всі вершини, щоб сумарна вага всіх його ребер була мінімальною при умові, що сумарна вага ребер, які належать до одного бюджету не буде перевищувати розмір цього бюджету, щоб:

$$w(T) = \sum_{e_i \in T} w(e_i) \rightarrow \min, \quad (16)$$

$$w(T_j) = \sum_{e_s^j \in T_j} w(e_s^j) \leq w_j, j = 1, 2, 3., \quad (17)$$

де  $w(e_i)$  – кошторис для ремонту дороги, а  $w(T_j)$  – вартість ремонту дороги.

Для розв'язування цієї задачі використано модифікований алгоритм Пріма. Модифікація полягає в ітераційному використанні алгоритму Пріма, поки не виконається умова (17). Якщо умова (17) не виконується, то із початкового графа  $G$  вилучаємо ребро із максимальною вагою серед підмножини ребер для яких не виконується (17) із максимальною різницею між необхідним коштом на ремонт доріг й наявним бюджетом. Ребро вилучаємо із умовою, що граф  $G$  залишається зв'язним, тобто не має ізольованих вершин. Якщо такого ребра немає, то задача (16)-(17) не має розв'язку.

Друга задача розвитку територіальних громад – ремонт адміністративних будівель. Стан адміністративних будівель у територіальних громадах на даний час є аварійним. Тому ефективно було б правильно розподілити ресурси під час ремонту адміністративних будівель. Для початку опишемо структуру рішення, щоб можна було вирішити методом динамічного програмування оптимізаційну задачу. Якщо вирішення буде складатися з оптимальних рішень підзадач, то завдання володітиме оптимальністю. У цьому випадку доцільним є використання динамічного програмування. Невелике число підзадач – друга властивість, яка є досить суттєва при цьому методі. Кількість підзадач залежатиме від величини вихідної інформації.

Для ефективного розподілу ресурсів під час ремонту адміністративних будівель використано метод динамічного програмування. Загальна постановка

задачі: досліджується перебіг деякого керованого процесу, на стан і розвиток якого можна впливати через певні проміжки. Математична модель процесу моделювання ремонту адміністративних будівель полягає у послідовному розв'язуванні окремих підзадач.

Для кожної задачі необхідно вибрати метод розв'язку (альтернативу).

Якщо  $G$  – наявний ресурс, то  $r_e$  раціональність прийняття рішень полягає в:

$$U = \sum_{i=0}^{N-1} U(a_{ij}^k) \rightarrow \max, \quad (18)$$

$$r \geq r_e, \quad (19)$$

$$\sum_{i=0}^{N-1} g_{ij}^k \leq G. \quad (20)$$

Результати розділу опубліковано у [1, 5, 7, 9].

**Четвертий розділ – «Розробка системи підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад, на основі запропонованих методів»** – присвячено реалізації системи підтримки прийняття рішень на основі розроблених методів та алгоритмів. Зокрема, у розділі розроблено сховище даних про населені пункти та регіон у вигляді онтології, підсистему підтримки прийняття рішень формування територіальних громад, обґрунтовано та апробовано результати досліджень запропонованих методів формування та розвитку територіальних громад.

У розробленій системі підтримки прийняття рішень охоплено всі етапи процесу формування та розвитку територіальних громад а також враховано вимоги, які визначають її спроможність. На рис. 1 зображено логічну структуру системи формування спроможних територіальних громад.

Розглянемо приклад формування територіальних громад на частині Пустомитівського району Львівської області (рис. 2). Вершини графу представляють собою населені пункти цього району, дуги – дороги між населеними пунктами із вказанням відстані. Вершини поділені на 4 частини, в яких записано наявність у населених пунктів: адміністративних будівель для розміщення органів управління місцевого самоврядування (Р); загально-освітньої школи (Ш); закладу охорони здоров'я (Л); дитячого садочка (Д).

Дуги задають існуючі дороги з твердим покриттям. На них задано відстань від центрів населених пунктів. Деякі дуги графа є орієнтованими, а саме стрілка йде від населених пунктів, у яких відсутні сільські ради, до населених пунктів, в яких наявна сільська рада і, які в даний час до неї відносяться. Для спрощення моделі будемо вважати, що такі населені пункти утворюють єдину раду й всі разом будуть відноситись до нової сформованої територіальної громади.

Вхідні дані необхідні для формування територіальної громади наведено у табл. 1.

Для цього прикладу на основі розробленого методу, який базується на використанні ройових алгоритмів, отримано такі територіальні громади, які наведено у табл. 2.

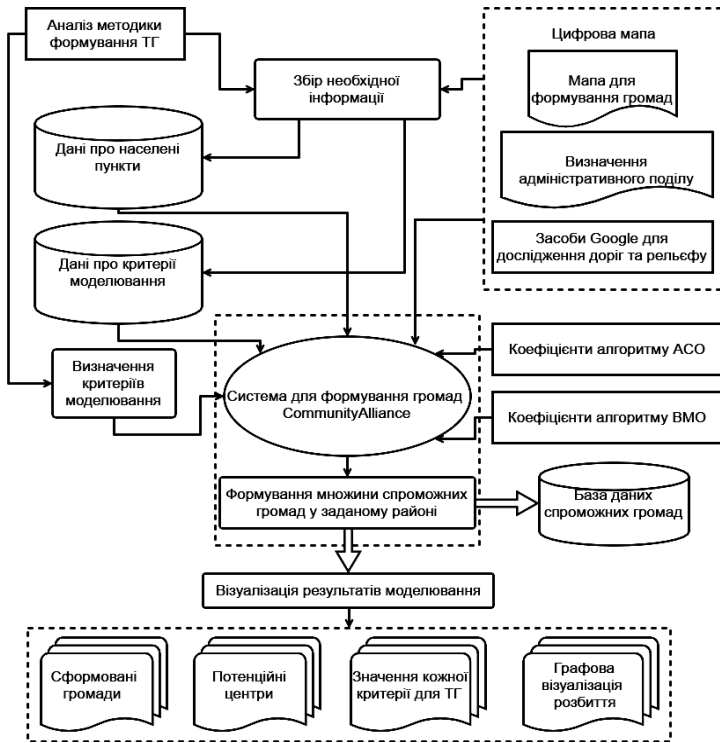


Рис. 1. Логічна структура програмної реалізації системи формування громад

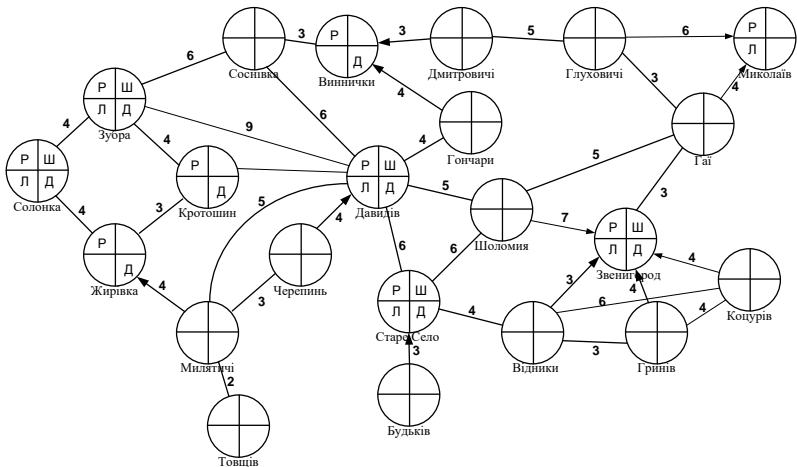


Рис. 2. Зважений граф фрагменту Пустомитівського району

Таблиця 1. Дані для формування територіальної громади

Населені пункти	К-сть населення, тис., X	К-сть шкіл, Y	Площа землі, км <sup>2</sup> , Z	К-сть лікарень, U	К-сть дитсадочків, V	Доходи- видатки, тис.грн, Q
1.Зубра	2,7	1	1067,4	1	1	45,6
2.Солонка	6,0	1	2596	1	1	76,5
3.Миколаїв	1,2	-	3792	1	-	12,1
4.Давидів	5,0	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

Таблиця 2. Пропоновані територіальні громади

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

Використовуючи генетичний алгоритм, розв'язано задачу пошуку оптимальних значень вільних параметрів ройових алгоритмів. Щоб визначити, наскільки значення вільних параметрів впливають на результат роботи алгоритмів, необхідно використовувати варіювання значень параметрів (значення хромосом в генетичному алгоритмі). У розробленій системі коефіцієнтами, для яких можна ввести значення перед виконанням програми, є  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $C_1$  та  $C_2$ , а значення параметрів  $P$ ,  $Q$ , та  $\omega$  динамічно змінюються 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 було досліджено вплив зміни параметрів на якість пропонуваного рішення, а значення основних коефіцієнтів змінювалось з деяким кроком. Для оцінки якості застосованих алгоритмів було використано загальну довжину від центру  $L$  до кожного населеного пункту, 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 складання кошторису сформованої громади і здійснення бюджетного моніторингу.

Досліджуючи вплив параметрів на якість отримання оптимального розвитку району, можна зробити висновок, що зміна значень коефіцієнтів значно впливає на якість пропонуваного рішення. У методиці вказано, що



формування спроможних територіальних громад у заданому районі має відбуватись розділенням повноважень між населеними пунктами, яким можуть надаватись всі необхідні послуги, вибираючи при цьому центрами громад населених пунктів такі, які мають найменшу сумарну відстань до кожного населеного пункту у громаді, це показує специфіку задачі формування територіальних громад.

Алгоритм колонії мурах продемонстрував, що при збільшенні його коефіцієнта  $\beta$  оптимальні розв'язки опираються на відстані між окремими населеними пунктами, серед яких можливо сформувати громади. При  $\beta=1$ , алгоритм показав «жадність» до врахування відстані між населеними пунктами. При великих значеннях  $\alpha$  отримане рішення значно залежить від феромону на шляху. При  $\alpha=1$ , вибір населених пунктів не опирається на значення відстані при формуванні територіальної громади. Оптимальний розв'язок 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 населених пунктів у громаді. Зменшуючи коефіцієнт локального оптимуму  $C_1$ , формування громад опиралось на загальний розв'язок, який знайдений зграєю, що давало збільшення області територіальної громади через залучення нових населених пунктів до формованих громад. Оптимальний розв'язок отримано, використовуючи значення  $C_1=1$ ,  $C_2=0$ , тому що він продемонстрував оптимальний вибір центрів територіальної громади.

Експертами було проведено верифікацію системи підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад.

Для формування територіальних громад експертні оцінки наведені у табл.3.

Таблиця 3. Експертна оцінка формування територіальних громад

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

Для верифікації функціонування модуля розвитку територіальних громад у складі системи підтримки прийняття рішень, експертами було оцінено пропонувані рішення у порівнянні з іншими рішеннями, отриманими пробно-статистичним та балансованим методами. Результати наведені у табл.4.

Таблиця 4. Середня експертна оцінка методів розвитку територіальних громад

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

Результатом дослідження запропонованих методів розвитку територіальних громад є створена модель ремонту доріг територіальної

громади при наявності коштів та в залежності від стану та покриття доріг, їх підпорядкованості та бюджету.

Розрізняють шість різних типів покриття: асфальтобетонне, цементно-бетонне, залізобетонне, бруківка, гравійне, ґрунтове. Дороги належать до 3 підмножин: загальнодержавного підпорядкування, обласного підпорядкування та районного підпорядкування. Бюджет ремонту залежить від підпорядкованості.

Другою задачею розвитку територіальних громад є ремонт адміністративних будівель. Необхідно зробити такий ремонт, щоб якомога збільшити термін експлуатації будівель. Отже, початковий стан – до ремонту; кінцевий стан (стан мети) – після ремонту.

Враховуючи те, що складова одна, то досліджується одна ціль: ремонт (див. рис. 5). Завдання ділиться на декілька під завдань (штукатурні, облицювальні та малярні роботи, фасади, покрівлі і покриття), перше з яких розділяється додатково ще на кілька підзавдань (ремонт штукатурки стін і стелі з попереднім оббиванням, заміна облицювання стін, пофарбування приміщень і окремих конструкцій), як показано на рис. 5.

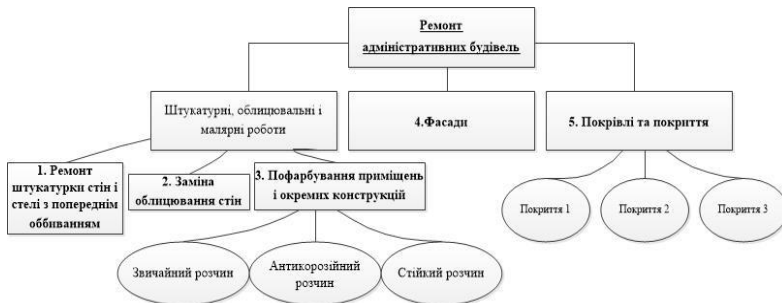


Рис. 5. Декомпозиція завдання «Ремонт адміністративних будівель»

Таким чином, загалом необхідно послідовно реалізувати п'ять підзадач. З метою здійснення будь-якої підзадачі застосовують альтернативні рішення. Модель такої задачі представляється у вигляді задачі динамічного програмування.

Результати розділу опубліковано у [4, 6, 8, 11, 12].

В додатках містяться акти впровадження та список публікацій.

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА 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 узгодженості 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. Зведено задачу планування ремонту адміністративних будівель до задачі динамічного програмування.
5. Розроблено структуру системи підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад та реалізовано програмне забезпечення її окремих модулів. Отримані результати верифікації системи підтримки прийняття рішень з точки зору експертів є задовільними.
6. Здійснено апробацію пропонованих методів та алгоритмів на прикладі формування територіальних громад у Пустомитівському районі Львівської області.

### **СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Рибчак З.Л. Методи та засоби моделювання плану першочерговості ремонту доріг в межах територіальної громади / Рибчак З.Л. // Бiонiка iнтелекту.– Харкiв : 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., Ілюк 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.Rybychak // *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.Rybychak, I.Zavushchak // *Advances in Intelligent Systems and Computing*, ISSN 2194-5357. – Vol. 512. – Springer International Publishing AG, 2017. – P. 305-314.
  6. Rybychak Z. Analysis of methods and means of text mining / Rybychak Z., Basystiuk O. // *Econtechmod: An international quarterly journal*. – Vol. 6, No. 2. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch, 2017. – P. 73-78.
  7. Rybychak Z. Analysis of computer vision and image analysis technics / Rybychak 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.Rybychak // *Eontechmod. An international quarterly journal*. – Vol. 6, No. 2. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch, 2017. – P. 63-68.
  9. Rybychak Z. Modification of the initialization and crossing methods of ant and genetic algorithms for solving the transport problem in the tourism / Z.Rybychak // 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. Zavushchak I. Management process knowledge in the subject area and notion of contextual dependence / I.Zavushchak, I.Zheliznyak, Z.Rybychak // 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. Rybychak // 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.

## АНОТАЦІЇ

### **Рибчак З.Л. Методи та засоби підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад. – На правах рукопису.**

Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.03 «Математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем». – Національний університет «Львівська політехніка», Міністерство освіти і науки України, Львів, 2019.

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

Розроблено математичні методи формування територіальних громад. Побудовано математичну модель формування територіальної громади як задачу багатокритерійної оптимізації розбиття зв'язного графу на зв'язні підграфи на основі ройових алгоритмів. За допомогою анкетування мешканців територіальних громад визначено, що першочерговими задачами є - ремонт доріг та адміністративних будівель у межах територіальної громади. На основі модифікації алгоритму Пріма – створено план моделювання ремонту доріг. Першочерговість задач ремонту адміністративних будівель вирішується зведенням задачі планування до задачі динамічного програмування. Розроблено структуру системи підтримки прийняття рішень формування та розвитку територіальних громад та реалізовано програмне забезпечення її окремих модулів. Здійснено апробацію запропонованих методів та алгоритмів.

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

### **Рибчак З.Л. Методы и средства поддержки принятия решений формирования и развития территориальных общин. – На правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.05.03 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин и систем. – Национальный университет «Львовская политехника», Министерство образования и науки Украины, Львов, 2019.

В диссертационной работе решена актуальная научно-прикладная задача, которая заключается в разработке математических методов и программных средств для системы поддержки принятия решений формирования и развития территориальных общин.

Разработаны математические методы формирования территориальных общин. Построена математическая модель процесса формирования территориальной общины как задача многокритериальной оптимизации разбиения связного графа на связные подграфы на основе роевых алгоритмов. С помощью анкетирования жителей территориальных общин определено, что первоочередными задачами являются - ремонт дорог и административных зданий в пределах территориальной общины. На основе модификации алгоритма Пріма - создан план моделирования ремонта дорог. Первоочередность задач ремонта административных зданий решается сведением задачи планирования к задаче динамического программирования. Разработана структура системы поддержки принятия решений формирования и развития территориальных

общин и реализовано программное обеспечение ее отдельных модулей. Осуществлена апробация предлагаемых методов и алгоритмов.

*Ключевые слова:* система поддержки принятия решений, территориальная община, населенный пункт, алгоритм колонии муравьев, алгоритм роя частиц, алгоритм Прима, динамическое программирование, многокритериальная оптимизация.

**Rybchak Z.L. Methods and means of support in making decisions on the formation and development of territorial communities.** - On the rights of manuscripts.

Thesis for a candidate of technical sciences degree 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, 2019.

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

The efficiency of the development of mathematical methods and software for decision-making support for the formation and development of territorial communities is substantiated. A mathematical model of the process of formation of a territorial community as a multi-criteria optimization task for the partition of a coherent graph on connected graphs, which belongs to a class of NP-complete problems, was constructed. It is proposed to solve this problem by using the swarm algorithms: the hybrid of the ant colony's algorithm and the particle swarm method, for splitting the graph into sub-graphs and the algorithm of gray wolves to find the administrative centers. To set up the free parameters of the routing algorithms, machine learning with reinforcement was used, namely the genetic algorithm. The method of solving the problem of multicriteria optimization of the formation of territorial communities was 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. A survey of residents of territorial communities was conducted to determine the priority of solving problems within the community. The results of the questionnaire were processed using expert assessments. The coefficient of concordance is determined and shows the strong consistency of expert opinions. It was determined that the primary tasks of constructing a mathematical model of the process of development of territorial communities are the tasks of repairing roads and administrative buildings (schools, kindergartens, hospitals, etc.). The Prima algorithm is designed for the task of planning road repair within the territorial community, which takes into account the constraints on resources. The task of scheduling repair of administrative buildings to the problem of dynamic programming is set up. 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. Probation of proposed methods and algorithms is carried out.

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

Підписано до друку 26.02.2019.  
Формат 60x84/16. Папір офсетний. Друк на різнографі.  
Ум. друк. арк 1,16. Обл.-вид. арк. 0,9.  
Наклад 100 прим. Зам. №28

ТзОВ «Растр-7»  
79005, м.Львів, вул. Кн. Романа, 9/1  
тел./факс: (032) 235-52-05  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ЛВ №22 від 19.11.2002р.