

17. Chernov, N. Mathematical model and efficient algorithms for object packing problem [Text] / N. Chernov, Y. Stoyan, T. Romanova // Computational Geometry. – 2010. – Vol. 43, Issue 5. – P. 535–553. doi: 10.1016/j.comgeo.2009.12.003
18. Stoyan, Y. Mathematical modeling of the interaction of non-oriented convex polytopes [Text] / Y. Stoyan, A. Chugay // Cybernetics and Systems Analysis. – 2012. – Vol. 48, Issue 6. – P. 837–845. doi: 10.1007/s10559-012-9463-2
19. Стоян, Ю. Г. Построение свободной от радикалов Φ -функции для шара и неориентированного многогранника [Текст] / Ю. Г. Стоян, А. М. Чугай // Доповіди Національної академії наук України. – 2011. – № 12. – С. 35–40.
20. Stoyan, Y. Quasi-phi-functions and optimal packing of ellipses [Text] / Y. Stoyan, A. Pankratov, T. Romanova // Journal of Global Optimization. – 2015. – P. 1–25. doi: 10.1007/s10898-015-0331-2
21. Fischer, K. Fast Smallest-Enclosing-Ball Computation in High Dimensions [Text] / K. Fischer, B. Gärtner, M. Kutz // Proc. 11th European Symposium on Algorithms (ESA), 2003. – P. 630–641. doi: 10.1007/978-3-540-39658-1_57
22. Belov, G. A Modified Algorithm for Convex Decomposition of 3D Polyhedra [Electronic resource] / G. Belov. – Technical report MATH-NM-03-2002, 2002. – Available at: <http://www.math.tudresden.de/~belov/cd3/cd3.ps>
23. Wachter, A. On the implementation of an interior-point filter line-search algorithm for large-scale nonlinear programming [Text] / A. Wachter, L.T. Biegler // Mathematical Programming. – 2006. – Vol. 106, Issue 1. – P. 25–57. doi: 10.1007/s10107-004-0559-y

□ □

Запропоновано підхід до формування територіальних громад на основі розбиття графу на окремі підграфи. Розроблено математичну модель такої задачі. Запропоновано використати генетичні алгоритми для розв'язування задачі формування територіальних громад. Апробовано запропонований підхід. Сформовані територіальні громади задовольняють основним обмеженням

Ключові слова: розбиття графу, генетичний алгоритм, NP-повна задача, територіальна громада, населений пункт

□ □

Предложен подход к формированию территориальных общин на основе разбиения графа на отдельные подграфы. Разработана математическая модель такой задачи. Предложено использовать генетические алгоритмы для решения задачи формирования территориальных общин. Апробирован предложенный подход. Сформированные территориальные общины удовлетворяют основным ограничениям

Ключевые слова: разбиение графа, генетический алгоритм, NP-полная задача, территориальная община, населенный пункт

□ □

УДК 004.89
DOI: 10.15587/1729-4061.2016.60848

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД ЯК ЗАДАЧІ РОЗБИТТЯ ГРАФУ

В. В. Литвин

Доктор технічних наук, професор*

E-mail: vasyi.v.lytvyn@lpnu.ua

Д. І. Угрин

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра інформаційних систем

Чернівецький факультет

Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут»

вул. Головна, 203А, м. Чернівці, Україна, 58000

E-mail: ugrind@mail.ru

А. М. Фітьо*

E-mail: expertlviv@gmail.com

*Кафедра інформаційних систем та мереж

Національний університет «Львівська політехніка»

вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

1. Вступ

8 квітня 2015 року Кабмін України затвердив розроблену Мінрегіоном Методику формування спроможних територіальних громад (ТГ). Одним з основних її положень є визначення потенційних адміністративних центрів майбутніх територіальних громад. Такими, в першу чергу, визначаються міста обласного значення та населені пункти (НП), що мають статус районних центрів. Метою законопроекту є створення потужних територіальних громад, що дозволить заощадити бюджетні кошти шляхом скоро-

чення держaparату на місцях. Законом України «Про добровільне об'єднання територіальних громад» передбачено, що 2–3 села можуть об'єднатися в громаду [1]. Адміністративними центрами потенційно можуть бути також села, селища, міста, що історично мали статус районних центрів та знаходяться на відстані понад 20 км від міст обласного значення, районних центрів, а також інші населені пункти. Необхідною умовою визначення адміністративного центру спроможної територіальної громади є наявність адміністративних будівель для розміщення органів управління місцевого самоврядування, органу правопорядку, пожежної

частини, пункту швидкої допомоги, центру надання адміністративних послуг, державного казначейства тощо. Крім того, адміністративний центр повинен мати установи соціальної інфраструктури, заклади загальної та дошкільної освіти, охорони здоров'я первинного рівня, соціального захисту. Зона доступності населених пунктів до адміністративного центру територіальної громади має складати 20–25 км. Вважаємо, що така побудова ТГ потребує наукових підходів, а саме розроблення математичної моделі такої задачі й її адаптації до конкретних районів 25 областей України. Маючи таку математичну модель й розробивши методи її розв'язування, можна формувати ТГ на основі науково обгрунтованого підходу.

Актуальність роботи полягає у розробленні математичної моделі й алгоритмі пошуку ефективних рішень формування ТГ. Суттєво мати науково-обгрунтовані пояснення чому саме таким чином необхідно об'єднати окремі населені пункти в ТГ. Адже таке об'єднання неминуче й не лише на добровільних засадах. Пропонована робота по суті – перша спроба науково обгрунтувати адміністративно-територіальну реформу в Україні.

2. Аналіз літературних джерел та постановка проблеми

Постановка такої задачі подібна на постановку задачі про розбиття графу на підграфи [2, 3]. Ця задача відноситься, до так званого класу NP-повних задач, тобто до таких задач, час розв'язування яких залежить не поліноміально від розмірності входів. Алгоритми повного перебору, такі як пошук у глибину, пошук у ширину, метод динамічного програмування, метод гілок та границь і ін. забезпечують абсолютну точність розв'язку, однак не задовольняють по одному з основних критеріїв оцінки алгоритму – часу розрахунку. Такі способи, засновані на прямому переборі варіантів й їх можна використати для регіонів, що мають невелику кількість НП. При розмірності задачі n необхідно здійснити $n!$ порівнянь. Для розв'язку такої задачі використовуються відомі алгоритми Мальгранжа, Кернігана-Ліна, Фідуччі-Маттейсеса [2, 3]. Однак задача формування ТГ має свою специфіку й для її розв'язування необхідно використати інші методи та алгоритми. У роботі побудована математична модель такої задачі. Для її розв'язування запропоновано використати методи штучного інтелекту [4–8].

Під час проведення адміністративно-територіальних реформ в різних країнах виникають свої специфічні задачі. Тому проблема нашого дослідження ще ніким не вирішена. При обласних адміністраціях України були сформовані громадські організації, які мали виробити методіку формування ТГ. Приймаючи участь в роботі такої організації була запропонована математична модель, яка описана в цій роботі. Розроблена модель є модифікацією задачі розбиття графу. Розв'язуванню цієї задачі за останнє десятиліття присвячено ряд робіт, які ґрунтуються на побудові ефективних алгоритмів з використанням природних систем (генетичні, ройові, мурашині алгоритми тощо) для різних прикладних задач. Зокрема у роботі [9] задача розбиття графу використовується для побудови збалансованих дерев. Такі математичні моделі вико-

ристовуються й для задач кластеризації [10]. Останнім часом значна увага приділяється потокам в мережах, що пов'язано із стрімким ростом зберігання інформації на різних серверах. Для цих задач також використовують розбиття графу на сильно зв'язані підграфи [11]. З цією задачею пов'язана й інша задача – розпаралелювання потоків в мережі [12, 13]. Всі ці прикладні задачі, які наведені в [9–13], за своєю суттю схожі на задачу формування ТГ, а саме пошук сильно пов'язаних кластерів в певній мережі. Проблемі побудові ефективних алгоритмів такої задачі присвячена робота [14]. Однак задача формування ТГ в Україні має свою специфіку, яка полягає в іншому критерії розбиття графу. А саме критерієм є зв'язність підграфу, а не величина потоків між підграфами. Тому необхідні додаткові дослідження з вирішення наведеної проблеми.

3. Мета і завдання дослідження

Метою роботи є розроблення математичного та програмного забезпечення формування ТГ, яке б враховувало обмеження, які наведені у законі України «Про об'єднання територіальних громад».

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- аналіз вхідних даних на основі яких здійснюється формування ТГ з метою побудови обмежень у математичній моделі задачі;
- розроблення критеріїв формування ТГ та їх формалізація;
- розроблення методу формування ТГ на основі побудованої математичної моделі.

4. Побудова математичної моделі формування територіальних громад

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) наведена на рис. 1. 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).

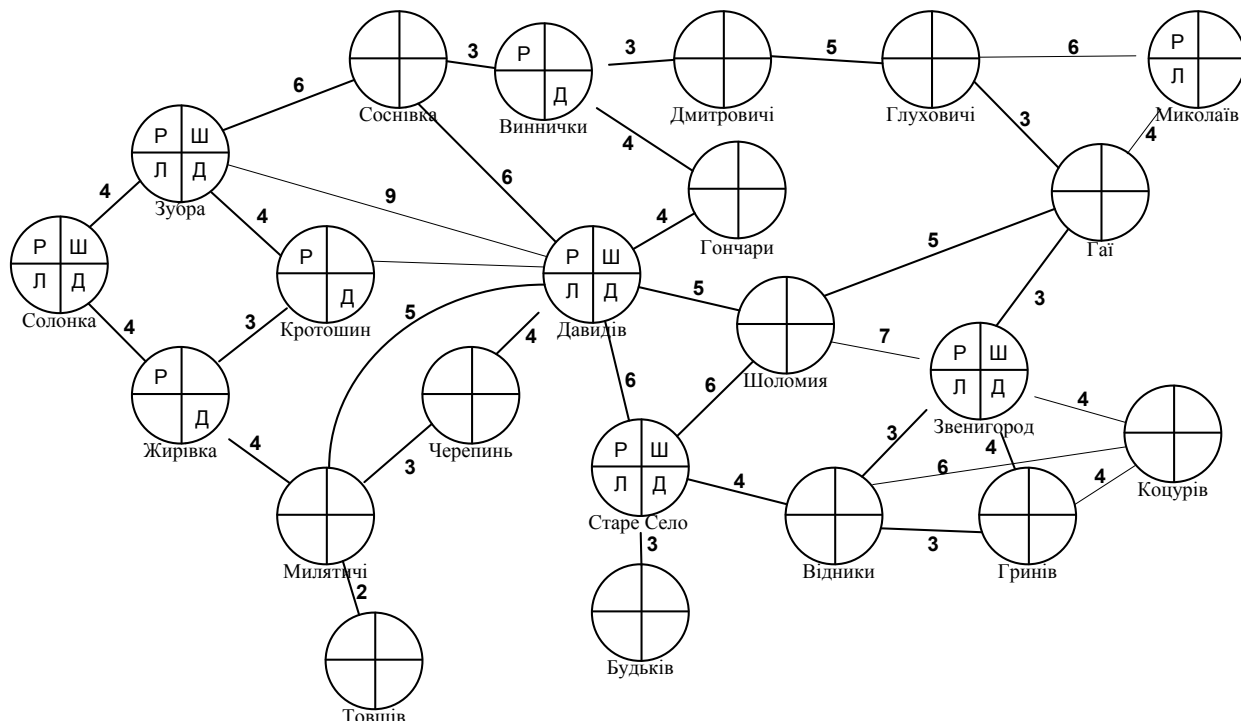


Рис. 1. Зважений граф окремої частини Пustomитівського району Львівської області

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 врахувати 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 наведені вище припущення, будемо вважати, що кожна ТГ складається із множини рад, тобто

$$Tg_i = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}. \tag{1}$$

У свою чергу, кожна рада R_j складається із множини НП, серед яких є \bar{P}_j , який дає назву раді, тобто

$$R_j = \{P_1, P_2, \dots, \bar{P}_j, \dots, P_{m_j}\}.$$

Вважаємо, що кількість учнів та хворих корелюються із кількістю населення (деякий відсоток), а тому ці дані до розгляду не приймаються. Для пропонуваної моделі суттєвими є такі дані: кількість населення (X), кількість загальноосвітніх шкіл III ступеня (Y), площа землі (Z), кількість лікарень (U), кількість дитячих садочків (V), різниця між доходами та видатками (Q). Зазначені дані для прикладу наведено у табл. 1.

Таблица 1

Вхідні дані для формування ТГ

НП	Кількість населення, тис. осіб X	Кількість шкіл, Y	Площа землі, Z	Кількість лікарень, U	Кількість дитсадочків, V	Доходи-видатки, тис. грн. Q
1. Зубра	2,7	1	1067,4	1	1	45,6
2. Солонка	6	1	2596	1	1	76,5
3. Миколаїв	3,2	–	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. У сукупності це обмеження запишемо так:

$$(\forall Tg_i): (Y_i^{Tg} > 0), (U_i^{Tg} > 0), (V_i^{Tg} > 0). \tag{2}$$

Введемо наступне означення. Раду назвемо незалежною, якщо в ній кількість лікарень, кількість шкіл та кількість дитячих садків більше нуля. Множину незалежних рад позначатимемо \hat{R} . Отже

$$(Y_i > 0), (U_i > 0), (V_i > 0) \rightarrow (R_i \in \hat{R}).$$

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. Для вище наведеного прикладу ради „Кротошин», „Миколаїв», „Виннички” та „Жирівка” є залежними, інші 5 незалежні. Підножина залежних рад утворює незалежну раду, якщо виконується умова (2).

2. Сумарну кількість населення в певному регіоні позначатимемо

$$\hat{X} = \sum_{j=1}^n X_j.$$

Сумарну різницю між доходами та видатками регіону:

$$\hat{Q} = \sum_{i=1}^n Q_i.$$

Будемо вважати, що кількість сформованих ТГ в регіоні наперед задана й дорівнює k . Тоді ще одним обмеженням на формування ТГ є приблизно однакова кількість населення у всіх ТГ, або знаходиться в деякому діапазоні:

$$X_{\max} \leq X_i^{Tg} \leq X_{\min}, \quad i = 1, 2, \dots, k, \tag{3}$$

де

$$X_{\max} = (1 + \delta_x) \frac{\hat{X}}{k},$$

$$X_{\min} = (1 - \delta_x) \frac{\hat{X}}{k},$$

де δ_x – відхилення від середньо зваженого показника (наприклад $\delta_x = 0,2$).

Аналогічно для величини Q :

$$Q_{\max} \leq Q_i^{Tg} \leq Q_{\min}, \quad i = 1, 2, \dots, k, \tag{4}$$

де

$$Q_{\max} = (1 + \delta_Q) \frac{\hat{Q}}{k},$$

$$Q_{\min} = (1 - \delta_Q) \frac{\hat{Q}}{k}.$$

В алгоритмі формування ТГ передбачимо, що величини δ_x та δ_Q є змінними.

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”). Введемо функцію суміжності рад, яку визначимо таким чином:

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

Матриця суміжності для нашого прикладу наведена у табл. 2.

Якщо ТГ складається більше, ніж з однієї ради, то для будь-якої ради, що входить у цю ТГ має існувати суміжна йому рада з цієї ТГ. Тобто

$$(\forall R_i \in Tg_i) (\exists R_j \in Tg_i) : (s(R_i, R_j) = 1). \tag{5}$$

4. Вважаємо, що за алгоритмом Флойда-Уоршалла на основі зваженого графу відстаней між НП, побудована матриця найкоротших відстаней d_{ij} між НП в межах заданого регіону [3]. Під час формування ТГ беремо підматрицю цієї матриці з НП, які входять у ТГ й аналізуємо її.

Вважатимемо (пропонуватимемо), що адміністративним центром A_i є НП, відстань від якого до всіх інших НП в межах ТГ є мінімальною й всі елементи відповідного рядка підматриці ≤ 25 , тобто

$$d_i = \sum_{j=1}^{n_i} d(\text{НП}_j, \text{НП}_i),$$

$$d(\text{НП}_j, \text{НП}_i) \leq 25, \quad i = 1, 2, \dots, n_i. \tag{6}$$

Таблиця 2

Суміжні ради в межах частини Пустомитівського району

Ради населених пунктів	Зубра	Солонка	Миколаїв	Давидів	Старе Село	Звенигород	Кротошин	Виннички	Жирівка
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

НП, які відповідають цій умові, формують множину P_A (НП підозрілих на центр ТГ). Якщо множина $P_A = \emptyset$, то ТГ з відповідних рад сформувати неможливо. Із ТГ необхідно виключити деяку раду. Вважаємо, що множина P_A не порожня. Тоді із цієї множини центром ТГ буде НП для якого:

$$A_i^{Tg} = \arg \min_{P \in P_A} d_i \quad (7)$$

Такому центру ТГ відповідає сумарна відстань до всіх інших НП ТГ d_i^{Tg} .

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

Таблиця 3

Відстані між окремими населеними пунктами в межах частини Пустомитівського району

Населені пункти	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 наведеного 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 k ТГ в певному регіоні буде мінімізація функції

$$f = \sum_{i=1}^k d_i^{Tg} \rightarrow \min \quad (8)$$

Тим самим отримуємо таку математичну модель задачі: сформувати в заданому регіоні так k ТГ (1), щоб мінімізувати функцію (8) при обмеженнях (2)–(6).

5. Метод та алгоритм розв'язування задачі

Пропонуємо для розв'язування задачі використати генетичні алгоритми. Розв'язок будемо шукати серед множини хромосом. Кількість генів у хромосомі рівна кількості рад n в регіоні (у нашому випадку n=9). Кожний ген відповідає за свій пул. Ген може приймати значення від 1 до k, де k – кількість ТГ, яких необхідно сформувати (для розглянутого прикладу будемо вва-

жати, що k=3). Тобто ген задає до якої ТГ відноситься відповідна рада. Загалом різних хромосом може бути k^n (для розглянутого прикладу – $3^9 = 19683$ різних хромосом). Якщо врахувати обмеження (2)–(6), то число хромосом, які задають варіант формування ТГ, набагато менша. В якості функції fitness беремо (8). Отримаємо такий алгоритм розв'язку задачі:

1) Ініціалізувати початкові дані (задати граф відстаней між НП, задати кількість шкіл, лікарень, дитячих садків в НП, утворити пули). Всі наведені дані зберігаються у розробленій базі даних;

2) Задати кількість ТГ на виході k;

3) Задати δ_x та δ_Q ;

4) Задати кількість поколінь M. Запустити генетичний алгоритм;

4.1) Згенерувати випадковим чином початкову популяцію з N хромосом, які задовольняють умову (2). Задати m=0;

4.2) Відібрати $\left\lfloor \frac{N}{2} \right\rfloor$ хромосом, які задовольняють

умови (3)–(6) й для яких (8) мінімальна. Якщо таких хромосом $\left\lfloor \frac{N}{2} \right\rfloor$ не набереться, то відібрати до цієї кількості хромосом ті, для яких (8) мінімальна;

4.3) За допомогою операторів мутації й селекції згенерувати ще $\left\lfloor \frac{N}{2} \right\rfloor$ нових хромосом, які задовольняють (2);

4.4) m = m + 1. Якщо m < M, то повернутись до 4.2.

1) Перевірити, чи існують хромосоми, що задовольняють (2)–(6). Якщо таких хромосом немає, то збільшити величини $\delta_x = \delta_x + h_x$ та $\delta_Q = \delta_Q + h_Q$. Перейти до п. 4;

2) Видати розв'язок задачі у вигляді хромосоми для якої (8) мінімальна.

Якщо розв'язок знайдено відразу без корегування значень δ_x та δ_Q , то радимо такі їх збільшити на деяку величину й перезапустити алгоритм. Експертно порівняти отримані розв'язки. Можливо новий буде кращий за попередній.

6. Результати досліджень запропонованого підходу формування ТГ

Розроблена модель базується на аналізі статистичних даних, які є підґрунтям для обґрунтування такого об'єднання НП в одну ТГ. Наповнивши на вході базу даних певного регіону України відповідними даними, на виході отримуємо запропоновані ТГ. Оскільки НП в певному регіоні може бути значна кількість, то запропоновано використати генетичні алгоритми для розв'язування такої задачі. Запропонований метод показав ефективність на прикладі формування ТГ в Пустомитівському районі Львівської області. Так для розглянутого вище прикладу на основі розробленого алгоритму, отримано такі ТГ, які наведені у табл. 4.

Легко перевірити, що у кожній сформованій ТГ наявна школа III ступеня, адміністративна будівля, заклад охорони здоров'я, дитячий садочок. Такий розподіл НП за 3-ма ТГ мінімізує суму відстаней від центру громади до інших НП громади при обмеженні, що відхилення по кількості населення у сформованих громадах не перевищує 20% й відхилення різниці між доходами та ви-

тратами не перевищує 50 % (згідно із думкою експертів це обмеження на формування ТГ є незначним, оскільки доходи та витрати динамічно змінюється на відміну від кількості осіб, що проживають у НП). Для отриманого розв'язку відхилення по кількості населення складає 18 % (найбільше в ТГ з центром «Зубра» 11 тис. осіб, найменше в ТГ з центром «Звенигород» – 6,3 тис. осіб, загалом у досліджуваному регіоні – 26,4 тис. осіб).

Таблиця 4

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

Запропонований підхід можна застосувати до будь-якого регіону України. Гнучкість у зміні параметрів δ_x та δ_Q дає змогу передбачати, що сформовані ТГ задовольнятимуть основним обмеженням.

Недоліком запропонованого підходу є те, що не враховані всі ознаки чи характеристики, які визначені в законі й можуть впливати на прийняття рішень щодо формування ТГ.

Подальші дослідження полягатимуть в ускладненні задачі за рахунок врахування розкладу транспортних засобів (автобуси, потяги тощо). Також розробити ефективні алгоритми розв'язування задачі, якщо врахувати що ТГ будуть формуватись окремими НП, а не цілим пулом. Для цього передбачено

використати онтологію правил побудови ТГ та роїві алгоритми.

7. Висновки

Запропоновано підхід до моделювання процесу формування територіальних громад на основі об'єднання кількох населених пунктів в одну громаду. Розроблено математичну модель такої задачі, яка полягає у розбитті зваженого графу на окремі підграфи з врахуванням додаткових умов. Такі додаткові умови полягають в існуванні окремих адміністративних будівель в межах територіальної громади, а також кількості населення та прибутковості.

Розроблено критерій оптимізаційної задачі формування ТГ, який полягає в мінімізації шляхів між НП із центрами громад.

Розроблена математична модель є NP-повною задачею з 5 обмеженнями на пошук її розв'язку. Обмеження полягають в існуванні певних адміністративних будівель в межах формованої ТГ, а також приблизно однакового розподілу населення між громадами. Щоб не використовувати методи повного перебору для пошуку розв'язку, запропоновано використати методи штучного інтелекту.

Для розв'язування задачі формування ТГ на основі побудованої математичної моделі використано генетичні алгоритми. Здійснено апробацію запропонованого підходу на окремій частині Пустомитівського району Львівської області. Отриманий розв'язок, на думку групи експертів з формування ТГ, показав задовільний результат.

Література

1. Закон України Про добровільне об'єднання територіальних громад [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/157-19>
2. Евстигнеев, В. А. Применение теории графов в программировании [Текст] / В. А. Евстигнеев. – М.: Наука, 1985. – 352 с.
3. Свами, М. Графы, сети и алгоритмы [Текст] / М. Свами, К. Тхуласираман. – М.: Наука, 1984. – 256с.
4. Lytvyn, V. Searching the Relevant Precedents in Dataspaces Based on Adaptive Ontology [Text] / V. Lytvyn, N. Shakhovska, V. Pasichnyk, D. Dosyn // Computational Problems of Electrical Engineering. – 2012. – Vol. 2, Issue 1. – P. 75–81.
5. Dosyn, D. Planning of Intelligent Diagnostics Systems Based Domain Ontology [Text] / D. Dosyn, V. Lytvyn, // The VIIIth International Conference Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, 2012. – 103 p.
6. Lytvyn, V. Intelligent agent on the basis of adaptive ontologies construction [Electronic resource] / V. Lytvyn, D. Dosyn, M. Medykovskyj, N. Shakhovska. – Signal Modelling Control, 2011. – Available at: <http://it.p.lodz.pl/>
7. Montes-y-Gómez, M. Comparison of Conceptual Graphs [Text] / M. Montes-y-Gómez, A. Gelbukh, A. López-López // Lecture Notes in Artificial Intelligence. – 2000. – Vol. 1793. – P. 548–556. doi: 10.1007/10720076_50
8. Lytvyn, V. Design of intelligent decision support systems using ontological approach [Text] / V. Lytvyn // An international quarterly journal on economics in technology, new technologies and modelling processes. – 2013. – Vol. II, Issue 1. – P. 31–38.
9. Feldmann, A. Balanced Partitions of Trees and Applications [Text] / A. Feldmann, L. Foschini // Proceedings of the 29th International Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science, 2012. – P. 100–111.
10. Alzate, C. Multiway Spectral Clustering with Out-of-Sample Extensions through Weighted Kernel PCA [Text] / C. Alzate, J. Suykens // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2010. – Vol. 32, Issue 2. – P. 335–347. doi: 10.1109/tpami.2008.292
11. Kurve, N. A graph partitioning game for distributed simulation of networks [Text] / N. Kurve, J. Griffin, A. Kesidis // Proceedings of the 2011 International Workshop on Modeling, Analysis, and Control of Complex Networks, 2011. – P. 9–16.
12. Chevalier, C. PT-Scotch: A Tool for Efficient Parallel Graph Ordering [Text] / C. Chevalier, F. Pellegrini // Parallel Computing. – 2008. – Vol. 34, Issue 6-8. – P. 318–331. doi: 10.1016/j.parco.2007.12.001
13. Meyerhenke, H. Shape Optimizing Load Balancing for MPI-Parallel Adaptive Numerical Simulations [Text] / H. Meyerhenke // 10th DIMACS Implementation Challenge on Graph Partitioning and Graph Clustering, 2013. – P. 67–82.
14. Meyerhenke, H. A New Diffusion-Based Multilevel Algorithm for Computing Graph Partitions [Text] / H. Meyerhenke, B. Monien, T. Sauerwald // Journal of Parallel Computing and Distributed Computing. – 2008. – Vol. 69, Issue 9. – P. 750–761. doi: 10.1016/j.jpdc.2009.04.005