

Київський національний університет будівництва і архітектури  
Міністерство освіти і науки України

Київський національний університет будівництва і архітектури  
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**Якусевич Андрій Григорович**

УДК 514.18

## **ДИСЕРТАЦІЯ**

### **ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ КЛАСТЕРНИХ СТРУКТУР**

Спеціальність 05.01.01 – Прикладна геометрія, інженерна графіка  
Галузь знань – 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

**А. Г. Якусевич**

Науковий керівник **Панько Олексій Миколайович**, канд. техн. наук, доцент

Київ – 2021

## АНОТАЦІЯ

*Якусевич А.Г.* Геометричне моделювання організаційних кластерних структур. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.01.01 «Прикладна геометрія, інженерна графіка». – Київський національний університет будівництва і архітектури, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2021.

Характерною рисою сучасного етапу розвитку суспільства є прагнення багатьох підприємств, установ та фірм різних форм власності до суттєвого покращення своїх *організаційних структур* із метою забезпечення підвищення ефективності їх функціонування. Відповідні методи управління в поєднанні з належними новітніми технологіями виробництва реалізують необхідні конкурентні переваги в умовах ринкових відносин. Показниками успішності таких заходів слугує здатність компаній оперативно впроваджувати нововведення, отримувати відповідний економічний зиск, накопичувати фінансові, матеріальні, інтелектуальні та інші інноваційні ресурси. Про це свідчить практика провідних фірм світу, які постійно гнучко перебудовують свою структуру, адаптуючись до наявних мінливих зовнішніх обставин.

Нинішня ситуація в народному господарстві Україні вимагає нагального теоретичного розроблення і практичного впровадження нових соціально-економічних моделей, що здатні реалізувати сталий розвиток суспільства. Одним із таких є *кластерний підхід* до організації промислової, сільськогосподарської, торгівельної, освітньої, медичної та інших видів людської діяльності. Останній полягає в поєднанні зусиль держави, бізнесу, науки з метою підвищення конкурентоспроможності економіки регіонів, успішного розв'язання існуючих соціальних проблем, раціонального використання природних ресурсів тощо. Тому кластерний підхід розглядається як інноваційна складова *регіонального та державного управління*.

На думку багатьох фахівців у час кризи організаційні кластерні соціально-економічної моделі найбільш доцільні, оскільки суттєво пришвидшують інноваційні процеси. Останні стосуються виготовлення нових видів продукції, застосування передових технологій, розширення ринку послуг та збуту товарів, підвищення ефективності організаційних структур управління, покращення соціального обслуговування населення, впровадження необхідних природоохоронних заходів і т. д. Таким чином, кластерний підхід є певною прогресивною управлінською технологією, яка поліпшує конкурентоздатність не тільки окремих регіонів чи галузей народного господарства, а й усієї держави загалом.

Під *кластером* зазвичай розуміють поєднання схожих або близько розташованих за визначеними критеріями складових, які утворюють єдине ціле, що має належні властивості. В *економіці* – це розміщені на певній території взаємодіючі між собою підприємства, організації, установи і т. д. У *містобудуванні* – автономні частини міста, які надають їх мешканцям повний набір соціально-комунальних послуг. У сфері *державного управління* кластерами є об'єднані територіальні громади, тобто адміністративно-територіальні утвореннями, сформовані в результаті інтеграції суміжних територіальних громад сіл, селищ і міст, відповідно сільських, селищних та міських рад. Термін «кластер» широко вживається також у природничих, технічних і гуманітарних науках, наприклад, у *хімії* – це деяка група молекул, в *інформаційних технологіях* – кілька поєднаних комп'ютерів, у *лінгвістиці* – споріднені мови тощо.

Згідно з обраною темою даного наукового дослідження, яка присвячена геометричному моделюванню організаційних соціально-економічних кластерних структур, у нашому випадку під кластером матимемо на увазі поєднання певних територіальних ділянок в єдине ціле для досягнення поставленої мети.

Отже, нині *соціально-економічні територіальні кластери* постають провідними компонентами для забезпечення сталого розвитку на регіональному та національному рівні, які спираються на інноваційне державно-приватне партнерство.

Відомо, що останні десятиліття характеризуються стрімким прискоренням модифікацій різноманітних організаційних структур та їх взаємозв'язків, удосконаленням процесів прийняття управлінських рішень із широким застосуванням комп'ютерних інформаційних технологій. Виконувана при цьому оптимізація стосується не тільки матеріальних та фінансових ресурсів, а й інтелектуальних, соціальних, природних тощо.

Дисертацію виконано на кафедрі архітектурних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури згідно з науково-дослідною темою «Розробка геометричних моделей складних об'єктів і процесів».

*Об'єктом дослідження* є системні геометричні моделі організаційних кластерних структур інноваційного територіального соціально-економічного розвитку.

*Предмет дослідження* становлять процеси геометричного моделювання організаційних кластерних структур.

Дисертаційна робота складається з чотирьох розділів. У *першому* проаналізовано сучасний стан геометричного моделювання організаційних кластерних структур. При цьому розглянуто основні положення кластерного підходу, існуючі організаційні структури, визначено перспективні напрямки їх вдосконалення з використанням геометричних засобів, сформульовано завдання даного наукового дослідження.

*Другий розділ* присвячено базовим теоретичним засадам запропонованої концепції моделювання, подано відповідні інтегровані моделі територіальної кластеризації на основі структурно-параметричної методології, описано розроблені способи геометричного відтворення організаційних кластерних та ієрархічних структур, належні прийоми й алгоритми.

У *третьому розділі* наведено безпосереднє практичне застосування напрацьованих засобів моделювання, різних варіантних стратегій кластеризації, побудови динамічних різновидів організаційних кластерних структур, проаналізовано приклади виконання потрібних оптимізаційних розрахунків, моделювання типових організаційних структур.

*Четвертий розділ* присвячено перспективам подальшого розвитку геометричного моделювання організаційних кластерних структур. Розглянуто питання вдосконалення існуючих теоретичних положень, способів, алгоритмів, моделей та методик, розширення сфери їх практичного використання, зокрема, в середовищі BIM (Building Information Modeling)-технологій.

Отже, в результаті проведених наукових розвідок розроблено теоретичні основи формування інтегрованих моделей територіальної соціально-економічної кластеризації на основі структурно-параметричної методології, що завдяки застосуванню відповідних запропонованих нових способів, прийомів та алгоритмів реалізують можливість оптимізації різноманітних ресурсів. Цьому також сприяють напрацьовані методики відтворення багатоманітних організаційних кластерних структур. Отримані результати перевірено тестовими прикладами і впроваджено на практиці.

Таким чином, даним дослідженням здійснено вклад у подальший розвиток теорії системних геометричних моделей організаційних кластерних структур із метою забезпечення інноваційного регіонального та державного територіального соціально-економічного управління.

Для виконання сформульованих у дисертаційній роботі завдань використовувались методи аналізу та синтезу, аналітичної й обчислювальної геометрії, теорії множин та графів, організаційних структур, кластерного підходу, геометричного моделювання об'єктів і процесів; структурно-параметричної методології, теорії оптимізації, алгоритмів, програмування, баз даних, систем автоматизованого проектування та комп'ютерної графіки.

Достовірність одержаних наукових результатів підтверджено впровадженнями:

– в Товаристві з обмеженою відповідальністю «Північно-український будівельний альянс» у вигляді розроблених у дисертаційному дослідженні теоретичних положень і методик під час опрацювання питань розширення сфери діяльності підприємства та організації нових будівельних проектів, що забезпечило покращення економічних показників функціонування;

– у Товаристві з обмеженою відповідальністю «Буд-оптіма констракшен» при реорганізації структур керування виробничими процесами, оптимізації організаційної роботи з субпідрядниками та клієнтами завдяки запропонованому в дисертації науковому підходу, напрацьованим методикам і моделям, які сприяють зменшенню фінансово-матеріальних витрат;

– у навчальний процес БНЕС Центру Київського національного університету будівництва і архітектури при підготовці фахівців з обстеження інженерних систем будівель та споруд у вигляді теоретичної концепції, способів, прийомів й алгоритмів територіальної кластеризації, що дозволяє слухачам підвищувати ефективність своєї професійної практичної діяльності.

Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає в тому, що *вперше*:

– *розроблено* організаційну геометричну модель кластерних структур.

*Удосконалено*:

– теорію організаційного кластерного інноваційного територіального соціально-економічного управління за рахунок нових способів, прийомів, алгоритмів і методик геометричного моделювання;

– структурно-параметричну методологію розвитку прикладної геометрії через запровадження новітнього способу математичного представлення ієрархічних структур та способу полігональної кластеризації для моделювання територіальних організаційних структур.

*Отримала подальший розвиток*:

– методологія структурно-параметричного підходу шляхом розроблення на її основі нових інтегрованих моделей територіальної кластеризації.

За темою дисертаційного дослідження опубліковано 8 праць, із яких 1 – в періодичному науковому виданні держави Європейського Союзу; 4 – в наукових фахових виданнях України; 3 – в матеріалах міжнародних науково-практичних конференцій.

*Ключові слова*: геометричне моделювання, кластерний підхід, організаційні структури, структурно-параметричне моделювання, BIM-технології.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Статті в періодичних наукових виданнях інших держав*

1. Yakusevich A., Leshchenko V., Yakusevich S., Skochko V. Comparative analysis of numerical modeling methods of temperature fields related to the problems of energy efficient structures designing. // Scientific letter of Academes Society of Michail Baludyansky. 2020. Volume 8. N1a. P. 144–152. Особистий внесок здобувача: виконано кластерний аналіз методів чисельного моделювання.

*Статті в наукових фахових виданнях України*

2. Якусевич А.Г., Микитась М.В., Скочко В.І. Теоретичні аспекти формування організаційних кластерів засобами дискретної геометрії. *Сучасні проблеми моделювання*. Мелітополь: МДПУ, 2019. Вип. 14. С. 122–139. (Журнал входить до наукометричної бази Google Scholar).

Особистий внесок здобувача: запропоновано моделювання різноманітних організаційних кластерних структур геометричними засобами із забезпеченням максимального позитивного ефекту від взаємодії належних складових під час виконання опрацьовуваними системами поставлених перед ними завдань.

3. Якусевич А.Г., Терещук М.О. Геометричне моделювання організаційних кластерних структур як засіб підвищення ефективності використання різноманітних ресурсів. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 14. С. 12–19. (Журнал входить до наукометричних баз Google Scholar, Worldcat, BASE).

Особистий внесок здобувача: розроблено спосіб геометричного моделювання організаційних структур, що спирається на комплексне поєднання кластерного та ієрархічного аналізу зі структурно-параметричним підходом.

4. Якусевич А.Г., Терещук М.О. Спосіб представлення ієрархічних організаційних кластерних структур у задачах економії ресурсів. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. Київ: КНУБА, 2020. Вип.

15. С. 7–14. (Журнал входить до наукометричних баз Google Scholar, Worldcat, BASE).

Особистий внесок здобувача: розроблено математичний апарат запропонованого способу представлення ієрархічних організаційних кластерних структур.

5. Якусевич А.Г. Деякі перспективні напрямки розвитку геометричного моделювання організаційних кластерних структур. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. Київ: КНУБА, 2016. Вип. 36 (2). С. 106–112.

#### *Апробація матеріалів дисертації*

6. Якусевич А.Г., Микитась М.В. Формування організаційних кластерів засобами дискретної геометрії. *Тези доповідей 21 міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми геометричного моделювання»*. Мелітополь, 2019. С. 20–21.

Особистий внесок здобувача: запропоновано для формування організаційних кластерних структур використовувати розроблені графові моделі відтворення взаємодії суб'єктів ринкових відносин із метою підвищення ефективності їх господарювання.

7. Якусевич А.Г. Формування багатофункціональних організаційних кластерів у будівництві. *International scientific-practical conference of young scientists "Build-Master-Class-2019": Conference Proceedings*. Київ, 2019. С. 84–85.

8. Якусевич А., Панько О., Терещук М., Лаврухіна К. Алгоритм послідовної кластеризації в системі «замовник-виконавець» у будівництві. *International scientific-practical conference of young scientists "Build-Master-Class-2020": Conference Proceedings*. Київ, 2020. С. 86–87.

Особистий внесок здобувача: розроблено структуру типових організаційних взаємовідносин «замовник-виконавець» у будівельній галузі.



## ANNOTATION

*Yakusevych A.G.* Geometric modeling of cluster organizational structures. – Qualifying scientific work, the manuscript.

Thesis for the degree of a Candidate of Engineering Sciences in specialty 05.01.01 «Applied geometry, engineering graphics». – Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, 2021.

A characteristic feature of the current stage of development of society is the desire of many enterprises, institutions, firms and companies of various forms of ownership to significantly improve their *organizational structures* in order to ensure the efficiency of their operation. Appropriate management methods in combination with the latest production technologies realize the necessary competitive advantages in market conditions. Indicators of the success of such measures are the ability of companies quickly implement innovations, obtain the appropriate economic benefit, and accumulate financial, material, intellectual and other innovative resources. This is evidenced by the practice of the world's leading companies, which are constantly flexibly rebuilding their structure, adapting to the existing changing external circumstances.

The current problematic situation in the national economy of Ukraine requires urgent theoretical development and practical implementation of new socio-economic models that are able to realize sustainable development of society. One of these is the cluster approach to the organization of industrial, agricultural, trade, educational, medical and other types of human activity. It consists of combining the efforts of the state, business and science in order to increase the competitiveness of the economy of the regions, the successful solution of existing social problems, the rational use of natural resources and more. Therefore, the cluster approach is often viewed as an innovative component of *regional and state management*.

According to many experts, during the crisis, cluster organizational socio-economic models are the most appropriate, since they significantly accelerate

innovation processes. The latter relate to the manufacture of new types of products, the use of advanced technologies, the expansion of the market for services and sales of goods, increasing the efficiency of organizational management structures, improving social services for the population, introducing appropriate environmental protection measures, etc. Thus, the cluster approach is a certain progressive management technology that improves the competitiveness not only of individual regions or sectors of the national economy, but also the state as a whole.

A *cluster* is usually understood as a combination of components that are similar or close by certain criteria, which form a single whole that has the corresponding properties. In the *economy*, these are enterprises, organizations, institutions, etc., located on a common territory, interacting with each other. In *urban planning*, these are autonomous parts of the city that provide their residents a full range of social and communal services. In the sphere of *public administration*, clusters are united territorial communities, that is administrative-territorial entities formed as a result of the integration of adjacent territorial communities of villages, townships and cities (village, settlement and city councils, respectively). The term "cluster" is also widely used in the natural, technical and human sciences, for example, in *chemistry* – it is a certain group of molecules, in *information technologies* – several connected computers, in *linguistics* – related languages, and so on.

According to the chosen topic of this research, which is devoted to the geometric modeling of cluster socio-economic organizational structures, in our case by cluster we mean the combination of certain territorial areas into a single whole to achieve a specific goal.

Now socio-economic territorial clusters are the leading components for ensuring sustainable development at the regional and national levels, which are based on innovative public-private partnerships.

It is known that the last decades are characterized by the rapid acceleration of modifications of various organizational structures and their relationships, the improvement of management decision-making processes with the widespread use of

computer information technologies. Optimization of management concerns not only material and financial resources, but also intellectual, social, natural, etc.

The dissertation was completed at the Department of Architectural Structures of the Kyiv National University of Construction and Architecture in accordance with the research topic "Development of geometric models of complex objects and processes".

*The object of the research* is the system geometric models of cluster organizational structures of innovative territorial socio-economic development.

*The subject of the research* is the processes of geometric modeling of cluster organizational structures.

The dissertation consists of four sections. The *first* one analyzes the current state of geometric modeling of cluster organizational structures. At the same time, the main provisions of the cluster approach and existing organizational structures are considered, promising directions for improving organizational cluster structures using geometric means are identified, the tasks of this dissertation research are formulated.

The *second section* outlines the basic theoretical foundations of the proposed modeling concept, presents the developed integrated models of territorial clustering based on structural-parametric methodology, describes the developed methods of geometric reproduction of cluster organizational and hierarchical structures, appropriate techniques and algorithms.

The *third section* presents the practical application of the developed modeling tools, various variant clustering strategies, the creation of dynamic varieties of cluster organizational structures, analyzes examples of appropriate optimization calculations, modeling of typical organizational structures.

The *fourth section* is devoted to the prospects for the further development of geometric modeling of cluster organizational structures. The issues of improving the existing theoretical provisions, methods, algorithms, models and techniques, expanding the scope of their practical use, in particular, in the environment of BIM (Building Information Modeling)-technologies are considered.

So, as a result of the scientific research, the theoretical foundations for the formation of integrated models of territorial clustering based on structural-parametric methodology have been developed. The possibility of optimizing various resources is realized through the use of the corresponding proposed new methods, techniques and algorithms. This is also facilitated by the developed methods of reproduction of diverse cluster organizational structures. The obtained results are verified by test examples and implemented in practice.

Thus, the research made a contribution to the further development of the theory of system geometric models of cluster organizational structures to ensure innovative regional and state territorial socio-economic management.

Methods of analysis and synthesis, analytical and computational geometry, set and graph theory, organization structures, cluster approach, geometric modeling of objects and processes, structural-parametric methodology, theory of optimization, algorithms, programming, databases, computer-aided design systems and computer graphics were used to perform the tasks formulated in the dissertation work.

The reliability of the scientific results obtained in the research was confirmed by the implementations:

- in the Limited Liability Company "North-Ukrainian Construction Alliance" in the form of theoretical provisions and methods developed in the dissertation research during the study of expanding the scope of the enterprise and the organization of new construction projects, which improved economic performance;

- in the Limited Liability Company "Bud-Optima Construction" in the reorganization of management structures of production processes, optimization of organizational work with subcontractors and customers due to the scientific approach proposed in the dissertation, developed methods and models that help reduce financial and material costs;

- in the educational process of NZEB Hub of Kyiv National University of Construction and Architecture in training specialists in the inspection of engineering systems of buildings and structures in the form of theoretical concepts, methods,

techniques and algorithms of territorial clustering, which allows students to increase the effectiveness of their professional practice.

The scientific novelty of the dissertation research is that for the first time:

– the organizational geometrical model of cluster structures is developed.

*Improved:*

– the theory of organizational cluster innovative territorial socio-economic management due to new methods, techniques, algorithms and methods of geometric modeling;

– structural-parametric methodology of development of applied geometry through introduction of the newest way of mathematical representation of hierarchical structures and a way of polygonal clustering for modeling of territorial organizational structures.

*Received further development:*

– methodology of structural-parametric approach by developing on its basis new integrated models of territorial clustering.

On the topic of dissertation research published 8 works, of which 1 in the periodical scientific publication of the country of the European Union; 4 – in scientific professional editions of Ukraine; 3 – in the materials of international scientific-practical conferences.

*Key words: geometric modeling, cluster approach, organizational structures, structural-parametric modeling, BIM-technologies.*

## LIST OF THE APPLICANT'S PUBLICATIONS ON THE TOPIC OF THE DISSERTATION

### *Articles in periodicals of other countries*

1. Yakusevich A., Leshchenko V., Yakusevich S., Skochko V. Comparative analysis of numerical modeling methods of temperature fields related to the problems of energy efficient structures designing. // Scientific letter of Academes Society of Michail Baludyansky. 2020. Volume 8. N1a. P. 144–152.

Personal contribution of the applicant: cluster analysis of numerical simulation methods was performed.

*Articles in scientific professional editions of Ukraine*

2. Iakusevych A.G., Mykytas M.V., Skochko V.I. Theoretical aspects of the formation of organizational clusters by means of discrete geometry. *Modern problems of modeling*. Melitopol: MSPU, 2019. Issue. 14. P. 122–139. (The collection is indexed in scientific databases Google Scholar).

Personal contribution of the applicant: various cluster organizational structures are proposed to be modeled by geometric means to ensure the maximum positive effect from the interaction of the corresponding components during performance by the processed systems of the tasks set before them.

3. Iakusevych A.G., Tereschuk M.O. Geometric modeling of organizational cluster structures as a means of improving the efficiency of using various resources. *Energy efficiency in civil engineering and architecture*. Kyiv: KNUCA, 2020. Issue 14. P. 12–19. (The journal is indexed in scientific databases Google Scholar, Worldcat, BASE).

Personal contribution of the applicant: the method for geometric modeling of organizational structures has been developed, which is based on a complex combination of cluster and hierarchical analysis with the structural-parametric approach.

4. Iakusevych A.G., Tereschuk M.O. A method of representing hierarchical organizational cluster structures in resource saving tasks. *Energy efficiency in civil engineering and architecture*. Kyiv: KNUCA, 2020. Issue 15. P. 7–14. (The journal is indexed in scientific databases Google Scholar, Worldcat, BASE).

Personal contribution of the applicant: the mathematical apparatus of the proposed method for representing hierarchical organizational cluster structures has been developed.

5. Yakusevych A.G. Some perspective directions for the development of geometrical modeling of organizational cluster structures.. Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations. . Kyiv: KNUCA, 2016. Issue 36 (2). P. 106–112.

*Approbation of the dissertation materials*

6. Iakusevych A.G., Mykytas M.V. Formation of organizational clusters by means of discrete geometry. *Abstracts of the 21st International Scientific and Practical Conference "Modern Problems of Geometric Modeling"*. Melitopol, 2019. P. 20–21.

Personal contribution of the applicant: the developed graph models are proposed to be used for the formation of organizational cluster structures for the reproduction of the interaction of the subjects of market relations in order to increase the efficiency of their management.

7. Iakusevych A.G. Formation of multifunctional organizational clusters in construction. *International scientific-practical conference of young scientists "Build-Master-Class-2019": Conference Proceedings*. Kyiv, 2019. P. 84–85.

8. Iakusevych A., Panko O., Tereshchuk M., Lavrukhina K. Algorithm of sequential clustering in the "customer-executor" system in construction. *International scientific-practical conference of young scientists "Build-Master-Class-2020": Conference Proceedings*. Kyiv, 2020. P. 86–87.

Personal contribution of the applicant: the structure of typical organizational relationships "customer-performer" in the construction industry has been developed.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	18
ВСТУП .....	19
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ КЛАСТЕРНИХ СТРУКТУР .....	25
1.1. Кластерний підхід .....	25
1.2. Організаційні структури.....	35
1.3. Деякі перспективні напрямки опрацювання організаційних кластерних структур геометричними засобами .....	40
1.4. Основні завдання дисертаційного дослідження.....	42
Висновки до розділу 1 .....	43
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЗАПРОПОНОВАНОЇ КОНЦЕПЦІЇ МОДЕЛЮВАННЯ .....	46
2.1. Базові положення .....	46
2.2. Інтегровані моделі кластеризації на основі структурно-параметричної методології.....	52
2.3. Спосіб представлення ієрархічних організаційних структур.....	61
2.4. Спосіб полігональної кластеризації .....	66
Висновки до розділу 2 .....	71
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ РОЗРОБЛЕНИХ СПОСОБІВ ТА АЛГОРИТМІВ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ .....	75
3.1. Вихідні дані для кластеризації.....	75
3.2. Інтегрована структурно-параметрична кластерна модель.....	82
3.2.1. Варіанти кластеризації .....	82
3.2.2. Динамічні організаційні кластерні структури .....	89
3.3. Приклади оптимізаційних розрахунків .....	95
3.4. Моделювання типових організаційних структур .....	99
Висновки до розділу 3 .....	107



РОЗДІЛ 4. ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ КЛАСТЕРНИХ СТРУКТУР ....	110
4.1. Вдосконалення теоретичних положень, способів, алгоритмів та моделей .....	110
4.2. Розширення сфери практичного застосування .....	115
Висновки до розділу 4 .....	116
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	119
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	122
ДОДАТОК А. ІЛЮСТРАЦІЇ ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБЛЕНОЇ КОНЦЕПЦІЇ.....	137
А.1. Опрацьовувані варіанти кластеризації.....	137
А.2. Приклади фрагментів комп'ютерних програм.....	148
ДОДАТОК Б. ДОКУМЕНТИ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ .....	156
ДОДАТОК В. СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.....	160

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

ОКС – організаційні кластерні структури;

САПР – системи автоматизованого проектування;

СПГМ – структурно-параметрична геометрична модель;

BIM – (Building Information Modeling) будівельне інформаційне моделювання;

CALS – (Continuous Acquisition of Life-cycle Support) неперервне підтримування життєвого циклу.

## ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Характерною рисою сучасного розвитку суспільства є прагнення багатьох підприємств, установ та фірм до постійного вдосконалення своїх *організаційних структур* для підвищення ефективності їх функціонування. Належні методи управління в поєднанні з новітніми технологіями виробництва забезпечують потрібні конкурентні переваги в умовах ринку. Такі заходи дають змогу компаніям оперативно впроваджувати нововведення, отримувати прибуток, накопичувати фінансові, матеріальні, інтелектуальні та інші інноваційні ресурси. Це підтверджує практика провідних фірм світу, які гнучко перебудовують свою структуру, оперативно адаптуючись до мінливих зовнішніх факторів.

Існуюча ситуація в народному господарстві України вимагає термінового теоретичного розроблення і практичного впровадження нових соціально-економічних моделей, що здатні реалізувати сталий розвиток суспільства. Одним із таких є *кластерний підхід* до організації промислової, сільськогосподарської, торгівельної, освітньої, медичної та інших видів діяльності, який полягає в поєднанні зусиль держави, бізнесу й науки для підвищення конкурентоспроможності економіки регіонів, розв'язання наявних соціальних проблем, раціонального використання природних ресурсів і т. д. Тому кластерний підхід розглядається як інноваційна складова *регіонального та державного управління*.

Під *кластером* зазвичай розуміють поєднання схожих або близько розташованих за визначеними критеріями складових, які утворюють єдине ціле, що має належні властивості. Згідно з обраною темою наукового дослідження, яка присвячена геометричному моделюванню організаційних соціально-економічних кластерних структур, у нашому випадку під кластером розумітимемо поєднання певних територіальних ділянок в єдине ціле для досягнення поставленої мети.

Отже, нині *соціально-економічні територіальні кластери* постають провідними компонентами для забезпечення сталого розвитку на регіональному та національному рівні, які спираються на інноваційне державно-приватне партнерство.

Останні десятиліття свідчать про стрімке прискорення модифікацій різноманітних організаційних структур та їх взаємозв'язків, удосконалення процесів прийняття управлінських рішень із широким застосуванням комп'ютерних інформаційних технологій. Здійснювана оптимізація стосується не тільки матеріальних та фінансових ресурсів, а й інтелектуальних, соціальних, природних тощо.

Таким чином, наведені вище факти обумовлюють актуальність обраної теми наукового дослідження, отриманими результатами якого обґрунтовано провідну роль геометричних засобів щодо успішного вирішення окреслених питань. Одержані теоретичні здобутки сприяють покращенню створення багатьох організаційних кластерних структур (ОКС) та їх використанню на практиці.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертацію виконано в Київському національному університеті будівництва і архітектури відповідно до науково-дослідної теми «Розробка геометричних моделей складних об'єктів і процесів» кафедри архітектурних конструкцій.

**Мета дослідження** полягає у вдосконаленні опрацювання організаційних кластерних структур інноваційного територіального соціально-економічного розвитку шляхом створення відповідних нових способів, прийомів, алгоритмів і методик геометричного моделювання.

Для досягнення вказаної мети визначено наступні завдання:

1. *Виконати* аналіз нинішнього стану геометричного моделювання організаційних кластерних структур.

2. *Розробити* теоретичні засади концепції геометричного моделювання організаційних кластерних структур, що спирається на структурно-параметричну методологію.

3. *Розробити* нові способи, прийоми та алгоритми моделювання організаційних кластерних структур.

4. *Розробити* на основі напрацьованого математичного апарату нові інтегровані структурно-параметричні геометричні моделі територіальної кластеризації.

5. *Здійснити* впровадження отриманих у дисертації наукових результатів у практику.

6. *Визначити* перспективи подальшого розвитку геометричного моделювання організаційних кластерних структур.

*Об'єктом дослідження* є системні геометричні моделі організаційних кластерних структур інноваційного територіального соціально-економічного розвитку.

*Предмет дослідження* становлять процеси геометричного моделювання організаційних кластерних структур.

**Методи дослідження.** Для виконання визначених у дисертаційній роботі завдань застосовувались методи аналізу та синтезу, аналітичної й обчислювальної геометрії, теорії множин та графів, організаційних структур, кластерного підходу, геометричного моделювання об'єктів і процесів; структурно-параметричної методології, теорії оптимізації, алгоритмів, програмування, баз даних, систем автоматизованого проектування (САПР) та комп'ютерної графіки.

Методи аналізу використовувались при виконанні огляду літератури за темою дисертації, синтезу – під час дефініції перспектив подальших наукових досліджень в обраній галузі. Для запропонованої концепції геометричного моделювання організаційних кластерних структур методологічною основою слугували теорія множин і графів, організаційних структур, кластерного підходу, структурно-параметрична методологія, теорія оптимізації, програмування, баз даних і САПР. Розроблені нові способи, прийоми та моделі спираються на положення аналітичної й обчислювальної геометрії, теорію множин і графів, алгоритмів, комп'ютерну графіку, методи геометричного моделювання об'єктів і процесів.

Інтеграція у виконаному дослідженні багатьох поданих вище різних методів забезпечила можливість належного комплексного розв'язання сформульованих задач дисертації, отримання потрібних теоретичних

результатів, достовірність яких підтверджено здійсненими практичними впровадженнями.

**Наукову базу** проведених наукових розвідок становлять наведені у списку використаних джерел дисертації праці вітчизняних та закордонних учених із системного аналізу, обчислювальної геометрії, теорії множин і графів, організаційних структур, кластерного підходу, геометричного моделювання об'єктів та процесів, структурно-параметричної методології, теорії оптимізації, алгоритмів, автоматизованого проектування, комп'ютерної графіки.

#### **Наукова новизна отриманих результатів.**

*Уперше:*

– розроблено організаційну геометричну модель кластерних структур.

*Удосконалено:*

– теорію організаційного кластерного інноваційного територіального соціально-економічного управління за рахунок нових способів, прийомів, алгоритмів і методик геометричного моделювання;

– структурно-параметричну методологію розвитку прикладної геометрії через запровадження новітнього способу математичного представлення ієрархічних структур та способу полігональної кластеризації для моделювання територіальних організаційних структур.

*Отримала подальший розвиток:*

– методологія структурно-параметричного підходу шляхом розроблення на її основі нових інтегрованих моделей територіальної кластеризації.

**Обґрунтованість і достовірність результатів** обумовлена застосуванням необхідних засобів математичного моделювання, зокрема, теорії множин і графів, організаційних структур, кластерного підходу, аналітичної й обчислювальної геометрії, структурно-параметричної методології, теорії алгоритмів та оптимізації, обчисленням тестових прикладів, виконаними впровадженнями.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в удосконаленні процесів опрацювання організаційних кластерних структур інноваційного територіального соціально-економічного розвитку на основі запропонованої концепції, розроблених нових способів, прийомів, алгоритмів та методик геометричного моделювання, а також впровадженні:

– в Товаристві з обмеженою відповідальністю «Північно-український будівельний альянс» у вигляді розроблених у дисертаційному дослідженні теоретичних положень і методик під час опрацювання питань розширення сфери діяльності підприємства та організації нових будівельних проектів, що забезпечило покращення економічних показників функціонування;

– у Товаристві з обмеженою відповідальністю «Буд-оптіма констракшен» при реорганізації структур керування виробничими процесами, оптимізації організаційної роботи з субпідрядниками та клієнтами завдяки запропонованому в дисертації науковому підходу, напрацьованим методикам і моделям, які сприяють зменшенню фінансово-матеріальних витрат;

– у навчальний процес БНЕС Центру Київського національного університету будівництва і архітектури при підготовці фахівців з обстеження інженерних систем будівель та споруд у вигляді теоретичної концепції, способів, прийомів й алгоритмів територіальної кластеризації, що дозволяє слухачам підвищувати ефективність своєї професійної практичної діяльності.

**Особистий внесок здобувача.** Усі положення, які виносяться на захист і становлять наукову новизну дисертаційного дослідження, отримані здобувачем особисто. У працях із співавторами внесок дисертанта зазначено у списку публікацій здобувача за темою дисертації.

**Апробація матеріалів дисертації.** Основні результати виконаних наукових досліджень доповідалися й обговорювалися на:

– 21 міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми геометричного моделювання» (м. Мелітополь, 2019 р.);

– International scientific-practical conference of young scientists "Build-Master-Class-2019" (м. Київ, 2019 р.);

– International scientific-practical conference of young scientists "Build-Master-Class-2020" (м. Київ, 2020 р.).

**Публікації.** За темою дисертаційного дослідження опубліковано 8 праць, із яких 1 – в періодичному науковому виданні держави Європейського Союзу; 4 – в наукових фахових виданнях України, 3 – в матеріалах міжнародних науково-практичних конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Робота складається з анотацій українською й англійською мовами, змісту, переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і трьох додатків. Загальний обсяг дисертації становить 162 сторінки з 34 рисунками та 13 таблицями включно. Основний текст – 106 сторінок, список використаних джерел із 159 найменувань – 14 сторінок, додатки – 27 сторінок.



## РОЗДІЛ 1

### СУЧАСНИЙ СТАН ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ КЛАСТЕРНИХ СТРУКТУР

У даному розділі виконано аналіз літературних джерел за обраною темою дисертаційного дослідження. При цьому висвітлено питання щодо базових положень *кластерного підходу* та існуючих нині *організаційних структур*. На зазначеній основі окреслено актуальні напрямки ефективного опрацювання організаційних кластерних структур геометричними засобами, показано перспективний характер здійснюваних заходів у теоретичному і практичному плані.

Таким чином, викладені вище засади послуговували обґрунтуванням для сформульованої наприкінці розділу *мети* та *визначених завдань* дисертаційної роботи.

#### 1.1. Кластерний підхід

Відомості стосовно кластерного підходу та його різних сфер застосування подано в таких джерелах як [14, 18, 19, 27, 32–34, 39, 51, 57, 58, 61, 62, 64, 65, 69, 72, 73, 76–83, 94–96, 99, 102, 103, 106, 107, 112, 113, 122, 125–128, 132, 135, 136, 144, 145, 147–158]. Наведені видання умовно можна поділити на *три групи*.

До *першої* відносяться публікації з математичним апаратом, який інваріантний до конкретного використання, *другу* становлять роботи з опрацювання спеціальних галузей призначення, а *третьою* – видання, що містять вербально-схематичний опис запропонованих ідей.

В аспекті обраної теми наукового дослідження, якою є *геометричне моделювання організаційних кластерних структур*, вказані вище літературні джерела тісно взаємодіють із публікаціями, що висвітлюють існуючі нині різноманітні організаційні структури (розглядаються в наступному підрозділі). Поєднання цих двох актуальних напрямків належними геометричними

засобами для досягнення позитивного синергетичного ефекту запропоновано у третьому підрозділі даної частини дисертації.

Докладний аналіз зазначених основних трьох складових, тобто кластерного підходу, організаційних структур та відповідної геометричної методології дозволив не тільки сформулювати мету та завдання дисертаційного дослідження, а й отримати необхідні теоретичні і практичні результати.

Зроблені у двох попередніх абзацах загальні зауваження, на думку автора, сприяють кращому розумінню читачем поданих далі наукових розвідок.

Тепер повернемося до опрацювання виділених трьох груп літературних джерел стосовно кластерного підходу. Відразу акцентуємо, що останній розглядаємо як інтеграцію кластерного *аналізу* та *синтезу*. Аналіз полягає у виокремленні з деякої множини об'єктів певних їх груп за відповідними визначеними властивостями, а синтез стосується, зокрема в соціально-економічній галузі, прийняття оптимальних управлінських рішень на основі проведеного аналізу.

Першу групу літературних джерел із кластерного підходу становлять видання [72, 85, 103, 112, 132, 136, 144, 145, 147, 148, 149, 152–154, 156–158]. Дисертацією [72] висвітлено питання формування та розвитку систем кластеризації економіки України; працями [85, 112, 132] виконано огляд найбільш популярних нині методів кластерного аналізу, розглянуто можливість їх застосування для підтримки прийняття інтелектуальних рішень; у роботах [103, 152, 153, 157] наведено велике число алгоритмів створення кластерів; публікацією [136] запропоновано класифікацію кластерних засобів; видання [144] присвячено докладному опису багатьох алгоритмів та моделей кластеризації, їх практичному використанню для оброблення різноманітної інформації, зокрема, текстової, мультимедійної тощо; дослідженнями [145, 147, 148, 154, 156] подано методи кластеризації даних великої вимірності; монографією [149] розглянуто питання ефективного групування об'єктів; у статті [158] викладено застосування евристичних алгоритмів кластеризації.

До другої групи праць щодо кластерного підходу відносяться роботи [14, 61, 65, 76, 78, 94, 99, 102, 106, 125, 127, 128, 150, 151, 155]. Публікацію [14] присвячено використанню кластерного аналізу для дослідження демографічної ситуації в регіонах; у виданні [61] розглянуто створення та розвиток архітектурно-будівельних кластерів, оптимізацію управління їх діяльністю на базі інтелектуальних систем прийняття рішень; статтею [65] висвітлено досвід кластеризації туристичної галузі; роботами [76, 78, 106] описано енергоефективні архітектурно-будівельні кластери; у працях [94, 102, 125] викладено питання щодо формування регіональних агропромислових кластерів на основі кооперативного сектору економіки, ролі цих об'єднань як засобів забезпечення конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств, їх проблем, переваг і перспектив; у дослідженні [127] наведено результати впровадження кластерної моделі організації діяльності підприємств легкої промисловості України; монографією [128] подано концептуальні засади підтримки малого й середнього бізнесу в Україні стосовно кластеризації та бізнес-інкубації; у виданнях [150, 151, 155] розглянуто здійснення ефективного аналізу відповідно соціальних, культурних та інноваційних даних за допомогою кластеризації.

Третю групу публікацій із кластерного підходу становлять літературні джерела [18, 19, 27, 32, 33, 34, 39, 51, 57, 58, 64, 69, 73, 95, 96, 113, 122, 126, 135]. Так праці [18, 19, 33, 39, 51, 126] присвячено існуючим перевагам інноваційних кластерів у сучасній економіці, що полягають в їх формуванні на певній території як взаємопов'язаних підприємств, організацій та установ із метою підвищення конкурентоспроможності даного регіону; роботу [27] – обґрунтуванню важливості кластеризації як фактору підвищення ефективності функціонування соціально-економічних систем; публікації [32, 34, 64] – теорії і практиці кластеризації економіки; статті [57, 135] – кластерному підходу як складовій регіонального управління; працю [58] – організаційним аспектам інтеграції підприємств у кластери; наукову розробку [69] – формуванню територіальних кластерів як інструменту

сталого регіонального розвитку; дисертацію [73] – створенню та вдосконаленню кластерів у пріоритетних сферах економіки регіону; роботу [95] – інноваційній кластеризації як чиннику зростання конкурентоспроможності економічних систем; видання [96] – механізмам розвитку кластерних структур та стадіям їх життєвого циклу; публікацію [113] – соціально-економічній класифікації кластерів; статтю [122] – державній кластерній політиці щодо інноваційної моделі розвитку національної економіки.

Перша група літературних джерел із кластерного аналізу свідчить, що мірою схожості між об'єктами  $o_i$  деякої опрацьовуваної множини

$$O = (o_i)_{i=1}^{No} \quad (1.1)$$

де  $No \in \mathbb{N}$ ,  $No > 1$ , є певна відстань між ними.

При цьому кожен об'єкт  $o_i$  описується кортежем параметрів (властивостей)

$$P_i = (p_{ik})_{k=1}^{Np}, \quad (1.2)$$

де  $Np$  – загальне їх число.

Вектори (1.2) є точками в гіперпросторі вимірності  $Np$ .

Міра близькості між елементами (1.1), тобто відстань між ними, може обчислюватися різним чином. Застосовувані формули називаються метриками і для об'єктів  $o_i$  та  $o_j$  позначаються як  $d(o_i, o_j)$ .

Найбільш використовувану залежність для розрахунків відстаней становить метрика Евкліда

$$d_E(o_i, o_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^{Np} (p_{ik} - p_{jk})^2}. \quad (1.3)$$

Доволі популярною для певних випадків є так звана метрика міських кварталів

$$d_L(o_i, o_j) = \sum_{k=1}^{Np} |p_{i_k} - p_{j_k}|, \quad (1.4)$$

а також метрика Чебишева

$$d_{SUP}(o_i, o_j) = \max(|p_{i_k} - p_{j_k}|)_{k=1}^{Np}. \quad (1.5)$$

Вираз (1.5) показує, що з усіх абсолютних величин різниць параметрів досліджуваних об'єктів обирається максимальна, яка й визначає відстань між останніми.

Кожна з формул (1.3) ... (1.5) має переваги та недоліки, що пристосовані до конкретних випадків свого застосування. Узагальнює ці залежності метрика Мінковського

$$d_{ij}(o_i, o_j) = \left( \sum_{k=1}^{Np} |p_{i_k} - p_{j_k}|^p \right)^{\frac{1}{p}}, \quad (1.6)$$

де  $p$  – параметр.

Зі співвідношення (1.6) при  $p=1$  отримуємо метрику (1.4) міських кварталів, для  $p=2$  – метрику (1.3) Евкліда, якщо  $p \rightarrow \infty$  – метрику (1.5) Чебишева.

Дослідник може керувати вагою різниць величин параметрів опрацьовуваних об'єктів та відстаней між ними, використовуючи степеневу метрику

$$d_S(o_i, o_j) = \left( \sum_{k=1}^{Np} |p_{i_k} - p_{j_k}|^p \right)^{\frac{1}{r}}, \quad (1.7)$$

де  $p$  та  $r$  – змінні.

Значення  $p$  у формулі (1.7) відповідає за вагу для обчислюваних метрик різниць величин параметрів об'єктів, а змінна  $r$  впливає на належний вклад відстаней між останніми. Зокрема, при  $p=r=1$  та  $p=r=2$  одержуємо відповідно вирази (1.4) та (1.3).

У практиці кластерного аналізу вживаються й інші, ніж розглянуті, метрики. Їх вибір обумовлюється характером здійснюваних наукових розвідок.

Розраховані відстані (1.3) ... (1.7) між об'єктами зручно зберігати в наступних матрицях

$$D = \begin{vmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1No} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2No} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{No1} & d_{No2} & \dots & d_{NoNo} \end{vmatrix}. \quad (1.8)$$

Беручи до уваги, що

$$d_{ii} = 0 \text{ для } i \in (i)_{i=1}^{No}, \quad (1.9)$$

на підставі залежності (1.9) формула (1.8) отримує вигляд

$$D = \begin{vmatrix} 0 & d_{12} & \dots & d_{1No} \\ d_{21} & 0 & \dots & d_{2No} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{No1} & d_{No2} & \dots & 0 \end{vmatrix}. \quad (1.10)$$

Також мають місце співвідношення

$$d_{ij} = d_{ji} \text{ для } i \in (i)_{i=1}^{No}, j \in (j)_{j=1}^{No}. \quad (1.11)$$

Вирази (1.10) та (1.11) свідчать, що матриця  $D$  є симетричною з нульовою головною діагоналлю. Щоб її заповнити, див. формулу (1.10), необхідно обчислити відстані, кількість яких дорівнює

$$N_D = \frac{No \cdot No - No}{2} = \frac{No \cdot (No - 1)}{2}, \quad (1.12)$$

де  $No$  – число об'єктів, що аналізується.

Залежності (1.12), (1.1) ... (1.7) дозволяють оцінити необхідні для розв'язання конкретної задачі обсяги розрахунків.

Важливий також момент *нормалізації* досліджуваних даних. Це обумовлено тим, що їх безпосереднє застосування у випадку великої величини одних по відношенню до інших здатне суттєво спотворити результати кластерного аналізу.

Можливі наступні трансформації вихідних параметрів із метою їх приведення, так би мовити, до однієї шкали.

Нормалізовані величини  $k$ -го параметра  $i$ -го об'єкта, який описується формулами (1.1) та (1.2), що належать проміжку  $[0, 1]$ , визначаються виразом

$$p_{i_k}^H = \frac{p_{i_k} - p_{k_{\min}}}{p_{k_{\max}} - p_{k_{\min}}}, \quad (1.13)$$

де  $p_{i_k}$  – початкові величини  $k$ -го параметра  $i$ -го об'єкта;

$p_{k_{\min}}$  та  $p_{k_{\max}}$  – мінімальне та максимальне значення  $k$ -го параметра.

На підставі залежності (1.13) отримаємо співвідношення для масштабування початкових даних на відрізок  $[-1, 1]$

$$p_{i_k}^H = \frac{2 \cdot (p_{i_k} - p_{k_{\min}})}{p_{k_{\max}} - p_{k_{\min}}} - 1. \quad (1.14)$$

Нормалізація, коли за одиницю приймається середня величина параметра для всіх  $N_o$  об'єктів, має вигляд

$$p_{i_k}^H = \frac{p_{i_k}}{\bar{p}_k}, \quad (1.15)$$

де

$$\bar{p}_k = \frac{\sum_{k=1}^{N_o} p_{i_k}}{N_o} \quad (1.16)$$

є середнім для  $k$ -го параметра  $N_o$  досліджуваних об'єктів.

Крім виразів (1.13) ... (1.16) та практиці використовуються й інші формули нормалізації.

На базі викладеного вище підходу можливе застосування різноманітних методів кластеризації. Зокрема, *графових, статистичних, імовірнісних, нейронних сіток, евристичних* та інших. Згідно з темою даного наукового дослідження найбільш доцільними в нашому випадку є *ієрархічні агломераційні (об'єднувальні) алгоритми*.

У даному разі спочатку всі наявні об'єкти вважаються окремими кластерами. Потім поступово два найближчі з них, відповідно до обраної метрики та використовуваного алгоритму, поєднуються в новий. Така інтеграція на кожному кроці зменшує кількість кластерів на один, і в кінцевому результаті – до створення єдиного загального. Як наслідок, формується деревоподібна графова структура, що має назву *дендрограми*.

Основою для її побудови слугує матриця відстаней вигляду (1.10), опрацювання якої здійснюється різноманітними алгоритмами, наприклад, «найближчого» чи «найвіддаленішого» сусіда, центроїдним та іншими.

Сутність першого полягає в тому, що близькість між двома кластерами визначається як мінімальна відстань між їх елементами. Спочатку розраховується матриця відстаней для вихідних досліджуваних об'єктів. Потім, кожний раз після поєднання двох найближчих кластерів, зазначена матриця належним чином коригується. Описаний процес завершується формуванням загального кластера. Відмінність алгоритму «найвіддаленішого» сусіда полягає лише в тому, що в якості найближчих обираються кластери з найвіддаленішими елементами, а центроїдного – у вимірюванні відстаней між центрами «тяжіння» кластерів.

Підводячи підсумки огляду літературних джерел з описом математичного апарату кластерного підходу, відмітимо наступне. Питання *аналізу* викладено доволі глибоко та всебічно, але це зовсім не стосується *синтезу* як засобу управління різноманітними об'єктами. Зазначені аспекти подано тільки на концептуальному рівні й лише окремими не пов'язаними поміж собою фрагментами. Таким чином, теоретичне опрацювання даного напрямку достатньо актуальне. Остання точка зору підтверджується практичними



запитами другої та третьої груп літературних публікацій щодо кластерного підходу.

Відповідно до обраного об'єкта і предмета наукових досліджень, якими є геометричне моделювання організаційних соціально-економічних кластерних структур, зазначені друга та третя група літературних джерел містять праці стосовно застосування кластеризації для вивчення демографічної ситуації у країні, формування архітектурно-будівельних об'єднань, використання в туристичній галузі й легкій промисловості, створення регіональних агропромислових комплексів, здійснення ефективного аналізу соціальних, культурних та інноваційних процесів, оптимізації державного й місцевого управління, організаційних аспектів інтеграції підприємств, фірм, компаній, установ і т. д.

При цьому показано переваги інноваційних кластерів у сучасній економіці, що полягають в їх формуванні на певній території як взаємопов'язаних підприємств та організацій із метою покращення конкурентоспроможності даного регіону, підвищення ефективності його соціально-економічного функціонування.

Головним загальним недоліком розглянутих літературних джерел, на фоні безсумнівної їх практичної актуальності, є вербально-схематичний концептуальний рівень подання інформації без належних формалізованих математичних моделей. Ця вада не дозволяє безпосередньо успішно застосовувати запропоновані ідеї для вирішення окреслених важливих питань, наприклад, нинішні комп'ютерні інформаційні технології з їх великим відповідним потенціалом, зокрема, у сфері САПР, ВІМ-технологій та CALS-підходів.

На подолання описаної прогалини спрямовані основні зусилля даного наукового дослідження. Ще істотною особливістю, яка поєднує всі зазначені праці є їх базування на інтеграції підприємств, компаній та установ, що розташовані на певних земельних ділянках. Територіальні й організаційні питання теж не розглядаються і в першій групі літературних джерел із

кластеризації. Актуальність акцентованих вище задач для сучасного етапу розвитку нашої держави обумовлена реформами, які проводяться зараз в Україні, зокрема, земельною та децентралізацією.

Прийнято вважати, що інноваційна кластерна соціально-економічна модель є найбільш ефективною формою територіальної організації в ринкових умовах. При цьому інноваційний кластер містить такі складові як генерація наукових ідей і знань у дослідницьких та освітніх установах, їх подальше оформлення у вигляді бізнес-проектів, впровадження у виробництво та реалізація виготовленої продукції на ринку. Кластери утворюються завдяки інтеграції територій, матеріальних, фінансових, інтелектуальних, природничих та інших ресурсів, реалізують належні їм переваги через правильну організацію своїх структур.

Життєвий цикл інноваційного соціально-економічного кластера, див. рис. 1.1, включає чотири етапи: *виникнення, розвиток, зрілість і зникнення*.

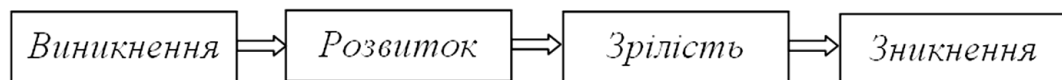


Рис. 1.1. Життєвий цикл кластера

Для етапу *виникнення* можна виділити дві стадії – *агломерації та створення кластера*. Перша відповідає наявності в певному регіоні кількох підприємств, установ, компаній тощо, придатних до інтеграції. Друга характеризується початком їх об'єднання, визначенням стратегії та структури кластера.

Особливістю етапу *розвитку* є поява в кластері нових елементів у вигляді додаткових підприємств, фірм, організацій і т. д., взаємозв'язків між ними. Розширюється територіальна мережа кластера. Для цього етапу притаманне виконання спільних проектів, програм, маркетингових заходів та ін. Активні кластери здійснюють, зазвичай, кілька різних видів діяльності, що підвищує їх соціально-економічні показники, покращує привабливість для нових учасників.

Кластер на етапі *зрілості* досягає максимального свого складу, стає великою регіональною організаційною структурою. Після цього переходить до більш статичного функціонування. Одночасно виникають проблеми пошуку перспективних напрямків подальшої діяльності.

Завершальний етап *зникнення*, який може включати стадію *трансформації* або *розпаду*. Перша зводиться до кардинальної перебудови, приєднання до іншого кластеру тощо, а друга – до поділу на кілька частин із втратою зв'язків між ними.

Отже, життєвий цикл інноваційного соціально-економічного кластера є динамічним процесом, що характеризується постійним змінюванням його організаційної структури.

## 1.2. Організаційні структури

За своєю значущістю, з точки зору організаційних структур, вирізняють три рівні соціально-економічної кластеризації: *національний*, тобто соціально-економічні взаємозв'язки між галузями народного господарства держави; *галузевий*, що включає відповідні внутрішні відносини; *регіональний*, який розповсюджується на місцеві стосунки.

Дані кластери забезпечують підвищення конкурентоспроможності територіальних підприємств, установ, фірм та компаній за рахунок:

- зменшення витрат на організацію своєї діяльності внаслідок інтеграції;
- спрощення доступу до різноманітних ресурсів (матеріальних, фінансових, людських, природних і т. д.);
- спільного використання наявної інфраструктури;
- сумісної адаптації до мінливих зовнішніх ринкових умов;
- тощо.

Територіальні кластери варто розглядати як інтеграційну форму організації соціально-економічної діяльності певних регіонів. Між їх учасниками повинен існувати оптимальний баланс співпраці та чесної

конкуренції, який сприяє сталому розвитку. Кластерне управління посилює вплив економічних чинників і послаблює адміністративні фактори. Ці утворення здатні мати різні організаційні структури.

Як свідчать матеріали попереднього підрозділу, кластери є динамічними, тобто змінюваними в часі, системами, що обумовлено відповідним характером оточуючого середовища та потрібною їх адаптацією до нього. Остання вимагає гнучкості належних організаційних структур. До складу кластерів, які аналізуються, зазвичай входять підприємства, установи та компанії різноманітної спрямованості для успішного досягнення поставленої мети, що лежить не тільки в економічній, а й соціальній площині.

Нині у світі підприємства, фірми, компанії тощо характеризуються багатьма властивостями. Зокрема, можуть бути комерційними або неприбутковими; національними, закордонними та спільними; великими, середніми й малими; приватними, колективними, комунальними або державними; промисловими, торговельними, фінансовими і т. д. Зазначені суб'єкти здатні інтегруватися в *асоціації* (договірні об'єднання з метою узгодження діяльності.), *консорціуми* (тимчасові коаліції для виконання певних проектів, програм тощо), *корпорації* (договірні взаємозв'язки з делегуванням окремих повноважень центральному органу управління), *концерни* (статутне об'єднання підприємств), *холдинги* (володіють контрольним пакетом акцій дочірніх підприємств), *картелі* (асоціації компаній, які виготовляють схожу продукцію для спільного збуту її на ринку) і т. п.

Таким чином, удосконалення існуючих організаційних структур взагалі, та територіальних кластерних зокрема, становить актуальну теоретичну і практичну задачу.

Літературні джерела [6, 9, 13, 15, 20, 24, 35, 42, 43, 45, 46, 48, 50, 52, 55, 58, 59, 62, 67, 79, 86, 96, 100, 110, 115, 118, 124, 133, 134] містять опис наявних організаційних структур. Працю [6] присвячено їх удосконаленню як важливого механізму керування підприємствами; у монографії [9] розглядаються питання методології управління компаніями різних організаційно-правових форм;

видання [13] аналізує проблему підвищення ефективності економіки та раціонального використання ресурсів завдяки належним організаційним структурам; у роботах [20, 23, 24, 35, 42, 46, 48, 50, 89, 100, 110, 115, 134] подано найбільш популярні нині організаційні структури; стандартом [43] регулюється організація будівельного виробництва; публікації [15, 45, 118, 124] висвітлюють його особливості; працями [52, 55, 58, 59, 62, 67, 79, 86, 96, 133] досліджуються організаційні, в тому числі кластерні, структури управління підприємствами.

Наведені вище літературні джерела свідчать, що кожна фірма, установа, компанія тощо постійно прагнуть покращувати результати свого функціонування. Одним із напрямків досягнення цього є вдосконалення організаційних структур, як основних засобів керування підрозділами та співробітниками шляхом відповідного розподілу завдань між ними.

Організаційна структура підприємства, компанії, установи і т. д. – це сукупність їх елементів, взаємодія яких забезпечує потрібну діяльність та досягнення поставлених цілей завдяки належному обміну інформацією і прийняттю необхідних управлінських рішень.

Для елементів організаційної структури характерні зв'язки:

- *лінійні*, тобто між структурними підрозділами різних рівнів управління;
- *функціональні*, що полягають у взаємодії адміністративно невідповідно-рядкованих виконавців.

На основі цього організаційні структури управління підприємствами, компаніями, установами і т. д. поділяються на дві великі групи:

- *вертикальні структури*;
- *департаментні структури* (об'єднання окремих працівників у департаменти, відділи тощо та надалі їх у цілу організацію).

Найбільш розповсюдженими вертикальними організаційними структурами є *лінійна* та *лінійно-штабна*, а департаментними – *функціональна*, *дивізійна* та *матрична*.

*Лінійна* – це структура управління лише з одноканальною взаємодією, тобто кожний підлеглий має лише одного керівника. Характерна для невеликих

підприємств із малим числом працівників. Її переваги полягають, зокрема, в чіткості взаємовідносин, високому рівні контролю за виконанням покладених обов'язків, а недоліки – в тому, що керівник крім лінійних повноважень повинен виконувати цілий ряд інших функцій.

*Лінійно-штабна* – передбачає наявність при лінійних керівниках штабів, тобто функціональних служб, які допомагають вирішувати виробничі та інші питання. Перевагами цієї організаційної структури є, наприклад, підвищення якості управлінських рішень, концентрація уваги керівників на цих задачах, а недоліками – зменшення оперативності керування, зростання відповідних витрат.

*Функціональна структура* – найпоширеніша, зводиться до групування у відділи за видами певної діяльності співробітників, які крім дорадчих також мають і керівні права. Унаслідок цього, скажімо, виробничі ланки можуть отримувати розпорядження від кількох функціональних підрозділів. При цьому переваги полягають у високому професіоналізмі управлінських рішень, а недоліки – в недостатній злагодженості дій зазначених підрозділів, зниженні оперативності керування.

*Дивізійна структура* спирається не на функціональні обов'язки, а на групування підрозділів, зокрема, за видами продукції, її споживачами, місцем виготовлення і т. д. У даному випадку вище керівництво займається лише загальними питаннями (кадровими, юридичними, фінансовими тощо), а решта функцій делегується відділенням, які мають власну структуру. Перевагами, зокрема, є швидка адаптація до мінливих зовнішніх умов та краще врахування потреб споживачів, а недоліками – збільшення апарату управління й витрат на нього.

*Матрична структура* містить крім лінійних керівників та функціональних підрозділів ще й тимчасові проектні групи, які здійснюють, наприклад, створення нових виробів. При цьому керівники проектів наділяються владними повноваженнями. Переваги полягають у гнучкості управління, сприянні інноваціям, а недоліки – в подвійних командних ланцюгах, можливих суперечках між лінійними, функціональними та проектними керівниками.

У наведеній вище літературі розглянуті організаційні структури подано як графічні схеми, що наочно відтворюють опрацьовувані питання. Такі засоби доволі зручні для сприйняття людиною, але не можуть використовуватися в такому вигляді безпосередньо в сучасних комп'ютерних інформаційних технологіях, скажімо, BIM, CALS, САПР [10, 11, 17, 53, 63, 66, 87, 121, 123] та ін. Це обумовлено тим, що останні потребують належних математичних моделей, які слугують для розроблення відповідного програмного забезпечення. Зазначені задачі становлять одну з цілей даного наукового дослідження.

Необхідні графічні структурні схеми приведено в наступних розділах дисертації при викладенні запропонованого математичного апарату для їх комп'ютерного моделювання та демонстрації прикладів практичного застосування.

На завершення підрозділу коротко проаналізуємо ще наявні праці з управління й менеджменту, що тісно пов'язані з тематикою організаційних структур. Це стосується видань [1, 5, 7, 8, 12, 47, 70, 90].

У монографії [1] проаналізовано питання життєвого циклу корпорацій; видання [5] присвячено управлінським рішенням в економічних системах; працями [7, 70] подано інформаційні та математичні моделі для застосування в менеджменті; публікацією [8] описано процеси прийняття управлінських рішень; роботою [12] розглянуто використання інформаційного менеджменту як сучасної технології організаційного керування; монографією [47] викладено засади правового забезпечення державної галузевої економічної політики; у виданні [90] наведено задачі менеджменту організацій та їх адміністрування.

Таким чином, на поточний момент, згідно з обраною темою наукових досліджень, якою є організаційні кластерні структури інноваційного територіального соціально-економічного розвитку та процеси їх геометричного моделювання, опрацьовано літературні джерела стосовно *кластерного підходу та організаційних структур*, див. відповідно попередній та цей підрозділ.

Проміжні висновки полягають у тому, що кластерний аналіз даних у вигляді точок багатовимірного простору математично описано доволі докладно. Про це свідчать, зокрема, формули (1.1) ... (1.16). Однак кластерний синтез, як

засіб управління, подано лише на концептуальному рівні. У той же час показано його особливу значущість для інноваційного територіального соціально-економічного розвитку. Акцентуємо увагу, що в наведеному випадку об'єктами кластеризації, з позицій геометрії, є вже не точки, а певні земельні ділянки, наприклад у вигляді деяких двовимірних фігур. Тому актуальною постає задача розроблення належного математичного апарату кластеризації зазначених територіальних ділянок, що і становить одне із завдань цього дослідження. Викладені вище відомості свідчать про важливість для окреслених питань організаційних структур, які в літературі розглядаються у вигляді графічних схем, непридатних для безпосереднього використання в САПР, BIM та CALS-технологіях без відповідної математичної їх формалізації. Указана задача теж розв'язується в дисертації. Далі, в наступному підрозділі, пропонується ідея інтеграції кластерного підходу та організаційного управління на засадах засобів структурно-параметричного геометричного моделювання з метою ефективного опрацювання сучасних інноваційних територіальних соціально-економічних процесів у нашій державі.

### **1.3. Деякі перспективні напрямки опрацювання організаційних кластерних структур геометричними засобами**

Базові положення методології структурно-параметричного формоутворення викладено у джерелах [25, 26, 29, 30]. Видання [25] присвячено геометричному моделюванню як інваріантній складовій комп'ютерних інформаційних технологій підтримки життєвого циклу технічних виробів; у працях [26, 29] подано основні положення цієї методології, застосовувані способи, прийоми, алгоритми та моделі, приклади практичного впровадження; публікацією [30] висвітлено питання динамічного структурно-параметричного формоутворення.

Даний підхід, як і кластерний аналіз, теж оперує з об'єктами вигляду (1.1) та їх параметрами (1.2), але додатково має математичний апарат структурно-параметричної оптимізації. Тому в дисертаційній роботі запропоновано нові



геометричні моделі, що поєднують зазначені два напрямки наукових досліджень. При цьому досягнуто бажаний інтегральний ефект, який суттєво покращує отримувані результати.

Так, зокрема, деякі проектні структурні варіанти  $K_n$ , тобто послідовності кластеризації  $K$ , можуть бути описані множиною

$$K = (K_n)_{n=1}^{N_K}, \quad (1.17)$$

де

$$K_n = (K_{n_i})_{i=1}^{N_{K_n}}. \quad (1.18)$$

Різновиди  $K_n$  формули (1.17) складаються з елементів  $K_{n_i}$  виразу (1.18), які належать множині (1.1). З метою проведення оптимізації, на підставі залежності (1.2), для кожної послідовності кластеризації  $K_n$  створюється кортеж її параметричних варіантів

$$K_{n_p} = (K_{n_{pi}})_{i=1}^{N_{K_{n_p}}}. \quad (1.19)$$

Тоді загальна множина останніх

$$K = (K_{p_i})_{i=1}^{N_{K_p}}, \quad (1.20)$$

де

$$N_{K_p} = \sum_{n=1}^{N_K} N_{K_{n_p}}. \quad (1.21)$$

Співвідношення (1.17) ... (1.21) визначають структурно-параметричну геометричну модель (СПГМ), показану на рис. 1.2.

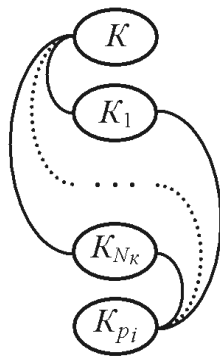


Рис. 1.2. СПГМ варіантів кластеризації  $K$

Другий важливий момент для опрацювання обраного об'єкта і предмета досліджень, якими є геометричні моделі організаційних кластерних структур інноваційного територіального соціально-економічного розвитку, полягає у потребі розроблення способів поєднання кластерів у вигляді певних двовимірних фігур, що відтворюють належні ділянки місцевості.

Більш докладно окреслені перспективні напрямки наукових розвідок подано в наступних розділах дисертації. Тут лише наведемо перелік літературних геометричних та інших математичних джерел, які використовувалися під час зазначеної роботи. Це видання [2–4, 16, 21, 22, 28, 31, 36–38, 40, 41, 49, 54, 60, 71, 74, 88, 91–93, 97, 98, 101, 104, 105, 108, 109, 111, 116, 117, 129–131].

Так публікації [2–4, 49] присвячено теорії графів і дискретній математиці; праці [16, 40, 116] – обчислювальній геометрії; роботи [21, 28, 60, 74, 88, 92, 93, 98, 101, 104, 108, 109, 111, 129, 130, 131] – комп'ютерній графіці та відповідним математичним методам формоутворення; монографії та дисертації [22, 36–38, 54, 71, 91, 97, 105, 117] – геометричному моделюванню ліній і поверхонь, технічних об'єктів, процесів та явищ; видання [31] – економіко-математичним методам оптимізації.

Особлива увага теорії графів і дискретній математиці, обчислювальній геометрії, комп'ютерній графіці та належним математичним методам формоутворення, геометричному моделюванню ліній і поверхонь, технічних об'єктів, процесів та явищ, економіко-математичним методам оптимізації обумовлена бурхливим розвитком сучасних інформаційних технологій, які суттєво підвищують якість і продуктивність людської праці. Нині важко собі уявити сферу діяльності, де б не застосовувалась обчислювальна техніка. Це також стосується й геометричного моделювання організаційних кластерних структур для забезпечення інноваційного соціально-економічного розвитку територій нашої держави, що становить тематику даної наукової праці.

#### **1.4. Основні завдання дисертаційного дослідження**

Головна мета виконаного наукового дослідження полягає у вдосконаленні процесів формування організаційних кластерних структур для реалізації

інноваційного соціально-економічного територіального розвитку шляхом розроблення нових способів, прийомів, алгоритмів і методик геометричного моделювання.

Для досягнення вказаної мети визначено наступні завдання:

1. *Виконати* аналіз нинішнього стану геометричного моделювання організаційних кластерних структур.

2. *Розробити* теоретичні засади концепції геометричного моделювання організаційних кластерних структур, що спирається на структурно-параметричну методологію.

3. *Розробити* нові способи, прийоми та алгоритми моделювання організаційних кластерних структур.

4. *Розробити* на основі напрацьованого математичного апарату нові інтегровані структурно-параметричні геометричні моделі територіальної кластеризації.

5. *Здійснити* впровадження отриманих у дисертації наукових результатів у практику.

6. *Визначити* перспективи подальшого розвитку геометричного моделювання організаційних кластерних структур.

Поданий вище склад завдань та їх виконання забезпечили досягнення поставленої мети в даній науковій праці.

### **Висновки до розділу 1**

1. *Встановлено* проведеним аналізом літературних джерел за визначеною темою дисертаційного дослідження, що наявний математичний апарат геометричного моделювання організаційних кластерних структур для опрацювання процесів інноваційного територіального соціально-економічного розвитку потребує подальшого свого вдосконалення. Це дозволить мати більш якісні відповідні управлінські рішення, покращувати отримувані практичні результати.

2. *Обґрунтовано* доречність застосування структурно-параметричної методології для інтеграції кластерного підходу та розроблення організаційних структур, що сприятиме комплексному врахуванню існуючих різноманітних особливостей зазначених процесів.

3. *Визначено* необхідність формування теоретичної концепції геометричного моделювання організаційних кластерних структур інноваційного соціально-економічного територіального розвитку. Це забезпечить створення на її основі належних нових способів, прийомів, алгоритмів і методик моделювання.

4. *Обґрунтовано* потребу в розробленні нових математичних способів територіальної кластеризації та дефініції організаційних структур, що дозволить успішно їх упровадити в середовище сучасних комп'ютерних інформаційних технологій. Останнє сприятиме вдалій реалізації запропонованого підходу опрацювання процесів інноваційного соціально-економічного територіального розвитку.

5. *Показано* важливість практичної перевірки отриманих у дисертації теоретичних наукових результатів, що підтвердить їх достовірність і прикладну значущість, а також визначення перспектив подальшого розвитку для забезпечення спадковості виконуваних розвідок із даної тематики.

*Публікації автора з розглянутих питань:* [138, 140, 142].

### ***Список публікацій здобувача за матеріалами розділу 1***

1. Якусевич А.Г., Терещук М.О. Геометричне моделювання організаційних кластерних структур як засіб підвищення ефективності використання різноманітних ресурсів. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 14. С. 12–19. (Журнал входить до наукометричних баз Google Scholar, Worldcat, BASE).

Особистий внесок здобувача: розроблено спосіб геометричного моделювання організаційних структур, що спирається на комплексне поєднання кластерного та ієрархічного аналізу зі структурно-параметричним підходом.

2. Якусевич А.Г. Деякі перспективні напрямки розвитку геометричного моделювання організаційних кластерних структур. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. Київ: КНУБА, 2016. Вип. 36 (2). С. 106–112.

3. Якусевич А.Г. Формування багатофункціональних організаційних кластерів у будівництві. *International scientific-practical conference of young scientists "Build-Master-Class-2019": Conference Proceedings*. Київ, 2019. С. 84–85.

## РОЗДІЛ 2

### ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЗАПРОПОНОВАНОЇ КОНЦЕПЦІЇ МОДЕЛЮВАННЯ

Цю частину дисертації присвячено запропонованій концепції геометричного моделювання організаційних кластерних структур, що сприяє інноваційному соціально-економічному територіальному розвитку в нашій державі. Зазначені відомості наведено в чотирьох підрозділах, у яких висвітлено відповідно базові теоретичні положення, описано інтегровані моделі кластеризації з використанням структурно-параметричного підходу, подано спосіб представлення ієрархічних організаційних структур та спосіб полігональної кластеризації. Головна перевага отриманих здобутків полягає в інваріантному характері стосовно відтворення специфіки процесів інноваційної соціально-економічної територіальної кластеризації. Мається на увазі придатність розробленого математичного апарату до відображення різноманітних сфер діяльності, наприклад, промислової, торгівельної, фінансової, освітньої, медичної і т. д., а також їх комплексного опрацювання.

#### **2.1. Базові положення**

Цей підрозділ *визначає основні напрямки виконаних далі наукових досліджень*, результатом яких є нові способи, прийоми, алгоритми, моделі та методики геометричного моделювання організаційних кластерних структур для реалізації інноваційного соціально-економічного територіального розвитку в нашій державі.

Вихідними для цього послуговували виявлені під час проведеного аналізу літературних джерел з обраної тематики проблемні питання. Зокрема, це стосується *відсутності у кластерному аналізі та синтезі геометричних моделей, які оперують із належними земельними ділянками як двовимірними фігурами*. Зазначена особливість доволі важлива для багатьох процесів інноваційної соціально-економічної територіальної кластеризації. Конкретними

прикладом в даному випадку слугують реформи, які здійснюються нині в Україні, зокрема, створення об'єднаних громад, земельна, децентралізації та ін.

Також для територіальної кластеризації *немає математичного апарату, здатного забезпечувати автоматизоване прийняття оптимальних управлінських рішень* у середовищі різноманітних сучасних комп'ютерних інформаційних систем. Відомо, що наявність останнього суттєво покращує отримувані на практиці відповідні результати.

Розв'язанням окресленої проблемної ситуації може бути *створення інтегрованих геометричних моделей кластеризації із застосуванням структурно-параметричних засобів*. Цей напрям на рівні ідеї вже наводився у підрозділі 1.3. Далі викладається більш розлого з математичних позицій. Тут акцентуємо лише загальний характер структурно-параметричної методології по відношенню до кластерного підходу, яка здатна інтегрувати його до свого складу. Водночас зауважимо збагачення останньої за рахунок привнесених нових методів, алгоритмів та моделей.

Також, як показав виконаний у першому розділі дисертації аналіз літературних джерел, існує гостра *потреба в розроблянні ефективних математичних моделей відтворення наявних типових організаційних структур*. Це забезпечить їх успішне використання в нинішніх комп'ютерних програмних засобах, що сприятиме підвищенню якості багатьох вирішуваних питань.

Тепер наведемо деякі належні математичні засади. Формула (1.1), що є загальною для досліджуваних об'єктів кластеризації, в нашому випадку територіальних задач приймає вигляд

$$O = (o_i)_{i=1}^{N_o} = D = (D_i)_{i=1}^{N_D}, \quad (2.1)$$

де  $D$  – множина опрацьовуваних земельних ділянок;

$N_D$  – їх число,  $N_D \in \mathbb{N}$ ,  $N_D > 1$ .

Зараз кожен об'єкт  $o_i$  із позицій геометрії являє собою двовимірну фігуру, що має відповідний аналітичний опис. Конкретний вид останнього визначається умовами певної розв'язуваної задачі. У дисертаційній роботі далі зазначені ділянки подаються багатокутниками.

Другий важливий загальний фактор становлять властивості, тобто параметри, досліджуваних об'єктів (2.1). У нашому разі інноваційної соціально-економічної територіальної кластеризації для ділянок  $D_i$  це можуть бути їх:

- площі  $S_i$ ;
- населення  $H_i$ ;
- обсяги інвестицій  $I_i$ ;
- соціальні потреби  $C_i$ ;
- податкові збори  $Z_i$ ;
- і т. д.

Тоді параметри кортежу (1.2) матимуть вигляд

$$P_i = (p_{i_k})_{k=1}^{Np} = (p_{i_k})_{k=1}^5 = (S_i, H_i, I_i, C_i, Z_i). \quad (2.2)$$

Звернемо увагу на те, що згідно з системним підходом компоненти множини (2.2) здатні включати до свого складу інші елементи, наприклад:

$$S_i = (S_{i_k})_{k=1}^{Ns_i} = (S_{i_k})_{k=1}^6, \quad (2.3)$$

де  $S_{i_1}$  – загальна;  $S_{i_2}$  – сільськогосподарська;  $S_{i_3}$  – лісів;  $S_{i_4}$ ,  $S_{i_5}$ ,  $S_{i_6}$  – державної, комунальної та приватної власності,

$$H_i = (H_{i_k})_{k=1}^{Nh_i} = (H_{i_k})_{k=1}^4, \quad (2.4)$$

де  $H_{i_1}$  – загальне;  $H_{i_2}$  – працездатне;  $H_{i_3}$  – пенсійного віку;  $H_{i_4}$  – чоловіче,

$$I_i = (I_{i_k})_{k=1}^{Ni_i} = (I_{i_k})_{k=1}^5, \quad (2.5)$$

де  $I_{i_1}$  – загальні;  $I_{i_2}$  – державні;  $I_{i_3}$  – комунальні;  $I_{i_4}$  – приватні;  $I_{i_5}$  – закордонні,



$$C_i = (C_{i_k})_{k=1}^{N_{C_i}} = (C_{i_k})_{k=1}^6, \quad (2.6)$$

де  $C_{i_1}$  – загальні;  $C_{i_2}$  – інфраструктурні;  $C_{i_3}$  – пенсійні;  $C_{i_4}$  – медичні;  $C_{i_5}$  – освітні;  $C_{i_6}$  – культурні,

$$Z_i = (Z_{i_k})_{k=1}^{N_{Z_i}} = (Z_{i_k})_{k=1}^3, \quad (2.7)$$

де  $Z_{i_1}$  – загальні;  $Z_{i_2}$  – державні;  $Z_{i_3}$  – місцеві.

Вирази (2.2) ... (2.7) дають уявлення про соціально-економічні параметри інноваційної територіальної кластеризації. Проте, вони не становлять предмет досліджень даної наукової праці. Тому приведені лише для прикладу з метою пояснення функціонування запропонованої в наступному підрозділі дисертації інтегрованої геометричної моделі кластеризації, що інваріантна до конкретного складу описаних вище властивостей.

У якості критеріїв послідовності територіальної кластеризації може бути обраний довільний параметр (2.2), а також різноманітні їх комбінації, зокрема, для ділянки  $D_i$  у вигляді функції

$$F_i = \sum_{k=1}^{N_p} w_k \cdot p_{i_k}, \quad (2.8)$$

де  $w_k$  – ваговий коефіцієнт  $k$ -го параметра.

Величини цих коефіцієнтів обираються, як правило, на основі експертних оцінок. Щоб ігнорувати певні властивості відповідна вага приймається рівною нулю.

Для кращого сприйняття значень (2.8) їх варто використовувати у грошових одиницях. Тоді в нашому випадку для обсягів інвестицій, соціальних потреб та податкових зборів вагові коефіцієнти будуть безрозмірними, а для площ і населення матимуть, наприклад, розмірність *тис. грн. за гектар* та *тис. грн. на людину*. Ці величини можуть відповідати вартості землі та валовому продукту на душу населення.

При деталізації параметрів (2.2) співвідношеннями (2.3) ... (2.7) належне значення у виразі (2.8) обирається з наведених множин або обчислюється за викладеною методикою застосування вагових коефіцієнтів.

Акцентуємо увагу також на тому, що обумовлює складність прийняття оптимальних управлінських рішень під час інноваційної соціально-економічної територіальної кластеризації.

По-перше, велика можлива кількість опрацьовуваних об'єктів (2.1). По-друге, суттєве число властивостей, які їх описують, див. формули (2.1) ... (2.8). По-третє, значна багатоманітність ймовірних послідовностей кластеризації.

Більш докладно зупинимося на останньому моменті. Порядок об'єднання визначається різним шляхом, наприклад, користувачем, евристичними прийомами, певними правилами тощо. Запропонована далі методика інваріантна до цих способів. У даному аспекті її призначення полягає в автоматизованій оцінці варіантів згідно з визначеною цільовою функцією оптимізації. Якщо в якості вказаних правил для формування послідовностей кластеризації обрано критерії (2.2) ... (2.8), то ймовірні такі різновиди:

- за зростанням величин критеріїв, починаючи з найменшого або найбільшого;
- у порядку спадання їх значень;
- тощо.

Отже, для одного критерію маємо три варіанти послідовностей кластеризації. Для п'яти, на підставі виразу (2.2), аж п'ятнадцять. При використанні співвідношень (2.3) ... (2.8) – ще більше. Тобто послідовності  $K_n$  кластеризації, іншими словами її структурні варіанти, описуються множиною

$$K = (K_n)_{n=1}^{N_k}, \quad (2.9)$$

де  $N_k$  – їх загальне, доволі велике, число.

Кожному різновиду (2.9) ставиться у відповідність величина функції оптимізації, яка є сумою належних значень при поєднанні компонентів

кортежу

$$K_n = (K_{n_i})_{i=1}^{N_{K_n}}, \quad (2.10)$$

де елементи  $K_{n_i}$  входять до множини (2.1).

У якості оптимізаційних для виразу (2.10) можна обрати, див. співвідношення (2.2) ... (2.8), максимальні обсяги інвестицій (державних, комунальних, приватних, закордонних) або податкових зборів (державних і місцевих), мінімізацію соціальних витрат (інфраструктурних, пенсійних, медичних, освітніх, культурних), їх комплексне поєднання тощо.

Конкретні вказані величини суттєво залежать від багатьох факторів, таких як, зокрема, площі й кількість населення регіонів, що інтегруються, відстані між їх центрами, довжини спільної межі, характер економічного стану та соціальної інфраструктури і т. д. Наведені питання виходять за рамки даних дисертаційних розвідок, оскільки становлять предмет інших наукових досліджень. Тому при подальшому моделюванні проаналізовані значення використовуються як вихідна інформація.

Зауважимо, що для кожної послідовності кластеризації  $K_n$  створюється кортеж її параметричних варіантів

$$K_n = (K_{n_{p_i}})_{i=1}^{N_{K_n p}}. \quad (2.11)$$

Це обумовлено тим, що, наприклад, залежно від наявних різноманітних ресурсів (фінансових, матеріальних, людських, часових та ін.) величини цільової функції оптимізації послідовності кластеризації  $K_n$  будуть мати різні значення (2.11).

Поданий опис процесів інноваційної територіальної соціально-економічної кластеризації сприяє автоматизованому прийняттю відповідних раціональних управлінських рішень.

Таким чином, розглянуті в даному підрозділі базові положення запропонованої концепції геометричного моделювання визначили основні

напрямки опрацювання об'єкта і предмета наукових досліджень, що полягають у розроблянні інтегрованих моделей кластеризації з використанням структурно-параметричного підходу та належних нових способів формоутворення, які викладено в наступній частині другого розділу дисертації.

## 2.2. Інтегровані моделі кластеризації на основі структурно-параметричної методології

Запропоновані в цьому підрозділі дисертації моделі спираються на інтеграцію засобів кластерного аналізу та структурно-параметричної методології. Головною метою є забезпечення підвищення ефективності інноваційного соціально-економічного розвитку певних опрацьовуваних регіонів.

Нехай маємо територію, яка на площині в декартовій системі координат  $Oxy$  відтворюється множиною точок

$$\mathbf{T} = (\mathbf{T}_i)_{i=1}^{N_T}, \quad (2.12)$$

де  $N_T \in \mathbb{N}$ ,  $N_T \geq 3$ ,

$$\mathbf{T}_i = (x_i, y_i)_{i=1}^{N_T}. \quad (2.13)$$

Фігури (2.12) моделюють ділянки  $D$  вигляду (2.1) як багатокутники

$$D = (D_j)_{j=1}^{N_D}, \quad (2.14)$$

де  $N_D \in \mathbb{N}$ ,  $N_D \geq 1$ ,

границі яких визначаються впорядкованими множинами вершин

$$D_j = (\mathbf{T}_{jk})_{k=1}^{N_{Dj}}, \quad (2.15)$$

де  $N_{Dj} \in \mathbb{N}$ ,  $N_{Dj} \geq 3$ ,  $\mathbf{T}_{jk} \in \mathbf{T}$ .

При обході елементів (2.15) ділянка  $D_j$  залишається зліва.

Рис. 2.1 ілюструє вирази (2.12) ... (2.15).

Для спрощення сприйняття інформації позначення  $T$  для точок на ньому не наведені. Це стосується також формул (2.16) і (2.18).

Згідно з виразами (2.12) та (2.14) у даному випадку

$$T = (i)_{i=1}^{N_T} = (i)_{i=1}^{23}, \quad (2.16)$$

$$D = (D_j)_{j=1}^{N_D} = (D_j)_{j=1}^9. \quad (2.17)$$

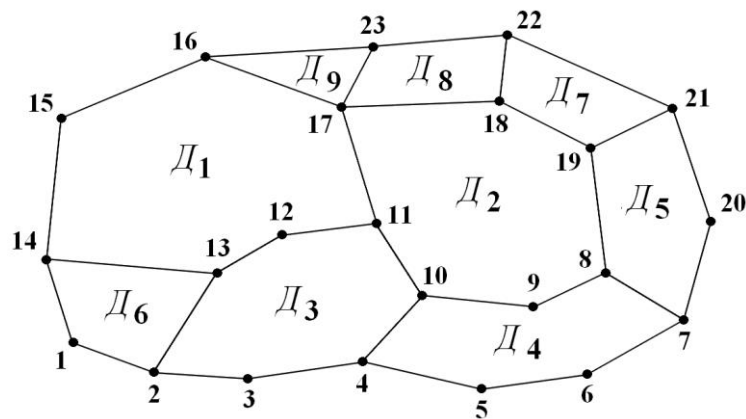


Рис. 2.1. План опрацьовуваної території

На підставі залежності (2.15) отримуємо

$$D_1 = (17, 16, 15, 14, 13, 12, 11),$$

$$D_2 = (11, 10, 9, 8, 19, 18, 17),$$

$$D_3 = (10, 11, 12, 13, 2, 3, 4),$$

$$D_4 = (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10),$$

$$D_5 = (7, 20, 21, 19, 8), \quad (2.18)$$

$$D_6 = (1, 2, 13, 14),$$

$$D_7 = (18, 19, 21, 22),$$

$$D_8 = (17, 18, 22, 23),$$

$$D_9 = (16, 17, 23).$$

Поданими ділянками на практиці можуть бути ділянки певного промислового підприємства, мікрорайони міста, сільськогосподарські лани,

площі земель територіальних громад і т. д. Для реальних умов кількість точок (2.12) ... (2.18) значно більша. У даному разі основна мета полягає лише в поясненні запропонованого підходу для побудови інтегрованої інноваційної геометричної кластерної моделі соціально-економічного розвитку деякої території.

Спираючись на матеріали попереднього підрозділу дисертації, розглянемо далі два приклади, які ілюструють різні можливі стратегії кластеризації.

Перший стосується формування на опрацьованій території організаційної стратегії, що полягає в обранні початкової ділянки з максимальною площею та поступовому додаванні до неї суміжних найбільших. На цьому базується підвищення ефективності використання різноманітних ресурсів (природних, фінансових, людських, виробничих і т. д.).

Належна геометрична модель включає наступний *алгоритм 2.1*.

1. За координатами вершин обчислюються площі ділянок, які впорядковуються за спаданням вказаних величин. Початковим елементом нового кластера обирається максимальна ділянка.

2. До кластеру додається найбільша суміжна ділянка. Це повторюється до створення єдиного кластеру з усіх ділянок або переривається за певних умов, після чого виконується пункт 3.

3. Завершення процедури.

Умовами припинення побудови кластеру може бути досягнення ним максимально потрібної площі або числа його складових елементів, отримання небажаної форми тощо.

Площа  $S_j$  ділянки  $D_j$  з вершинами  $(T_{jk})_{k=1}^{N_{Dj}}$  та їх координатами  $(x_{jk}, y_{jk})_{k=1}^{N_{Dj}}$  визначається залежністю

$$S_j = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{N_{Dj}} (x_{jk} \cdot y_{j_{k+1}} - x_{j_{k+1}} \cdot y_{jk}), \quad (2.19)$$

де при  $k=N_{Dj}$   $x_{j_{k+1}}=x_{j1}$ ,  $y_{j_{k+1}}=y_{j1}$ .

Для унаочнення здійсненого на основі величин (2.19) упорядкування ділянок (2.17) на рис. 2.1 останнім надано необхідні номери.

Якщо процедура пункту 2 приведеного вище алгоритму не обмежується, наприклад, зазначеними або іншими обставинами, то послідовність  $K_1$  кластеризації даного процесу матиме вигляд

$$K_1 = D_1 \rightarrow D_2 \rightarrow D_3 \rightarrow D_4 \rightarrow D_5 \rightarrow D_6 \rightarrow D_7 \rightarrow D_8 \rightarrow D_9. \quad (2.20)$$

Більш компактно вираз (2.20) записується так

$$K_1 = (D_i)_{i=1}^9. \quad (2.21)$$

Значенню  $i=3$  в кортежі (2.21) відповідає поточна множина кластеризації  $K$

$$K = (K_{1,1}, (D_i)_{i=4}^9), \quad (2.22)$$

де  $K_{1,1} = (D_1, D_2, D_3)$  – перший елемент 1-го рівня ієрархічної кластеризації.

На рис. 2.2 співвідношення (2.22) подано як територіальну модель та ієрархічну графову структуру.

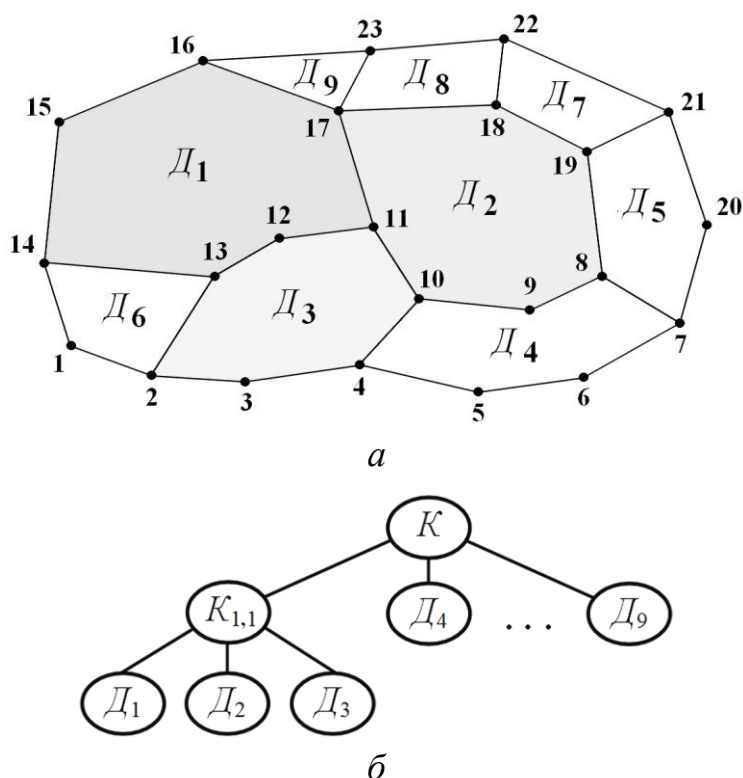


Рис. 2.2. Процес кластеризації:

$a$  – територіальна модель;  $b$  – ієрархічна графова структура

Ділянки  $(D_i)_{i=4}^9$  доречно розглядати як елементи  $(K_{1,i})_{i=2}^7$  першого ієрархічного ярусу, а  $(D_i)_{i=1}^3$  – як  $(K_{2,i})_{i=1}^3$  другого.

Навіть у сформульованій постановці задачі кластеризації існує не лише один розв'язок (2.21), що пов'язано з ймовірністю появи на кроці 2 наведеного алгоритму кількох однакової площі суміжних із створюваним кластером найбільших ділянок. Це потрібно враховувати під час здійснюваного геометричного моделювання.

Необхідність проведення варіантного аналізу для пошуку оптимальної кластеризації обумовлюється ще й тим, що викладена вище стратегія організації територіально зв'язних ділянок не є єдино можливою. За обмежених ресурсів для проведення їх інтеграції доречними будуть послідовності кластеризації

$$K_2 = (D_1, D_9, D_8, D_7, D_6, D_5, D_4, D_3, D_2) \quad (2.23)$$

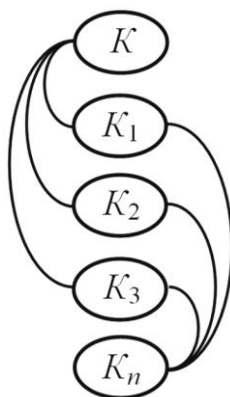
або

$$K_3 = (D_9, D_8, D_7, D_5, D_4, D_3, D_6, D_2, D_1). \quad (2.24)$$

Вираз (2.23) подає стратегію об'єднання, коли до найбільшої ділянки решта додаються в порядку збільшення їх площ. Кортеж (2.24) визначає черговість кластеризації від мінімальної до максимальної ділянки. Зауважимо, що на практиці доцільні й інші послідовності.

Як вказувалось у попередньому підрозділі дисертації, кожний структурний різновид  $K_1 \dots K_3$ , див. множини (2.21), (2.23) і (2.24), здатний мати кілька параметричних варіантів своєї реалізації. Для продуктивного оцінювання їх різноманітних властивостей та раціонального керування процесом кластеризації пропонується його поєднання зі структурно-параметричними моделями, приклад якої для розглянутого випадку показано на рис. 2.3.



Рис. 2.3. СПГМ кластеризації  $K$ 

Приведене зображення є мультиграфом, оскільки його дуги відтворюють для структурних різновидів  $(K_i)_{i=1}^3$  кластеризації множини їх параметричних варіантів.

Якщо останні описуються кортежами

$$K_1 = (K_{1_i})_{i=1}^{N_{K_1}}, K_2 = (K_{2_i})_{i=1}^{N_{K_2}}, K_3 = (K_{3_i})_{i=1}^{N_{K_3}}, \quad (2.25)$$

то загальне число проектних різновидів кластеризації визначається множиною

$$K = (K_n)_{n=1}^{N_K}, \quad (2.26)$$

де  $N_K = N_{K_1} + N_{K_2} + N_{K_3}$ .

Проаналізований приклад доволі повно описує запропонований спосіб геометричного моделювання організаційних кластерних структур, що базується на інтеграції засобів методу кластеризації зі структурно-параметричним підходом для підвищення ефективності соціально-економічного розвитку деякої території, зокрема, шляхом поліпшення використання різноманітних ресурсів.

Викладений математичний апарат (2.12) ... (2.26) достатньо універсальний щодо багатьох галузей практичного застосування, скажімо, промислової, торгівельної, фінансової, освітньої, медичної та іншої діяльності, а також їх комплексного опрацювання. Про це також свідчить його здатність адаптуватися до змінних оточуючих обставин.

На підтвердження останнього судження наведемо наступний приклад. На відміну від попереднього організаційна стратегія деякого підприємства, фірми або їх об'єднань полягає не в поступовому розширенні зв'язної області своєї діяльності, а в максимальному охопленні найвіддаленіших та найбільших за площею ділянок. Це доцільно в умовах, зокрема, гострої конкурентної боротьби з метою інтенсивного освоєння нових ринків для збуту продукції, виконуваних сервісних послуг і т. д.

Побудова інтегрованої кластерної структурно-параметричної моделі здійснюється за наведеною вище методикою. Головною відмінністю є лише використовуваний *алгоритм 2.2 кластеризації*, який у даному разі має наступний вигляд.

1. За координатами вершин розраховуються площі та геометричні центри наявних ділянок. Визначається початковий елемент нового кластера. Це може бути ділянка максимальної площі, найвіддаленіша від певної точки або обрана з інших міркувань.

2. До кластеру додається ділянка з максимальною відстанню від її центра або найбільшим добутком площі та цієї відстані до центра першої ділянки, поточного кластера тощо. Описана процедура повторюється до формування єдиного кластеру з усіх ділянок або переривається за певних умов, після чого виконується пункт 3.

3. Завершення процедури.

Геометричний центр  $(x_{uj}, y_{uj})$  ділянки  $D_j$  з вершинами  $(T_{jk})_{k=1}^{N_{Dj}}$  та їх координатами  $(x_{jk}, y_{jk})_{k=1}^{N_{Dj}}$  визначається залежностями

$$\begin{aligned} x_{uj} &= \frac{1}{6 \cdot S_j} \sum_{k=1}^{N_{Dj}} (x_{jk} + x_{j_{k+1}}) \cdot (x_{jk} \cdot y_{j_{k+1}} - x_{j_{k+1}} \cdot y_{jk}), \\ y_{uj} &= \frac{1}{6 \cdot S_j} \sum_{k=1}^{N_{Dj}} (y_{jk} + y_{j_{k+1}}) \cdot (x_{jk} \cdot y_{j_{k+1}} - x_{j_{k+1}} \cdot y_{jk}), \end{aligned} \quad (2.27)$$

де при  $k=N_{Dj}$   $x_{j_{k+1}}=x_{j_1}$ ,  $y_{j_{k+1}}=y_{j_1}$ ;

$S_j$  – площа ділянки  $D_j$ .

Формули (2.19) і (2.27) є компонентами наведеного вище алгоритму кластеризації.

Акцентуємо увагу ще раз на багатоваріантному характері послідовностей кластеризації опрацьовуваних ділянок. Так у нашому випадку для початкового елемента кластера ймовірно обрати три різні ділянки:

- найбільшу  $D_1$ ;
- найменшу  $D_9$ ;
- центральну  $D_2$ .

Це стосується першого пункту алгоритму.

У наступному можна застосувати чотири способи кластеризації:

- за максимальною відстанню від центра першого елемента кластера;
- за найбільшим добутком площі та відстані до цього центра;
- два попередні способи, але по відношенню до поточного геометричного центра кластера.

Отже, одержимо загалом не менше 12 послідовностей кластеризації.

Рис. 2.4 ілюструє дві такі з початком у ділянці  $D_1$  і кластеризацією відносно її центра за максимальною відстанню та найбільшим добутком площі й відстані на етапі додавання четвертого елемента.

Тоді для рис. 2.4, *а* та рис. 2.4, *б* відповідно маємо

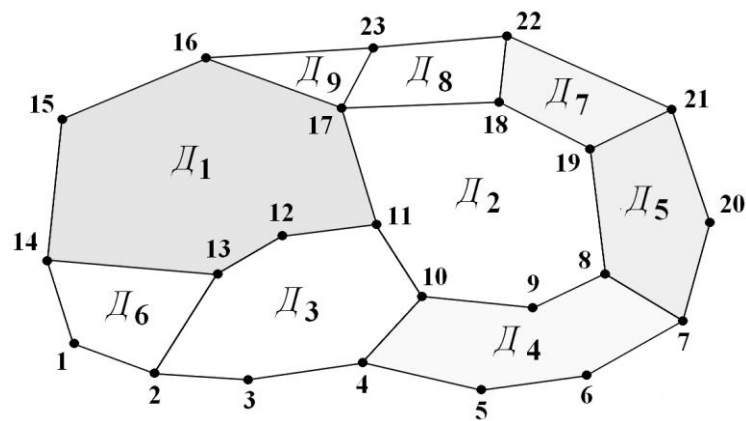
$$K = D_1 \rightarrow D_5 \rightarrow D_7 \rightarrow D_4 \quad (2.28)$$

та

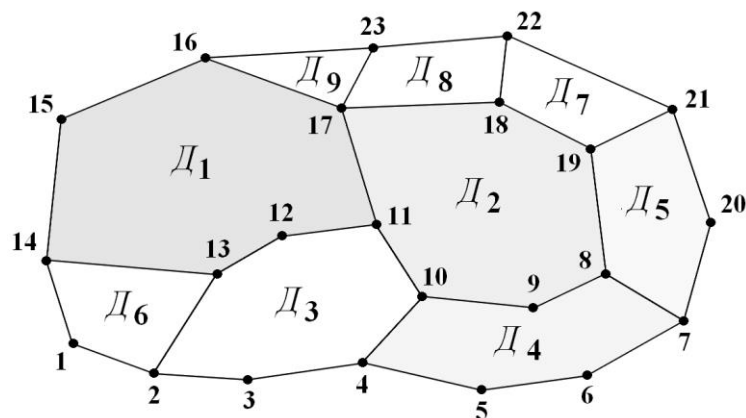
$$K = D_1 \rightarrow D_2 \rightarrow D_4 \rightarrow D_5. \quad (2.29)$$

Послідовності кластеризації (2.28) і (2.29) на графіці відображуються поступовим освітленням ділянок.

Припустивши, що кожна з 12 розглянутих послідовностей кластеризації має по три параметричні варіанти, які пов'язані з різними особливостями їх практичної реалізації, наприклад, використовуваними матеріальними, фінансовими, людськими, часовими та іншими ресурсами тощо, одержимо 36 проектних варіантів кластеризації.



a



б

Рис. 2.4. Деякі варіанти процесу кластеризації з початком у ділянці  $D_1$  на етапі додавання четвертого елемента:

$a$  – за максимальною відстанню від центра  $D_1$ ;  $б$  – за найбільшим добутком площі та відстані до центра  $D_1$

Без належного механізму для продуктивного керування ними досягти високих результатів досить проблематично. У даному випадку доволі корисними постають структурно-параметричні моделі [29], які дозволяють застосовувати значно потужніші, ніж розглянуті, функції при здійсненні кластеризації. Мається на увазі, зокрема, використання для опрацьовуваних ділянок описів їх властивостей багатоманітного плану, наприклад, виробничого, економічного, соціального і т. д. Усе це сприяє більш реалістичному моделюванню об'єктів, процесів та явищ.

Отже, в даному підрозділі дисертації подано запропонований спосіб геометричного моделювання, що ґрунтується на поєднанні методу

кластеризації, ієрархічного аналізу і структурно-параметричного підходу. Створені належні інтегровані моделі спрямовані на вдосконалення багатьох суспільних процесів.

### **2.3. Спосіб представлення ієрархічних організаційних структур**

Наведені вище матеріали свідчать про важливість на нинішньому етапі розвитку людства успішного вирішення різноманітних соціально-економічних проблем. Одними із засобів розв'язання вказаних задач є запропоновані в попередньому підрозділі дисертації інтегровані моделі територіальної кластеризації на основі структурно-параметричної методології.

Сучасне життя характеризується широкою кооперацією між окремими людьми та певними їх групами у вигляді великих і малих фірм, підприємств, цілих галузей промисловості, сільського господарства, медицини, освіти, культури тощо й, навіть, об'єднань багатьох країн. Ефективність здійснюваної при цьому діяльності в окреслених структурах суттєво залежить від оптимальної їх організації.

Було показано, що сутність застосовуваного кластерного аналізу полягає у виділенні за потрібними властивостями, критеріями, правилами і т. д. з певної початкової множини об'єктів потрібних їх груп, які називаються кластерами. У результаті за відмінних умов формуються й різні такі підмножини та послідовності їх утворення, оскільки алгоритми побудови кластерів можуть значно відрізнятись між собою.

Вище подано розроблені засоби геометричного моделювання організаційних структур у вигляді загальної концепції, моделей, прийомів та алгоритмів для задач територіальної кластеризації з використанням структурно-параметричного підходу. Цей підрозділ продовжує зазначені дослідження. Їх головна мета полягає в описі запропонованого способу представлення ієрархічних організаційних структур, який становить необхідне доповнення до раніш викладеного математичного апарату та сприяє його цілісному визначенню.

Акцентуємо, що даний спосіб відтворення ієрархічних структур доволі ефективний із точки зору комп'ютерної реалізації та інваріантний до великого числа об'єктів моделювання. Це забезпечує високу пристосованість до багатьох сфер на практиці. Проілюструємо його, спираючись на матеріали попереднього підрозділу, де деяку територію представлено на площині в декартовій системі координат  $Oxy$  сукупністю точок, що формують ділянки у вигляді багатокутників.

Під час проектування опрацьовується кілька стратегій кластеризації  $K$ , які описуються множинами варіантів (2.25) і (2.26). Проаналізовані залежності та рис. 2.1 ... 2.4 достатньо повно подають запропоновану загальну концепцію геометричного моделювання організаційних структур, що ґрунтується на інтеграції засобів кластерного аналізу та структурно-параметричного підходу.

Не достатньо висвітленим на поточний момент є математичний апарат динамічного відображення процесу кластеризації за допомогою ієрархічних організаційних графових структур вигляду рис. 2.2,б. Як видно, наведена організаційна структура відіграє центральну інтегруючу роль між засобами кластерного аналізу та структурно-параметричного моделювання (рис. 2.3). Тому досить важлива ефективна комп'ютерна дефініція даних інформаційних об'єктів. Для цього запропоновано наступний спосіб.

Нехай опрацьовувана структура має  $m$  ієрархічних рівнів, склад компонентів яких визначається множинами

$$K_1 = (K_{1,i})_{i=1}^{l_1}, \dots, K_m = (K_{m,i})_{i=1}^{l_m}. \quad (2.30)$$

Відтворимо граф (2.30) у вигляді

$$n_{11}, \dots, n_{1l_1}; n_{21}, \dots, n_{2l_2}; \dots; n_{m1}, \dots, n_{ml_m}, \quad (2.31)$$

де вказані величини (2.31) дорівнюють числу нащадків зазначених компонентів.

Тоді виконується залежність

$$l_i = \sum_{j=1}^{l_{i-1}} n_{i-1j}, \quad (2.32)$$

де  $i \in \mathbb{N}$ ,  $1 < i \leq m$ .

Загальна кількість складових на всіх ієрархічних рівнях

$$l = \sum_{i=1}^m l_i. \quad (2.33)$$

Вирази (2.30) ... (2.33) описують запропоноване представлення організаційних кластерних структур.

Робота з ним реалізується за приведеним нижче *алгоритмом 2.3*.

1. Обирається перший ієрархічний рівень.
2. Визначається число компонентів на поточному рівні та відповідна кількість їх нащадків на наступному.
3. Якщо останніх немає, то виконується пункт 4, інакше обирається черговий ієрархічний рівень і здійснюється перехід до пункту 2.
4. Завершення процедури.

Співвідношення (2.30) ... (2.33) та поданий алгоритм становлять сутність запропонованого способу комп'ютерного моделювання ієрархічних організаційних структур.

Розглянемо деякі приклади його практичного застосування.

Випадок рис. 2.2,б за викладеною загальною схемою зображено на рис. 2.5.

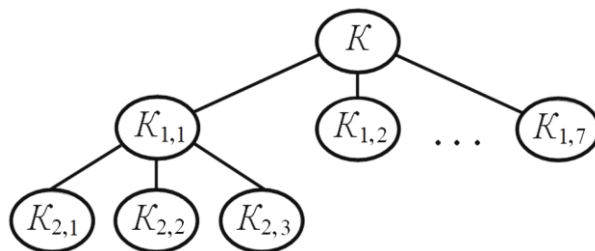


Рис. 2.5. Модельована ієрархічна організаційна структура

У даному разі маємо  $m=2$  ієрархічних рівня та на підставі множин (2.30)

$$K_1 = (K_{1,i})_{i=1}^{l_1} = (K_{1,i})_{i=1}^7, \quad K_2 = (K_{2,i})_{i=1}^{l_2} = (K_{2,i})_{i=1}^3. \quad (2.34)$$

Згідно з формулою (2.31) для об'єктів (2.34) записуємо

$$3, 0, 0, 0, 0, 0, 0; 0, 0, 0 \quad (2.35)$$

Інтерпретація представлення (2.35) за наведеним алгоритмом полягає в наступному. На першому ієрархічному рівні існує сім компонентів, три нащадки є тільки в першого з них. На другому рівні останні відсутні, тому генерування ієрархічного графа на ньому завершується.

Проаналізуємо тепер більш складну структуру. Нехай відповідно до виразу (2.31) маємо

$$2, 0, 2, 0; 0, 2, 0, 0; 0, 0 \quad (2.36)$$

Дані (2.36) означають, що модельований граф містить  $m=3$  ієрархічних рівня. На першому розташовані чотири компоненти, тобто

$$K_1 = (K_{1,i})_{i=1}^{l_1} = (K_{1,i})_{i=1}^4. \quad (2.37)$$

Перший та третій із них мають по два нащадки

$$n_{11} = 2, \quad n_{13} = 2, \quad (2.38)$$

а другий і четвертий – ні, адже

$$n_{12} = 0, \quad n_{14} = 0. \quad (2.39)$$

На підставі співвідношень (2.37) ... (2.39) та формули (2.32) обчислюємо кількість компонентів на другому ієрархічному рівні

$$l_2 = \sum_{j=1}^{l_1} n_{1j} = \sum_{j=1}^4 n_{1j} = 2 + 0 + 2 + 0 = 4. \quad (2.40)$$



Отже, з урахуванням залежності (2.40),

$$K_2 = (K_{2,i})_{i=1}^{l_2} = (K_{2,i})_{i=1}^4. \quad (2.41)$$

Як видно із запису (2.36), тільки другий компонент (2.41) має два нащадки

$$n_{22} = 2, \quad (2.42)$$

а решта – ні,

$$n_{21} = 0, \quad n_{23} = 0, \quad n_{24} = 0. \quad (2.43)$$

На основі виразів (2.42) і (2.43) та формули (2.32) розраховуємо число компонентів на третьому рівні

$$l_3 = \sum_{j=1}^{l_2} n_{2j} = \sum_{j=1}^4 n_{2j} = 0 + 2 + 0 + 0 = 2. \quad (2.44)$$

Згідно зі значенням (2.44)

$$K_3 = (K_{3,i})_{i=1}^{l_3} = (K_{3,i})_{i=1}^2. \quad (2.45)$$

Оскільки на третьому рівні ( $m=3$ ) нащадків немає, то опрацювання запису (2.36) завершено. У результаті цього, див. співвідношення (2.37) ... (2.45), отримано ієрархічну організаційну графову структуру, показану на рис. 2.6.

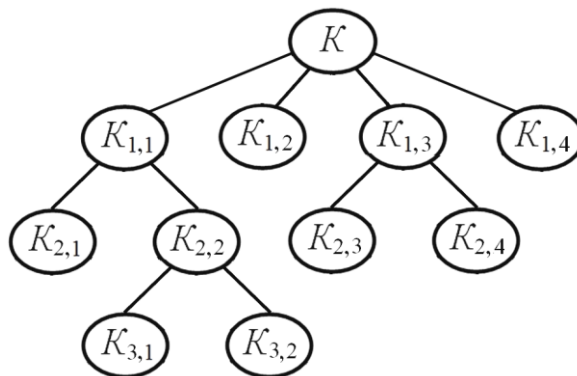


Рис. 2.6. Більш складна ієрархічна організаційна структура

Відповідно до виразу (2.33) загальне число її компонентів становить

$$l = \sum_{i=1}^m l_i = \sum_{i=1}^3 l_i = 4 + 4 + 2 = 10. \quad (2.46)$$

Незначна, з позицій практики, кількість складових (2.46) обумовлена ілюстративним характером розглянутого прикладу. Він також свідчить про компактність та зручність комп'ютерної реалізації запропонованого способу представлення ієрархічних організаційних структур і для великого числа їх компонентів. Це стосується багатьох задач проектування завдяки універсальному характеру розробленого математичного апарату.

Таким чином, у даному підрозділі дисертації викладено базові теоретичні засади запропонованого способу моделювання ієрархічних організаційних структур та проаналізовано деякі типові приклади його практичного використання. Розглянутий підхід забезпечує ефективне поєднання кластерного аналізу і структурно-параметричної методології під час розв'язування соціально-економічних задач інноваційного територіального розвитку, зокрема економії різноманітних ресурсів.

## 2.4. Спосіб полігональної кластеризації

Цю частину дисертації присвячено опису розробленого способу геометричного моделювання процесів кластеризації, який полягає в об'єднанні полігонів (багатокутників), що представлені в підрозділі 2.2, і є компонентом належного математичного апарату.

Запропонований підхід включає три складові.

*Перша* формує з використанням виразів (2.13) ... (2.15) для кожної ділянки  $D_j$  кластеризації габаритний прямокутник, який містить усередині себе зазначений полігон.

*Друга* у процесі кластеризації виконує аналіз ймовірних перетинів опрацьовуваних габаритних прямокутників із метою оцінки можливості

об'єднання відповідних ділянок. Коли прямокутники не перетинаються, то досліджувані ділянки не є суміжними, інакше знаходяться спільні їх вершини вигляду (2.13).

Третя складова полягає у виявленні для об'єднаних двох ділянок спільної їх межі та дефініції на основі цього нової геометрії поточного кластера.

Проілюструємо описаний математичний апарат на прикладі, розглянутому в підрозділі 2.2.

Для ділянок  $D_j$  кластеризації, які описані кортежами (2.14), обчислюються габаритні прямокутники  $P_j$ , що в декартовій системі  $Oxy$  визначаються лівою нижньою і правою верхньою вершинами з відповідними координатами

$$x_{min_j} = \min(T_{jk_x})_{k=1}^{N_{D_j}}, \quad (2.47)$$

$$y_{min_j} = \min(T_{jk_y})_{k=1}^{N_{D_j}}, \quad (2.48)$$

$$x_{max_j} = \max(T_{jk_x})_{k=1}^{N_{D_j}}, \quad (2.49)$$

$$y_{max_j} = \max(T_{jk_y})_{k=1}^{N_{D_j}}. \quad (2.50)$$

Габаритні прямокутники  $P_j$  упорядковуються за зростанням абсцис їх лівих нижніх кутів. Далі на підставі величин (2.47) ... (2.50) для  $j_1$ -ї та  $j_2$ -ї ділянок розраховується спільна область їх габаритних прямокутників наступним чином.

Якщо

$$x_{min_{j_2}} > x_{max_{j_1}} \quad \text{або} \quad y_{max_{j_2}} < y_{min_{j_1}} \quad \text{або} \quad y_{min_{j_2}} > y_{max_{j_1}}, \quad (2.51)$$

то  $j_1$ -ша та  $j_2$ -га ділянки не суміжні, інакше

$$x_{min_{j_1, j_2}} = \max(x_{min_{j_1}}, x_{min_{j_2}}), \quad (2.52)$$

$$x_{max_{j_1, j_2}} = \min(x_{max_{j_1}}, x_{max_{j_2}}), \quad (2.53)$$

$$y_{\min_{j_1, j_2}} = \max(y_{\min_{j_1}}, y_{\min_{j_2}}), \quad (2.54)$$

$$y_{\max_{j_1, j_2}} = \min(y_{\max_{j_1}}, y_{\max_{j_2}}). \quad (2.55)$$

Вирази (2.12) ... (2.18), (2.51) ... (2.55) дозволяють виконати дефініцію спільних вершин двох ділянок, які аналізуються. Рис. 2.7 ілюструє кілька прикладів на базі відомостей підрозділу 2.2.

Так на рис. 2.7,*a* штриховими лініями показано габаритні прямокутники ділянок  $D_1$  і  $D_2$ . Їх спільна область включає точки 11 та 17. У випадку рис. 2.7,*б* загальними для ділянок  $D_1$  і  $D_3$  є вершини 11, 12, 13. За аналогією, див. рис. 2.7,*в* та рис. 2.7,*г*, відповідно для ділянок  $D_1$  і  $D_4$  та  $D_1$  і  $D_5$  отримуємо спільну область габаритних прямокутників у вигляді відрізка та пустої множини, що не містять загальних вершин опрацьовуваних ділянок.

Як зазначалось вище, третя складова запропонованого способу полігональної кластеризації полягає у виявленні для об'єднаних двох ділянок спільної їх межі та дефініції на основі цього нової геометрії поточного кластера. Зауважимо, що загальними для двох поєднаних багатокутників повинні бути не менше двох їх вершин.

У нашому разі це стосується інтеграції полігонів  $D_1$  і  $D_2$  та  $D_1$  і  $D_3$ .

Застосовуване правило формулюється так.

*Правило 2.1.* Для двох поєднаних полігонів визначається спільна межа у вигляді ламаної лінії. При цьому в послідовності вершин першого загальні точки йдуть в одному напрямі, а у другого – в іншому.

Нагадаємо, що згідно з кортежами (2.18) ділянки  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  подаються послідовностями вершин

$$\begin{aligned} D_1 &= (17, 16, 15, 14, 13, 12, 11), \\ D_2 &= (11, 10, 9, 8, 19, 18, 17), \\ D_3 &= (10, 11, 12, 13, 2, 3, 4). \end{aligned} \quad (2.56)$$

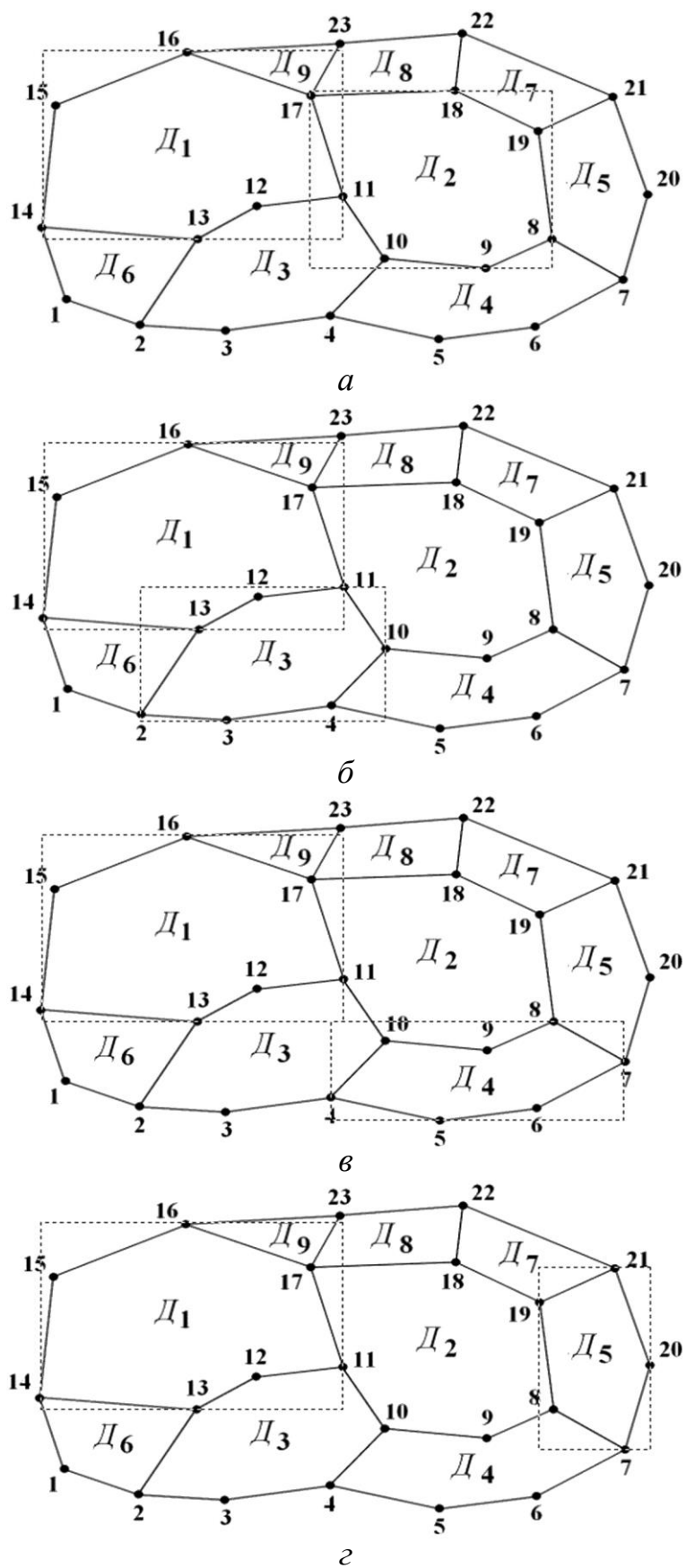


Рис. 2.7. Приклади перетину габаритних прямокутників ділянок:

$a$  –  $D_1$  та  $D_2$ ;  $б$  –  $D_1$  і  $D_3$ ;  $в$  –  $D_1$  та  $D_4$ ;  $г$  –  $D_1$  і  $D_5$

Тоді на підставі залежностей (2.56) спільною межею ділянок  $D_1$  і  $D_2$

будуть відповідно послідовності точок

$$11, 17 \text{ та } 17, 11. \quad (2.57)$$

Для дефініції нової геометрії поточного кластера використовується наступне правило.

*Правило 2.2.* З кінцевої точки спільної межі першого полігона робиться його обхід до початкової точки межі. Після цього з даної вершини продовжується обхід другого полігона аж до початкової його межевої точки, яка не включається до отриманої послідовності нового багатокутника.

За наведеним правилом згідно з виразами (2.56) і (2.57) маємо

$$D_{1,2} = (17, 16, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 19, 18). \quad (2.58)$$

Рис. 2.7,*а* підтверджує правильність нового полігона (2.58).

При поєднанні ділянок  $D_1$  і  $D_3$  одержуємо спільну межу

$$13, 12, 11 \text{ та } 11, 12, 13. \quad (2.59)$$

Далі

$$D_{1,3} = (11, 17, 16, 15, 14, 13, 2, 3, 4, 10). \quad (2.60)$$

Рис. 2.7,*б* свідчить про достовірність співвідношень (2.59) та (2.60).

*Правило 2.3.* Коли спільна межа поєднаних полігонів не є однозв'язною множиною, то формується складений кластер із цих багатокутників.

Належним прикладом слугує випадок, зображений на рис. 2.8.

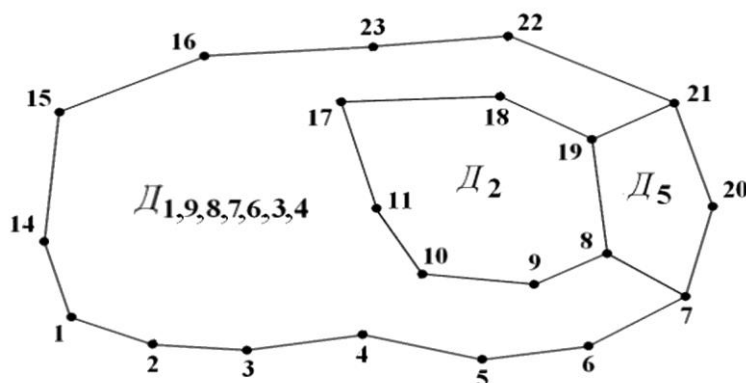


Рис. 2.8. Створення складеного кластеру  $K$

У цьому разі для послідовності кластеризації

$$D_{1,9,8,7,6,3,4} \rightarrow D_5 \quad (2.61)$$

отримуємо межу у вигляді двох окремих відрізків із кінцями в точках

$$7 \text{ і } 8 \text{ та } 19 \text{ і } 21. \quad (2.62)$$

Тоді, згідно з правилом 2.3, на підставі виразів (2.61) і (2.62) маємо складений кластер

$$K = (D_{1,9,8,7,6,3,4}, D_5). \quad (2.63)$$

Подальше використання множини ділянок (2.63) здійснюється за описаною вище процедурою, але шляхом опрацювання в якості вихідного полігона не одного, а кількох багатокутників.

Наприклад, це може бути послідовність кластеризації

$$D_{1,9,8,7,6,3,4} \rightarrow D_2 \rightarrow D_5 \quad (2.64)$$

або

$$D_5 \rightarrow D_2 \rightarrow D_{1,9,8,7,6,3,4}. \quad (2.65)$$

Таким чином, залежностями (2.47) ... (2.65) та правилами 2.1 ... 2.3 подано спосіб поєднання полігональних ділянок, який завершує опис розроблених теоретичних засад запропонованої концепції геометричного моделювання організаційних кластерних структур.

У наступному підрозділі дисертації наведено практичне застосування зазначених математичних засобів.

## Висновки до розділу 2

1. *Розроблено* теоретичні засади запропонованої концепції геометричного моделювання організаційних кластерних структур на основі інтеграції кластерного підходу та структурно-параметричної методології, що сприяє

покращенню вирішення різноманітних питань інноваційного територіального соціально-економічного розвитку.

2. *Розроблено* новий спосіб математичного представлення ієрархічних організаційних кластерних структур. Його основними перевагами є простота реалізації, комп'ютерна ефективність та інваріантний характер до багатьох опрацьовуваних об'єктів.

3. *Розроблено* спосіб полігональної кластеризації для геометричного моделювання процесів формування територіальних організаційних структур. Це суттєво розширює існуючі можливості математичного апарату кластерного підходу.

4. *Створено* теоретичні основи для побудови нових інтегрованих моделей інноваційної соціально-економічної територіальної кластеризації із використанням структурно-параметричної методології, що забезпечило їх успішне впровадження на практиці завдяки пристосованості до гнучкого врахування наявних особливостей конкретних умов застосування.

5. *Удосконалено* теорію організаційного кластерного інноваційного територіального соціально-економічного управління за рахунок нових напрацьованих способів, прийомів, алгоритмів, моделей і методик геометричного моделювання, що сприяє розширенню сфер її практичного використання.

6. *Удосконалено* методологію структурно-параметричного підходу шляхом розробляння на її основі нових математичних засобів територіальної кластеризації.

*Публікації автора з розглянутих питань:* [137, 138, 139, 141, 146].

### ***Список публікацій здобувача за матеріалами розділу 2***

1. Якусевич А.Г., Микитась М.В., Скочко В.І. Теоретичні аспекти формування організаційних кластерів засобами дискретної геометрії. *Сучасні проблеми моделювання*. Мелітополь: МДПУ, 2019. Вип. 14. С. 122–139. (Журнал входить до наукометричної бази Google Scholar).



Особистий внесок здобувача: запропоновано моделювання різноманітних організаційних кластерних структур геометричними засобами із забезпеченням максимального позитивного ефекту від взаємодії належних складових під час виконання опрацьовуваними системами поставлених перед ними завдань.

2. Якусевич А.Г., Терещук М.О. Геометричне моделювання організаційних кластерних структур як засіб підвищення ефективності використання різноманітних ресурсів. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 14. С. 12–19. (Журнал входить до наукометричних баз Google Scholar, Worldcat, BASE).

Особистий внесок здобувача: розроблено спосіб геометричного моделювання організаційних структур, що спирається на комплексне поєднання кластерного та ієрархічного аналізу зі структурно-параметричним підходом.

3. Якусевич А.Г., Терещук М.О. Спосіб представлення ієрархічних організаційних кластерних структур у задачах економії ресурсів. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 15. С. 7–14. (Журнал входить до наукометричних баз Google Scholar, Worldcat, BASE).

Особистий внесок здобувача: розроблено математичний апарат запропонованого способу представлення ієрархічних організаційних кластерних структур.

4. Якусевич А.Г., Микитась М.В. Формування організаційних кластерів засобами дискретної геометрії. *Тези доповідей 21 міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми геометричного моделювання»*. Мелітополь, 2019. С. 20–21.

Особистий внесок здобувача: запропоновано для формування організаційних кластерних структур використовувати розроблені графові моделі відтворення взаємодії суб'єктів ринкових відносин із метою підвищення ефективності їх господарювання.

5. Yakusevich A., Leshchenko V., Yakusevich S., Skochko V. Comparative analysis of numerical modeling methods of temperature fields related to the problems of energy efficient structures designing. // Scientific letter of Academes Society of Michail Baludyansky. 2020. Volume 8. N1a. P. 144–152.

Особистий внесок здобувача: виконано кластерний аналіз методів чисельного моделювання.

### РОЗДІЛ 3

## ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ РОЗРОБЛЕНИХ СПОСОБІВ ТА АЛГОРИТМІВ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

У даній частині дисертації на основі попередньо викладених матеріалів розглянуто практичне застосування запропонованого математичного апарату для геометричного моделювання інноваційного соціально-економічного кластерного розвитку кількох суміжних територіальних громад. Для цього подано вихідну інформацію щодо земельних ділянок, проживаючого населення, обсягів інвестицій, соціальних потреб та податкових зборів. Зазначені відомості послугували базою для формування належних інтегрованих кластерних структурно-параметричних моделей і виконання необхідних оптимізаційних розрахунків. Окреслені задачі доволі актуальні нині для України, зокрема у зв'язку з проведенням земельної реформи, здійснюваною децентралізацією державного управління та формуванням об'єднаних територіальних громад. У кінці розділу приведено приклади моделювання типових ієрархічних організаційних структур запропонованими математичними засобами.

### 3.1. Вихідні дані для кластеризації

Оскільки основою для інноваційної соціальної кластеризації слугують певні території, то в нашому випадку належну інформацію представлено у вигляді рис. 3.1 і даних (3.1).

Точки 1 ... 21 мають координати (в км)

$$T_1 = (x_1, y_1) = (1,5; 1), T_2 = (x_2, y_2) = (3,5; 1,5), T_3 = (x_3, y_3) = (5,5; 1),$$

$$T_4 = (x_4, y_4) = (7,5; 2), T_5 = (x_5, y_5) = (9; 1,5), T_6 = (x_6, y_6) = (10; 3,5),$$

$$T_7 = (x_7, y_7) = (7; 3,5), T_8 = (x_8, y_8) = (4; 3,5), T_9 = (x_9, y_9) = (1; 3),$$

$$T_{10} = (x_{10}, y_{10}) = (0; 4,5), T_{11} = (x_{11}, y_{11}) = (1; 5,5), T_{12} = (x_{12}, y_{12}) = (3; 6),$$

$$T_{13} = (x_{13}, y_{13}) = (7,5; 5), T_{14} = (x_{14}, y_{14}) = (9,5; 5,5), T_{15} = (x_{15}, y_{15}) = (10; 8),$$

$$\mathbf{T}_{16} = (x_{16}, y_{16}) = (7; 7), \mathbf{T}_{17} = (x_{17}, y_{17}) = (4,5; 7), \mathbf{T}_{18} = (x_{18}, y_{18}) = (0,5; 8),$$

$$\mathbf{T}_{19} = (x_{19}, y_{19}) = (2; 10), \mathbf{T}_{20} = (x_{20}, y_{20}) = (5,5; 9,5), \mathbf{T}_{21} = (x_{21}, y_{21}) = (8; 10). \quad (3.1)$$

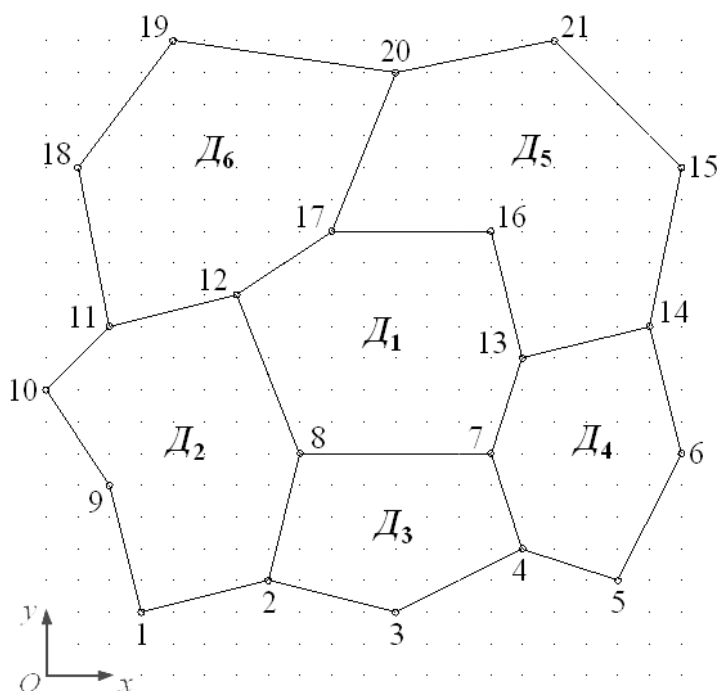


Рис. 3.1. План земельних ділянок опрацьовуваних територіальних громад

На рис. 3.1 для територіальних громад

$$\Gamma = (\Gamma_j)_{j=1}^6 \quad (3.2)$$

використано позначення їх ділянок

$$\mathcal{D} = (\mathcal{D}_j)_{j=1}^6. \quad (3.3)$$

За формулою (2.19) і даними (3.1) для громад (3.2) обчислено площі

$$S = (S_j)_{j=1}^6 \quad (3.4)$$

ділянок (3.3).

Отримані числові дані наведено в табл. 3.1.

Земельні ділянки територіальних громад *Таблиця 3.1*

Громада	$\Gamma_1$	$\Gamma_2$	$\Gamma_3$	$\Gamma_4$	$\Gamma_5$	$\Gamma_6$
Площа, км <sup>2</sup>	12,88	12,75	7,63	8,38	16,25	14,75

Для розрахунку площ (3.4) було застосовано розроблену в середовищі системи математичного моделювання Maple комп'ютерну програму, код якої приведено в додатку А2.

Решту вихідних даних, таких як населення громад, їх річні соціальні потреби (витрати), існуючі податкові збори та обсяги інвестицій подано, як приклад, у табл. 3.2.

Опрацьовувані соціально-економічні фактори Таблиця 3.2

<i>Громада</i>	$\Gamma_1$	$\Gamma_2$	$\Gamma_3$	$\Gamma_4$	$\Gamma_5$	$\Gamma_6$
Населення, тис. чол.	1,5	1,1	0,5	1	0,8	1,2
Соціальні витрати, млн. грн.	8,1	5,8	3,1	6,3	6,1	7,2
Податки, млн. грн.	12,6	5,4	3,9	4,5	4,8	11,1
Інвестиції, млн. грн.	0,5	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4

Отже, сумарна площа територіальних громад становить

$$S_{\Sigma} = \sum_{j=1}^6 S_j = (12,88 + 12,75 + 7,63 + 8,38 + 16,25 + 14,75) \text{ км}^2 = 72,64 \text{ км}^2 \quad (3.5)$$

з населенням

$$N_{\Sigma} = \sum_{j=1}^6 N_j = (1,5 + 1,1 + 0,5 + 1 + 0,8 + 1,2) \text{ тис. чол.} = 6100 \text{ чол.}, \quad (3.6)$$

де  $N_j$  – число жителів громади  $\Gamma_j$ .

На підставі залежностей (3.5) і (3.6) середня густина населення

$$N_{cp} = \frac{N_{\Sigma}}{S_{\Sigma}} = \frac{6100 \text{ чол.}}{72,64 \text{ км}^2} = 84 \text{ чол./км}^2. \quad (3.7)$$

За даними табл. 3.2 загальні соціальні витрати

$$C_{\Sigma} = \sum_{j=1}^6 C_j = (8,1 + 5,8 + 3,1 + 6,3 + 6,1 + 7,2) \text{ млн. грн.} = 36,6 \text{ млн. грн.}, \quad (3.8)$$

податки

$$P_{\Sigma} = \sum_{j=1}^6 P_j = (12,6 + 5,4 + 3,9 + 4,5 + 4,8 + 11,1) \text{ млн. грн.} = 42,3 \text{ млн. грн.}, \quad (3.9)$$

інвестиції

$$I_{\Sigma} = \sum_{j=1}^6 I_j = (0,5 + 0,2 + 0,2 + 0,1 + 0,2 + 0,4) \text{ млн. грн.} = 1,6 \text{ млн. грн.}, \quad (3.10)$$

де  $C_j, P_j, I_j$  – соціальні витрати, податки та інвестиції громади  $G_j$ .

З формул (3.6), (3.8) ... (3.10) маємо середні на людину:

– соціальні потреби

$$C_{cp} = \frac{C_{\Sigma}}{N_{\Sigma}} = \frac{36,6 \text{ млн. грн.}}{6100 \text{ чол.}} = 6000 \text{ грн./чол.}, \quad (3.11)$$

– податкові збори

$$P_{cp} = \frac{P_{\Sigma}}{N_{\Sigma}} = \frac{42,3 \text{ млн. грн.}}{6100 \text{ чол.}} = 6934 \text{ грн./чол.}, \quad (3.12)$$

– інвестиції

$$I_{cp} = \frac{I_{\Sigma}}{N_{\Sigma}} = \frac{1,6 \text{ млн. грн.}}{6100 \text{ чол.}} = 262 \text{ грн./чол.} \quad (3.13)$$

За умов 40 % працездатного населення та 70 % його зайнятості протягом року середні податки на одного працівника становлять

$$P_{cp_{прац}} = \frac{P_{\Sigma}}{N_{\Sigma} \cdot 0,5 \cdot 0,8} = \frac{42,3 \text{ млн. грн.}}{6100 \text{ чол.} \cdot 0,4 \cdot 0,7} = 24766 \text{ грн./чол.} \quad (3.14)$$

Питомі показники (3.7), (3.11) ... (3.14) дозволяють зробити певні оцінки рівня життя досліджуваного регіону.

У другому розділі зазначалось, що інноваційна територіальна соціально-економічна кластеризація здійснюється з урахуванням багатьох факторів, зокрема вказаних у табл. 3.1 і табл. 3.2. Це стосується, наприклад, різних послідовностей об'єднання опрацьовуваних об'єктів.

На підставі зазначених особливостей у додатку А1 приведена табл. А.1 з упорядкованими кортежами ділянок територіальних громад за спаданням їх площ, населення, соціальних потреб, податкових зборів та інвестицій.

Головна ідея інноваційної територіальної кластеризації полягає в раціональному використанні коштів на соціальні питання (зменшення витрат на управлінський персонал, утримання зайвої інфраструктури, транспорт тощо), підвищенні доходів від промислової, сільськогосподарської, торгівельної, фінансової та інших видів діяльності.

Наведені вище фактори суттєво залежать від об'єднаних територіальних громад. Кількісна оцінка даних величин вимагає проведення ґрунтовних спеціалізованих досліджень. У нашому випадку вказані значення подано у вигляді табл. 3.3 ... 3.5.

Соціальні витрати при кластеризації, млн. грн. Таблиця 3.3

	$G_1$	$G_2$	$G_3$	$G_4$	$G_5$	$G_6$
$G_1$	–	12,1	10,3	13,2	13,1	14
$G_2$	12,6	–	8	–	–	12,3
$G_3$	10,8	8,4	–	9,1	–	–
$G_4$	14,1	–	8,7	–	11,7	–
$G_5$	13,5	–	–	11,5	–	12,5
$G_6$	14,2	12,6	–	–	12,4	–

Податки при кластеризації, млн. грн. Таблиця 3.4

	$G_1$	$G_2$	$G_3$	$G_4$	$G_5$	$G_6$
$G_1$	–	19,1	17,3	17,7	18,2	24,7
$G_2$	18,8	–	10,6	–	–	17,8
$G_3$	17,3	10,4	–	8,9	–	–
$G_4$	17,9	–	8,9	–	9,8	–
$G_5$	17,7	–	–	9,9	–	16,4
$G_6$	24,2	17,1	–	–	16,7	–

Інвестиції при кластеризації, млн. грн. Таблиця 3.5

	$\Gamma_1$	$\Gamma_2$	$\Gamma_3$	$\Gamma_4$	$\Gamma_5$	$\Gamma_6$
$\Gamma_1$	–	1,1	0,9	0,9	1,1	1,2
$\Gamma_2$	0,9	–	0,6	–	–	0,7
$\Gamma_3$	0,9	0,6	–	0,4	–	–
$\Gamma_4$	0,7	–	0,6	–	0,5	–
$\Gamma_5$	0,9	–	–	0,5	–	0,8
$\Gamma_6$	1,4	0,9	–	–	0,7	–

При цьому штрихами позначено неможливість територіального поєднання, тобто несуміжність, зазначених громад, див. рис. 3.1.

Аналіз таблиць 3.2 ... 3.5 свідчить, що кластеризація підвищує соціально-економічні показники регіону завдяки позитивному синергетичному ефекту внаслідок інтеграції територіальних громад. Так якщо просумувати рядок соціальних витрат табл. 3.2, то маємо 36,6 млн. грн. річних потреб, див. формулу (3.8), а для процесу кластеризації

$$\Gamma_1 \rightarrow \Gamma_2 \rightarrow \Gamma_3 \rightarrow \Gamma_4 \rightarrow \Gamma_5 \rightarrow \Gamma_6 \quad (3.15)$$

одержимо економію соціальних витрат

$$\begin{aligned} C_E &= \sum_{i=1}^5 (C_i + C_{i+1} - \Gamma_{i,i+1}) = ((8,1 + 5,8 - 12,1) + (5,8 + 3,1 - 8) + \\ &+ (3,1 + 6,3 - 9,1) + (6,3 + 6,1 - 11,7) + (6,1 + 7,2 - 12,5)) \text{ млн. грн.} = \quad (3.16) \\ &= (1,8 + 0,9 + 0,3 + 0,7 + 0,8) \text{ млн. грн.} = 4,5 \text{ млн. грн.}; \end{aligned}$$

збільшення податкових зборів

$$\begin{aligned} P_3 &= \sum_{i=1}^5 (\Gamma_{i,i+1} - \Pi_i - \Pi_{i+1}) = ((19,1 - 12,6 - 5,4) + (10,6 - 5,4 - 3,9) + \\ &+ (8,9 - 3,9 - 4,5) + (9,8 - 4,5 - 4,8) + (16,4 - 4,8 - 11,1)) \text{ млн. грн.} = \quad (3.17) \\ &= (1,1 + 1,3 + 0,5 + 0,5 + 0,5) \text{ млн. грн.} = 3,9 \text{ млн. грн.}; \end{aligned}$$

та інвестицій



$$\begin{aligned}
 I_3 &= \sum_{i=1}^5 (G_{i,i+1} - I_i - I_{i+1}) = ((1,1 - 0,5 - 0,2) + (0,6 - 0,2 - 0,2) + \\
 &+ (0,4 - 0,2 - 0,1) + (0,5 - 0,1 - 0,2) + (0,8 - 0,2 - 0,4)) \text{ млн. грн.} = (3.18) \\
 &= (0,4 + 0,2 + 0,1 + 0,2 + 0,2) \text{ млн. грн.} = 1,1 \text{ млн. грн.},
 \end{aligned}$$

де  $G_{i,i+1}$  – належна комірка відповідно в таблицях 3.3 ... 3.5;  $i$  – її рядок,  $i+1$  – стовпчик.

З виразів (3.15) ... (3.18) бачимо, що послідовність кластеризації впливає на отримувані соціально-економічні характеристики.

У нашому випадку сумарний позитивний ефект становить

$$E = C_E + P_3 + I_3 = (4,5 + 3,9 + 1,1) \text{ млн. грн.} = 9,5 \text{ млн. грн.} \quad (3.19)$$

Як свідчать попередньо викладені відомості, крім варіанта (3.19) можливі й інші. Запропонованій методиці обрання з них найкращого присвячено подальший матеріал дисертації. Зауважимо, що в загальному випадку для таблиць 3.3 ... 3.5

$$G_{i,j} \neq G_{j,i}, \quad (3.20)$$

де  $i$  – рядок, а  $j$  – стовпчик комірки.

Співвідношення (3.20) обумовлено важливою роллю обраної послідовності інтеграції територій при кластеризації. Наприклад, соціальні витрати, податкові збори та інвестиції суттєво залежать від зосередження в певній з об'єднаних громад освітніх, медичних, культурних, економічних, торговельних, фінансових тощо осередків людської діяльності.

У додатку А.1 для вихідних даних (3.1) наведено результати розрахунків за формулою (2.27) геометричних центрів опрацьовуваних ділянок, а також відстаней між ними та іншу інформацію. Це потрібно для реалізації деяких видів кластеризації.

### 3.2. Інтегрована структурно-параметрична кластерна модель

У даній частині дисертації виконано формування інтегрованої СПГМ для варіантної кластеризації проаналізованих вище територіальних громад та створення належних організаційних структур.

Головна мета полягає у практичній ілюстрації переваг напрацьованого математичного апарату, що включає запропоновану концепцію, розроблені способи, прийоми, алгоритми й методики моделювання. Підрозділ містить дві складові, де розглянуто відповідно можливі послідовності кластеризації та динамічні організаційні кластерні структури.

#### 3.2.1. Варіанти кластеризації

Почнемо з геометричної дефініції за даними (3.1) ділянок  $D_1 \dots D_6$  у вигляді (2.15). Тоді маємо

$$\begin{aligned}
 D_1 &= (8, 7, 13, 16, 17, 12), \\
 D_2 &= (1, 2, 8, 12, 11, 10, 9), \\
 D_3 &= (2, 3, 4, 7, 8), \\
 D_4 &= (4, 5, 6, 14, 13, 7), \\
 D_5 &= (13, 14, 15, 21, 20, 17, 16), \\
 D_6 &= (17, 20, 19, 18, 11, 12).
 \end{aligned}
 \tag{3.21}$$

Далі визначаємо послідовності кластеризації  $K$  для об'єктів (3.21). Це може здійснюватися за формалізованими властивостями, так і довільним чином, так би мовити експертним шляхом.

Для першого випадку візьмемо, як приклад, об'єднання громад згідно з упорядкуванням, див. табл. А.1 додатку А.1, що відповідає спаданню таких їх величин як площі, кількість населення, соціальні потреби, податкові збори та інвестиції.

Отримуємо послідовності за зменшенням:

– площ

$$K_1 = D_5 \rightarrow D_6 \rightarrow D_1 \rightarrow D_2 \rightarrow D_4 \rightarrow D_3, \quad (3.22)$$

– населення

$$K_2 = D_1 \rightarrow D_6 \rightarrow D_2 \rightarrow D_4 \rightarrow D_5 \rightarrow D_3, \quad (3.23)$$

– соціальних потреб

$$K_3 = D_1 \rightarrow D_6 \rightarrow D_4 \rightarrow D_5 \rightarrow D_2 \rightarrow D_3, \quad (3.24)$$

– податкових зборів

$$K_4 = D_1 \rightarrow D_6 \rightarrow D_2 \rightarrow D_5 \rightarrow D_4 \rightarrow D_3, \quad (3.25)$$

– інвестицій

$$K_5 = D_1 \rightarrow D_6 \rightarrow D_2 \rightarrow D_3 \rightarrow D_5 \rightarrow D_4. \quad (3.26)$$

У зв'язку з обмеженими нормованими обсягами дисертації проілюструємо вибірково для виразів (3.22) ... (3.26) правильність запропонованих способів, прийомів та алгоритмів геометричного моделювання.

Для способу полігональної кластеризації у випадку послідовності  $K_1$  при поєднанні ділянок  $D_5$  і  $D_6$  належні габаритні прямокутники  $\Pi_5$  та  $\Pi_6$  формуються на основі співвідношень (2.47) ... (2.50) і мають вигляд

$$\Pi_5 = ((x_{min_5}; y_{min_5}), (x_{max_5}; y_{max_5})), \quad (3.27)$$

$$\Pi_6 = ((x_{min_6}; y_{min_6}), (x_{max_6}; y_{max_6})), \quad (3.28)$$

де

$$\begin{aligned} x_{min_5} &= \min(x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{21}, x_{20}, x_{17}, x_{16}) = \\ &= \min(7,5; 9,5; 10; 8; 5,5; 4,5; 7) = 4,5; \end{aligned} \quad (3.29)$$

$$\begin{aligned} y_{min_5} &= \min(y_{13}, y_{14}, y_{15}, y_{21}, y_{20}, y_{17}, y_{16}) = \\ &= \min(5; 5,5; 8; 10; 9,5; 7; 7) = 5; \end{aligned} \quad (3.30)$$

$$\begin{aligned} x_{max_5} &= \max(x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{21}, x_{20}, x_{17}, x_{16}) = \\ &= \max(7,5; 9,5; 10; 8; 5,5; 4,5; 7) = 10; \end{aligned} \quad (3.31)$$

$$\begin{aligned} y_{max_5} &= \max(y_{13}, y_{14}, y_{15}, y_{21}, y_{20}, y_{17}, y_{16}) = \\ &= \max(5; 5,5; 8; 10; 9,5; 7; 7) = 10; \end{aligned} \quad (3.32)$$

$$\begin{aligned} x_{min_6} &= \min(x_{17}, x_{20}, x_{19}, x_{18}, x_{11}, x_{12}) = \\ &= \min(4,5; 5,5; 2; 0,5; 1; 3) = 0,5; \end{aligned} \quad (3.33)$$

$$\begin{aligned} y_{min_6} &= \min(y_{17}, y_{20}, y_{19}, y_{18}, y_{11}, y_{12}) = \\ &= \min(7; 9,5; 10; 8; 5,5; 6) = 5,5; \end{aligned} \quad (3.34)$$

$$\begin{aligned} x_{max_6} &= \max(x_{17}, x_{20}, x_{19}, x_{18}, x_{11}, x_{12}) = \\ &= \max(4,5; 5,5; 2; 0,5; 1; 3) = 5,5; \end{aligned} \quad (3.35)$$

$$\begin{aligned} y_{max_6} &= \max(y_{17}, y_{20}, y_{19}, y_{18}, y_{11}, y_{12}) = \\ &= \max(7; 9,5; 10; 8; 5,5; 6) = 10. \end{aligned} \quad (3.36)$$

Після впорядкування габаритних прямокутників (3.27) ... (3.36) за зростанням абсцис їх лівих нижніх кутів  $\Pi_6$  стає першим, а  $\Pi_5$  – наступним.

Умова (2.51) на їх несуміжність

$$\begin{aligned} x_{min_5} = 4,5 > x_{max_6} = 5,5 \quad \text{або} \quad y_{max_5} = 10 < y_{min_6} = 5,5 \\ \text{або} \quad y_{min_5} = 5 > y_{max_6} = 10 \end{aligned} \quad (3.37)$$

не виконується, тому спільна прямокутна область визначається як

$$\Pi_{5,6} = ((x_{min_{5,6}}; y_{min_{5,6}}), (x_{max_{5,6}}; y_{max_{5,6}})), \quad (3.38)$$

де згідно з виразами (2.52) ... (2.55)

$$x_{min_{5,6}} = \max(x_{min_5}; x_{min_6}) = \max(4,5; 0,5) = 4,5; \quad (3.39)$$

$$y_{\min_{5,6}} = \max(y_{\min_5}; y_{\min_6}) = \max(5; 5,5) = 5,5; \quad (3.40)$$

$$x_{\max_{5,6}} = \min(x_{\max_5}; x_{\max_6}) = \min(10; 5,5) = 5,5; \quad (3.41)$$

$$y_{\max_{5,6}} = \min(y_{\max_5}; y_{\max_6}) = \min(10; 10) = 10. \quad (3.42)$$

Одержані результати (3.27) ... (3.42) показано на рис. 3.2.

Далі переходимо до дефініції спільної межі ділянок  $D_5$  і  $D_6$ . Відповідно до координат (3.1) прямокутнику 3.38 належать тільки точки 17 і 20, що підтверджує графічне зображення, яке аналізується.

Застосовуючи правило 2.1, для поєднаних полігонів вигляду 3.21 визначається спільна межа, що являє собою ламану лінію. У послідовності вершин першого загальні точки йдуть в одному напрямі, а у другого – в іншому. Це відрізок із кінцями в точках 17 і 20.

Об'єднана ділянка  $D_{5,6}$  створюється на підставі правила 2.2

$$D_{5,6} = (17, 16, 13, 14, 15, 21, 20, 19, 18, 11, 12). \quad (3.43)$$

Правильність виразу (3.43) ілюструє рис. 3.3.

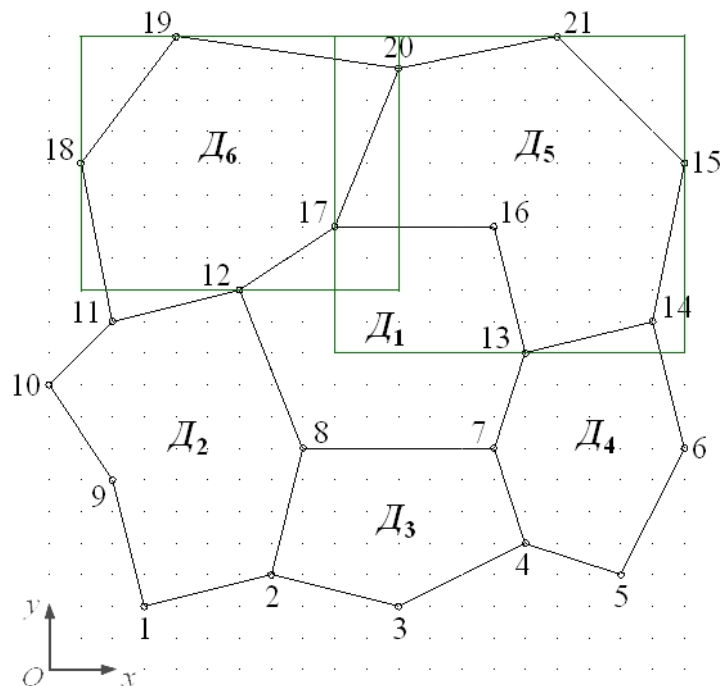


Рис. 3.2. Ілюстрація обчислювального процесу територіальної кластеризації

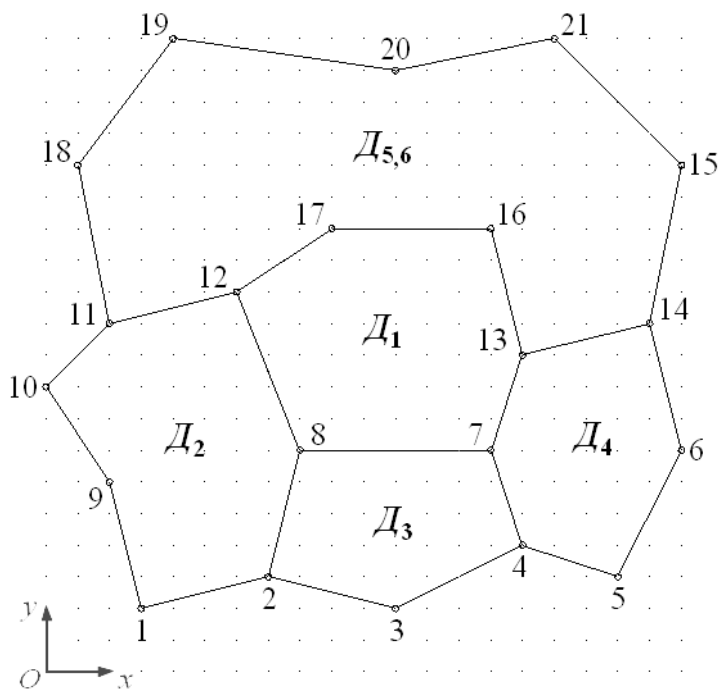


Рис. 3.3. Побудована інтегрована ділянка  $D_{5,6}$

Далі у випадку послідовності  $K_1$  кластеризації, див. залежність (3.22), є додавання до ділянки  $D_{5,6}$  ще й  $D_6$ . Необхідні габаритні прямокутники  $\Pi_{5,6}$  та  $\Pi_1$  обчислюються з використанням співвідношень (2.47) ... (2.50) і мають вигляд

$$\Pi_{5,6} = ((x_{min_{5,6}}; y_{min_{5,6}}), (x_{max_{5,6}}; y_{max_{5,6}})), \quad (3.44)$$

$$\Pi_1 = ((x_{min_1}; y_{min_1}), (x_{max_1}; y_{max_1})), \quad (3.45)$$

де

$$\begin{aligned} x_{min_{5,6}} &= \min(x_{17}, x_{16}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{21}, x_{20}, x_{19}, x_{18}, x_{11}, x_{12}) = \\ &= \min(4,5; 7; 7,5; 9,5; 10; 8; 5,5; 2; 0,5; 3) = 0,5; \end{aligned} \quad (3.46)$$

$$\begin{aligned} y_{min_{5,6}} &= \min(y_{17}, y_{16}, y_{13}, y_{14}, y_{15}, y_{21}, y_{20}, y_{19}, y_{18}, y_{11}, y_{12}) = \\ &= \min(7; 7; 5; 5,5; 8; 10; 9,5; 10; 8; 5,5; 6) = 5; \end{aligned} \quad (3.47)$$

$$\begin{aligned} x_{max_{5,6}} &= \max(x_{17}, x_{16}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{21}, x_{20}, x_{19}, x_{18}, x_{11}, x_{12}) = \\ &= \max(4,5; 7; 7,5; 9,5; 10; 8; 5,5; 2; 0,5; 3) = 10; \end{aligned} \quad (3.48)$$

$$\begin{aligned}
 y_{max_{5,6}} &= \max(y_{17}, y_{16}, y_{13}, y_{14}, y_{15}, y_{21}, y_{20}, y_{19}, y_{18}, y_{11}, y_{12}) = \\
 &= \max(7; 7; 5; 5,5; 8; 10; 9,5; 10; 8; 5,5; 6) = 10;
 \end{aligned}
 \tag{3.49}$$

$$\begin{aligned}
 x_{min_1} &= \min(x_8, x_7, x_{13}, x_{16}, x_{17}, x_{12}) = \\
 &= \min(4; 7; 7,5; 7; 4,5; 3) = 3;
 \end{aligned}
 \tag{3.50}$$

$$\begin{aligned}
 y_{min_1} &= \min(y_8, y_7, y_{13}, y_{16}, y_{17}, y_{12}) = \\
 &= \min(3,5; 3,5; 5; 7; 7; 6) = 3,5;
 \end{aligned}
 \tag{3.51}$$

$$\begin{aligned}
 x_{max_1} &= \max(x_8, x_7, x_{13}, x_{16}, x_{17}, x_{12}) = \\
 &= \max(4; 7; 7,5; 7; 4,5; 3) = 7,5;
 \end{aligned}
 \tag{3.52}$$

$$\begin{aligned}
 y_{max_1} &= \max(y_8, y_7, y_{13}, y_{16}, y_{17}, y_{12}) = \\
 &= \max(3,5; 3,5; 5; 7; 7; 6) = 7.
 \end{aligned}
 \tag{3.53}$$

Після впорядкування габаритних прямокутників (3.44) ... (3.53) за зростанням абсцис їх лівих нижніх кутів  $\Pi_{5,6}$  є першим, а  $\Pi_1$  – наступним.

Умова (2.51) на їх несуміжність

$$\begin{aligned}
 x_{min_1} = 3 > x_{max_{5,6}} = 10 \quad \text{або} \quad y_{max_1} = 7 < y_{min_{5,6}} = 5 \\
 \text{або} \quad y_{min_1} = 3,5 > y_{max_{5,6}} = 10
 \end{aligned}
 \tag{3.54}$$

не виконується, тому спільна прямокутна область визначається як

$$\Pi_{5,6,1} = ((x_{min_{5,6,1}}; y_{min_{5,6,1}}), (x_{max_{5,6,1}}; y_{max_{5,6,1}})),
 \tag{3.55}$$

де згідно з виразами (2.52) ... (2.55)

$$x_{min_{5,6,1}} = \max(x_{min_{5,6}}; x_{min_1}) = \max(0,5; 3) = 3;
 \tag{3.56}$$

$$y_{min_{5,6,1}} = \max(y_{min_{5,6}}; y_{min_1}) = \max(5; 3,5) = 5;
 \tag{3.57}$$

$$x_{max_{5,6,1}} = \min(x_{max_{5,6}}; x_{max_1}) = \min(10; 7,5) = 7,5; \quad (3.58)$$

$$y_{max_{5,6,1}} = \min(y_{max_{5,6}}; y_{max_1}) = \min(10; 7) = 7. \quad (3.59)$$

Одержані результати (3.44) ... (3.59) показано на рис. 3.4.

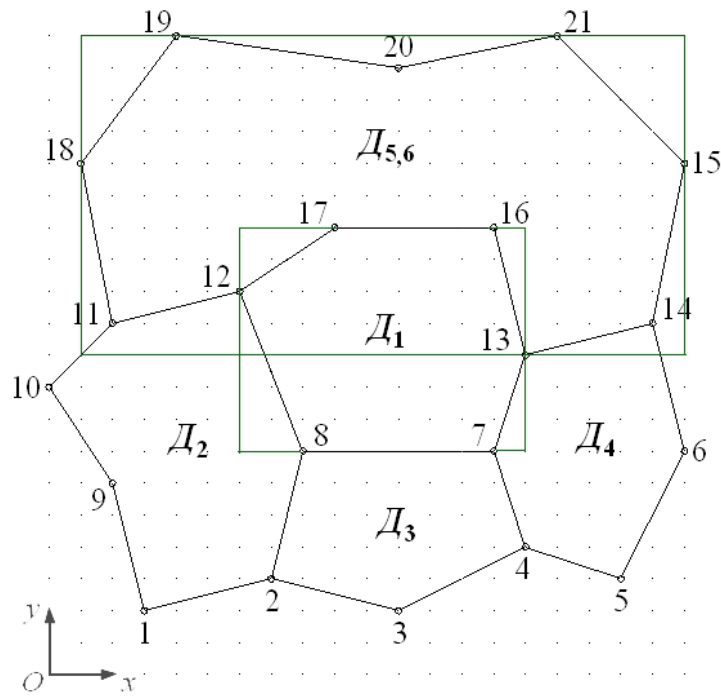


Рис. 3.4. Подальший процес територіальної кластеризації

Переходимо до дефініції спільної межі ділянок  $D_{5,8}$  і  $D_1$ . Відповідно до координат (3.1) прямокутнику (3.55) належать точки 12, 13, 16 і 17, що підтверджує зображення вище. Застосовуючи правило 2.1 для поєднаних полігонів  $D_{5,6}$  і  $D_1$ , див. формули (3.43) та (3.21), визначаємо спільну межу у вигляді ламаної лінії з вершинами 13, 16, 17, 12.

Об'єднана ділянка  $D_{5,6,1}$  створюється на підставі правила 2.2

$$D_{5,6,1} = (13, 14, 15, 21, 20, 19, 18, 11, 12, 8, 7). \quad (3.60)$$

Правильність виразу (3.60) ілюструє рис. 3.5.



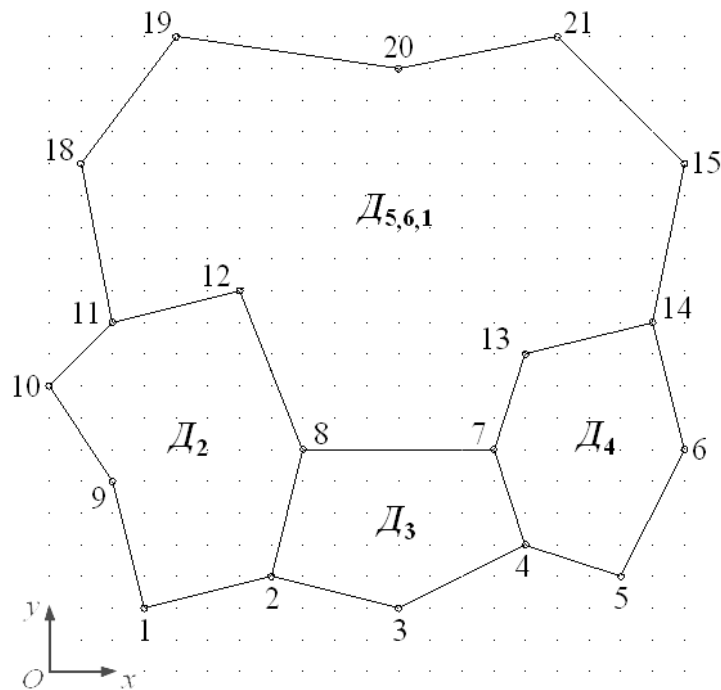


Рис. 3.5. Інтегрована ділянка  $D_{5,6,1}$

Геометрична кластеризація послідовностей (3.22) ... (3.26) реалізується за проаналізованою схемою (3.27) ... (3.60), див. рис. 3.1 ... 3.5. Не розглянутими залишається побудова динамічних організаційних кластерних структур та виконання інноваційних соціально-економічних оптимізаційних розрахунків. Ці питання подаються далі.

### 3.2.2. Динамічні організаційні кластерні структури

Проілюструємо запропонований підхід до геометричного динамічного моделювання ОКС (організаційних кластерних структур), спираючись на викладену в попередньому пункті інформацію.

Рис. 3.1 відповідає початкова ієрархічна структура  $K$  кластеризації, наведена на зображенні нижче. Зазначимо, що згідно з кортежами (3.2) і (3.3) номери земельних ділянок та територіальних громад співпадають.

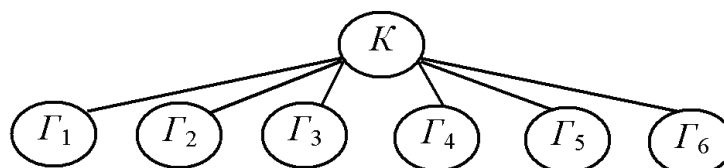


Рис. 3.6. Початкова ОКС

У даному випадку маємо стадію *агломерації* етапу *виникнення* кластера, див. рис. 1.1. Наступна стадія *створення кластера* характеризується обранням центра кластеризації як найбільш доречної громади з наявними певними підприємствами, установами, компаніями тощо та початком процесу інтеграції, визначенням його стратегії.

В опрацьовуваному варіанті вихідна громада це  $\Gamma_5$ , тобто ділянка  $D_5$ . За інших критеріїв послідовності кластеризації такою може також бути на підставі формул (3.22) ... (3.26) ділянка  $D_1$  та інші.

За викладеною в підрозділі 2.3 загальною схемою дефініції ієрархічних ОКС структур граф рис. 3.6 подається в показаному на зображенні нижче вигляді.

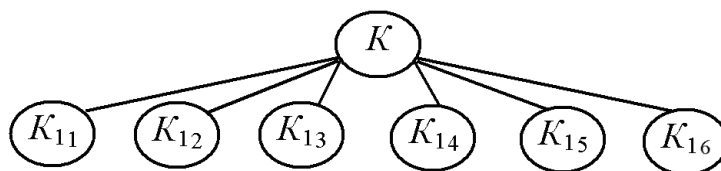


Рис. 3.7. Організаційна структура з визначеною послідовністю кластеризації

На основі послідовності (3.22)

$$\begin{aligned} K_{11} &= \Gamma_5, & K_{12} &= \Gamma_6, & K_{13} &= \Gamma_1, \\ K_{14} &= \Gamma_2, & K_{15} &= \Gamma_4, & K_{16} &= \Gamma_3. \end{aligned} \quad (3.61)$$

Використовуючи запропонований у підрозділі 2.3 спосіб представлення ієрархічних організаційних структур, для графа на рис. 3.7 та даних (3.61) маємо

$$0, 0, 0, 0, 0, 0 \quad (3.62)$$

Для етапу *розвитку* кластера, див. рис. 1.1, притаманне приєднання ним до свого складу нових компонентів. Рис. 3.3 ілюструє в нашому випадку формування об'єднаної територіальної громади  $\Gamma_{5,6}$ . Належну організаційну структуру зображено на рис. 3.8.

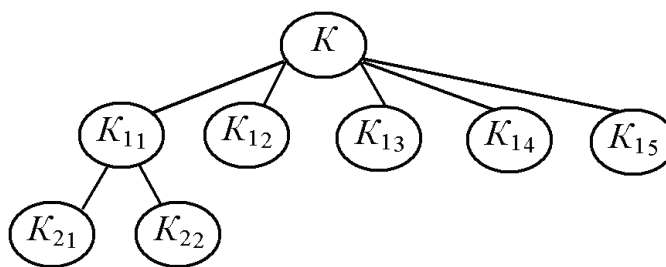


Рис. 3.8. Організаційна структура початкової стадії розвитку кластера

У цьому разі

$$\begin{aligned}
 K_{1_1} &= (K_{2_1}, K_{2_2}) = (\Gamma_5, \Gamma_6), \quad K_{1_2} = \Gamma_1, \\
 K_{1_3} &= \Gamma_2, \quad K_{1_4} = \Gamma_4, \quad K_{1_5} = \Gamma_3.
 \end{aligned}
 \tag{3.63}$$

Ієрархічна модель рис. 3.8 із застосуванням множин (3.63) на базі розробленого способу кодування подається у вигляді

$$2, 0, 0, 0, 0 \tag{3.64}$$

На першому рівні маємо

$$K_1 = (K_{1,i})_{i=1}^5, \tag{3.65}$$

тобто п'ять компонентів, а на другому

$$K_2 = (K_{2,i})_{i=1}^2, \tag{3.66}$$

тобто два елементи.

За аналогією з описаним підходом (3.61) ... (3.66) відтворюється організаційна структура і для приведеної на рис. 3.5 стадії кластеризації. Це стосується формування об'єднаної територіальної громади  $\Gamma_{5,6,1}$ . Відповідну організаційну структуру показано на рис. 3.9.

У даному випадку

$$\begin{aligned}
 K_{1_1} &= (K_{2_1}, K_{2_2}, K_{2_3}) = (\Gamma_5, \Gamma_6, \Gamma_1), \\
 K_{1_2} &= \Gamma_2, \quad K_{1_3} = \Gamma_4, \quad K_{1_4} = \Gamma_3.
 \end{aligned}
 \tag{3.67}$$

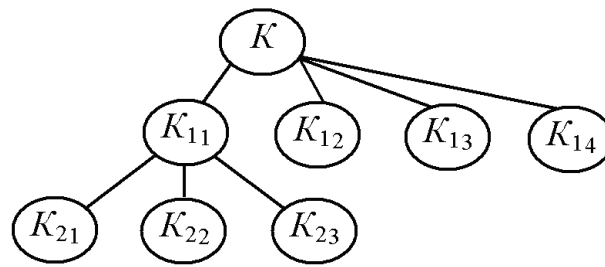


Рис. 3.9. Продовження розвитку кластера

Кортежі (3.67) по відношенню до множин (3.63) моделюють динамічний процес розвитку кластера, що відображує змінювана його організаційна структура.

Етап *зрілості*, тобто коли кластер досягає максимального свого складу, ілюструє рис. 3.10.

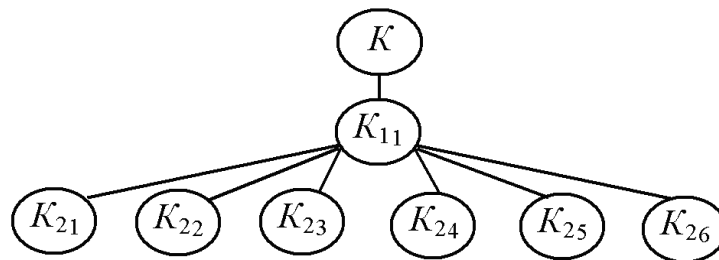


Рис. 3.10. Організаційна структура на етапі зрілості кластера

При цьому

$$\begin{aligned}
 K_{11} &= (K_{21}, K_{22}, K_{23}, K_{24}, K_{25}, K_{26}) = \\
 &= (\Gamma_5, \Gamma_6, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_4, \Gamma_3).
 \end{aligned}
 \tag{3.68}$$

З моменту (3.68) досліджуваний об'єкт переходить до статичного свого функціонування. Однак у даний період ймовірно виникнення певних проблем у його діяльності.

Завершальним, див. рис. 1.1, у життєвому циклі кластера є етап *зникнення*, що включає стадію *трансформації* або *розпаду*. Перша може зводитися до приєднання як компонента до іншого кластеру (рис. 3.11), а друга – до поділу на кілька частин із втратою зв'язків між ними (рис. 3.12).

У випадку рис. 3.11 на першому рівні маємо

$$K_1 = (K_{1,i})_{i=1}^2, \quad (3.69)$$

тобто два компоненти, а на другому

$$K_2 = (K_{2,i})_{i=1}^9, \quad (3.70)$$

тобто дев'ять елементів.

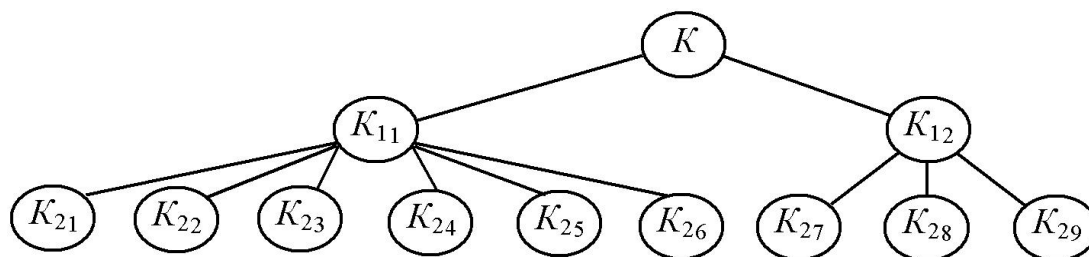


Рис. 3.11. Вхідження досліджуваного кластера  $K_{11}$  до нової організаційної структури  $K$

Перші шість складових (3.70) відповідають множині (3.68), а решта належать новій організаційній структурі.

Ієрархічна модель рис. 3.11 із застосуванням виразів (3.69) і (3.70) на основі запропонованого способу представлення організаційних структур визначається наступним чином

$$6, 3; 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 \quad (3.71)$$

На рис. 3.12 зображено стадію розпаду опрацьовуваного кластера на дві самостійні організаційні структури.

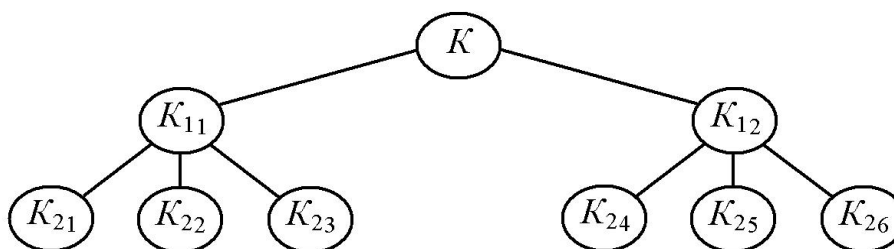


Рис. 3.12. Поділ досліджуваного кластера

Тоді маємо

$$K_{1_1} = (K_{2_1}, K_{2_2}, K_{2_3}) = (\Gamma_5, \Gamma_6, \Gamma_1), \quad (3.72)$$

$$K_{12} = (K_{24}, K_{25}, K_{26}) = (\Gamma_2, \Gamma_4, \Gamma_3). \quad (3.73)$$

Співвідношення (3.72) і (3.73) свідчать, що кластер (3.68) поділився на дві відповідні частини. Ілюстрацією зазначеного факту слугує графіка рис. 3.13.

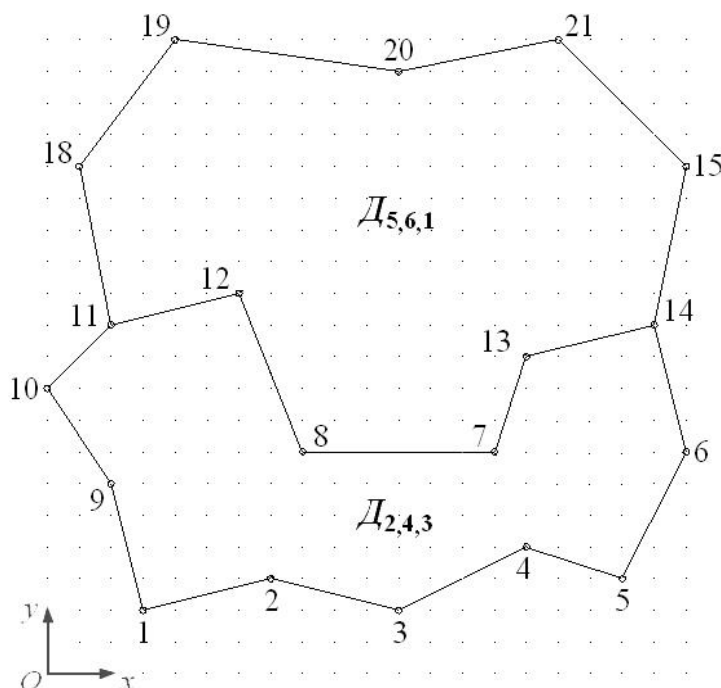


Рис. 3.13. Розпад досліджуваного кластера

Отже, залежності (3.61) ... (3.73) та рис. 3.6 ... 3.13 показують, що життєвий цикл інноваційного соціально-економічного кластера є динамічним процесом, який характеризується постійним змінюванням його організаційної структури.

Наступний підрозділ дисертації присвячено розробленому підходу для визначення раціональних послідовностей територіальної кластеризації, які забезпечують кращий соціально-економічний ефект. Виконані розрахунки спираються на подані вище способи, прийоми, алгоритми, моделі й методики, а також використовують для конкретних прикладів у якості вихідних даних інформацію таблиць 3.3 ... 3.5 про змінювання соціальних витрат, податкових зборів та інвестицій при здійсненні різних варіантів кластеризації.

### 3.3. Приклади оптимізаційних розрахунків

Візьмемо за основу дані табл. 3.3 ... 3.5 та послідовності кластеризації (3.22) ... (3.26). Обчислимо кожну з останніх за схемою (3.15) ... (3.19). Будемо вважати найкращим варіант, який забезпечує максимальний загальний економічний ефект.

При цьому застосовується наступне положення.

*Правило 3.1.* Якщо згідно з опрацьовуваною послідовністю кластеризації в табл. 3.3 ... 3.5 відсутні дані для об'єднаних громад, тобто їх ділянки не є суміжними, то в якості належної величини обирається найкраще (мінімальне або максимальне відповідно до конкретних умов) значення з прилеглих до приєднуваної громади ділянок, що вже входять до складу модельованого кластера.

Для послідовності (3.22), тобто за зменшенням площ земельних ділянок, маємо:

– економію соціальних витрат

$$\begin{aligned}
 C_E &= (C_5 + C_6 - \Gamma_{5,6}) + (C_6 + C_1 - \Gamma_{6,1}) + (C_1 + C_2 - \Gamma_{1,2}) + \\
 &+ (C_2 + C_4 - \Gamma_{2,4}) + (C_4 + C_3 - \Gamma_{4,3}) = ((6,1 + 7,2 - 12,5) + \\
 &+ (7,2 + 8,1 - 14,2) + (8,1 + 5,8 - 12,1) + (5,8 + 6,3 - 11,5) + \\
 &+ (6,3 + 3,1 - 8,7)) \text{ млн. грн.} = (0,8 + 1,1 + 1,8 + 0,6 + 0,7) \text{ млн. грн.} = \\
 &= 5,3 \text{ млн. грн.};
 \end{aligned}
 \tag{3.74}$$

– підвищення податкових зборів

$$\begin{aligned}
 P_3 &= (\Gamma_{5,6} - P_5 - P_6) + (\Gamma_{6,1} - P_6 - P_1) + (\Gamma_{1,2} - P_1 - P_2) + \\
 &+ (\Gamma_{2,4} - P_2 - P_4) + (\Gamma_{4,3} - P_4 - P_3) = ((16,4 - 4,8 - 11,1) + \\
 &+ (24,2 - 11,1 - 12,6) + (19,1 - 12,6 - 5,4) + (17,7 - 5,4 - 4,5) + \\
 &+ (8,9 - 4,5 - 3,9)) \text{ млн. грн.} = (0,5 + 0,5 + 1,1 + 7,8 + 0,5) \text{ млн. грн.} = \\
 &= 10,4 \text{ млн. грн.};
 \end{aligned}
 \tag{3.75}$$

– збільшення інвестицій

$$\begin{aligned}
 I_3 &= (\Gamma_{5,6} - I_5 - I_6) + (\Gamma_{6,1} - I_6 - I_1) + (\Gamma_{1,2} - I_1 - I_2) + \\
 &+ (\Gamma_{2,4} - I_2 - I_4) + (\Gamma_{4,3} - I_4 - I_3) = ((0,8 - 0,2 - 0,4) + \\
 &+ (1,4 - 0,4 - 0,5) + (1,1 - 0,5 - 0,2) + (0,9 - 0,2 - 0,1) + \\
 &+ (0,6 - 0,1 - 0,2)) \text{ млн. грн.} = (0,2 + 0,5 + 0,4 + 0,6 + 0,3) \text{ млн. грн.} = \\
 &= 2 \text{ млн. грн.}
 \end{aligned} \tag{3.76}$$

На підставі правила 3.1 використано:

– у формулі (3.74)

$$\Gamma_{2,4} = \min(\Gamma_{1,4}; \Gamma_{5,4}) = \min(13,2; 11,5) = 11,5; \tag{3.77}$$

– у виразі (3.75)

$$\Gamma_{2,4} = \max(\Gamma_{1,4}; \Gamma_{5,4}) = \max(17,7; 9,9) = 17,7; \tag{3.78}$$

– у співвідношенні (3.76)

$$\Gamma_{2,4} = \max(\Gamma_{1,4}; \Gamma_{5,4}) = \max(0,9; 0,5) = 0,9. \tag{3.79}$$

Отже, відповідно до величин (3.74) ... (3.76) сумарний позитивний ефект для варіанта (3.22) становить

$$E = C_E + \Pi_3 + I_3 = (5,3 + 10,4 + 2) \text{ млн. грн.} = 15,9 \text{ млн. грн.} \tag{3.80}$$

Далі опрацьовуємо послідовність (3.23) кластеризації:

– економія соціальних витрат

$$\begin{aligned}
 C_E &= (C_1 + C_6 - \Gamma_{1,6}) + (C_6 + C_2 - \Gamma_{6,2}) + (C_2 + C_4 - \Gamma_{2,4}) + \\
 &+ (C_4 + C_5 - \Gamma_{4,5}) + (C_5 + C_3 - \Gamma_{5,3}) = ((8,1 + 7,2 - 14) + \\
 &+ (7,2 + 5,8 - 12,6) + (5,8 + 6,3 - 13,2) + (6,3 + 6,1 - 11,7) + \\
 &+ (6,1 + 3,1 - 8)) \text{ млн. грн.} = (1,3 + 0,4 - 1,1 + 0,7 + 1,2) \text{ млн. грн.} = \\
 &= 2,5 \text{ млн. грн.};
 \end{aligned} \tag{3.81}$$



– підвищення податкових зборів

$$\begin{aligned}
 P_3 &= (\Gamma_{1,6} - P_1 - P_6) + (\Gamma_{6,2} - P_6 - P_2) + (\Gamma_{2,4} - P_2 - P_4) + \\
 &+ (\Gamma_{4,5} - P_4 - P_5) + (\Gamma_{5,3} - P_5 - P_3) = ((24,7 - 12,6 - 11,1) + \\
 &+ (17,1 - 11,1 - 5,4) + (17,7 - 5,4 - 4,5) + (9,8 - 4,5 - 4,8) + \\
 &+ (17,3 - 4,8 - 3,9)) \text{ млн. грн.} = (1 + 0,6 + 7,8 + 0,5 + 8,6) \text{ млн. грн.} = \\
 &= 18,5 \text{ млн. грн.};
 \end{aligned}
 \tag{3.82}$$

– збільшення інвестицій

$$\begin{aligned}
 I_3 &= (\Gamma_{1,6} - I_1 - I_6) + (\Gamma_{6,2} - I_6 - I_2) + (\Gamma_{2,4} - I_2 - I_4) + \\
 &+ (\Gamma_{4,5} - I_4 - I_5) + (\Gamma_{5,3} - I_5 - I_3) = ((1,2 - 0,5 - 0,4) + \\
 &+ (0,9 - 0,4 - 0,2) + (0,9 - 0,2 - 0,1) + (0,5 - 0,1 - 0,2) + \\
 &+ (0,9 - 0,2 - 0,2)) \text{ млн. грн.} = (0,3 + 0,3 + 0,6 + 0,2 + 0,5) \text{ млн. грн.} = \\
 &= 1,7 \text{ млн. грн.}
 \end{aligned}
 \tag{3.83}$$

Згідно з правилом 3.1 застосовано:

– у співвідношенні (3.81)

$$\begin{aligned}
 \Gamma_{2,4} = \Gamma_{1,4} &= 13,2; \quad \Gamma_{5,3} = \min(\Gamma_{1,3}; \Gamma_{2,3}; \Gamma_{4,3}) = \\
 &= \min(10,3; 8; 8,7) = 8;
 \end{aligned}
 \tag{3.84}$$

– у формулі (3.82)

$$\begin{aligned}
 \Gamma_{2,4} = \Gamma_{1,4} &= 17,7; \quad \Gamma_{5,3} = \max(\Gamma_{1,3}; \Gamma_{2,3}; \Gamma_{4,3}) = \\
 &= \max(17,3; 10,6; 8,9) = 17,3;
 \end{aligned}
 \tag{3.85}$$

– у виразі (3.83)

$$\begin{aligned}
 \Gamma_{2,4} = \Gamma_{1,4} &= 0,9; \quad \Gamma_{5,3} = \max(\Gamma_{1,3}; \Gamma_{2,3}; \Gamma_{4,3}) = \\
 &= \max(0,9; 0,6; 0,6) = 0,9.
 \end{aligned}
 \tag{3.86}$$

Згідно зі значеннями (3.81) ... (3.83) загальний ефект для послідовності

(3.23) дорівнює

$$E = C_E + P_3 + I_3 = (2,5 + 18,5 + 1,7) \text{ млн. грн.} = 22,7 \text{ млн. грн.} \quad (3.87)$$

За описаною схемою (3.74) ... (3.87) у додатку А.2 наведено розрахунки економічних результатів для різновидів (3.24) ... (3.26) кластеризації. Це величини (А.45), (А.52), (А.59).

Таким чином, із використанням позначень формул (3.22) ... (3.26) для варіантів кластеризації відповідно за зменшенням площ, населення, соціальних потреб, податкових зборів та інвестицій отримуємо наступні економічні ефекти для об'єднаних територіальних громад

$$\begin{aligned} K_1 &= 15,9 \text{ млн. грн.}, \quad K_2 = 22,7 \text{ млн. грн.}, \quad K_3 = 18,6 \text{ млн. грн.}, \\ K_4 &= 8,1 \text{ млн. грн.}, \quad K_5 = 15 \text{ млн. грн.} \end{aligned} \quad (3.88)$$

Як бачимо, найбільш доречно послідовність  $K_2$ , тобто в порядку зменшення населення громад, що аналізуються. На практиці, як зазначалось у другому розділі дисертації, можливі й інші різновиди, зокрема, за зростанням наведених величин, з урахуванням вагових критеріїв їх впливу, шляхом експертного визначення і т. д. Для раціонального керування описаним процесом кластеризації було запропоновано його поєднання зі структурно-параметричною методологією, викладеною в науковому дослідженні [29]. У такий спосіб створюються інтегровані варіантні моделі територіальної соціально-економічної кластеризації з належними динамічними організаційними структурами. Цим забезпечується продуктивне застосування розроблених способів, прийомів, алгоритмів та методик, що стосуються як геометричних, так і економічних, організаційних та інших питань.

На рисунку нижче приведено відповідні моделі: рис. 14,*а* – для різновидів (3.88); рис. 14,*б* – для загального випадку

$$K = (K_i)_{i=1}^{N_K}, \quad (3.89)$$

де  $N_K$  – число проектних варіантів кластеризації  $K$ .

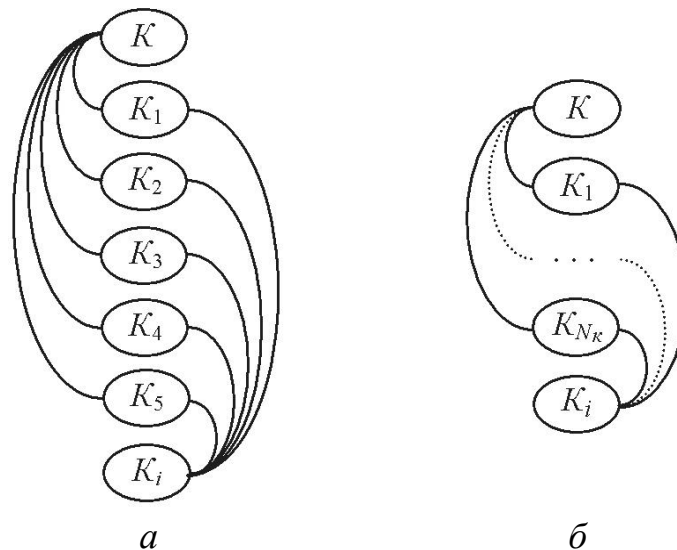


Рис. 3.14. Структурно-параметричні моделі  
варіантів кластеризації  $K$

Таким чином, у цьому підрозділі дисертації залежностями (3.74) ... (3.89) подано запропоновану методику здійснення оптимізації соціально-економічних показників при кластеризації територіальних громад. Зазначений підхід буде корисним для застосування на практиці під час проведення земельної реформи в Україні та у процесах удосконалення державного управління.

### 3.4. Моделювання типових організаційних структур

У цій завершальній частині третього розділу наведено приклади відтворення за допомогою розробленого способу моделювання існуючих у літературі типових організаційних структур, яким присвячено праці [20, 23, 24, 35, 42, 89, 90, 115, 134] та ін.

Відповідно до видання [24] організаційні структури, що спираються на базові функції підприємства, компанії, фірми, установи і т. д. називаються *функціональними*; які формуються на основі видів продукції, клієнтів, регіонів і т. п. – *дивізійними*, а для виконання певного проекту – *проектними*. Структури, що створені на підставі кількох наведених ознак – *матричними*. Останні, наприклад, можуть застосовуються у випадках, коли для компанії, фірми, підприємства, установи або організації становляться важливими одночасно такі властивості як їх функції, виготовлювані товари, споживачі продукції, регіони збуту тощо.

В організаційних структурах виділяються *вертикальні* та *горизонтальні зв'язки*. Найвні в зазначених літературних джерелах *графічні структурні схеми* доволі наочні і зручні для сприйняття людьми, але для побудови цих схем комп'ютерними засобами потрібні належні математичні моделі, які й реалізує викладений у другому розділі спосіб представлення ієрархічних організаційних структур.

На рис. 3.15 показано загальний вигляд лінійної організаційної структури управління, де трьома крапками позначено ймовірну наявність додаткових складових компонентів, що стосується також і решти зображень даного підрозділу. Для моделювання цієї структури використовуються залежності (2.30) ... (2.33).

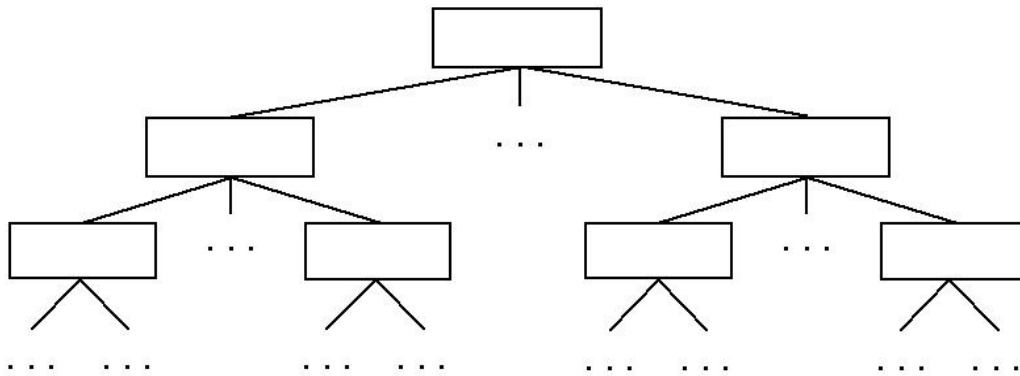


Рис. 3.15. Загальний вигляд лінійної організаційної структури

Так у випадку конкретного прикладу, зображеного на рис. 3.16, маємо наступний формалізований опис за допомогою запропонованого способу представлення ієрархічних структур.

Число ієрархічних рівнів

$$m=3. \quad (3.90)$$

На підставі множин (2.30)

$$K_1 = (K_{1,i})_{i=1}^{l_1} = (K_{1,i})_{i=1}^3, \quad K_2 = (K_{2,i})_{i=1}^{l_2} = (K_{2,i})_{i=1}^4, \quad (3.91)$$

$$K_3 = (K_{3,i})_{i=1}^{l_3} = (K_{3,i})_{i=1}^8.$$

Згідно з виразом (2.31) для об'єктів, визначених співвідношеннями (3.90) та (3.91), запишемо

$$1, 2, 1; 2, 2, 2, 2; 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 \quad (3.92)$$

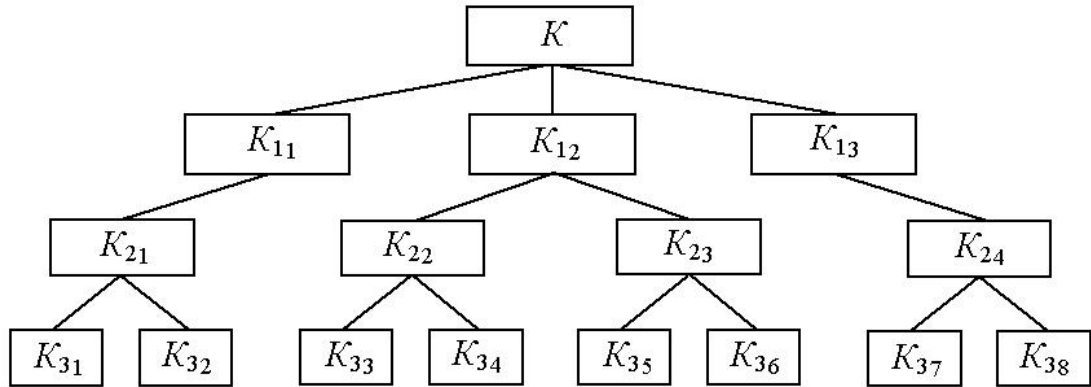


Рис. 3.16. Приклад лінійної організаційної структури

Кортежі (3.91) та послідовність (3.92) свідчать про компактне представлення структури рис. 3.16, що особливо важливо для продуктивного комп'ютерного моделювання.

Загальний вигляд функціональної організаційної структури подано на рис. 3.17.

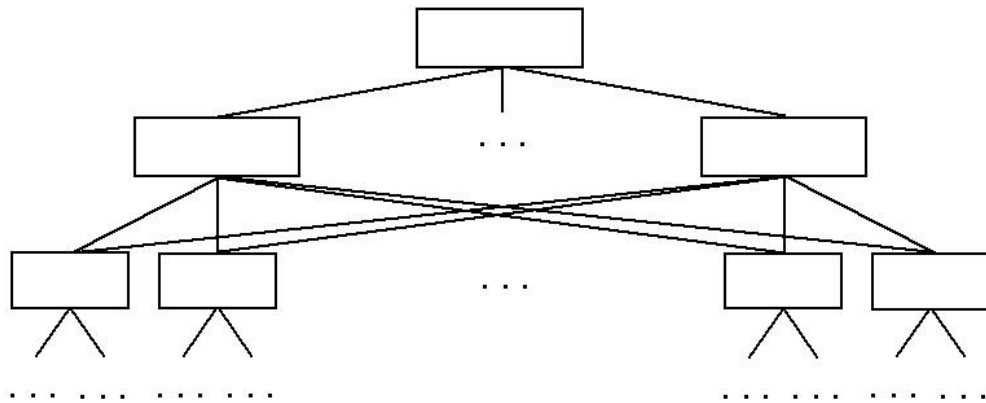


Рис. 3.17. Загальний вигляд функціональної організаційної структури

Для її кодування на основі розробленого способу представлення ієрархічних структур необхідно додатково застосовувати прийоми структурно-параметричної методології. Останні в даному випадку полягають у поділі вихідного об'єкта на належне число його складових, для яких використовується зазначений спосіб.

Пояснимо це схемою рис. 3.18. Її розбиття на дві частини ілюструє рис. 3.19. Математичне визначення даних структур здійснюється за аналогією з розглянутим вище підходом.

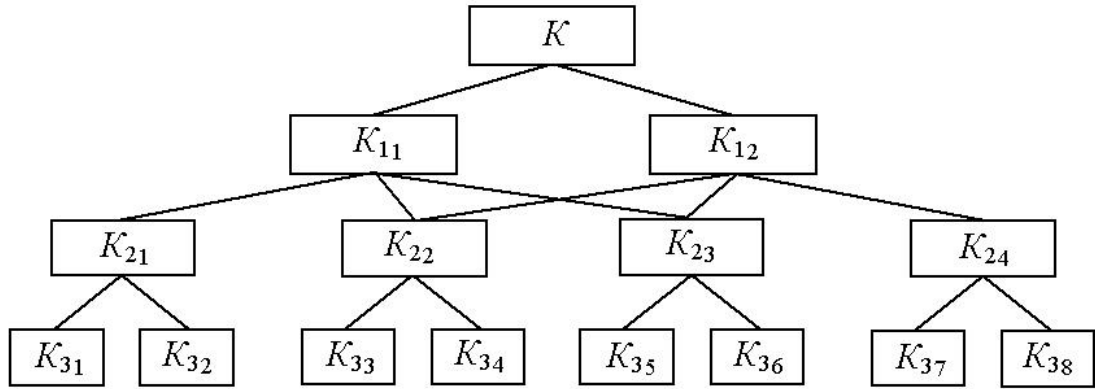
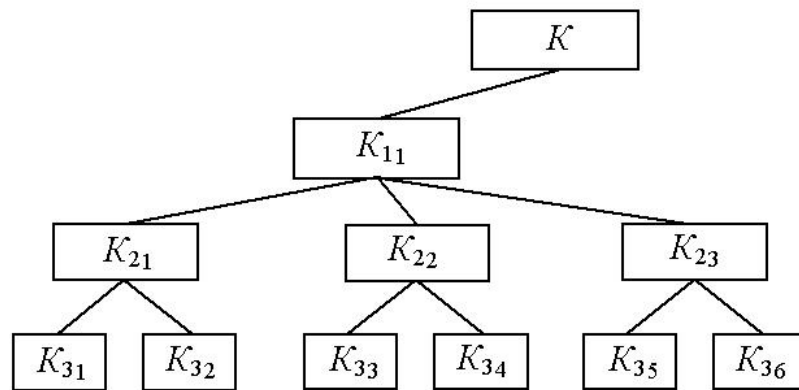
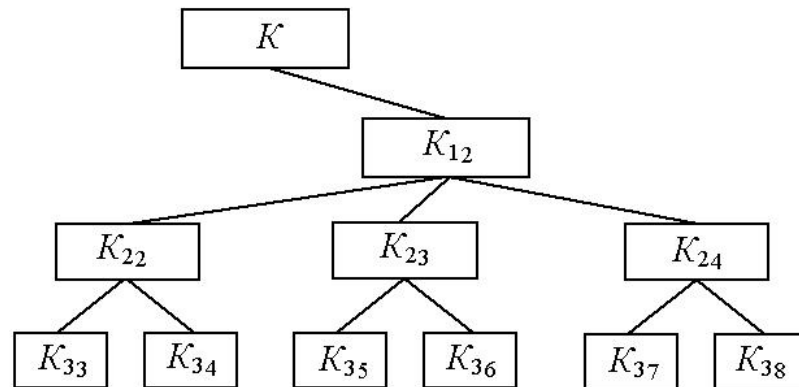


Рис. 3.18. Приклад функціональної організаційної структури



*a*



*б*

Рис. 3.19. Поділ функціональної організаційної структури, зображеної на рис. 3.18:

*a* – частина 1; *б* – частина 2

Число ієрархічних рівнів у обох випадках

$$m=3. \quad (3.93)$$

На підставі множин (2.30):

– для схеми рис. 3.19,*а*

$$K_1 = (K_{1,i})_{i=1}^1, K_2 = (K_{2,i})_{i=1}^3, K_3 = (K_{3,i})_{i=1}^6; \quad (3.94)$$

– для схеми рис. 3.19,*б*

$$K_1 = (K_{1,i})_{i=2}^2, K_2 = (K_{2,i})_{i=2}^4, K_3 = (K_{3,i})_{i=3}^8. \quad (3.95)$$

Згідно з виразом (2.31) для об'єктів, визначених співвідношеннями (3.93), (3.94) та (3.95), відповідно одержимо

$$3; 2, 2, 2; 0, 0, 0, 0, 0, 0 \quad (3.96)$$

та

$$3; 2, 2, 2; 0, 0, 0, 0, 0, 0 \quad (3.97)$$

Компоненти, які повторюються в кортежах (3.94) і (3.95), мають безпосереднє

$$K_{2,2} \text{ та } K_{2,3} \quad (3.98)$$

або непряме подвійне підпорядкування

$$K_{3,3}, K_{3,4}, K_{3,5}, K_{3,6}. \quad (3.99)$$

Це підтверджує також рис. 3.18.

Типову матричну організаційну структуру загального вигляду показано на рис. 3.20. Тут першому горизонтальному рівню відповідають функціональні підрозділи, а решта можуть бути пов'язані з певними видами виготовлюваної продукції, клієнтами, регіонами збуту, здійснюваними проектами і т. д.

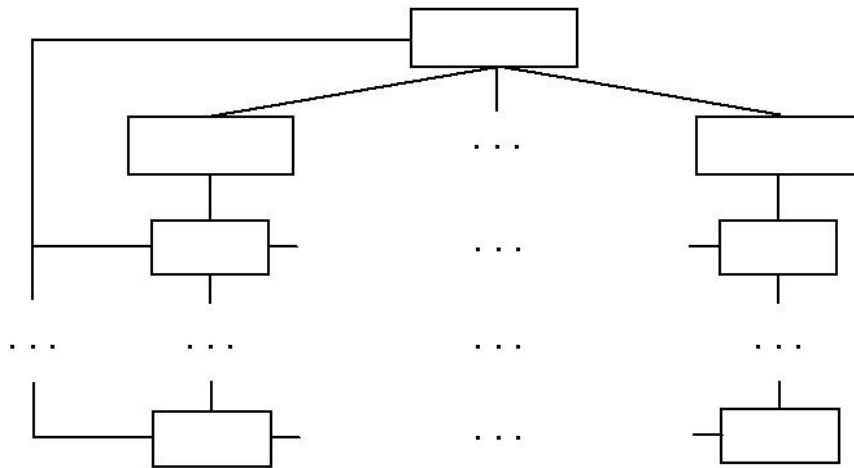


Рис. 3.20. Загальний вигляд типової матричної організаційної структури

Для математичного представлення наведеної матричної структури на базі розробленого способу їх подання застосуємо прийоми структурно-параметричної методології щодо поділу вихідного об'єкта на необхідну кількість його складових, для яких використовується вказаний спосіб.

Пояснимо це схемою рис. 3.21. Її розбиття на дві частини ілюструє рис. 3.22.

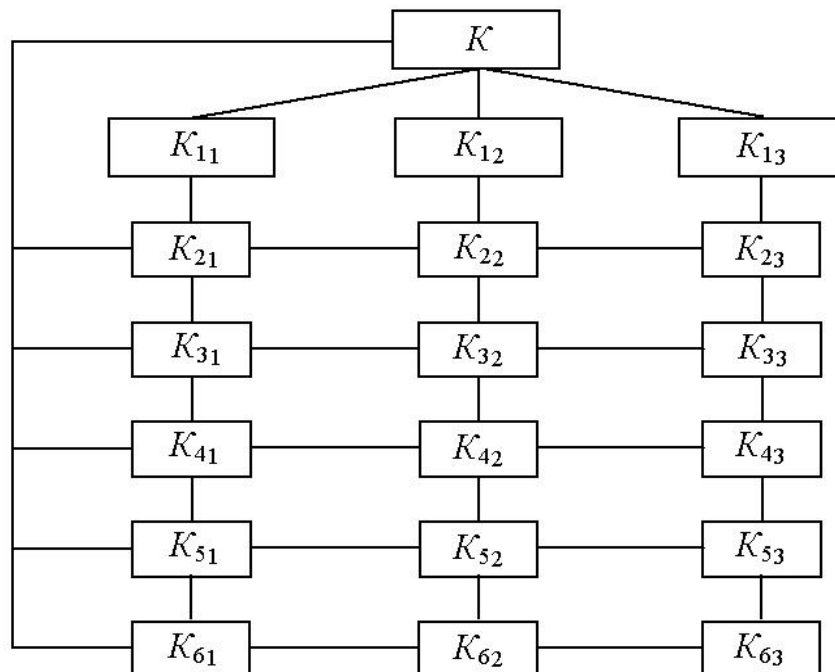


Рис. 3.21. Матрична організаційна структура

При цьому перша частина відтворює вертикальні зв'язки, а друга – горизонтальні. Математичне визначення даних структур здійснюється за аналогією з поданими вище прикладами.



Кількість ієрархічних рівнів для вертикальних зв'язків

$$m=6. \quad (3.100)$$

Для них на базі множин (2.30)

$$\begin{aligned} K_1 &= (K_{1,i})_{i=1}^3, \quad K_2 = (K_{2,i})_{i=1}^3, \quad K_3 = (K_{3,i})_{i=1}^3, \\ K_4 &= (K_{4,i})_{i=1}^3, \quad K_5 = (K_{5,i})_{i=1}^3, \quad K_6 = (K_{6,i})_{i=1}^3. \end{aligned} \quad (3.101)$$

Згідно з виразом (2.31) для об'єктів, визначених співвідношеннями (3.100) і (3.101), маємо

$$1, 1, 1; 1, 1, 1; 1, 1, 1; 1, 1, 1; 1, 1, 1; 0, 0, 0 \quad (3.102)$$

Число ієрархічних рівнів для горизонтальних зв'язків

$$m=3. \quad (3.103)$$

Для них на основі множин (2.30)

$$K_1 = (K_{i,1})_{i=2}^6, \quad K_2 = (K_{i,2})_{i=2}^6, \quad K_3 = (K_{i,3})_{i=2}^6. \quad (3.104)$$

Відповідно до формули (2.31) для об'єктів, визначених залежностями (3.103) та (3.104), одержимо

$$1, 1, 1, 1, 1; 1, 1, 1, 1, 1; 0, 0, 0, 0, 0 \quad (3.105)$$

Компоненти, які повторюються в кортежах (3.101) і (3.104), мають подвійне підпорядкування

$$(K_{i,1})_{i=2}^6, (K_{i,2})_{i=2}^6, (K_{i,3})_{i=2}^6. \quad (3.106)$$

Це демонструє також рис. 3.21. Як указувалось вище, рядкам структури рис. 3.22,б можуть відповідати певні види продукції, регіони її збуту, споживачі, виконувані проекти тощо.

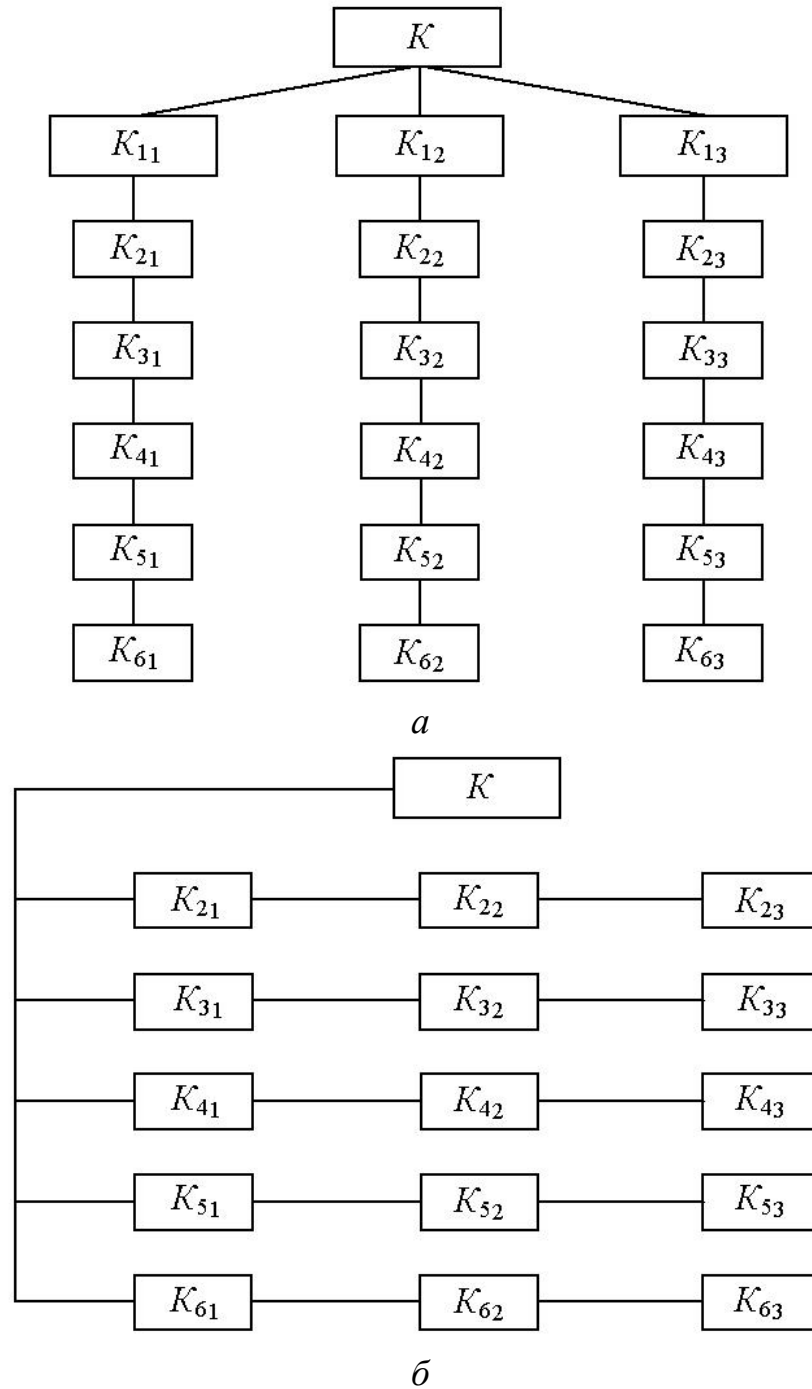


Рис. 3.22. Поділ матричної організаційної структури,  
зображеної на рис. 3.21:  
*a* – частина 1; *б* – частина 2

Множини (3.94), (3.95), (3.101), (3.104) та послідовності (3.96), (3.97), (3.102), (3.105) підтверджують компактність визначення структур, приведених на рис. 3.17 і рис. 3.20.

Таким чином, у даному підрозділі дисертаційного дослідження залежностями (3.90) ... (3.106) та рис. 3.15 ... 3.22 на конкретних прикладах

проаналізовано практичне використання розробленого способу математичного представлення ієрархічних організаційних структур. При цьому шляхом поєднання зі структурно-параметричною методологією було показано його доволі універсальний та продуктивний характер.

### **Висновки до розділу 3**

1. *Розроблено* нові інтегровані інноваційні структурно-параметричні моделі територіальної соціально-економічної кластеризації, які підтвердили правильність теоретичних положень другого розділу дисертації, напрацьованих у ньому способів, прийомів, алгоритмів і методик геометричного моделювання.

2. *Обґрунтовано* необхідність проведення варіантного проектування організаційних кластерних структур для отримання найбільш раціональних із точки зору практики результатів. Це сприятиме оптимізації вирішення таких актуальних нинішніх питань як проведення земельної реформи, створення об'єднаних територіальних громад, удосконалення державного управління та ін.

3. *Розроблено* методикау проведення оптимізаційних соціально-економічних розрахунків під час здійснення територіальної інноваційної кластеризації, що дозволяє отримувати потрібні раціональні різноманітні результати на практиці.

4. *Обґрунтовано* придатність запропонованого підходу для ефективного відтворення динамічного змінювання організаційних структур протягом усього життєвого циклу модельованих територіальних кластерів. Останнє суттєво сприяє реалізації належної комплексної оптимізації багатьох актуальних нині соціально-економічних питань.

5. *Підтверджено* на практичних прикладах продуктивність запропонованого математичного апарату для геометричного моделювання таких типових організаційних структур як лінійні, функціональні та матричні, що сприяє розширенню сфери використання напрацьованих засобів.

б. *Впроваджено* отримані наукові результати в Товаристві з обмеженою відповідальністю «Північно-український будівельний альянс» у вигляді розроблених у дисертаційному дослідженні теоретичних положень і методик при опрацюванні питань розширення сфери діяльності підприємства та організації нових будівельних проектів, що забезпечило покращення економічних показників функціонування; у Товаристві з обмеженою відповідальністю «Буд-оптіма констракшен» при реорганізації структур керування виробничими процесами, оптимізації організаційної роботи з субпідрядниками та клієнтами завдяки запропонованому в дисертації науковому підходу, напрацьованим методикам і моделям, які сприяють зменшенню фінансово-матеріальних витрат; у навчальний процес БНЕС Центру Київського національного університету будівництва і архітектури при підготовці фахівців з обстеження інженерних систем будівель та споруд у вигляді теоретичної концепції, способів, прийомів й алгоритмів територіальної кластеризації, що дозволяє слухачам підвищувати ефективність своєї професійної практичної діяльності. Наведені факти підтверджують практичну значущість проведених наукових розвідок.

*Публікації автора з розглянутих питань:* [138, 139, 142, 143, 146].

### ***Список публікацій здобувача за матеріалами розділу 3***

1. Якусевич А.Г., Терещук М.О. Геометричне моделювання організаційних кластерних структур як засіб підвищення ефективності використання різноманітних ресурсів. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 14. С. 12–19. (Журнал входить до наукометричних баз Google Scholar, Worldcat, BASE).

Особистий внесок здобувача: розроблено спосіб геометричного моделювання організаційних структур, що спирається на комплексне поєднання кластерного та ієрархічного аналізу зі структурно-параметричним підходом.

2. Якусевич А.Г., Терещук М.О. Спосіб представлення ієрархічних організаційних кластерних структур у задачах економії ресурсів. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 15. С. 7–14. (Журнал входить до наукометричних баз Google Scholar, Worldcat, BASE).

Особистий внесок здобувача: розроблено математичний апарат запропонованого способу представлення ієрархічних організаційних кластерних структур.

3. Якусевич А.Г. Формування багатофункціональних організаційних кластерів у будівництві. *International scientific-practical conference of young scientists "Build-Master-Class-2019": Conference Proceedings*. Київ, 2019. С. 84–85.

4. Якусевич А., Панько О., Терещук М., Лаврухіна К. Алгоритм послідовної кластеризації в системі «замовник-виконавець» у будівництві. *International scientific-practical conference of young scientists "Build-Master-Class-2020": Conference Proceedings*. Київ, 2020. С. 86–87.

Особистий внесок здобувача: розроблено структуру типових організаційних взаємовідносин «замовник-виконавець» у будівельній галузі.

5. Yakusevich A., Leshchenko V., Yakusevich S., Skochko V. Comparative analysis of numerical modeling methods of temperature fields related to the problems of energy efficient structures designing. // *Scientific letter of Academes Society of Michail Baludyansky*. 2020. Volume 8. N1a. P. 144–152.

Особистий внесок здобувача: виконано кластерний аналіз методів чисельного моделювання.

## РОЗДІЛ 4

### ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ КЛАСТЕРНИХ СТРУКТУР

Даний розділ завершальний у дисертаційному дослідженні. У ньому підведено підсумки виконаної наукової праці. Розглянуто поставлені на її початку завдання та здійснено критичний аналіз їх реалізації, отриманих при цьому теоретичних і практичних результатів. На основі зазначених фактів окреслено перспективні напрямки подальшого розвитку обраної тематики, що присвячена геометричному моделюванню організаційних кластерних структур.

Викладений матеріал поділено на дві частини. Першою приділено увагу вдосконаленню існуючих та розроблянню нових теоретичних положень, способів, прийомів, алгоритмів і моделей, а другу – розширенню сфер їх використання на практиці. Так із діалектичних позицій комплексно подано відповідні відомості.

#### **4.1. Вдосконалення теоретичних положень, способів, алгоритмів та моделей**

Виконаний у першому розділі дисертації аналіз літературних джерел за обраною темою наукового дослідження показав, що в наш час кластерний підхід є прогресивною управлінською технологією, яка суттєво підвищує конкурентоздатність не тільки окремих регіонів, а й цілих галузей народного господарства і всієї держави загалом.

Згідно з об'єктом дослідження, що становлять системні геометричні моделі організаційних кластерних структур інноваційного територіального соціально-економічного розвитку в якості кластера, тобто поєднання схожих або близько розташованих за визначеними критеріями складових, обрано певні земельні ділянки з розміщеними на них взаємодіючими підприємствами, компаніями, фірмами, установами, організаціями і т. д.

Нині соціально-економічні територіальні кластери є провідними компонентами забезпечення сталого розвитку на регіональному та національному рівні, що спираються на інноваційне державно-приватне партнерство [9, 18, 19, 27, 32–34, 39, 44, 51, 57–59, 61, 62, 64, 69, 72, 73, 75–82, 94–96, 102, 106, 122, 125–128, 135 та ін.].

Для досягнення сформульованої на початку дисертаційних досліджень мети, яка полягає у вдосконаленні процесів опрацювання організаційних кластерних структур інноваційного територіального соціально-економічного розвитку шляхом створення нових способів, прийомів, алгоритмів і методик геометричного моделювання, було визначено такі завдання:

- виконати аналіз сучасного стану геометричного моделювання організаційних кластерних структур;

- розробити теоретичні засади концепції геометричного моделювання організаційних кластерних структур, що спирається на структурно-параметричну методологію;

- розробити нові способи, прийоми та алгоритми моделювання організаційних кластерних структур;

- розробити на основі напрацьованого математичного апарату нові інтегровані структурно-параметричні геометричні моделі територіальної кластеризації;

- здійснити впровадження отриманих у дисертації наукових результатів у практику;

- визначити перспективи подальшого розвитку геометричного моделювання організаційних кластерних структур.

Наведені вище питання вирішено належним чином, про що свідчать матеріали виконаної наукової праці. Однак існують і перспективи подальшого вдосконалення отриманих результатів, зокрема, в теоретичному плані, чому і присвячено даний підрозділ дисертації

Розроблена концепція геометричного моделювання організаційних кластерних структур інноваційного соціально-економічного територіального

розвитку, що спирається на структурно-параметричну методологію, для відтворення земельних ділянок застосовує багатокутники. Це доволі раціонально з точки зору спрощення використовуваного математичного апарату та відповідного комп'ютерного програмного забезпечення. Однак, у теоретичному аспекті цікавим для подальшого вивчення залишається питання вживання інших, ніж полігони, геометричних фігур, у тому числі й неплоских. В останньому випадку мається на увазі моделювання земельних ділянок з визначенням положення їх точок за висотою.

Іншим важливим для практики моментом є напрямок кращої деталізації опрацьовуваних ділянок. Пропонується кожному з них на основі структурно-параметричного підходу подавати не просто окремим багатокутником, а сформованим із кількох фігур геометричним об'єктом. Цей підхід ілюструє рис. 4.1.

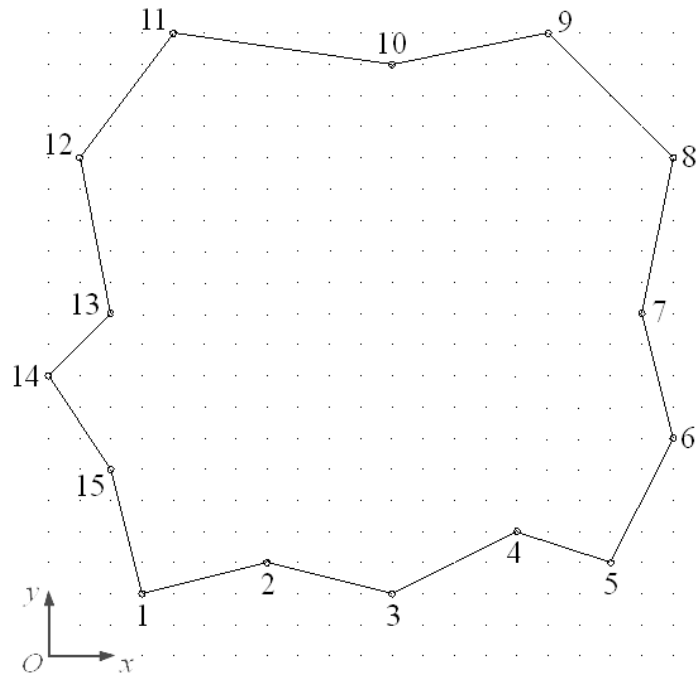
Так на першому зображенні маємо просто полігон. Друге до свого складу включає також прямокутник, що відтворює сільськогосподарські угіддя, дві ламані лінії з двох ланок подають автомобільні дороги та нижній багатокутник, яким позначено лісовий масив. Зауважимо, що для забезпечення кращої наочності вершини внутрішніх фігур наведеної земельної ділянки не пронумеровано.

Рисунок 4.1,б значно інформативніший з наочної точки зору, що сприятиме подальшому вдосконаленню процесів інноваційної соціально-економічної територіальної кластеризації. Також за такої геометричної моделі для кожної з поєднаних територіальних ділянок можливе продуктивне застосування методів оптимізації різноманітних транспортних потоків, див., зокрема, дослідження [68].

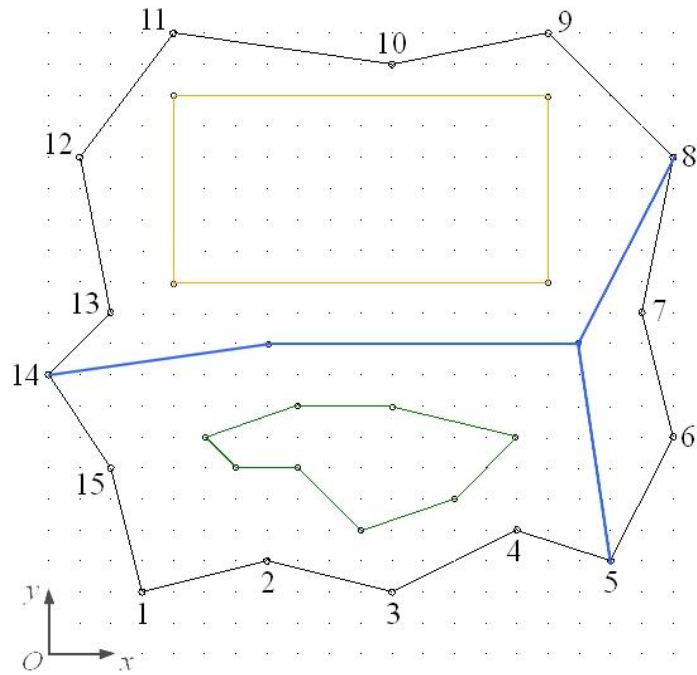
Стосовно пошуку найкращих проектних варіантів доречно подальше вдосконалення запропонованих інтегрованих моделей кластеризації шляхом включення до їх складу вже існуючих належних методів параметричної та структурної оптимізації, а також розроблення відповідних нових. Це сприятиме підвищенню ефективності прийняття управлінських рішень на регіональному й



державному рівні під час проведення земельної реформи, децентралізації та об'єднанні територіальних громад в Україні.



*a*



*б*

Рис. 4.1. Приклад удосконалення застосовуваних геометричних фігур для відтворення земельних ділянок:  
*a* – багатокутник; *б* – складений об'єкт

Використання зазначеного математичного апарату потрібно поширити на весь життєвий цикл кластерів, див. рис. 1.1. Питання їх зникнення на стадії

трансформації або розпаду може бути розглянуто значно докладніше, ніж це виконано в даній дисертаційній роботі. При цьому стануть у нагоді праці [56, 119, 120 та ін.].

Разом із модифікацією кластерів здійснюються належні динамічні зміни їх організаційних структур. На основі викладених концептуальних засад кластерного геометричного моделювання, запропонованих способів та алгоритмів варто в подальшому доопрацювати відповідний математичний апарат для його повної адаптації до середовища сучасних комп'ютерних інформаційних технологій, зокрема, ВІМ-пакетів.

У дисертаційній роботі створено новий спосіб математичного представлення ієрархічних організаційних структур, висока ефективність якого проілюстрована на типових прикладах. Оскільки на практиці існують й інші подібні об'єкти, то доцільне поглиблене дослідження й цього аспекту.

У виконаних наукових розвідках було показано, що територіальна кластеризація базується на соціально-економічних показниках певних регіонів. Тому важливе питання вдосконалення комунікацій із математичними моделями інших дисциплін, наприклад, економіки, соціології, державного управління тощо для отримання з них актуальної для проведення кластеризації проектної інформації.

Таким чином, у даному підрозділі на підставі критичного аналізу виконання поставлених на початку даного наукового дослідження завдань та одержаних належних результатів окреслено перспективи їх подальшого вдосконалення в теоретичному плані.

Ці відомості цілком придатні для здійснення відповідних розвідок із метою покращення наявного математичного апарату, тобто способів, прийомів, алгоритмів, методик і моделей для продуктивного відтворення процесів інноваційної територіальної соціально-економічної кластеризації. Критерієм їх ефективності слугує практика. Зазначеним аспектам і присвячено наступний підрозділ дисертації.

## 4.2. Розширення сфери практичного застосування

Головна перевага отриманих у виконаному дослідженні здобутків полягає в їх інваріантному характері по відношенню до багатьох процесів інноваційної соціально-економічної територіальної кластеризації. Мається на увазі пристосованість створеного математичного апарату для відображення різноманітних сфер людської діяльності, наприклад, промислової, торговельної, сільськогосподарської, фінансової, освітньої, медичної і т. д., а також їх комплексного опрацювання.

Практичні впровадження результатів дисертації було здійснено в будівельній галузі як безпосередньо на виробництві (для розширення сфери діяльності підприємства, організації нових проектів, реорганізації структур керування виробничими процесами, оптимізації організаційної роботи з субпідрядниками та клієнтами), так і при навчанні в університеті (під час підготовки фахівців з обстеження інженерних систем будівель та споруд ), див. додаток Б.

Проте, це може бути виконано й у сфері машинобудування, легкої промисловості, хімічної, нафтопереробної, металургійної тощо. Обумовлюється тим, що кожне з таких підприємств виготовлює свою продукцію, реалізує її в деяких регіонах, певним споживачам і т. д. Звідси постають належні питання кластеризації зазначених процесів, тобто їх об'єднання потрібними обслуговуючими організаційними структурами управління, які курують відповідно виготовлення товарів та їх збут. Від ефективності даних структур багато в чому залежать фінансово-економічні показники функціонування вказаних підприємств, компаній і фірм. Подібну ситуацію маємо також для сільськогосподарських виробників.

У випадку торговельної діяльності розв'язувані задачі в загальному випадку спрощуються, оскільки дані організації займаються лише отриманням від постачальників товарів та їх реалізацією. Сфера обслуговування, в тому числі фінансового, освітнього, медичного, побутового, транспортного та ін., з

організаційної точки зору теж має багато спільного з розглянутими вище видами промислово-торгівельної діяльності. Тому з певною адаптацією до конкретних умов практичного використання запропонований підхід математичного моделювання організаційних кластерних структур може бути поширено й на всі проаналізовані вище сфери.

Важливим у наш час є впровадження розробленого математичного апарату в існуючі САПР та інші комп'ютерні інформаційні системи. Певним чином це зроблено автором у середовищі пакета математичного моделювання Maple, див. підрозділ А.2 додатків. У будівельній галузі це стосується таких BIM-продуктів як Allplan, ArchiCAD, Revit та ін., у машинобудуванні – Inventor, SolidWorks, CATIA тощо. Бажане охоплення всього життєвого циклу продукції інтегрованими CALS-технологіями.

Напрацьовані в даному науковому дисертаційному дослідженні теоретичні і практичні результати сприяють підвищенню ефективності геометричного моделювання організаційних кластерних структур при опрацюванні різноманітних питань інноваційного територіального соціально-економічного розвитку.

#### **Висновки до розділу 4**

1. *Встановлено* необхідність визначення перспектив розвитку запропонованих засобів геометричного моделювання організаційних кластерних структур, що обумовлено потребами їх подальшого вдосконалення у теоретичному та практичному плані. Це сприятиме підвищенню ефективності опрацювання питань інноваційної територіальної соціально-економічної кластеризації.

2. *Окреслено* базові напрямки розвитку теоретичних положень, зокрема, стосовно формування більш довершених геометричних моделей поєднаних земельних ділянок із відтворенням їх рельєфу, різноманітних об'єктів на них, наприклад, сільськогосподарських угідь, лісових масивів, транспортних та

інших мереж, необхідних компонентів інфраструктури і т. д. Такі вдосконалення не тільки покращать наочність проектування, а й отримувані під час нього результати.

3. *Обґрунтовано* потребу включення до розроблених інтегрованих моделей кластеризації вже існуючих належних методів параметричної та структурної оптимізації, а також створення відповідних нових. Це допомагає поліпшувати управлінські рішення на регіональному й державному рівні при проведенні земельної реформи, децентралізації та об'єднанні територіальних громад в Україні.

4. *Показано* перспективність упровадження запропонованих способів й алгоритмів у середовище сучасних комп'ютерних інформаційних систем, що розширює сфери практичного застосування запропонованого підходу до інноваційної територіальної соціально-економічної кластеризації.

5. *Обґрунтовано* важливість вдосконалення комунікацій розроблених геометричних засобів із математичними моделями інших дисциплін, зокрема, економіки, соціології, державного управління тощо для отримання з них актуальної для проведення кластеризації проектної інформації. Це також покращує якість прийняття управлінських рішень.

6. *Запропоновано* поширення розроблених способів, прийомів, алгоритмів, методик і моделей на інші, ніж лише будівництво, де виконано впровадження, галузі промисловості та сфери життєдіяльності людей. Це забезпечить не тільки отримання належного практичного ефекту, а й подальше вдосконалення відповідних теоретичних наукових положень за рахунок їх більш ґрунтовної апробації.

*Публікації автора з розглянутих питань: [138, 140, 142, 143].*

#### ***Список публікацій здобувача за матеріалами розділу 4***

1. Якусевич А.Г., Терещук М.О. Геометричне моделювання організаційних кластерних структур як засіб підвищення ефективності використання різноманітних ресурсів. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі.*

Київ: КНУБА, 2020. Вип. 14. С. 12–19. (Журнал входить до наукометричних баз Google Scholar, Worldcat, BASE).

Особистий внесок здобувача: розроблено спосіб геометричного моделювання організаційних структур, що спирається на комплексне поєднання кластерного та ієрархічного аналізу зі структурно-параметричним підходом.

2. Якусевич А.Г. Деякі перспективні напрямки розвитку геометричного моделювання організаційних кластерних структур. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. Київ: КНУБА, 2016. Вип. 36 (2). С. 106–112.

3. Якусевич А.Г. Формування багатофункціональних організаційних кластерів у будівництві. *International scientific-practical conference of young scientists "Build-Master-Class-2019": Conference Proceedings*. Київ, 2019. С. 84–85.

4. Якусевич А., Панько О., Терещук М., Лаврухіна К. Алгоритм послідовної кластеризації в системі «замовник-виконавець» у будівництві. *International scientific-practical conference of young scientists "Build-Master-Class-2020": Conference Proceedings*. Київ, 2020. С. 86–87.

Особистий внесок здобувача: розроблено структуру типових організаційних взаємовідносин «замовник-виконавець» у будівельній галузі.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Виконане дисертаційне дослідження присвячено розв'язанню актуальної на нинішньому етапі розвитку нашої держави задачі ефективного проведення інноваційної соціально-економічної кластеризації.

*Значення для науки* полягає в розробці концепції геометричної територіальної кластеризації, нових способів: відтворення організаційних кластерних структур на основі структурно-параметричної методології, математичного представлення ієрархічних структур та полігональної кластеризації для моделювання територіальних організаційних структур.

*Значення для практики* становлять розроблені для опрацьовуваних об'єднаних територіальних громад нові інтегровані моделі інноваційної кластеризації, що забезпечують підвищення ефективності прийняття відповідних управлінських рішень.

*Отримано наступні результати, які мають науково-практичну цінність:*

1. *Виконано* аналіз нинішнього стану геометричного моделювання організаційних структур, що дозволило виявити існуючі проблемні питання стосовно інноваційної територіальної соціально-економічної кластеризації, яка становить об'єкт наукових досліджень даної праці. Це сприяло правильному визначенню завдань дисертаційної роботи.

2. *Розроблено* концепцію геометричного моделювання організаційних кластерних структур, що спирається на структурно-параметричну методологію. Такі заходи вдосконалили інноваційне територіальне соціально-економічне управління за рахунок нових теоретичних положень, які послуговували основою для створення належних способів, прийомів, алгоритмів, моделей і методик проектування.

3. *Розроблено* нові способи геометричного моделювання, зокрема: спосіб відтворення організаційних кластерних структур на основі структурно-параметричної методології, спосіб математичного представлення ієрархічних структур та спосіб полігональної кластеризації, що забезпечили покращення вирішення практичних питань.

4. *Розроблено* на основі запропонованого математичного апарату нові інтегровані структурно-параметричні геометричні моделі територіальної кластеризації. Їх переваги полягають в інваріантному характері по відношенню до різних опрацьовуваних сфер людської діяльності, наприклад, виробничої, торгівельної, фінансової, освітянської, медичної тощо. Реалізовано комплексний підхід, який дозволяє ефективно враховувати під час проведення оптимізації вплив багатоманітних соціально-економічних та інших факторів. Створені моделі дозволяють наочно й динамічно відображувати змінювання опрацьовуваних територіальних кластерів та їх організаційних структур протягом усього життєвого циклу даних об'єктів, пристосовані для продуктивної реалізації в середовищі сучасних комп'ютерних інформаційних систем.

5. *Здійснено* впровадження отриманих наукових результатів у практику. Це стосується Товариства з обмеженою відповідальністю «Північно-український будівельний альянс», де розроблені в дисертаційному дослідженні теоретичні положення та методики застосовано під час опрацювання питань розширення сфери діяльності підприємства та організації нових будівельних проектів, що забезпечило покращення економічних показників функціонування; Товариства з обмеженою відповідальністю «Буд-оптіма констракшен», де при реорганізації структур керування виробничими процесами, оптимізації організаційної роботи з субпідрядниками та клієнтами використано запропонований у дисертації науковий підхід, напрацьовані методики й моделі, які сприяють зменшенню фінансово-матеріальних витрат; навчального процесу БНЕС Центру Київського національного університету будівництва і архітектури при підготовці фахівців з обстеження інженерних систем будівель та споруд, де застосовано розроблену теоретичну концепцію, способи, прийоми, моделі й алгоритми територіальної кластеризації для підвищення рівня професійної освіти слухачів. Наведені факти підтверджують практичну значущість проведених наукових розвідок.

6. *Визначено* перспективи розвитку геометричного моделювання організаційних кластерних структур, які полягають у подальшому вдосконаленні відображення поєднаних земельних ділянок із відтворенням їх рельєфу,



різноманітних об'єктів на них, зокрема, сільськогосподарських угідь, лісових масивів, транспортних та інших мереж, необхідних компонентів інфраструктури і т. д.; включення до розроблених інтегрованих моделей кластеризації вже існуючих належних методів параметричної та структурної оптимізації, а також створення відповідних нових; розширення сфери практичного впровадження розроблених засобів. Усе це сприяє підвищенню ефективності опрацювання питань інноваційної територіальної соціально-економічної кластеризації.

Головні науково-прикладні здобутки виконаної дисертаційної роботи полягають у забезпеченні наявних потреб практики в більш досконаліх засобах геометричного моделювання організаційних кластерних структур інноваційного територіального соціально-економічного розвитку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адизес И. Управление жизненным циклом корпорации. Санкт-Петербург: Питер, 2007. 384 с.
2. Алексеев В.Е., Захарова Д.В. Теория графов. Нижний Новгород: НГУ, 2012. 57 с.
3. Алексеев В.Е., Таланов В.А. Графы. Модели вычислений. Структуры данных. Нижний Новгород: НГУ, 2005. 307 с.
4. Асеев Г.Г., Абрамов О.М., Ситников Д.Э. Дискретная математика. Харьков: Торсинг, 2003. 144 с.
5. Афоничкин А.И., Михаленко Д.Г. Управленческие решения в экономических системах. Санкт-Петербург: Питер, 2009. 480 с.
6. Бабич Д.В., Проскуріна Т.В., Маковій Д.Д. Удосконалення організаційної структури управління як важливий механізм управління сучасним підприємством *Економіка та управління підприємствами*, 2018. Вип. 24. С. 91–95.
7. Бажин И.И. Информационные системы менеджмента. Москва: ГУ-ВШЭ, 2000. 688 с.
8. Балдин К.В., Воробьев С.Н., Уткин В.Б. Управленческие решения. Москва: ИТК «Дашков и К<sup>0</sup>», 2006. 496 с.
9. Бандоріна Л.М., Савчук Л.М. Розвиток суб'єктів господарювання України: сучасні реалії та перспективи. Дніпро: Пороги, 2017. 488 с.
10. Барабаш М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства. Киев: Сталь, 2014. 301 с.
11. Барабаш М.С. Використання методів інтеграції для створення узагальненої інформаційної моделі будівельного об'єкта. *Управління розвитком складних систем*, 2016. № 25. С. 114–120.
12. Барбаков О.М., Зобнин Ю.А., Еропкина А.С. Информационный менеджмент. Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. 270 с.
13. Баринов В.А. Организационное проектирование. Москва: ИНФРА-М, 2005. 215 с.
14. Бегун С. Застосування кластерного аналізу для дослідження демографічної ситуації в регіоні. *Економічний часопис Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*, 2016. № 2. С. 122–128.

15. Белецкий Б.Ф. Технология строительного производства. Москва: ИАСВ, 2001. 416 с.
16. Берг М., Чеонг О., Кревельд М., Овермарс М. Вычислительная геометрия. Алгоритмы и приложения. Москва: ДМК Пресс, 2017. 438 с.
17. Бессонова Н.В. Архитектурное параметрическое моделирование в Autodesk Revit Architecture 2014. Новосибирск: НГАСУ, 2016. 116 с.
18. Білик В.В. Переваги формування інноваційних кластерів в сучасній економіці. *Науковий вісник Херсонського державного університету*, 2016. Вип. 1. Ч. 1. С. 61–64.
19. Білик Р.С. Кластеризація як інструмент забезпечення конкурентних переваг національної економіки у європейському інноваційному просторі. *Регіональна економіка*, 2019. № 1. С. 65–75.
20. Бойчик І.М. Економіка підприємства. Київ: Кондор, 2015. 378 с.
21. Боресков А.В. Программирование компьютерной графики. Современный OpenGL. Москва: ДМК Пресс, 2019. 372 с.
22. Борисенко В.Д., Устенко С.А., Устенко І.В. Геометричне моделювання кривих ліній і поверхонь у натуральній параметризації. Миколаїв: МНУ, 2018. 220 с.
23. Бородай В.А., Ковыляев К.Н., Кондрашина О.Н., Майданевич Ю.П. Основы менеджмента. Нижний Новгород: НОО «Профессиональная наука», 2019. 160 с.
24. Быкова А.А. Организационные структуры управления. Москва: ОЛМА-ПРЕСС, 2003. 160 с.
25. Ванін В.В., Вірченко Г.А., Ванін В.В. Структурно-параметричні геометричні моделі як інваріантна складова комп'ютерних інформаційних технологій підтримки життєвого циклу виробів машинобудування. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*, 2007. Вип. 4. Т. 36. С. 16–21.
26. Ванін В.В., Вірченко Г.А. Визначення та основні положення структурно-параметричного геометричного моделювання. *Геометричне та комп'ютерне моделювання*, 2009. Вип. 23. С. 42–48.

27. Васильківський Д.М., Войнаренко М.П., Нижник В.М. Кластерна політика як чинник підвищення ефективності функціонування соціально-економічних систем. *Вісник економічної науки України*, 2017. № 1. С. 25–30.
28. Вечтомов Е.М., Лубягина Е.Н. Геометрические основы компьютерной графики. Киров: Радуга-ПРЕСС, 2015. 164 с.
29. Вірченко Г.А. Узагальнення структурно-параметричного підходу до геометричного моделювання об'єктів машинобудування: дис. ... докт. техн. наук: 05.01.01. Київ: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", 2011. 357 с.
30. Вірченко С.Г. Застосування структурно-параметричного підходу для динамічного формоутворення технічних об'єктів. *Технічна естетика і дизайн*, 2017. Вип. 13. С. 47–51.
31. Вітлінський В.В., Терещенко Т.О., Савіна С.С. Економіко-математичні методи та моделі: оптимізація. Київ: КНЕУ, 2016. 303 с.
32. Войнаренко М.П. Кластери в економіці України. Хмельницький: ХНУ, 2014. 1085 с.
33. Войнаренко М.П., Богатчик Л.А. Кластери в економіці: оцінка передумов виникнення та переваг функціонування. *Прометей*, 2014. № 2 (44). С. 216–220.
34. Войнаренко М.П., Дубницький В.І. Теорія і практика кластеризації економіки. Кам'янець-Подільський: Аксіома, 2019. 335 с.
35. Герасимчук В.Г., Розенплентер А.Е. Економіка та організація виробництва. Київ: Знання, 2007. 678 с.
36. Гнатушенко В.В. Геометричні моделі формування та попередньої обробки цифрових фотограмметричних зображень високого просторового розрізнення: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.01.01. Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури, 2009. 43 с.
37. Голованов Н.Н. Геометрическое моделирование. Москва: Академия, 2011. 272 с.
38. Голованов Н.Н. Геометрическое моделирование. Москва: ИНФРА-М, 2016. 400 с.

39. Гоменюк М.О. Кластер як інноваційна форма територіального розвитку. *Науковий вісник Мукачівського державного університету. Серія «Економіка»*, 2019. Вип. 1 (11). С. 76–81.
40. Графский О.А. Вычислительная геометрия. Хабаровск: ДВГУПС, 2014. 150 с.
41. Гумен О.М. Моделювання проєктивних  $n$ -просторів багатопараметричних технічних систем: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.01.01. Мелітополь: Таврійський державний агротехнологічний університет, 2011. 36 с.
42. Дафт Р.Л. Теория организации. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2006. 736 с.
43. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Київ: Мінрегіон України, 2016. 52 с.
44. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. Київ: Мінрегіон України, 2019. 177 с.
45. Дорош А.М. Організація будівельного виробництва. Київ: Аграрна освіта, 2011. 255 с.
46. Жаворонков Д.В. Организационные структуры управления. Краснодар: КГУ, 2020. 100 с.
47. Задихайло Д.В. Галузева економічна політика держави: проблеми правового забезпечення. Харків: Юрайт, 2013. 520 с.
48. Іванілов О.С. Економіка підприємства. Київ: Центр учбової літератури, 2009. 728 с.
49. Иванов Б.Н. Дискретная математика. Алгоритмы и программы. Полный курс. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 408 с.
50. Калина А.В., Бондар Н.М., Воротін В.Є, Гаєвський О.А. Економіка підприємства. Київ: МАУП, 2006. 352 с.
51. Карапетян Е., Квасовський О. Генезис та еволюція концепції промислових кластерів. *Вісник Тернопільського національного економічного університету*, 2014. № 1. С. 36–48.
52. Кармінська-Белоброва М.В. Організаційні структури управління підприємством. *Бізнесінформ*, 2012. № 12. С. 192–195.

53. Климачева Т.Н. Трехмерная компьютерная графика и автоматизация проектирования в AutoCAD 2007. Москва: ДМК, 2007. 464 с.

54. Ковалев С.Н. Формирование дискретных моделей поверхностей пространственных архитектурных конструкций: дис. ... докт. техн. наук: 05.01.01. Москва: Московский авиационный институт, 1986. 348 с.

55. Козик В.В. Організаційна структура промислового підприємства, орієнтованого на стійкий розвиток. *Економіка: реалії часу*, 2013. № 1 (6). С. 190–195.

56. Комяк В.М., Приходько А.Ю., Панкратов А.В. Математические модели оптимизации размещения пунктов наблюдения наземных систем видеомониторинга лесных пожаров. *Вестник Херсонского национального технического университета*, 2015. № 3 (54). С. 573–579.

57. Королюк Ю. Г. Кластерний підхід як складова регіонального управління. *Державне управління: удосконалення та розвиток*, 2010. № 3. URL: <http://www.dy.nauka.com.ua/?op=1&z=110>

58. Корсакова О.С. Організаційні аспекти інтеграції підприємств у кластери: зарубіжна та вітчизняна практика. *Економіка і право*, 2016. № 2 (44). С. 60–65.

59. Кудінова М.М., Рибалка А.С., Чубач О.Р. Підвищення ефективності управління підприємством шляхом удосконалення організаційної структури. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*, 2018. Вип. 3 (14). С. 199–205.

60. Куликов А.И., Овчинникова Т.Э. Алгоритмические основы современной компьютерной графики. Москва: НОУ «ИНТУИТ», 2016. 232 с.

61. Куліков П.М., Микитась М.В., Теренчук С.А., Кожедуб С.А. Формування теоретико-методичного підходу до розробки інструментального забезпечення стратегічного розвитку кластерних організаційних структур. *Містобудування та територіальне планування*, 2018. Вип. 68. С. 295–301.

62. Лаврухіна К.О. Кластери як організаційно-економічний механізм функціонування інноваційної діяльності в Україні і світі. *Економіка та управління національним господарством*, 2020. Вип. 50-2. С. 53–57.

63. Ланцов А.Л. Компьютерное проектирование в архитектуре. ArchiCAD 11. Москва: ДМК Пресс, 2009. 800 с.
64. Ластівка М.В. Теоретичні основи формування та розвитку інноваційних кластерів в Україні. *Глобальні та національні проблеми економіки*, 2015. Вип. 5. С. 194–198.
65. Лебедєв І.В. Кластеризація туризму: досвід Європейського союзу і завдання для України. *Вісник соціально-економічних досліджень*, 2020. № 2 (73). С. 175–184.
66. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). Санкт-Петербург: Питер, 2004. 580 с.
67. Литвиненко Т.М. Організаційна структура бізнес-моделі підприємства. *Збірник матеріалів VI Міжнародної науково-практичної конференції «Економіка підприємства: теорія і практика»*. Київ, 2016. С. 18–20.
68. Магалов А.М. Застосування структурно-параметричного підходу для геометричного моделювання маршрутів постачання будівельних матеріалів при новому будівництві. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*, 2020. Вип. 14. Р. 7–14.
69. Мамонова В.В., Куц Ю.О., Макаренко О.М. Формування територіальних кластерів як інструменту регіонального розвитку. Київ: НАДУ, 2013. 36 с.
70. Манкул В.М. Математичні методи та моделі в економічних дослідженнях. Одеса: ОНЕУ, 2016. 184 с.
71. Мартинов В.Л. Моделювання оптимальних геометричних параметрів енергоефективних будівель гранної форми: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.01.01. Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури, 2015. 39 с.
72. Маслак О.О. Формування та розвиток систем кластеризації національної економіки: дис. ... докт. екон. наук: 08.00.03. Львів: НУ «Львівська політехніка», 2019. 581 с.
73. Матьовка Т.В. Формування та розвиток кластерів у пріоритетних сферах економіки регіону: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.05. Ужгород: Ужгородський національний університет, 2016. 222 с.

74. Маценко В.Г. Комп'ютерна графіка. Чернівці: Рута, 2009. 343 с.
75. Методика формування спроможних територіальних громад: Постанова Кабінету Міністрів України від 8 квітня 2015 р. № 214. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/214-2015-%D0%BF#Text>
76. Микитась М.В. Розробка концепції впровадження BIM-технології в процеси формування енергоефективних архітектурно-будівельних кластерів. *Містобудування та територіальне планування*, 2019. Вип. 69. С. 257–262.
77. Микитась М.В. Поліваріантність вибору методів геометричного моделювання в задачах проектування організаційних кластерних систем. *Системні технології*, 2019. Вип. 1. С. 12–18.
78. Микитась М.В. Методологія системного геометричного моделювання адаптивних будівельних кластерів енергоефективності: дис. ... докт. техн. наук: 05.01.01. Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури, 2019. 326 с.
79. Микитась М.В., Єременко Б.М., Кожедуб С.А. Системне моделювання структури архітектурно-будівельних кластерів. *Наука та будівництво*, 2019. № 1. С. 78–81.
80. Микитась М.В., Петриченко А.І., Теренчук С.А. Застосування системного геометричного моделювання до проектування енергоефективних архітектурно-будівельних кластерів. *Управління розвитком складних систем*, 2019. № 37. С. 88–92.
81. Микитась М.В., Плоский В.О., Кожедуб С.А. Дослідження системних ознак енергоефективних кластерних організаційних структур архітектурно-будівельної галузі. *Управління розвитком складних систем*, 2018. Вип. 35. С. 68–75.
82. Микитась М.В., Теренчук С.А. Оптимізаційна задача управління поточкорозподілом ресурсів кластерних організаційних структур енергоефективного будівництва. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*, 2018. Вип. 10. С. 77–84.
83. Микитась М.В., Тесленко П.П., Кушнір С.І. Загальна концепція кластеризації геометричних об'єктів. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 2017. Вип. 12. С. 63–69.



84. Мильнер Б.З. Теория организации. Москва: ИНФРА-М, 2004. 648 с.
85. Миркин Б.Г. Методы кластер-анализа для поддержки принятия решений: обзор. Москва: НИУ «Высшая школа экономики», 2011. 88 с.
86. Мищенко Е.С. Организационные структуры управления (современное состояние и эволюция). Тамбов: ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. 104 с.
87. Молчанова Л.А. Введение в Maple. Владивосток: ИДУ, 2006. 36 с.
88. Мосин В.Г. Математические основы компьютерной графики. Самара: СГАСУ, 2005. 227 с.
89. Небава М.І., Ратушняк О.Г. Менеджмент організацій і адміністрування. Частина 1. Вінниця: ВНТУ, 2012. 105 с.
90. Небава М.І., Ратушняк О.Г. Менеджмент організацій і адміністрування. Частина 2. Вінниця: ВНТУ, 2012. 108 с.
91. Несвідомін В.М. Комп'ютерні моделі синтетичної геометрії: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.01.01. Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури, 2008. 41 с.
92. Никулин Е.А. Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной графики. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 560 с.
93. Никулин Е.А. Компьютерная графика. Модели и алгоритмы. СПб.: Лань, 2018. 708 с.
94. Одінцов О.М. Формування регіонального агропромислового кластеру на базі кооперативного сектору економіки. *Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету*, 2019. Вип. 52. С. 12–20.
95. Оніпко Т.А. Інноваційно-кластерний розвиток як чинник зростання конкурентоспроможності економічних систем: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.01. Полтава: Полтавський університет економіки і торгівлі, 2019. 280 с.
96. Орлик О.В. Механізм розвитку кластерних структур та стадії їх життєвого циклу. *Вісник Дніпровського університету*, 2012. Вип. 6 (3). С. 30–37.
97. Павленко П.М., Філоненко С.Ф., Чередніков О.М., Трейтяк В.В. Математичне моделювання систем і процесів. Київ: НАУ, 2017. 392 с.

98. Пастухова Я.З. Компьютерная графика в строительстве. Москва: НИУ МГСУ, 2016. 117 с.

99. Пестунов И.А., Рылов С.А., Бериков В.Б. Иерархические алгоритмы кластеризации для сегментации мультиспектральных изображений. *Бюлетень Автометрия*, 2015. Т. 51. № 4. С. 12–22.

100. Петренко С.А. Порівняльний аналіз організаційних структур підприємства. *Бюлетень Міжнародного Нобелівського економічного форуму*, 2010. № 1 (3). Т. 2. С. 245–252.

101. Петров М.Н., Молочков В.П. Компьютерная графика. Санкт-Петербург: Питер, 2003. 736 с.

102. Петрова Н.О. Функціонування кластерних об'єднань як засіб забезпечення конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств. *Економіка і суспільство*, 2016. Вип. 2. С. 334–340.

103. Пістунів І.М., Антонюк О.П., Турчанінова І.Ю. Кластерний аналіз в економіці. Дніпропетровськ: НГУ, 2008. 84 с.

104. Пічугін М.Ф., Канкін І.О., Воротніков В.В. Комп'ютерна графіка. Київ: Центр учбової літератури, 2013. 346 с.

105. Плоский В.О. Дослідження структурних особливостей методів геометричного моделювання та тенденцій розвитку прикладної геометрії: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.01.01. Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури, 2007. 39 с.

106. Плоский В.О., Микитась М.В., Кожедуб С.А., Теренчук С.А. Розробка концепції адаптивного управління розвитком кластерів енерго-ефективності архітектурно-будівельної галузі. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*, 2018. Вип. 52. С. 98–105.

107. Плоский В.О., Микитась М.В., Тесленко П.П., Кушнір С.І. Системна прикладна геометрія: проблеми дослідження кластерних організаційних систем. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 2017. Вип. 12. С. 70–77.

108. Поляков А.Ю., Брусенцев В.А. Методы и алгоритмы компьютерной графики в примерах на Visual C++. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2003. 560 с.

109. Порев В.Н. Компьютерная графика. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2002. 432 с.
110. Посохов П.М., Дюжев В.Г., Сусліков С.В., Тимофеева К.О. Економіка підприємства. Харків: НТУ «ХП», 2016. 380 с.
111. Приемывшев А.В., Крутов В.Н., Треляль В.А., Коршакова О.А. Компьютерная графика в САПР. Санкт-Петербург: Лань, 2017. 196 с.
112. Приставка О.П., Сидорова М.Г. Підтримка прийняття рішень у задачах кластерного аналізу. *Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій*, 2011. Т. 15. С. 115–123.
113. П'ятницька Г.Т. Класифікація кластерів у системі інформаційного забезпечення стратегії кластеризації. *Маркетинг і менеджмент інновацій*, 2015. №. 4. С. 187–208.
114. Регіда О.В., Терещук М.О. Деякі перспективи розвитку сучасного комп'ютерного будівельного моделювання. *Управління розвитком складних систем*, 2020. Вип. 42. С. 119–123.
115. Рижиков В.С., Панков В.А., Ровенська В.В., Підгора Є.О. Економіка підприємства. Київ: Слово, 20. 380 с.
116. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. Москва: Мир, 2001. 604 с.
117. Сергейчук О.В. Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.01.01. Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури, 2008. 39 с.
118. Симионов Ю.Ф. Экономика строительства. Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. 378 с.
119. Садковий В.П., Комяк В.М., Соболев О.М. Рациональне розбиття множин при територіальному плануванні в сфері цивільного захисту. Харків: УЦЗУ, 2008. 174 с.
120. Соболев О.М., Кравців С.Я., Стельмах О.А., Ляшевська О.І. Модель максимального покриття заданої області з урахуванням обмежень спеціального виду. *Сучасні проблеми моделювання*, 2020. Вип. 17. С. 115–122.

121. Талапов В.В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. Москва: ДМК Пресс, 2015. 410 с.
122. Тищенко О.П., Заніздра С.А. Державна кластерна політика в контексті формування інноваційної моделі розвитку національної економіки. *Бізнесінформ*, 2014. № 8. С. 34–39.
123. Уокенбах Д. Excel 2013. Библия пользователя. Москва: Вильямс, 2015. 928 с.
124. Ушацький С.А., Шейко Ю.П., Тригер Г.М. Організація будівництва. Київ: Кондор, 2007. 521 с.
125. Федорчук О.М., Петренко В.С., Карнаушенко А.С. Агропромислові кластери: проблеми, переваги та перспективи. *Економіка та управління національним господарством*, 2020. Вип. 4 (78). С. 63–69.
126. Філатов С.А., Коченко О.М. Розвиток інноваційних кластерів в Україні. *Вчені записки університету «Крок»*, 2014. Вип. 38. С. 46–53.
127. Філіппов М.І., Гавришук Т.Б. Впровадження кластерної моделі організації діяльності підприємств легкої промисловості України. *Проблеми економіки*, 2013. № 3. С. 155–160.
128. Фінагіна О.В. Концептуальні засади підтримки малого та середнього бізнесу в Україні: питання кластеризації та бізнес-інкубації. Черкаси: Пономаренко, 2019. 158 с.
129. Хейфец А.Л., Васильева В.Н., Буторина И.В. Компьютерная графика для строителей. Челябинск: ЮУрГУ, 2015. 198 с.
130. Цисарж В.В., Марусик Р.И. Математические методы компьютерной графики. Киев: Факт, 2004. 464 с.
131. Чермных И.А., Журило А.Г., Краевская Е.А., Адашевская И.Ю. Геометрическое моделирование в компьютерной графике. Харьков: «НТМТ», 2017. 320 с.
132. Чочиева А.С., Пилецкий И.И. Выбор алгоритмов кластеризации . *Шестая Международная научно-практическая конференция «BIG DATA and Advanced Analytics»*. Минск, 2020. С. 281–293.

133. Швець М.Я., Калюжний Р.А., Гавловський В.Д., Цимбалюк В.С. Інформатизація управління соціальними системами: організаційно-правові питання теорії і практики. Київ: МАУП, 2003. 336 с.

134. Шевченко Л.С. Економіка підприємства. Харків: Право, 2011. 208 с.

135. Шпак Ю.В. Кластерний підхід в управлінні територіальним розвитком України. *Публічне управління та митне адміністрування*, 2020. № 2 (25). С. 187–191.

136. Якимець Р.В. Методи кластеризації та їх класифікація. *Міжнародний науковий журнал*, 2016. № 6. Т. 2. С. 48–50.

137. Якусевич А.Г., Микитась М.В., Скочко В.І. Теоретичні аспекти формування організаційних кластерів засобами дискретної геометрії. *Сучасні проблеми моделювання*, 2019. Вип. 14. С. 122–139.

138. Якусевич А.Г., Терещук М.О. Геометричне моделювання організаційних кластерних структур як засіб підвищення ефективності використання різноманітних ресурсів. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*, 2020. Вип. 14. С. 12–19.

139. Якусевич А.Г., Терещук М.О. Спосіб представлення ієрархічних організаційних кластерних структур у задачах економії ресурсів. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*, 2020. Вип. 15. С. 7–14.

140. Якусевич А.Г. Деякі перспективні напрямки розвитку геометричного моделювання організаційних кластерних структур. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. Київ: КНУБА, 2016. Вип. 36 (2). С. 106–112.

141. Якусевич А.Г., Микитась М.В. Формування організаційних кластерів засобами дискретної геометрії. *Тези доповідей 21 міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми геометричного моделювання»*. Мелітополь, 2019. С. 20–21.

142. Якусевич А.Г. Формування багатофункціональних організаційних кластерів у будівництві. *International scientific-practical conference of young scientists "Build-Master-Class-2019": Conference Proceedings*. Київ, 2019. С. 84–85.

143. Якусевич А., Панько О., Терещук М., Лаврухіна К. Алгоритм послідовної кластеризації в системі «замовник-виконавець» у будівництві. *International scientific-practical conference of young scientists "Build-Master-Class-2020": Conference Proceedings*. Київ, 2020. С. 86–87.
144. Agrarian C., Reddy C. *Data Clustering: Algorithms and Applications*. CRC Press, 2014. 622 p.
145. Bouveyrona C., Girardb S., Schmidc C. High-dimensional data clustering. *Computational Statistics & Data Analysis*, 2007. Vol. 52. Issue 1. P. 502–519.
146. Iakusevich A., Leshchenko V., Yakusevich S., Skochko V. Comparative analysis of numerical modeling methods of temperature fields related to the problems of energy efficient structures designing. // *Scientific letter of Academes Society of Michail Baludyansky*. 2020. Volume 8. N1a. P. 144–152.
147. Jahirabadkar S., Kulkarni P. Clustering for High Dimensional Data: Density based Subspace Clustering Algorithms. *International Journal of Computer Applications*, 2013. Vol. 63. No. 20. P. 29–35.
148. Jahirabadkar S., Kulkarni P. SCAF – an effective approach to classify subspace clustering algorithms. *International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process*, 2013. Vol. 3. No. 2. P. 69–86.
149. Kaufman L., Rousseeuw P. *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis*. Wiley-Interscience, 2005. 342 p.
150. Maione C., Nelson D., Barbosa R. Research on social data by means of cluster analysis. *Applied Computing and Informatics*, 2019. Vol. 15. P. 153–162.
151. Mensah Y., Chen H. Global Clustering of Countries by Culture – An Extension of the GLOBE Study. *International Journal of Cross Cultural Management*, 2013. 51 p.
152. Oyelade J., Isewon I., Oladipupo O. Data clustering: algorithms and its applications. *19th International Conference on Computational Science and Its Applications*, 2019. P. 71–81.
153. Omran M., Engelbrecht A., Salman A. An overview of clustering methods. *Intelligent Data Analysis*. IOS Press, 2007. № 11. P. 583–605.
154. Parsons L., Haque E., Liu H. Subspace clustering for high dimensional data: a review. *Sigkdd Explorations*, 2004. Vol. 6. Issue 1. P. 90–105.

155. Pełka M. Analysis of innovations in the European Union via ensemble symbolic density clustering. *Econometrics*, 2018. Vol. 22. No. 3. P. 84–98.

156. Suguna M., Palaniammal S. Jose measure based high dimensional data clustering for real world conditions. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 2014. Vol. 67. No. 2. P. 361–368.

157. Xu D., Tian Y. A Comprehensive Survey of Clustering Algorithms. *Annals of Data Science*. Elsevier, 2015. Vol. 2. P. 165–193.

158. Zou W., Zhu Y., Chen H., Sui X. A Clustering Approach Using Cooperative Artificial Bee Colony Algorithm. *Discrete Dynamics in Nature and Society*. Vol. 2010, Article ID 459796, 16 p.

## ДОДАТКИ



## ДОДАТОК А

### ІЛЮСТРАЦІЇ ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБЛЕНОЇ КОНЦЕПЦІЇ

Даний додаток включає до свого складу два підрозділи, де наведено інформацію, яка доповнює подані в основній частині дисертації базові відомості стосовно виконаного наукового дослідження. Це стосується варіантів інноваційної територіальної соціально-економічної кластеризації та належних прикладів розроблених комп'ютерних програм.

#### А.1. Опрацьовувані варіанти кластеризації

На основі даних підрозділу 3.1 у поданій нижче таблиці сформовано за спаданням указаних властивостей можливі послідовності територіальної кластеризації ділянок  $D_1 \dots D_6$ , тобто об'єднання територіальних громад  $G_1 \dots G_6$ .

Послідовності кластеризації Таблиця А.1

<i>Властивість</i>	<i>Ділянки</i>					
Площа	$D_5$	$D_6$	$D_1$	$D_2$	$D_4$	$D_3$
Населення	$D_1$	$D_6$	$D_2$	$D_4$	$D_5$	$D_3$
Соціальні потреби	$D_1$	$D_6$	$D_4$	$D_5$	$D_2$	$D_3$
Податкові збори	$D_1$	$D_6$	$D_2$	$D_5$	$D_4$	$D_3$
Обсяги інвестицій	$D_1$	$D_6$	$D_2$	$D_3$	$D_5$	$D_4$

Таблиця А.2 містить координати обчислених за формулою (2.27) для даних (3.1) геометричних центрів наведених у підрозділі 3.1 територіальних ділянок.

Відповідну комп'ютерну програму для системи математичного моделювання Maple представлено в підрозділі А.2, див. приклад А.2.

Рис. А.1 у графічному вигляді ілюструє подані в табл. А.2 результати. Отримана наочність підтверджує правильність застосованого математичного апарату та розробленого комп'ютерного програмного забезпечення.

Координати геометричних центрів ділянок *Таблиця А.2*

Ділянка	$x_c$ , км	$y_c$ , км
$D_1$ .	5,4	5,25
$D_2$	2,2	3,59
$D_3$	5,44	2,37
$D_4$	8,52	3,55
$D_5$	7,56	7,69
$D_6$	2,77	7,92

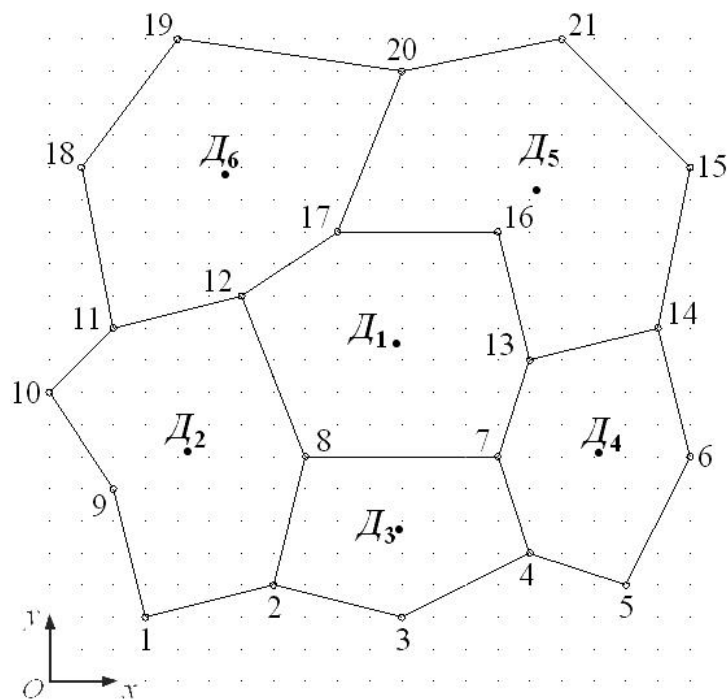


Рис. А.1. Геометричні центри опрацьовуваних земельних ділянок

У таблицях А.3 ... А.8 подано добутки площ  $S_1 \dots S_6$  ділянок  $D_1 \dots D_6$  та відстаней  $L_i$ , де  $i \in \mathbb{N}$  та  $i \leq 6$ , до центра однієї з них (центра кластеризації). Належну програму містить додаток А.2, див. приклад А.3.

Аналіз табл. А.3 ... А.8 показує, що центру кластеризації відповідають нульові величини відстаней, добутки останніх та площ ділянок. У найменуваннях таблиць присутній його номер. Віддалення між геометричними центрами належних ділянок у всіх приведених даних збігаються. Рис. А.1 наочно підтверджує правильність отриманої інформації.

Розрахункові дані 1

Таблиця А.3

Ділянка	Площа, км <sup>2</sup>	Відстань, км	Добуток площі та відстані, км <sup>3</sup>
$D_1$ .	12.88	0	0
$D_2$	12.75	3.603	45.936
$D_3$	7.63	2.885	21.999
$D_4$	8.38	3.553	29.759
$D_5$	16.25	3.265	53.059
$D_6$	14.75	3.741	55.187

Розрахункові дані 2

Таблиця А.4

Ділянка	Площа, км <sup>2</sup>	Відстань, км	Добуток площі та відстані, км <sup>3</sup>
$D_1$ .	12.88	3.603	46.386
$D_2$	12.75	0	0
$D_3$	7.63	3.464	26.411
$D_4$	8.38	6.316	52.9
$D_5$	16.25	6.754	109.748
$D_6$	14.75	4.366	64.397

Розрахункові дані 3

Таблиця А.5

Ділянка	Площа, км <sup>2</sup>	Відстань, км	Добуток площі та відстані, км <sup>3</sup>
$D_1$ .	12.88	2.885	37.145
$D_2$	12.75	3.464	44.163
$D_3$	7.63	0	0
$D_4$	8.38	3.296	27.601
$D_5$	16.25	5.735	93.188
$D_6$	14.75	6.159	90.85

Так для центра кластеризації в  $D_1$ , див. табл. А.3 і рис. А.1, найбільший добуток площі та відстані має ділянка  $D_6$ , найменший –  $D_3$ . У випадку центральної ділянки  $D_2$  (табл. А.4, рис. А.1) максимальне значення у  $D_5$ , а мінімальне – у  $D_3$ . Це ж стосується й решти даних, приведених у таблицях А.3 ... А8.

Розрахункові дані 4

Таблиця А.6

<i>Ділянка</i>	<i>Площа, км<sup>2</sup></i>	<i>Відстань, км</i>	<i>Добуток площі та відстані, км<sup>3</sup></i>
<i>Д<sub>1</sub></i>	12.88	3.553	45.749
<i>Д<sub>2</sub></i>	12.75	6.316	80.535
<i>Д<sub>3</sub></i>	7.63	3.296	25.129
<i>Д<sub>4</sub></i>	8.38	0	0
<i>Д<sub>5</sub></i>	16.25	4.252	69.088
<i>Д<sub>6</sub></i>	14.75	7.216	106.437

Розрахункові дані 5

Таблиця А.7

<i>Ділянка</i>	<i>Площа, км<sup>2</sup></i>	<i>Відстань, км</i>	<i>Добуток площі та відстані, км<sup>3</sup></i>
<i>Д<sub>1</sub></i>	12.88	3.265	42.039
<i>Д<sub>2</sub></i>	12.75	6.754	86.11
<i>Д<sub>3</sub></i>	7.63	5.735	43.726
<i>Д<sub>4</sub></i>	8.38	4.252	35.607
<i>Д<sub>5</sub></i>	16.25	0	0
<i>Д<sub>6</sub></i>	14.75	4.797	70.752

Розрахункові дані 6

Таблиця А.8

<i>Ділянка</i>	<i>Площа, км<sup>2</sup></i>	<i>Відстань, км</i>	<i>Добуток площі та відстані, км<sup>3</sup></i>
<i>Д<sub>1</sub></i>	12.88	3.741	48.171
<i>Д<sub>2</sub></i>	12.75	4.366	55.665
<i>Д<sub>3</sub></i>	7.63	6.159	46.965
<i>Д<sub>4</sub></i>	8.38	7.216	60.434
<i>Д<sub>5</sub></i>	16.25	4.797	77.947
<i>Д<sub>6</sub></i>	14.75	0	0

При довільній (не обов'язково суміжній) територіальній кластеризації  $K$ , що розглядається, для  $n=6$  ділянок ймовірні

$$N = n! = 720 \quad (\text{A.1})$$

варіантів їх об'єднання.

На практиці досліджується значно менша, ніж (А.1), доцільна кількість  $N_K$  різновидів. У нашому випадку це можливі послідовності за зростанням і спаданням площ ділянок, їх відстаней до центра кластеризації, добутків площ на зазначені відстані.

Тоді

$$N_K = n \cdot n_e \cdot n_m = 6 \cdot 3 \cdot 2 = 36, \quad (\text{A.2})$$

де  $n=6$  – число центрів кластеризації, яке дорівнює кількості опрацьовуваних територіальних ділянок;

$n_e=3$  – кількість видів кластеризації (за площами, відстанями та добутком площ на відстані до ділянок);

$n_m=2$  – число типів кластеризації (за зростанням або спаданням обраних величин).

Зауважимо, що можливі також й інші види кластеризації, зокрема, які комплексно беруть до уваги вплив площ, відстаней ділянок і належних їх добутків за допомогою функцій вигляду (2.8).

Згідно з виразом (А.2) та даними таблиць А.3 ... А.8 варті до аналізу такі послідовності кластеризації:

– з центром у ділянці  $D_1$

$$K_{1_{11}} = D_1 \rightarrow D_3 \rightarrow D_4 \rightarrow D_2 \rightarrow D_6 \rightarrow D_5, \quad (\text{A.3})$$

$$K_{1_{12}} = D_1 \rightarrow D_5 \rightarrow D_6 \rightarrow D_2 \rightarrow D_4 \rightarrow D_3, \quad (\text{A.4})$$

$$K_{1_{21}} = D_1 \rightarrow D_3 \rightarrow D_5 \rightarrow D_4 \rightarrow D_2 \rightarrow D_6, \quad (\text{A.5})$$

$$K_{1_{22}} = D_1 \rightarrow D_6 \rightarrow D_2 \rightarrow D_4 \rightarrow D_5 \rightarrow D_3, \quad (\text{A.6})$$

$$K_{1_{31}} = D_1 \rightarrow D_3 \rightarrow D_4 \rightarrow D_2 \rightarrow D_5 \rightarrow D_6, \quad (\text{A.7})$$

$$K_{1_{32}} = D_1 \rightarrow D_6 \rightarrow D_5 \rightarrow D_2 \rightarrow D_4 \rightarrow D_3; \quad (\text{A.8})$$

– з центром у ділянці  $D_2$

$$K_{2_{11}} = \mathcal{D}_2 \rightarrow \mathcal{D}_3 \rightarrow \mathcal{D}_4 \rightarrow \mathcal{D}_1 \rightarrow \mathcal{D}_6 \rightarrow \mathcal{D}_5, \quad (\text{A.9})$$

$$K_{2_{12}} = \mathcal{D}_2 \rightarrow \mathcal{D}_5 \rightarrow \mathcal{D}_6 \rightarrow \mathcal{D}_1 \rightarrow \mathcal{D}_4 \rightarrow \mathcal{D}_3, \quad (\text{A.10})$$

$$K_{2_{21}} = \mathcal{D}_2 \rightarrow \mathcal{D}_3 \rightarrow \mathcal{D}_1 \rightarrow \mathcal{D}_6 \rightarrow \mathcal{D}_4 \rightarrow \mathcal{D}_5, \quad (\text{A.11})$$

$$K_{2_{22}} = \mathcal{D}_2 \rightarrow \mathcal{D}_5 \rightarrow \mathcal{D}_4 \rightarrow \mathcal{D}_6 \rightarrow \mathcal{D}_1 \rightarrow \mathcal{D}_3, \quad (\text{A.12})$$

$$K_{2_{31}} = \mathcal{D}_2 \rightarrow \mathcal{D}_3 \rightarrow \mathcal{D}_1 \rightarrow \mathcal{D}_4 \rightarrow \mathcal{D}_6 \rightarrow \mathcal{D}_5, \quad (\text{A.13})$$

$$K_{2_{32}} = \mathcal{D}_2 \rightarrow \mathcal{D}_5 \rightarrow \mathcal{D}_6 \rightarrow \mathcal{D}_4 \rightarrow \mathcal{D}_1 \rightarrow \mathcal{D}_3; \quad (\text{A.14})$$

– з центром у ділянці  $\mathcal{D}_3$

$$K_{3_{11}} = \mathcal{D}_3 \rightarrow \mathcal{D}_4 \rightarrow \mathcal{D}_2 \rightarrow \mathcal{D}_1 \rightarrow \mathcal{D}_6 \rightarrow \mathcal{D}_5, \quad (\text{A.15})$$

$$K_{3_{12}} = \mathcal{D}_3 \rightarrow \mathcal{D}_5 \rightarrow \mathcal{D}_6 \rightarrow \mathcal{D}_1 \rightarrow \mathcal{D}_2 \rightarrow \mathcal{D}_4, \quad (\text{A.16})$$

$$K_{3_{21}} = \mathcal{D}_3 \rightarrow \mathcal{D}_1 \rightarrow \mathcal{D}_4 \rightarrow \mathcal{D}_2 \rightarrow \mathcal{D}_5 \rightarrow \mathcal{D}_6, \quad (\text{A.17})$$

$$K_{3_{22}} = \mathcal{D}_3 \rightarrow \mathcal{D}_6 \rightarrow \mathcal{D}_5 \rightarrow \mathcal{D}_2 \rightarrow \mathcal{D}_4 \rightarrow \mathcal{D}_1, \quad (\text{A.18})$$

$$K_{3_{31}} = \mathcal{D}_3 \rightarrow \mathcal{D}_4 \rightarrow \mathcal{D}_1 \rightarrow \mathcal{D}_2 \rightarrow \mathcal{D}_6 \rightarrow \mathcal{D}_5, \quad (\text{A.19})$$

$$K_{3_{32}} = \mathcal{D}_3 \rightarrow \mathcal{D}_5 \rightarrow \mathcal{D}_6 \rightarrow \mathcal{D}_2 \rightarrow \mathcal{D}_1 \rightarrow \mathcal{D}_4; \quad (\text{A.20})$$

– з центром у ділянці  $\mathcal{D}_4$

$$K_{4_{11}} = \mathcal{D}_4 \rightarrow \mathcal{D}_3 \rightarrow \mathcal{D}_2 \rightarrow \mathcal{D}_1 \rightarrow \mathcal{D}_6 \rightarrow \mathcal{D}_5, \quad (\text{A.21})$$

$$K_{4_{12}} = \mathcal{D}_4 \rightarrow \mathcal{D}_5 \rightarrow \mathcal{D}_6 \rightarrow \mathcal{D}_1 \rightarrow \mathcal{D}_2 \rightarrow \mathcal{D}_3, \quad (\text{A.22})$$

$$K_{4_{21}} = \mathcal{D}_4 \rightarrow \mathcal{D}_3 \rightarrow \mathcal{D}_1 \rightarrow \mathcal{D}_5 \rightarrow \mathcal{D}_2 \rightarrow \mathcal{D}_6, \quad (\text{A.23})$$

$$K_{4_{22}} = \mathcal{D}_4 \rightarrow \mathcal{D}_6 \rightarrow \mathcal{D}_2 \rightarrow \mathcal{D}_5 \rightarrow \mathcal{D}_1 \rightarrow \mathcal{D}_3, \quad (\text{A.24})$$

$$K_{4_{31}} = \mathcal{D}_4 \rightarrow \mathcal{D}_3 \rightarrow \mathcal{D}_1 \rightarrow \mathcal{D}_5 \rightarrow \mathcal{D}_2 \rightarrow \mathcal{D}_6, \quad (\text{A.25})$$

$$K_{432} = D_4 \rightarrow D_6 \rightarrow D_2 \rightarrow D_5 \rightarrow D_1 \rightarrow D_3; \quad (\text{A.26})$$

– з центром у ділянці  $D_5$

$$K_{511} = D_5 \rightarrow D_3 \rightarrow D_4 \rightarrow D_2 \rightarrow D_1 \rightarrow D_6, \quad (\text{A.27})$$

$$K_{512} = D_5 \rightarrow D_6 \rightarrow D_1 \rightarrow D_2 \rightarrow D_4 \rightarrow D_3, \quad (\text{A.28})$$

$$K_{521} = D_5 \rightarrow D_1 \rightarrow D_4 \rightarrow D_6 \rightarrow D_3 \rightarrow D_2, \quad (\text{A.29})$$

$$K_{522} = D_5 \rightarrow D_2 \rightarrow D_3 \rightarrow D_6 \rightarrow D_4 \rightarrow D_1, \quad (\text{A.30})$$

$$K_{531} = D_5 \rightarrow D_4 \rightarrow D_1 \rightarrow D_3 \rightarrow D_6 \rightarrow D_2, \quad (\text{A.31})$$

$$K_{532} = D_5 \rightarrow D_2 \rightarrow D_6 \rightarrow D_3 \rightarrow D_1 \rightarrow D_4; \quad (\text{A.32})$$

– з центром у ділянці  $D_6$

$$K_{611} = D_6 \rightarrow D_3 \rightarrow D_4 \rightarrow D_2 \rightarrow D_1 \rightarrow D_5, \quad (\text{A.33})$$

$$K_{612} = D_6 \rightarrow D_5 \rightarrow D_1 \rightarrow D_2 \rightarrow D_4 \rightarrow D_3, \quad (\text{A.34})$$

$$K_{621} = D_6 \rightarrow D_1 \rightarrow D_2 \rightarrow D_5 \rightarrow D_3 \rightarrow D_4, \quad (\text{A.35})$$

$$K_{622} = D_6 \rightarrow D_4 \rightarrow D_3 \rightarrow D_5 \rightarrow D_2 \rightarrow D_1, \quad (\text{A.36})$$

$$K_{631} = D_6 \rightarrow D_3 \rightarrow D_1 \rightarrow D_2 \rightarrow D_4 \rightarrow D_5, \quad (\text{A.37})$$

$$K_{632} = D_6 \rightarrow D_5 \rightarrow D_4 \rightarrow D_2 \rightarrow D_1 \rightarrow D_3. \quad (\text{A.38})$$

У формулах А.3 ... А.38 для індексів кластеризації  $K$  застосовано такі величини:

- перший індекс відповідає номеру центральної територіальної ділянки  $D$ ;
- другим позначено вид кластеризації (1 – за площами, 2 – за відстанями, 3 – за добутком площ і відстаней);

– третій відтворює зростання (1) або спадання (2) обраних попереднім індексом величин.

З наведених вище матеріалів видно, що суттєва кількість варіантів можливих послідовностей реалізації територіальної кластеризації, навіть при відносно невеликому числі вихідних земельних ділянок, вимагає розроблення спеціалізованого підходу для отримання належних практичних результатів.

Зазначимо, що вище в цьому підрозділі додатків виконано оцінку різновидів кластеризації тільки в геометричному аспекті, та й то з найбільш загальних позицій. Мається на увазі, зокрема, що реальні земельні ділянки для одержання більш точних прогнозів доречно подавати не суцільними, а складеними з таких фрагментів як лісові масиви, сільськогосподарські угіддя, забудовані ділянки, існуючі шляхи сполучення (автомобільні, залізничні, водні та ін.) і т. д.

У попередньо викладених відомостях акцентувалось, що для проведення інноваційної регіональної кластеризації, крім територіальних особливостей інтеграції, які є безумовно базовими, доволі важливі багатоманітні соціально-економічні аспекти. Наприклад, це стосується форми власності (державна, комунальна, приватна, іноземна) на опрацьовувані об'єкти, докладної структури населення об'єднаних громад (працевдатне, пенсійного віку, діти, школярі, статевий склад, військовозобов'язані і т. д.), економічних показників (наявність промислових, сільськогосподарських, торгівельних, транспортних та інших підприємств, потреба в освітніх, медичних, культурних закладах, вдосконаленні інфраструктури, здійсненні інвестицій тощо).

Певною мірою окреслені проблемні питання варіантної територіальної кластеризації з оптимізацією вказаних процесів на основі запропонованої концепції моделювання та розробленого математичного апарату опрацьовано у другому і третьому розділах. Так нижче наведено деякі розрахунки сумарних економічних ефектів для різновидів (3.24) ... (3.26) кластеризації.

Для послідовності (3.24), тобто за зменшенням соціальних потреб об'єднаних громад, маємо:

– економію витрат



$$\begin{aligned}
C_E &= (C_1 + C_6 - \Gamma_{1,6}) + (C_6 + C_4 - \Gamma_{6,4}) + (C_4 + C_5 - \Gamma_{4,5}) + \\
&+ (C_5 + C_2 - \Gamma_{5,2}) + (C_2 + C_3 - \Gamma_{2,3}) = ((8,1 + 7,2 - 14) + \\
&+ (7,2 + 6,3 - 13,2) + (6,3 + 6,1 - 11,7) + (6,1 + 5,8 - 12,1) + \\
&+ (5,8 + 3,1 - 8)) \text{ млн. грн.} = (1,3 + 0,3 + 0,7 - 0,2 + 0,9) \text{ млн. грн.} = \\
&= 3 \text{ млн. грн.};
\end{aligned} \tag{A.39}$$

– підвищення податкових зборів

$$\begin{aligned}
\Pi_3 &= (\Gamma_{1,6} - \Pi_1 - \Pi_6) + (\Gamma_{6,4} - \Pi_6 - \Pi_4) + (\Gamma_{4,5} - \Pi_4 - \Pi_5) + \\
&+ (\Gamma_{5,2} - \Pi_5 - \Pi_2) + (\Gamma_{2,3} - \Pi_2 - \Pi_3) = ((24,7 - 12,6 - 11,1) + \\
&+ (17,7 - 11,1 - 4,5) + (9,8 - 4,5 - 4,8) + (19,1 - 4,8 - 5,4) + \\
&+ (10,6 - 5,4 - 3,9)) \text{ млн. грн.} = (1 + 2,1 + 0,5 + 8,9 + 1,3) \text{ млн. грн.} = \\
&= 13,8 \text{ млн. грн.};
\end{aligned} \tag{A.40}$$

– збільшення інвестицій

$$\begin{aligned}
I_3 &= (\Gamma_{1,6} - I_1 - I_6) + (\Gamma_{6,4} - I_6 - I_4) + (\Gamma_{4,5} - I_4 - I_5) + \\
&+ (\Gamma_{5,2} - I_5 - I_2) + (\Gamma_{2,3} - I_2 - I_3) = ((1,2 - 0,5 - 0,4) + \\
&+ (0,9 - 0,4 - 0,1) + (0,5 - 0,1 - 0,2) + (1,1 - 0,2 - 0,2) + \\
&+ (0,6 - 0,2 - 0,2)) \text{ млн. грн.} = (0,3 + 0,4 + 0,2 + 0,7 + 0,2) \text{ млн. грн.} = \\
&= 1,8 \text{ млн. грн.}
\end{aligned} \tag{A.41}$$

На підставі правила 3.1 використано:

– у формулі (A.39)

$$\begin{aligned}
\Gamma_{6,4} &= \Gamma_{1,4} = 13,2; \quad \Gamma_{5,2} = \min(\Gamma_{1,2}; \Gamma_{6,2}) = \\
&= \min(12,1; 12,6) = 12,1;
\end{aligned} \tag{A.42}$$

– у виразі (A.40)

$$\begin{aligned}
\Gamma_{6,4} &= \Gamma_{1,4} = 17,7; \quad \Gamma_{5,2} = \max(\Gamma_{1,2}; \Gamma_{6,2}) = \\
&= \max(19,1; 17,1) = 19,1;
\end{aligned} \tag{A.43}$$

– у співвідношенні (A.41)

$$\begin{aligned}
\Gamma_{6,4} &= \Gamma_{1,4} = 0,9; \quad \Gamma_{5,2} = \max(\Gamma_{1,2}; \Gamma_{6,2}) = \\
&= \max(1,1; 0,9) = 1,1.
\end{aligned} \tag{A.44}$$

Отже, відповідно до величин (A.39) ... (A.41) сумарний позитивний ефект для варіанта (3.24) становить

$$E = C_E + П_3 + I_3 = (3 + 13,8 + 1,8) \text{ млн. грн.} = 18,6 \text{ млн. грн.} \quad (\text{A.45})$$

Опрацьовуємо послідовність (3.25) кластеризації:

– економія соціальних витрат

$$\begin{aligned} C_E &= (C_1 + C_6 - \Gamma_{1,6}) + (C_6 + C_2 - \Gamma_{6,2}) + (C_2 + C_5 - \Gamma_{2,5}) + \\ &+ (C_5 + C_4 - \Gamma_{5,4}) + (C_4 + C_3 - \Gamma_{4,3}) = ((8,1 + 7,2 - 14) + \\ &+ (7,2 + 5,8 - 12,6) + (5,8 + 6,1 - 12,4) + (6,1 + 6,3 - 11,5) + \\ &+ (6,3 + 3,1 - 8,7)) \text{ млн. грн.} = (1,3 + 0,4 - 0,5 + 0,9 + 0,7) \text{ млн. грн.} = \\ &= 2,8 \text{ млн. грн.}; \end{aligned} \quad (\text{A.46})$$

– підвищення податкових зборів

$$\begin{aligned} П_3 &= (\Gamma_{1,6} - П_1 - П_6) + (\Gamma_{6,2} - П_6 - П_2) + (\Gamma_{2,5} - П_2 - П_5) + \\ &+ (\Gamma_{5,4} - П_5 - П_4) + (\Gamma_{4,3} - П_4 - П_3) = ((24,7 - 12,6 - 11,1) + \\ &+ (17,1 - 11,1 - 5,4) + (18,2 - 5,4 - 4,8) + (9,9 - 4,8 - 4,5) + \\ &+ (8,9 - 4,5 - 3,9)) \text{ млн. грн.} = (1 + 0,6 + 8 + 0,6 + 0,5) \text{ млн. грн.} = \\ &= 3,5 \text{ млн. грн.}; \end{aligned} \quad (\text{A.47})$$

– збільшення інвестицій

$$\begin{aligned} I_3 &= (\Gamma_{1,6} - I_1 - I_6) + (\Gamma_{6,2} - I_6 - I_2) + (\Gamma_{2,5} - I_2 - I_5) + \\ &+ (\Gamma_{5,4} - I_5 - I_4) + (\Gamma_{4,3} - I_4 - I_3) = ((1,2 - 0,5 - 0,4) + \\ &+ (0,9 - 0,4 - 0,2) + (1,1 - 0,2 - 0,2) + (0,5 - 0,2 - 0,1) + \\ &+ (0,6 - 0,1 - 0,2)) \text{ млн. грн.} = (0,3 + 0,3 + 0,7 + 0,2 + 0,3) \text{ млн. грн.} = \\ &= 1,8 \text{ млн. грн.} \end{aligned} \quad (\text{A.48})$$

Згідно з правилом 3.1 застосовано:

– у співвідношенні (A.46)

$$\Gamma_{2,5} = \min(\Gamma_{1,5}; \Gamma_{6,5}) = \min(13,1; 12,4) = 12,4; \quad (\text{A.49})$$

– у формулі (A.47)

$$\Gamma_{2,5} = \max(\Gamma_{1,5}; \Gamma_{6,5}) = \max(18,2; 16,7) = 18,2; \quad (\text{A.50})$$

– у виразі (A.48)

$$\Gamma_{2,5} = \max(\Gamma_{1,5}; \Gamma_{6,5}) = \max(1,1; 0,7) = 1,1. \quad (\text{A.51})$$

Відповідно до значень (A.46) ... (A.48) загальний ефект для послідовності (3.25) дорівнює

$$E = C_E + \Pi_3 + I_3 = (2,8 + 3,5 + 1,8) \text{ млн. грн.} = 8,1 \text{ млн. грн.} \quad (\text{A.52})$$

Для різновиду (3.26) кластеризації маємо:

– зменшення соціальних витрат

$$\begin{aligned} C_E &= (C_1 + C_6 - \Gamma_{1,6}) + (C_6 + C_2 - \Gamma_{6,2}) + (C_2 + C_3 - \Gamma_{2,3}) + \\ &+ (C_3 + C_5 - \Gamma_{3,5}) + (C_5 + C_4 - \Gamma_{5,4}) = ((8,1 + 7,2 - 14) + \\ &+ (7,2 + 5,8 - 12,6) + (5,8 + 3,1 - 8) + (3,1 + 6,1 - 12,4) + \\ &+ (6,1 + 6,3 - 11,5)) \text{ млн. грн.} = (1,3 + 0,4 + 0,9 + 0,9 - 3,2) \text{ млн. грн.} = \\ &= 0,3 \text{ млн. грн.}; \end{aligned} \quad (\text{A.53})$$

– збільшення податкових зборів

$$\begin{aligned} \Pi_3 &= (\Gamma_{1,6} - \Pi_1 - \Pi_6) + (\Gamma_{6,2} - \Pi_6 - \Pi_2) + (\Gamma_{2,3} - \Pi_2 - \Pi_3) + \\ &+ (\Gamma_{3,5} - \Pi_3 - \Pi_5) + (\Gamma_{5,4} - \Pi_5 - \Pi_4) = ((24,7 - 12,6 - 11,1) + \\ &+ (17,1 - 11,1 - 5,4) + (10,6 - 5,4 - 3,9) + (18,2 - 3,9 - 4,8) + \\ &+ (9,9 - 4,8 - 4,5)) \text{ млн. грн.} = (1 + 0,6 + 1,3 + 9,5 + 0,6) \text{ млн. грн.} = \\ &= 13 \text{ млн. грн.}; \end{aligned} \quad (\text{A.54})$$

– зростання інвестицій

$$\begin{aligned} I_3 &= (\Gamma_{1,6} - I_1 - I_6) + (\Gamma_{6,2} - I_6 - I_2) + (\Gamma_{2,3} - I_2 - I_3) + \\ &+ (\Gamma_{3,5} - I_3 - I_5) + (\Gamma_{5,4} - I_5 - I_4) = ((1,2 - 0,5 - 0,4) + \\ &+ (0,9 - 0,4 - 0,2) + (0,6 - 0,2 - 0,2) + (1,1 - 0,2 - 0,2) + \\ &+ (0,5 - 0,2 - 0,1)) \text{ млн. грн.} = (0,3 + 0,3 + 0,2 + 0,7 + 0,2) \text{ млн. грн.} = \\ &= 1,7 \text{ млн. грн.} \end{aligned} \quad (\text{A.55})$$

Відповідно до правила 3.1:

– у співвідношенні (A.53)

$$\Gamma_{3,5} = \min(\Gamma_{1,5}; \Gamma_{6,5}) = \min(13,1; 12,4) = 12,4; \quad (\text{A.56})$$

– у формулі (A.54)

$$\Gamma_{3,5} = \max(\Gamma_{1,5}; \Gamma_{6,5}) = \max(18,2; 16,7) = 18,2; \quad (\text{A.57})$$

– у виразі (A.55)

$$\Gamma_{3,5} = \max(\Gamma_{1,5}; \Gamma_{6,5}) = \max(1,1; 0,7) = 1,1. \quad (\text{A.58})$$

На підставі величин (A.53) ... (A.55) сумарний ефект послідовності (3.26) становить

$$E = C_E + P_3 + I_3 = (0,3 + 13 + 1,7) \text{ млн. грн.} = 15 \text{ млн. грн.} \quad (\text{A.59})$$

Для кращого сприйняття залежностей (A.42) ... (A.44), (A.49) ... (A.51), (A.56) ... (A.58) варто використовувати графічні зображення типу рис. 3.1 та рис. A.1.

Значення (A.45), (A.52), (A.59) застосовуються в підрозділі 3.3 дисертації при виконанні обчислювальних розрахунків із метою дефініції найкращого варіанта інноваційної територіальної соціально-економічної кластеризації на прикладі об'єднання територіальних громад.

Перспективи подальшого розвитку даної наукової тематики визначено в заключній частині основного опису даного дослідження.

## **A.2. Приклади фрагментів комп'ютерних програм**

*Приклад A.1.* Обчислення площ земельних ділянок у вигляді полігонів за координатами їх вершин.

Вихідні дані для комп'ютерних розрахунків, реалізованих у системі математичного моделювання Maple, взято з рис. 3.1 та виразів (3.1) третього розділу дисертації.

*# ділянка Д1*

*n := 6: # число вершин багатокутника*

*x[1] := 4: y[1] := 3.5: # точка 8*

*x[2] := 7: y[2] := 3.5: # точка 7*

```

x[3] := 7.5: y[3] := 5: # точка 13
x[4] := 7: y[4] := 7: # точка 16
x[5] := 4.5: y[5] := 7: # точка 17
x[6] := 3: y[6] := 6: # точка 12
x[7] := 4: y[7] := 3.5:
S := 0: # початкова площа ділянки
for i to n do S := S+x[i]*y[i+1]-x[i+1]*y[i] end do:
S := 0.5*S # розрахована площа ділянки
# S = 12.875

# ділянка Д2
n:= 7: # число вершин багатокутника
x[1] := 1.5: y[1] := 1: # точка 1
x[2] := 3.5: y[2] := 1.5: # точка 2
x[3] := 4: y[3] := 3.5: # точка 8
x[4] := 3: y[4] := 6: # точка 12
x[5] := 1: y[5] := 5.5: # точка 11
x[6] := 0: y[6] := 4.5: # точка 10
x[7] := 1: y[7] := 3: # точка 9
x[8] := 1.5: y[8] := 1:
S := 0: # початкова площа ділянки
for i to n do S := S+x[i]*y[i+1]-x[i+1]*y[i] end do:
S := 0.5*S # розрахована площа ділянки
# S = 12.75

# ділянка Д3
n:= 5: # число вершин багатокутника
x[1] := 3.5: y[1] := 1.5: # точка 2
x[2] := 5.5: y[2] := 1: # точка 3
x[3] := 7.5: y[3] := 2: # точка 4
x[4] := 7: y[4] := 3.5: # точка 7
x[5] := 4: y[5] := 3.5: # точка 8
x[6] := 3.5: y[6] := 1.5: #
S := 0: # початкова площа ділянки

```

```

for i to n do S := S+x[i]*y[i+1]-x[i+1]*y[i] end do:
S := 0.5*S # розрахована площа ділянки
# S = 7.625

# ділянка Д4
n:= 6: # число вершин багатокутника
x[1] := 7.5: y[1] := 2: # точка 4
x[2] := 9: y[2] := 1.5: # точка 5
x[3] := 10: y[3] := 3.5: # точка 6
x[4] := 9.5: y[4] := 5.5: # точка 14
x[5] := 7.5: y[5] := 5: # точка 13
x[6] := 7: y[6] := 3.5: # точка 7
x[7] := 7.5: y[7] := 2:
S := 0: # початкова площа ділянки
for i to n do S := S+x[i]*y[i+1]-x[i+1]*y[i] end do:
S := 0.5*S # розрахована площа ділянки
# S = 8.375

# ділянка Д5
n:= 7: # число вершин багатокутника
x[1] := 7.5: y[1] := 5: # точка 13
x[2] := 9.5: y[2] := 5.5: # точка 14
x[3] := 10: y[3] := 8: # точка 15
x[4] := 8: y[4] := 10: # точка 21
x[5] := 5.5: y[5] := 9.5: # точка 20
x[6] := 4.5: y[6] := 7: # точка 17
x[7] := 7: y[7] := 7: # точка 16
x[8] := 7.5: y[8] := 5:
S := 0: # початкова площа ділянки
for i to n do S := S+x[i]*y[i+1]-x[i+1]*y[i] end do:
S := 0.5*S # розрахована площа ділянки
# S = 16.25

# ділянка Д6
n:= 6: # число вершин багатокутника

```

```

x[1] := 4.5: y[1] := 7: # точка 17
x[2] := 5.5: y[2] := 9.5: # точка 20
x[3] := 2: y[3] := 10: # точка 19
x[4] := 0.5: y[4] := 8: # точка 18
x[5] := 1: y[5] := 5.5: # точка 11
x[6] := 3: y[6] := 6: # точка 12
x[7] := 4.5: y[7] := 7:
S := 0: # початкова площа ділянки
for i to n do S := S+x[i]*y[i+1]-x[i+1]*y[i] end do:
S := 0.5*S # розрахована площа ділянки
# S = 14.75

```

Отримані вище значення площ опрацьовуваних земельних ділянок кластеризації зведено до табл. 3.1.

*Приклад А.2.* Розрахунок за формулою (2.27) для даних (3.1) координат геометричних центрів наведених у підрозділі 3.1 територіальних ділянок.

```

f:= proc () global S, Xc, Yc: local i: for i from 1 by 1 to n do S:= S+x[i]*y[i+1]-
x[i+1]*y[i] end do: S:=0.5*S: for i from 1 by 1 to n do Xc:= Xc+(x[i]+
x[i+1])*(x[i]*y[i+1]-x[i+1]*y[i]) end do: Xc:=Xc/6/S: for i from 1 by 1 to n do
Yc:=Yc+(y[i]+y[i+1])*(x[i]*y[i+1]-x[i+1]*y[i]) end do: Yc:=Yc/6/S end proc: #
процедура обчислення координат геометричного центра ділянки

```

*# ділянка Д1*

*n:= 6: # число вершин багатокутника*

*x[1] := 4: y[1] := 3.5: # точка 8*

*x[2] := 7: y[2] := 3.5: # точка 7*

*x[3] := 7.5: y[3] := 5: # точка 13*

*x[4] := 7: y[4] := 7: # точка 16*

*x[5] := 4.5: y[5] := 7: # точка 17*

*x[6] := 3: y[6] := 6: # точка 12*

*x[7] := 4: y[7] := 3.5:*

*S := 0: # початкова площа ділянки*

*Xc:=0: Yc:=0: # початкові координати геометричного центра ділянки*

*f()*:

*# X<sub>c</sub>=5.3964*

*# Y<sub>c</sub>=5.2508*

*# ділянка Д2*

*n:= 7: # число вершин багатокутника*

*x[1] := 1.5: y[1] := 1: # точка 1*

*x[2] := 3.5: y[2] := 1.5: # точка 2*

*x[3] := 4: y[3] := 3.5: # точка 8*

*x[4] := 3: y[4] := 6: # точка 12*

*x[5] := 1: y[5] := 5.5: # точка 11*

*x[6] := 0: y[6] := 4.5: # точка 10*

*x[7] := 1: y[7] := 3: # точка 9*

*x[8] := 1.5: y[8] := 1:*

*S := 0: # початкова площа ділянки*

*X<sub>c</sub>:=0: Y<sub>c</sub>:=0: # початкові координати геометричного центра ділянки*

*S := 0: # початкова площа ділянки*

*X<sub>c</sub>:=0: Y<sub>c</sub>:=0: # початкові координати геометричного центра ділянки*

*f()*:

*# X<sub>c</sub>=2.201*

*# Y<sub>c</sub>=3.5866*

*# ділянка Д3*

*n:= 5: # число вершин багатокутника*

*x[1] := 3.5: y[1] := 1.5: # точка 2*

*x[2] := 5.5: y[2] := 1: # точка 3*

*x[3] := 7.5: y[3] := 2: # точка 4*

*x[4] := 7: y[4] := 3.5: # точка 7*

*x[5] := 4: y[5] := 3.5: # точка 8*

*x[6] := 3.5: y[6] := 1.5: #*

*S := 0: # початкова площа ділянки*

*X<sub>c</sub>:=0: Y<sub>c</sub>:=0: # початкові координати геометричного центра ділянки*

*f()*:



*# X<sub>c</sub>=5.4426*

*# Y<sub>c</sub>=2.3661*

*# ділянка Д4*

*n:= 6: # число вершин багатокутника*

*x[1] := 7.5: y[1] := 2: # точка 4*

*x[2] := 9: y[2] := 1.5: # точка 5*

*x[3] := 10: y[3] := 3.5: # точка 6*

*x[4] := 9.5: y[4] := 5.5: # точка 14*

*x[5] := 7.5: y[5] := 5: # точка 13*

*x[6] := 7: y[6] := 3.5: # точка 7*

*x[7] := 7.5: y[7] := 2:*

*S := 0: # початкова площа ділянки*

*X<sub>c</sub>:=0: Y<sub>c</sub>:=0: # початкові координати геометричного центра ділянки*

*f():*

*# X<sub>c</sub>=8.5174*

*# Y<sub>c</sub>=3.5522*

*# ділянка Д5*

*n:= 7: # число вершин багатокутника*

*x[1] := 7.5: y[1] := 5: # точка 13*

*x[2] := 9.5: y[2] := 5.5: # точка 14*

*x[3] := 10: y[3] := 8: # точка 15*

*x[4] := 8: y[4] := 10: # точка 21*

*x[5] := 5.5: y[5] := 9.5: # точка 20*

*x[6] := 4.5: y[6] := 7: # точка 17*

*x[7] := 7: y[7] := 7: # точка 16*

*x[8] := 7.5: y[8] := 5:*

*S := 0: # початкова площа ділянки*

*X<sub>c</sub>:=0: Y<sub>c</sub>:=0: # початкові координати геометричного центра ділянки*

*f():*

*# X<sub>c</sub>=7.5615*

*# Y<sub>c</sub>=7.6949*

# ділянка Д6

$n := 6$ : # число вершин багатокутника

$x[1] := 4.5$ :  $y[1] := 7$ : # точка 17

$x[2] := 5.5$ :  $y[2] := 9.5$ : # точка 20

$x[3] := 2$ :  $y[3] := 10$ : # точка 19

$x[4] := 0.5$ :  $y[4] := 8$ : # точка 18

$x[5] := 1$ :  $y[5] := 5.5$ : # точка 11

$x[6] := 3$ :  $y[6] := 6$ : # точка 12

$x[7] := 4.5$ :  $y[7] := 7$ :

$S := 0$ : # початкова площа ділянки

$X_c := 0$ :  $Y_c := 0$ : # початкові координати геометричного центра ділянки

$f()$ :

#  $X_c = 2.7698$

#  $Y_c = 7.9153$

Приклад А.3. Обчислення добутків площ  $S_1 \dots S_6$  ділянок  $D_1 \dots D_6$  на відстані  $L_i$ , де  $i \in \mathbb{N}$  та  $i \leq 6$ , до центра однієї з них (центра кластеризації).

$n := 6$ : # число ділянок

$nc := 2$ : # номер центральної ділянки (центр кластеризації)

#  $S$  – масив площ, км<sup>2</sup>

$S[1] := 12.875$ : # площа ділянки 1

$S[2] := 12.75$ : # площа ділянки 2

$S[3] := 7.625$ : # площа ділянки 3

$S[4] := 8.375$ : # площа ділянки 4

$S[5] := 16.25$ : # площа ділянки 5

$S[6] := 14.75$ : # площа ділянки 6

#  $X_c, Y_c$  – масиви координат геометричних центрів ділянок, км

$X_c[1] := 5.3964$ :  $Y_c[1] := 5.2508$ : # ділянка 1

$X_c[2] := 2.2010$ :  $Y_c[2] := 3.5866$ : # ділянка 2

$X_c[3] := 5.4426$ :  $Y_c[3] := 2.3661$ : # ділянка 3

$X_c[4] := 8.5174$ :  $Y_c[4] := 3.5522$ : # ділянка 4

$X_c[5] := 7.5615$ :  $Y_c[5] := 7.6949$ : # ділянка 5

```

Xc[6] := 2.7698: Yc[6] := 7.9153: # ділянка 6
# L – масив відстаней до центра кластеризації, км
for i to n do L[i] := sqrt((Xc[i]-Xc[nc])^2+(Yc[i]-Yc[nc])^2) end do:
# SL – масив добутків площ ділянок та їх відстаней до центра кластеризації,
км3
for i to n do SL[i] := S[i]*L[i] end do:

```

Наведені вище приклади програм ілюструють практичну реалізацію запропонованого підходу до геометричної територіальної кластеризації в середовищі сучасних комп'ютерних інформаційних систем.

## ДОДАТОК Б

### ДОКУМЕНТИ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ

Напрацьована в дисертації концепція формування організаційних кластерних структур та відповідні нові розроблені способи геометричного моделювання, запропоновані прийоми, алгоритми, методики та моделі впроваджено:

– у Товаристві з обмеженою відповідальністю «Північно-український будівельний альянс» у вигляді розроблених у дисертаційному дослідженні теоретичних положень і методик під час опрацювання питань розширення сфери діяльності підприємства та організації нових будівельних проектів, що забезпечило покращення економічних показників функціонування;

– у Товаристві з обмеженою відповідальністю «Буд-оптіма констракшен» при реорганізації структур керування виробничими процесами, оптимізації організаційної роботи з субпідрядниками та клієнтами завдяки запропонованому в дисертації науковому підходу, напрацьованим методикам і моделям, що сприяє зменшенню фінансово-матеріальних витрат;

– у навчальний процес БНЕС Центру Київського національного університету будівництва і архітектури при підготовці фахівців з обстеження інженерних систем будівель та споруд у вигляді теоретичної концепції, способів, прийомів й алгоритмів територіальної кластеризації, що дозволяє слухачам підвищувати ефективність своєї професійної практичної діяльності.

Зазначені вище документи про впровадження результатів виконаного дисертаційного дослідження подано на наступних трьох аркушах.







## ДОДАТОК В

### СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

#### *Статті в періодичних наукових виданнях інших держав*

1. Yakusevich A., Leshchenko V., Yakusevich S., Skochko V. Comparative analysis of numerical modeling methods of temperature fields related to the problems of energy efficient structures designing. // Scientific letter of Academes Society of Michail Valudyansky. 2020. Volume 8. N1a. P. 144–152. Особистий внесок здобувача: виконано кластерний аналіз методів чисельного моделювання.

#### *Статті в наукових фахових виданнях України*

2. Якусевич А.Г., Микитась М.В., Скочко В.І. Теоретичні аспекти формування організаційних кластерів засобами дискретної геометрії. *Сучасні проблеми моделювання*. Мелітополь: МДПУ, 2019. Вип. 14. С. 122–139. (Журнал входить до наукометричної бази Google Scholar). Особистий внесок здобувача: запропоновано моделювання різноманітних організаційних кластерних структур геометричними засобами із забезпеченням максимального позитивного ефекту від взаємодії належних складових під час виконання опрацьовуваними системами поставлених перед ними завдань.

3. Якусевич А.Г., Терещук М.О. Геометричне моделювання організаційних кластерних структур як засіб підвищення ефективності використання різноманітних ресурсів. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 14. С. 12–19. (Журнал входить до наукометричних баз Google Scholar, Worldcat, BASE). Особистий внесок здобувача: розроблено спосіб геометричного моделювання організаційних структур, що спирається на комплексне поєднання кластерного та ієрархічного аналізу зі структурно-параметричним підходом.

4. Якусевич А.Г., Терещук М.О. Спосіб представлення ієрархічних організаційних кластерних структур у задачах економії ресурсів. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 15. С. 7–14. (Журнал входить до наукометричних баз Google Scholar, Worldcat,



BASE). Особистий внесок здобувача: розроблено математичний апарат запропонованого способу представлення ієрархічних організаційних кластерних структур.

5. Якусевич А.Г. Деякі перспективні напрямки розвитку геометричного моделювання організаційних кластерних структур. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. Київ: КНУБА, 2016. Вип. 36 (2). С. 106–112.

#### *Апробація матеріалів дисертації*

6. Якусевич А.Г., Микитась М.В. Формування організаційних кластерів засобами дискретної геометрії. *Тези доповідей 21 міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми геометричного моделювання»*. Мелітополь, 2019. С. 20–21. Особистий внесок здобувача: запропоновано для формування організаційних кластерних структур використовувати розроблені графові моделі відтворення взаємодії суб'єктів ринкових відносин із метою підвищення ефективності їх господарювання.

7. Якусевич А.Г. Формування багатофункціональних організаційних кластерів у будівництві. *International scientific-practical conference of young scientists "Build-Master-Class-2019": Conference Proceedings*. Київ, 2019. С. 84–85.

8. Якусевич А., Панько О., Терещук М., Лаврухіна К. Алгоритм послідовної кластеризації в системі «замовник-виконавець» у будівництві. *International scientific-practical conference of young scientists "Build-Master-Class-2020": Conference Proceedings*. Київ, 2020. С. 86–87. Особистий внесок здобувача: розроблено структуру типових організаційних взаємовідносин «замовник-виконавець» у будівельній галузі.

#### *Відомості про апробацію результатів дисертації*

Матеріали дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на трьох міжнародних науково-практичних конференціях, а саме: «Сучасні

проблеми геометричного моделювання» (м. Мелітополь, 2019 р., очна); International scientific-practical conference of young scientists "Build-Master-Class-2019" (м. Київ, 2019 р., очна) та International scientific-practical conference of young scientists "Build-Master-Class-2020" (м. Київ, 2020 р., очна).