

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ЯКУСЕВИЧ АНДРІЙ ГРИГОРОВИЧ

УДК 514.18

**ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ
КЛАСТЕРНИХ СТРУКТУР**

05.01.01 – прикладна геометрія, інженерна графіка

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2021

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Київському національному університеті будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент
ПАНЬКО Олексій Миколайович,
Київський національний університет
будівництва і архітектури
(м. Київ) МОН України,
професор кафедри архітектурних конструкцій.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
МАРТИН Євген Володимирович,
Інститут цивільного захисту, Львівський державний
університет безпеки життєдіяльності, Державна служба
України з надзвичайних ситуацій,
професор кафедри управління проектами (м. Львів);

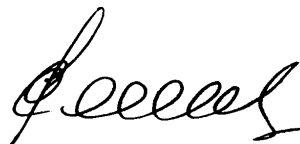
кандидат технічних наук
БЛИК Андрій Олексійович,
ГО «Нова комунальна Україна»,
експерт (м. Київ).

Захист відбудеться « ____ » _____ 2021 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д26.056.06 при Київському національному університеті будівництва і архітектури за адресою: 03037, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31, КНУБА, Вчена рада університету, ауд. 466.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: 03037, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31, КНУБА.

Автореферат розіслано « ____ » _____ 2021 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



О. А. Бондар

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження. Характерною рисою сучасного розвитку суспільства є прагнення багатьох підприємств до постійного вдосконалення своїх організаційних структур для підвищення ефективності їхнього 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.

Розвиток новітнього інструментарію прикладної геометрії дає змогу не тільки проникати, але й вдало вирішувати цілий комплекс прикладних задач різномірних, специфічних ніш науково-прикладного дослідження. Однією із таких є герметизація *кластерного підходу* до організації промислової, сільськогосподарської, торгівельної, освітньої, медичної та інших видів діяльності, який полягає в поєднанні зусиль держави, бізнесу, науки для покращення раціонального використання природних ресурсів.

Під *кластером* розуміють поєднання схожих або близько розташованих за визначеними критеріями складових, які утворюють єдине ціле. Згідно з обраною темою дослідження, яка присвячена геометричному моделюванню організаційних соціально-економічних структур, під кластером тлумачитимемо поєднання певних територіальних ділянок для досягнення поставленої мети.

Отже, в наш час *соціально-економічні територіальні кластери* постають провідними компонентами для забезпечення сталого розвитку на регіональному та національному рівнях, які спираються на інноваційне державно-приватне партнерство. Ці та інші факти обумовлюють актуальність обраної теми наукового дослідження, результатами якого обґрунтовано провідну роль геометричних засобів щодо успішного вирішення окреслених питань.

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» (ДР № 0115U000761) кафедри архітектурних конструкцій.

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

Для реалізації зазначеної мети, необхідно виконати такі завдання:

1. *Проаналізувати* нинішній стан геометричного моделювання організаційних кластерних структур;

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

3. *Запропонувати* 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 одержаних 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 – процеси геометричного моделювання організаційних кластерних структур.

Методи дослідження. З метою виконання окреслених завдань, було застосовано 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.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що, завдяки універсальності інструментарію прикладної геометрії процес формування організаційних кластерних структур набуває нового змісту, що на відміну від усталених поглядів дозволяє поєднати різноманітні чинники їх формування; а саме: територіальні та соціально-економічні, шляхом створення відповідних нових способів, прийомів, алгоритмів і методик геометричного моделювання, зокрема:

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;

дістали подальшого розвитку:

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

Обґрунтованість та 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 одержаних результатів полягає в удосконаленні процесів опрацювання організаційних кластерних структур інноваційного територіального соціально-економічного розвитку на основі запропонованої

концепції, розроблених нових способів, прийомів, алгоритмів та моделей геометричного моделювання, а також упровадженні в ТОВ «Північно-український будівельний альянс» у вигляді теоретичних положень і методик під час розширення сфери діяльності підприємства та організації нових будівельних проектів, що забезпечило покращення економічних показників функціонування; в ТОВ «Буд-оптіма констракшен» при реорганізації структур управління виробничими процесами, оптимізації організаційної роботи з субпідрядниками і клієнтами завдяки запропонованому науковому підходу та напрацьованим моделям, які сприяють зменшенню фінансово-матеріальних витрат; в освітній процес БНЕС Центру КНУБА при підготовці фахівців з обстеження інженерних систем будівель і споруд у вигляді теоретичної концепції, способів, прийомів та алгоритмів територіальної кластеризації, що дає змогу 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, опублікованих у співавторстві, внесок дисертанта зазначено у списку публікацій за темою дисертації.

Апробація результатів дослідження. Підсумки розробки проблеми загалом, окремих її аспектів, одержані узагальнення і висновки було оприлюднено на 21 міжнародній науково-практичній конференції, зокрема: «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. Основні положення та висновки, що сформульовані в дисертації, висвітлено у 8 наукових працях, серед яких 1 – в періодичному науковому виданні держави Європейського Союзу; 4 – у наукових фахових виданнях України, 3 – в матеріалах міжнародних науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 162 сторінки, з них основного тексту – 106 сторінок. Робота складається з 34 рисунків та 13 таблиць. Список використаних джерел налічує 159 найменувань та займає 14 сторінок. Три додатки розміщено на 27 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження; вказано на зв'язок роботи з науковою тематикою; визначено мету, завдання, об'єкт, предмет, сформульовано методологічну основу дослідження; висвітлено наукову новизну, науково-теоретичне та практичне значення одержаних результатів; наведено відомості про апробацію результатів дослідження, структуру та обсяг дисертації.

У **Розділі 1 «Сучасний стан геометричного моделювання організаційних кластерних структур»** виконано аналіз літератури за обраною темою дослідження. Опрацьовано питання щодо базових положень кластерного підходу, наявних організаційних структур та відповідних геометричних засобів. Кластерний підхід

розглянуто як поєднання належного *аналізу* та *синтезу*. Перший полягає у виокремленні з множини об'єктів деяких їхніх груп з необхідними властивостями, а другий стосується, зокрема в соціально-економічній сфері, прийняття оптимальних управлінських рішень.

Літературні джерела з кластерного аналізу свідчать, що мірою схожості між об'єктами o_i множини:

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

де $N_o \in \mathbb{N}$, $N_o > 1$, є певна відстань між ними.

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

$$P_i = (p_{i_k})_{k=1}^{N_p}, \quad (2)$$

де N_p – загальне їх число.

Вектори (2) є точками в гіперпросторі вимірності N_p . Міра близькості між елементами (1) обчислюється за різними метриками (Евкліда, міських кварталів, Чебишева, Мінковського, степеневою та ін.). Важливою є *нормалізація* даних. На практиці застосовуються чимало методів кластеризації, зокрема, *графові, статистичні, ймовірнісні, нейронних сіток, евристичні* тощо. Для обраної теми дослідження найбільш доречні *ієрархічні агломераційні (об'єднувальні) алгоритми*. У них спершу всі об'єкти вважаються окремими кластерами. Потім поступово два найближчі поєднуються в новий. Така інтеграція призводить до створення єдиного кластера. Як наслідок, формується деревоподібна графова структура.

У літературі питання кластерного *аналізу* викладено глибоко та всебічно, але це не стосується *синтезу* як засобу управління створюваними об'єктами, який подано тільки на концептуальному рівні. Тому опрацювання вказаного напрямку доволі актуальне, що також підтверджується соціально-економічними публікаціями. Головним недоліком останніх є вербально-схематичне подання інформації без належних математичних моделей. Зазначена вада перешкоджає застосуванню запропонованих ідей для вирішення окреслених питань у середовищі комп'ютерних інформаційних технологій. Це наукове дослідження сприяє подоланню акцентованого недоліку.

Життєвий цикл інноваційного соціально-економічного кластера (рис. 1) передбачає чотири етапи: *виникнення, розвиток, зрілість і зникнення*. Початковий містить дві стадії – *агломерації та створення кластера*. Перша відповідає наявності в певному регіоні кількох підприємств, установ, компаній тощо, придатних до інтеграції. Друга характеризується початком їхнього об'єднання, визначенням стратегії та структури кластера.

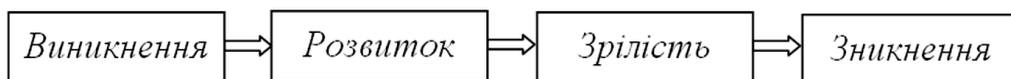


Рис. 1 Життєвий цикл кластера

Особливістю етапу *розвитку* є поява нових елементів у вигляді додаткових підприємств, фірм тощо, взаємозв'язків між ними, розширення територіальної мережі. Під час *зрілості* кластер досягає максимального складу, після цього переходить до статичного функціонування. Завершальним є етап *зникнення*, який може включати стадію *трансформації* або *розпаду*. Перша зводиться до перебудови,

приєднання до іншого кластеру тощо, а друга – до поділу на кілька частин із утратою зв'язків між ними. У такий спосіб життєвий цикл інноваційного соціально-економічного кластера є *динамічним процесом*, який характеризується постійним змінюванням його організаційної структури.

Кластери забезпечують підвищення конкурентоспроможності підприємств, фірм та компаній за рахунок зменшення витрат на їхню діяльність, унаслідок інтеграції, спрощення доступу до різноманітних ресурсів, спільного використання інфраструктури, сумісної адаптації до мінливих ринкових умов тощо.

У літературних джерелах зазначається, що організаційна структура є сукупністю елементів, взаємодія яких забезпечує потрібну діяльність та досягнення поставленої мети, завдяки обміну інформацією і прийняттю необхідних управлінських рішень. При цьому характерні зв'язки:

- *лінійні*, між компонентами різних ієрархічних рівнів управління;
- *функціональні*, між адміністративно незалежними елементами.

Найбільш розповсюдженими організаційними структурами є *лінійна, функціональна та матрична*, які в літературі подаються *графічними схемами*, зручними для сприйняття людиною, але непридатними для комп'ютерного моделювання. Це обумовлено відсутністю відповідних математичних моделей, що слугують підґрунтям для створення програмного забезпечення. Окреслена задача є однією з цілей цього дослідження. Земельні ділянки становлять основу інноваційної територіальної соціально-економічної кластеризації, які з позицій геометрії можуть відображатися двовимірними фігурами. Тому актуальним постає питання розроблення належного математичного апарату.

Проаналізовано базові положення методології структурно-параметричного формоутворення, що як і кластерний аналіз, теж оперує з об'єктами вигляду (1) та їхніми параметрами (2), але додатково має засоби відповідної оптимізації. У дисертації поєднано ці два наукові напрями для досягнення бажаного інтегрального ефекту, який здатний покращувати одержувані результати у сфері соціально-економічного територіального розвитку.

У **Розділі 2 «Теоретичні засади запропонованої концепції моделювання»** викладено концепцію геометричного моделювання організаційних кластерних структур. Висвітлено розроблені базові теоретичні положення, описано моделі кластеризації з використанням структурно-параметричного підходу, подано спосіб представлення ієрархічних організаційних структур та спосіб полігональної кластеризації. Головна їхня перевага полягає в інваріантному характері щодо відображення різних сфер діяльності, зокрема, промислової, торгівельної, фінансової, освітньої, медичної тощо.

Формула (1) для територіальних задач набуває вигляду:

$$O = (o_i)_{i=1}^{N_D} = D = (D_i)_{i=1}^{N_D}, \quad (3)$$

де D – множина опрацьовуваних земельних ділянок; N_D – їхнє число, $N_D \in \mathbb{N}$, $N_D > 1$.

Важливими є властивості об'єктів (3). У випадку інноваційної соціально-економічної кластеризації для ділянок D_i – це можуть бути їхні площі S_i , населення H_i , обсяги інвестицій I_i , соціальні потреби C_i , податкові збори Z_i і т. д. Тоді як параметри кортежу (2), матимемо:

$$P_i = (p_{i_k})_{k=1}^{Np} = (p_{i_k})_{k=1}^5 = (S_i, H_i, I_i, C_i, Z_i). \quad (4)$$

Компоненти (4) здатні включати до свого складу інші елементи, наприклад:

$$S_i = (S_{i_k})_{k=1}^{Ns_i} = (S_{i_k})_{k=1}^6, \quad (5)$$

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;

$$H_i = (H_{i_k})_{k=1}^{Nh_i} = (H_{i_k})_{k=1}^4, \quad (6)$$

де: H_{i_1} – загальне, H_{i_2} – працевдатне, H_{i_3} – пенсійного віку, H_{i_4} – чоловіче;

$$I_i = (I_{i_k})_{k=1}^{Ni_i} = (I_{i_k})_{k=1}^5, \quad (7)$$

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

$$C_i = (C_{i_k})_{k=1}^{Nc_i} = (C_{i_k})_{k=1}^6, \quad (8)$$

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;

$$Z_i = (Z_{i_k})_{k=1}^{Nz_i} = (Z_{i_k})_{k=1}^3, \quad (9)$$

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

Вирази (4) ... (9) дають уявлення про соціально-економічні параметри інноваційної територіальної кластеризації. Критеріями її послідовності може бути обраний довільний параметр (4), а також різноманітні їхні комбінації, зокрема, для ділянки D_i у вигляді функції:

$$F_i = \sum_{k=1}^{Np} w_k \cdot p_{i_k}, \quad (10)$$

де w_k – ваговий коефіцієнт k -го параметра.

Складність прийняття оптимальних управлінських рішень обумовлюється великою кількістю опрацьовуваних об'єктів (1), суттєвим числом властивостей, які їх описують (див. формули (4) ... (10), багатоманітністю ймовірних послідовностей кластеризації.

Порядок об'єднання визначається різним шляхом, наприклад, користувачем, евристичними прийомами, певними правилами тощо. Запропонована в дисертації методика інваріантна до цих способів. Її основне призначення полягає в автоматизованій оцінці варіантів згідно з визначеною цільовою функцією оптимізації. Якщо за вказані правила для формування послідовностей кластеризації обрано критерії (4) ... (10), 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. Для п'яти, на підставі виразу (4), аж п'ятнадцять. При використанні співвідношень (5) ... (10) – ще більше. Тобто послідовності K_n кластеризації, іншими словами її структурні варіанти, описуються множиною:

$$K = (K_n)_{n=1}^{Nk}, \quad (11)$$

де N_k – їх загальне, доволі велике, число.

Кожному різновиду (11) ставиться у відповідність величина функції оптимізації, яка є сумою належних значень при поєднанні компонентів кортежу:

$$K_n = (K_{n_i})_{i=1}^{N_{K_n}}, \quad (12)$$

де елементи K_{n_i} входять до множини (3).

Оптимізаційними для виразу (12) можна обрати (співвідношення (4) ... (10), максимальні обсяги інвестицій (державних, комунальних, приватних, закордонних) або податкових зборів (державних і місцевих), мінімізацію соціальних витрат (інфраструктурних, пенсійних, медичних, освітніх, культурних), їхнє комплексне поєднання тощо.

Для кожної послідовності кластеризації K_n створюється кортеж її параметричних варіантів:

$$K_n = (K_{n_{p_i}})_{i=1}^{N_{K_n p}}. \quad (13)$$

Описаний механізм оптимізації процесів інноваційної територіальної соціально-економічної кластеризації сприяє автоматизованому прийняттю відповідних раціональних управлінських рішень.

Інтегровані моделі кластеризації на основі структурно-параметричної методології. Запропоновані моделі спираються на інтеграцію засобів кластерного аналізу та структурно-параметричної методології.

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

$$\mathbf{T} = (\mathbf{T}_i)_{i=1}^{N_T}, \quad (14)$$

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

$$\mathbf{T}_i = (x_i, y_i)_{i=1}^{N_T}. \quad (15)$$

Точки (14) моделюють ділянки D вигляду (3) як багатокутники:

$$D = (D_j)_{j=1}^{N_D}, \quad (16)$$

де $N_D \in \mathbf{N}$, $N_D \geq 1$, границі яких визначаються впорядкованими множинами вершин:

$$D_j = (\mathbf{T}_{j_k})_{k=1}^{N_{D_j}}, \quad (17)$$

де $N_{D_j} \in \mathbf{N}$, $N_{D_j} \geq 3$, $\mathbf{T}_{j_k} \in \mathbf{T}$.

При обході елементів (17) ділянка D_j залишається ліворуч. Рис. 2 ілюструє вирази (14) ... (17). Для спрощення сприйняття інформації позначення \mathbf{T} для точок на ньому не наведені. Це стосується також формул (18) та (20).

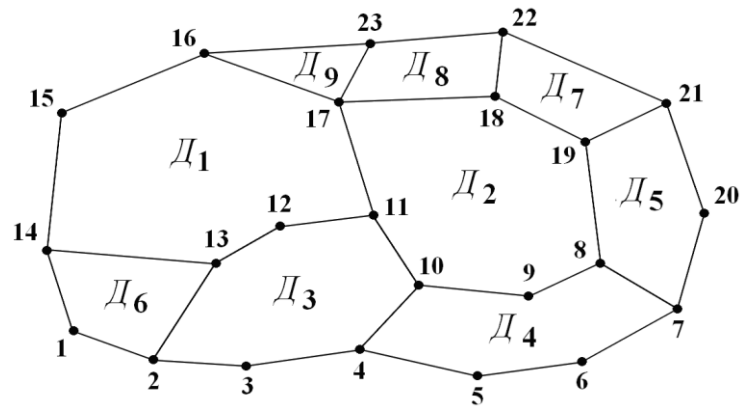


Рис. 2 План опрацьовуваної території

Згідно з виразами (14) та (16) у цьому разі:

$$T = (i)_{i=1}^{N_T} = (i)_{i=1}^{23}, \quad (18)$$

$$D = (D_j)_{j=1}^{N_D} = (D_j)_{j=1}^9. \quad (19)$$

На підставі залежності (17) отримуємо:

$$\begin{aligned} D_1 &= (17, 16, 15, 14, 13, 12, 11), & D_2 &= (11, 10, 9, 8, 19, 18, 17), \\ D_3 &= (10, 11, 12, 13, 2, 3, 4), & D_4 &= (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10), \\ D_5 &= (7, 20, 21, 19, 8), & D_6 &= (1, 2, 13, 14), \\ D_7 &= (18, 19, 21, 22), & D_8 &= (17, 18, 22, 23), & D_9 &= (16, 17, 23). \end{aligned} \quad (20)$$

Поданими ділянками на практиці можуть бути ділянки певного промислового підприємства, мікрорайони міста, сільськогосподарські лани, площі земель територіальних громад тощо.

Розглянуто приклади, що ілюструють різні послідовності кластеризації. Зокрема, це стосується формування на опрацьовуваній території організаційної стратегії, яка полягає в обранні початкової ділянки з максимальною площею та поступовому додаванні до неї суміжних найбільших.

Належна геометрична модель передбачає такий *алгоритм 1*:

1. За координатами вершин обчислюються площі ділянок, що 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 тощо.

Площа S_j ділянки D_j визначається залежністю:

$$S_j = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{N_{D_j}} (x_{j_k} \cdot y_{j_{k+1}} - x_{j_{k+1}} \cdot y_{j_k}), \quad (21)$$

де при $k=N_{D_j}$ $x_{j_{k+1}}=x_{j_1}$, $y_{j_{k+1}}=y_{j_1}$.

Для унаочнення здійсненого на основі величин (21) упорядкування ділянок (19), на рис. 2 останнім надано необхідні номери. Якщо приведений вище алгоритм

не обмежується в пункті 2, наприклад, зазначеними або іншими обставинами, то послідовність K_1 кластеризації для цього процесу матиме вигляд:

$$K_1 = D_1 \rightarrow D_2 \rightarrow D_3 \rightarrow D_4 \rightarrow D_5 \rightarrow D_6 \rightarrow D_7 \rightarrow D_8 \rightarrow D_9. \quad (22)$$

Більш компактно вираз (22) записується так:

$$K_1 = (D_i)_{i=1}^9. \quad (23)$$

Значенню $i=3$ в кортежі (23) відповідає поточна множина K кластеризації:

$$K = (K_{1,1}, (D_i)_{i=4}^9), \quad (24)$$

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

На рис. 3 співвідношення (24) подано як територіальну модель та ієрархічну організаційну графову структуру.

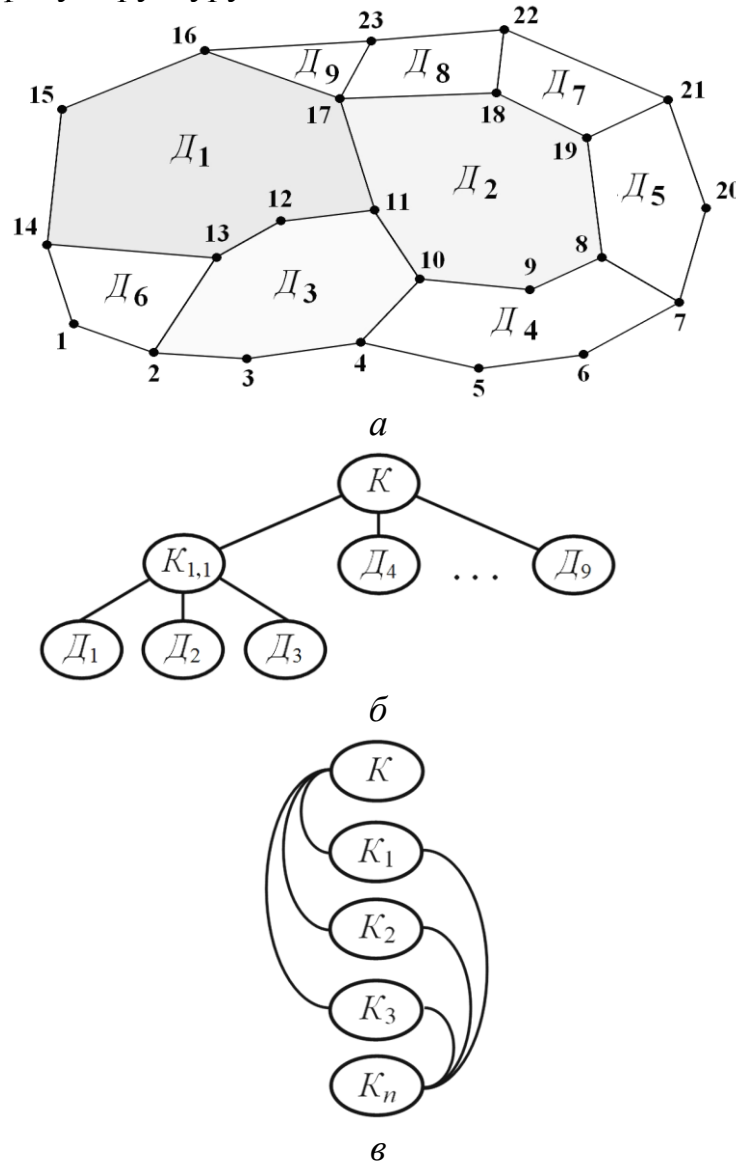


Рис. 3 Процес кластеризації:

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

v – структурно-параметрична модель кластеризації K

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.

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

$$K_2 = (D_1, D_9, D_8, D_7, D_6, D_5, D_4, D_3, D_2) \quad (25)$$

або

$$K_3 = (D_9, D_8, D_7, D_5, D_4, D_3, D_6, D_2, D_1). \quad (26)$$

Вираз (25) подає стратегію об'єднання, коли до найбільшої ділянки решта додаються в порядку збільшення їхніх площ. КORTEЖ (26) визначає черговість кластеризації від мінімальної до максимальної ділянки. На практиці доцільні й інші послідовності.

Різновиди $K_1 \dots K_3$ можуть мати кілька параметричних варіантів. Для продуктивного їх оцінювання та раціонального керування процесом кластеризації, доцільним є його поєднання зі структурно-параметричними моделями, приклад якої показано на рис. 3, в. Приведене зображення є мультиграфом, оскільки дуги відтворюють для послідовностей $(K_i)_{i=1}^3$ множини їхніх параметричних варіантів.

Якщо останні описуються кортежами:

$$K_1 = (K_{1_i})_{i=1}^{N_{K_1}}, K_2 = (K_{2_i})_{i=1}^{N_{K_2}}, K_3 = (K_{3_i})_{i=1}^{N_{K_3}}, \quad (27)$$

то загальне число проектних різновидів кластеризації визначається множиною:

$$K = (K_n)_{n=1}^{N_K}, \quad (28)$$

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 методу кластеризації зі структурно-параметричним підходом. Викладений математичний апарат (11) ... (28) досить універсальний щодо багатьох сфер практичного застосування.

Спосіб представлення ієрархічних організаційних структур

Цей спосіб становить необхідне доповнення до викладеного вище математичного апарату, сприяє його цілісному визначенню, ефективний з погляду комп'ютерної реалізації, інваріантний до великої кількості об'єктів моделювання.

Згідно з рис. 3, б ієрархічна організаційна графова структура займає центральне інтегруюче місце між засобами кластерного аналізу та структурно-параметричного моделювання. Її дефініція полягає в наступному.

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

$$K_1 = (K_{1,i})_{i=1}^{l_1}, \dots, K_m = (K_{m,i})_{i=1}^{l_m}. \quad (29)$$

Відтворимо граф (29) у вигляді:

$$n_{11}, \dots, n_{1l_1}; n_{21}, \dots, n_{2l_2}; \dots; n_{m1}, \dots, n_{ml_m}, \quad (30)$$

де вказані величини (30) дорівнюють числу нащадків зазначених компонентів.

Тоді виконується залежність:

$$l_i = \sum_{j=1}^{l_{i-1}} n_{i-1j}, \quad (31)$$

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

Загальна кількість складових на всіх ієрархічних рівнях:

$$l = \sum_{i=1}^m l_i. \quad (32)$$

Вирази (29) ... (32) описують запропоноване представлення організаційних кластерних структур.

Робота з ним реалізується за приведеним нижче *алгоритмом 2*:

1. Обирається перший ієрархічний рівень.
2. Визначається число компонентів на поточному рівні та відповідна кількість їхніх 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.

Практичне використання розглянутого способу наведено у третьому розділі.

Спосіб полігональної кластеризації

Цей спосіб полягає в об'єднанні багатокутників (16) і містить три складові.

Перша – формує з використанням виразів (15) ... (17) для кожної ділянки D_j габаритний прямокутник.

Друга – у процесі кластеризації аналізує ймовірні перетини опрацьовуваних габаритних прямокутників для оцінки можливості об'єднання відповідних ділянок. Якщо прямокутники не перетинаються, то й ділянки не є суміжними, інакше знаходяться спільні їх вершини вигляду (15).

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

Застосування описаного способу ілюструє рис. 4 на прикладі ділянок D_1 і D_2 .

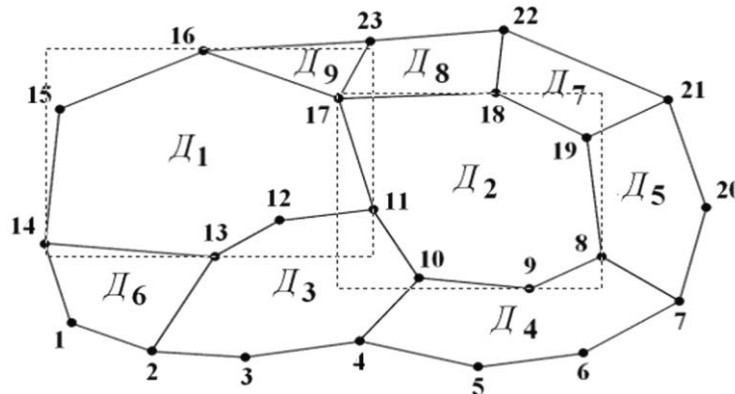


Рис. 4 Перетин габаритних прямокутників

Отже, у другому розділі дисертації подано теоретичні засади запропонованої концепції геометричного моделювання організаційних кластерних структур.

У **Розділі 3 «Практичне використання розроблених способів та алгоритмів геометричного моделювання»** на основі викладених вище матеріалів розглянуто застосування напрацьованого 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 послуговували базою для побудови належних інтегрованих кластерних структурно-параметричних моделей і виконання оптимізаційних розрахунків. Такі задачі доволі актуальні нині для України, зокрема у зв'язку з проведенням земельної реформи, здійснюваною децентралізацією та створенням об'єднаних територіальних громад.

На рис. 5, а для територіальних громад:

$$G = (G_j)_{j=1}^6 \quad (33)$$

використано позначення їх ділянок:

$$D = (D_j)_{j=1}^6. \quad (34)$$

За формулою (21) і даними типу (14) та (15) для громад (33) обчислено площі ділянок (34). Одержані результати наведено в табл. 1.

Земельні ділянки територіальних громад *Таблиця 1*

<i>Громада</i>	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6
Площа, км ²	12,88	12,75	7,63	8,38	16,25	14,75

Деяку вихідну інформацію містить табл. 2.

Опрацьовувані соціально-економічні фактори *Таблиця 2*

<i>Громада</i>	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_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

У другому розділі зазначалося, що інноваційна територіальна соціально-економічна кластеризація здійснюється з урахуванням багатьох факторів, зокрема поданих у табл. 1, 2. Це стосується різних послідовностей інтеграції опрацьовуваних об'єктів. Головна ідея полягає в раціональному використанні коштів на соціальні питання, підвищенні доходів від промислової, сільськогосподарської, торгівельної та інших видів діяльності. Ці показники суттєво залежать від об'єднаних громад. Кількісна оцінка вказаних величин приведена в довідкових таблицях.

У роботі проаналізовано певну множину послідовностей кластеризації, наприклад, за зменшенням:

– площ

$$K_1 = D_5 \rightarrow D_6 \rightarrow D_1 \rightarrow D_2 \rightarrow D_4 \rightarrow D_3, \quad (35)$$

– населення

$$K_2 = D_1 \rightarrow D_6 \rightarrow D_2 \rightarrow D_4 \rightarrow D_5 \rightarrow D_3, \quad (36)$$

– соціальних потреб

$$K_3 = D_1 \rightarrow D_6 \rightarrow D_4 \rightarrow D_5 \rightarrow D_2 \rightarrow D_3, \quad (37)$$

– податкових зборів

$$K_4 = D_1 \rightarrow D_6 \rightarrow D_2 \rightarrow D_5 \rightarrow D_4 \rightarrow D_3, \quad (38)$$

– інвестицій

$$K_5 = D_1 \rightarrow D_6 \rightarrow D_2 \rightarrow D_3 \rightarrow D_5 \rightarrow D_4. \quad (39)$$

Зокрема, на рис. 5, б для послідовності (35) показано створену інтегровану ділянку $D_{5,6}$, а на рис. 5, в – об’єднану громаду $\Gamma_{5,6,1}$.

У дослідженні розглянуто формування динамічних організаційних структур для процесів (35) ... (39). Рис. 5, а відповідає початкова ієрархічна структура K кластеризації, наведена на рис. 6. У цьому разі маємо стадію *агломерації* етапу *виникнення* кластера (рис. 1). Наступна стадія *створення кластера* характеризується обранням його центра як найбільш доречної громади та початком інтеграції. В опрацьованому варіанті K_1 вихідна громада – це Γ_5 , тобто ділянка D_5 . За викладеним у другому розділі порядкум дефініції ієрархічних організаційних структур граф рис. 6 подається в зображеному на рис. 7 вигляді.

На основі послідовності (35):

$$\begin{aligned} K_{1_1} &= \Gamma_5, & K_{1_2} &= \Gamma_6, & K_{1_3} &= \Gamma_1, \\ K_{1_4} &= \Gamma_2, & K_{1_5} &= \Gamma_4, & K_{1_6} &= \Gamma_3. \end{aligned} \tag{40}$$

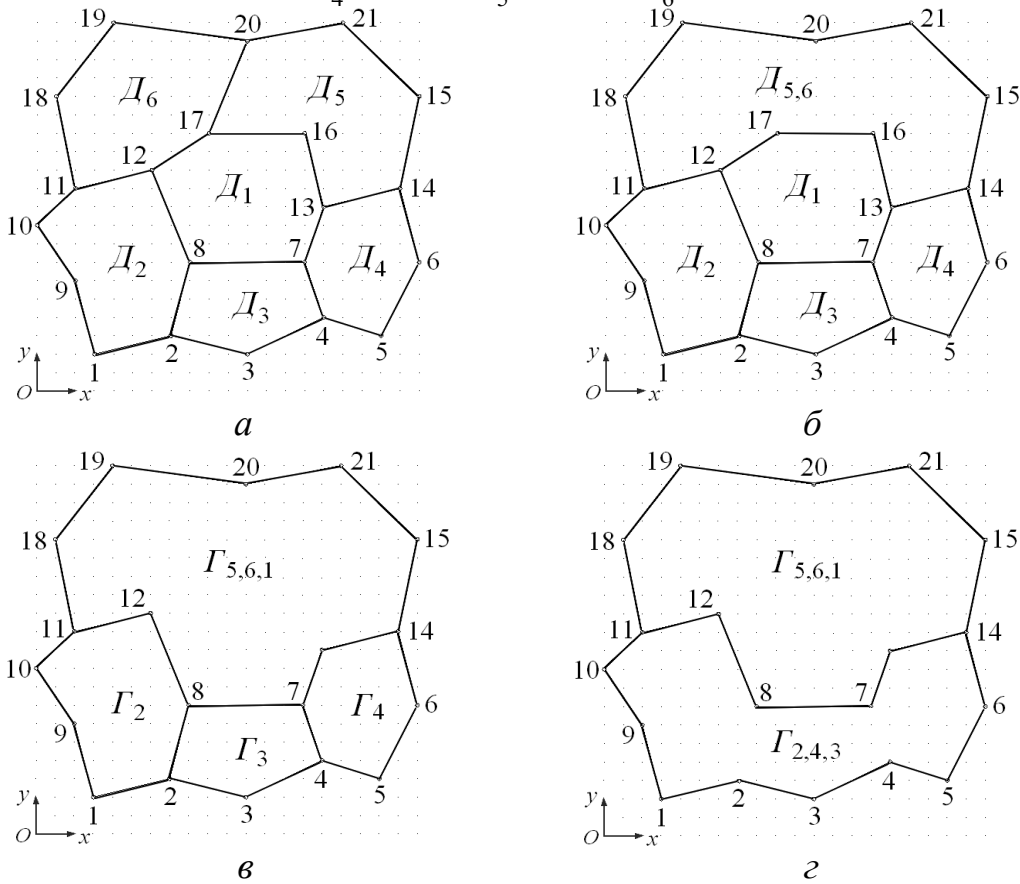


Рис. 5 Процес виникнення та розпаду кластера:
 а – план земельних ділянок; б – інтегрована ділянка $D_{5,6}$;
 в – об’єднана громада $\Gamma_{5,6,1}$; г – розпад досліджуваного кластера

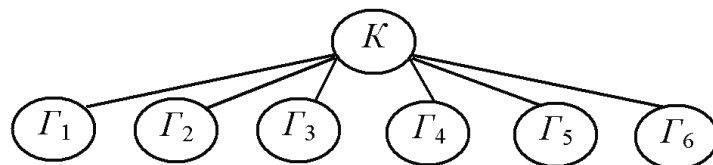


Рис. 6 Початкова організаційна кластерна структура

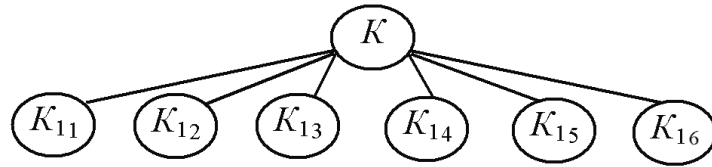


Рис. 7 Організаційна структура з визначеною послідовністю кластеризації

На підставі запропонованого у другому розділі способу представлення ієрархічних організаційних структур для графа на рис. 7 та даних (40), маємо:

$$0, 0, 0, 0, 0, 0 . \quad (41)$$

Для етапу *розвитку* кластера притаманне приєднання ним до свого складу нових компонентів. Рис. 5, б ілюструє виникнення об'єднаної територіальної громади $\Gamma_{5,6}$. Належну організаційну структуру містить рис. 8. У цьому разі:

$$\begin{aligned} K_{11} &= (K_{21}, K_{22}) = (\Gamma_5, \Gamma_6), & K_{12} &= \Gamma_1, \\ K_{13} &= \Gamma_2, & K_{14} &= \Gamma_4, & K_{15} &= \Gamma_3. \end{aligned} \quad (42)$$

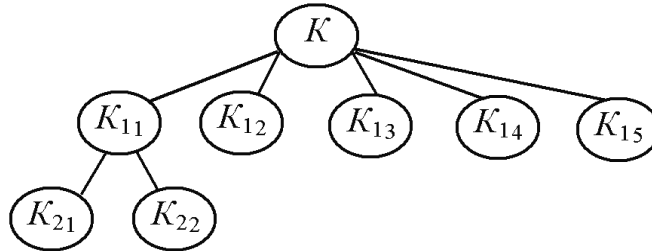


Рис. 8 Організаційна структура початкової стадії розвитку кластера

Ієрархічна модель рис. 8 із застосуванням множин (42) на базі розробленого способу кодування подається у вигляді:

$$2, 0, 0, 0, 0 . \quad (43)$$

За аналогією з описаним підходом (40) ... (43) відтворюється організаційна структура і для приведеної на рис. 5, в стадії кластеризації. Це стосується формування об'єднаної громади $\Gamma_{5,6,1}$. Належну структуру показано на рис. 9.

У цьому разі:

$$\begin{aligned} K_{11} &= (K_{21}, K_{22}, K_{23}) = (\Gamma_5, \Gamma_6, \Gamma_1), \\ K_{12} &= \Gamma_2, & K_{13} &= \Gamma_4, & K_{14} &= \Gamma_3. \end{aligned} \quad (44)$$

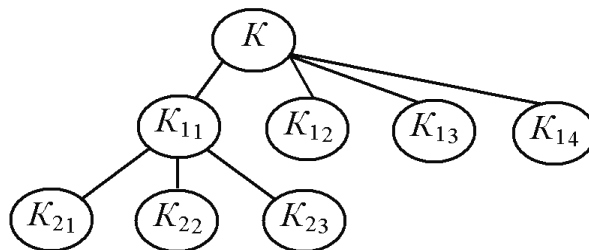


Рис. 9 Продовження розвитку кластера

Кортежі (44) по відношенню до множин (42) моделюють динамічний процес розвитку кластера, що відображує змінювана його організаційна структура. Етап

зрілості, тобто коли кластер досягає максимального свого складу, ілюструє рис. 10.

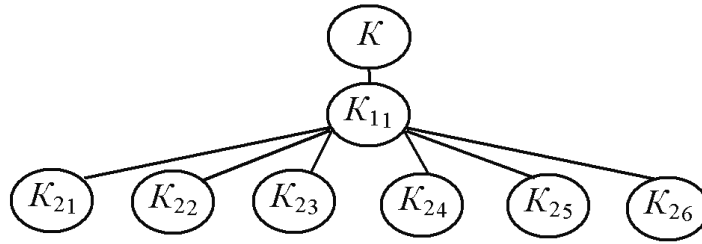


Рис. 10 Організаційна структура на етапі зрілості кластера

При цьому:

$$\begin{aligned} K_{11} &= (K_{21}, K_{22}, K_{23}, K_{24}, K_{25}, K_{26}) = \\ &= (\Gamma_5, \Gamma_6, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_4, \Gamma_3). \end{aligned} \quad (45)$$

З моменту (45) кластер переходить до свого статичного функціонування.

Завершальним (рис. 1) у життєвому циклі кластера є етап *зникнення*, що включає стадію *трансформації* або *розпаду*. Перша може зводитися до приєднання як компонента до іншого кластера (рис. 11), а друга – до поділу на кілька частин із втратою зв'язків між ними (рис. 12).

У випадку рис. 11 на першому рівні маємо:

$$K_1 = (K_{1,i})_{i=1}^2, \quad (46)$$

тобто два компоненти, а на другому:

$$K_2 = (K_{2,i})_{i=1}^9, \quad (47)$$

тобто дев'ять елементів.

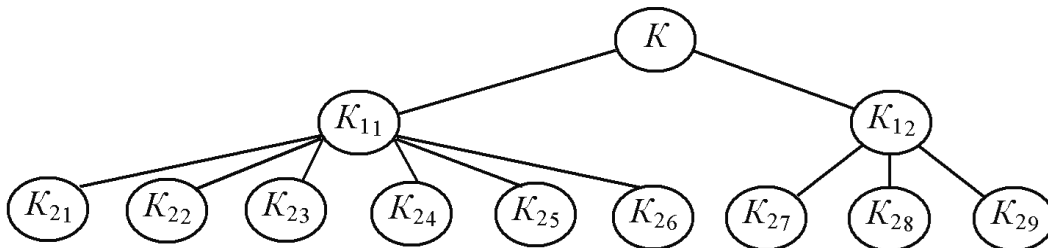


Рис. 11 Входження досліджуваного кластера K_{11} до нової організаційної структури K

Перші шість складових (47) відповідають множині (45), а решта належать новій організаційній структурі. Ієрархічна модель рис. 11 із застосуванням виразів (46) і (47) на основі запропонованого способу представлення організаційних структур, визначається у такий спосіб:

$$6, 3; 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 \quad (48)$$

На рис. 12 зображено стадію розпаду опрацьованого кластера на дві самостійні організаційні структури.

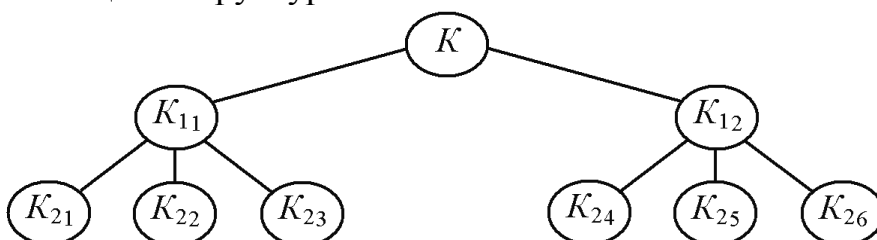


Рис. 12 Поділ досліджуваного кластера

Тоді маємо:

$$K_{11} = (K_{21}, K_{22}, K_{23}) = (\Gamma_5, \Gamma_6, \Gamma_1), \quad (49)$$

$$K_{12} = (K_{24}, K_{25}, K_{26}) = (\Gamma_2, \Gamma_4, \Gamma_3). \quad (50)$$

Співвідношення (49) і (50) свідчать, що кластер (45) поділився на дві частини, що підтверджує графіка рис. 5, з. Отже, залежності (40) ... (50) та рис. 5 ... 12 показують, що життєвий цикл інноваційного соціально-економічного кластера є динамічним процесом, який характеризується постійним змінюванням організаційної структури.

У виконаному дослідженні на прикладі послідовностей кластеризації (35) ... (39) виконано оптимізаційні розрахунки, з метою визначення кращої з них, що забезпечує максимальний соціально-економічний ефект. Проведені обчислення спираються на подані вище способи, прийоми, алгоритми, моделі й методики, а також використовують як вихідні дані, довідкову табличну інформацію стосовно змінювання соціальних витрат, податкових зборів та інвестицій при здійсненні різних варіантів кластеризації.

Було розроблено структурно-параметричну модель для варіантів $K_1 \dots K_5$ кластеризації, зображену на рис. 13, а. Її загальний вигляд ілюструє рис. 13, б. В останньому випадку маємо множину:

$$K = (K_i)_{i=1}^{N_K}, \quad (51)$$

де N_K – число проектних варіантів кластеризації K .

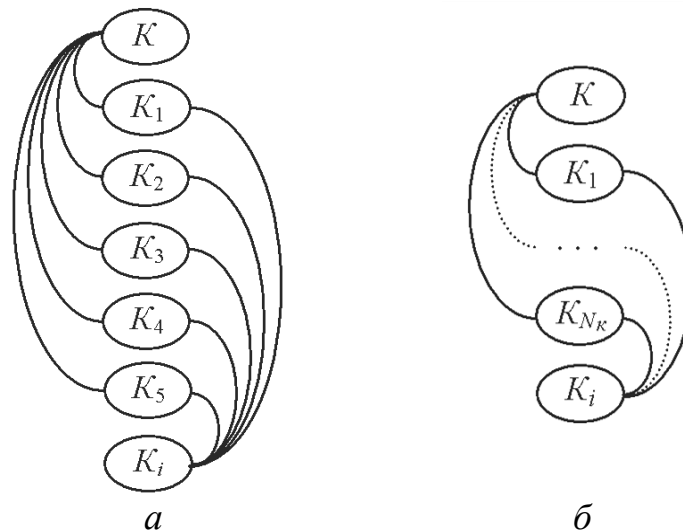


Рис. 13 Структурно-параметричні моделі варіантів кластеризації K :

a – для послідовностей (35) ... (39); *б* – в загальному випадку (51)

Для різновидів кластеризації відповідно за зменшенням площ, населення, соціальних потреб, податкових зборів та інвестицій, отримано такі економічні ефекти для об'єднаних територіальних громад:

$$\begin{aligned} K_1 &= 15,9 \text{ млн. грн.}, & K_2 &= 22,7 \text{ млн. грн.}, & K_3 &= 18,6 \text{ млн. грн.}, \\ K_4 &= 8,1 \text{ млн. грн.}, & K_5 &= 15 \text{ млн. грн.} \end{aligned} \quad (52)$$

Згідно з виразами (52) найбільш доречно послідовність K_2 , тобто в порядку зменшення населення громад. На практиці, як зазначалось у другому розділі, можливі й інші варіанти, зокрема, за зростанням наведених величин, з урахуванням вагових критеріїв їхнього впливу, шляхом експертного визначення тощо.

Завершують цю частину дослідження приклади моделювання типових організаційних структур за допомогою запропонованого математичного апарату.

Згідно з наявними літературними джерелами структури, що спираються на базові функції, підприємства, компанії, фірми, установи тощо називаються *функціональними*, які формуються на основі видів продукції, клієнтів, регіонів і т. п. – *дивізійними*, а для виконання певного проекту – *проектними*. Організаційні структури, що створені на підставі кількох наведених ознак, – *матричними*. Останні застосовуються у разі, коли для підприємства, компанії або фірми становляться важливими одночасно такі властивості як їх функції, виготовлювані товари, споживачі продукції, регіони збуту тощо.

На рис. 14 показано загальний вигляд лінійної організаційної структури управління, де трьома крапками позначено ймовірну наявність певних додаткових складових компонентів (це стосується й решти зображень третього розділу). Для моделювання зазначеної структури використовуються залежності (29) ... (32).

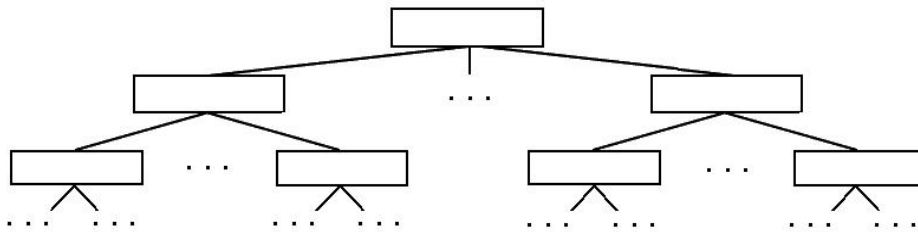


Рис. 14 Загальний вигляд лінійної організаційної структури

Для прикладу рис. 15 маємо наступний опис на основі розробленого способу представлення ієрархічних структур.

Число ієрархічних рівнів:

$$m=3. \quad (53)$$

На підставі множин (29):

$$K_1 = (K_{1,i})_{i=1}^{l_1} = (K_{1,i})_{i=1}^3, \quad K_2 = (K_{2,i})_{i=1}^{l_2} = (K_{2,i})_{i=1}^4, \quad (54)$$

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

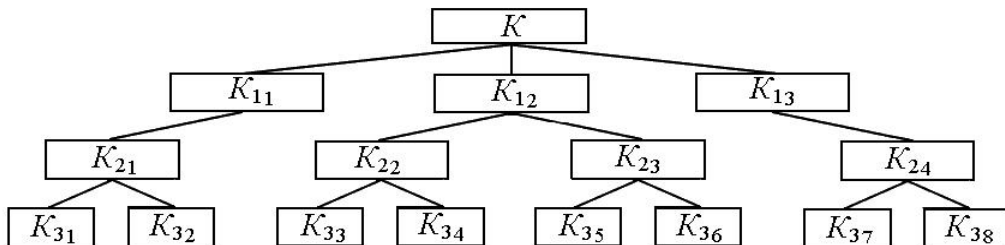


Рис. 15 Лінійна організаційна структура

Згідно з виразом (30) для об'єктів, визначених співвідношеннями (53) та (54), запишемо:

$$1, 2, 1; 2, 2, 2, 2; 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0. \quad (55)$$

Кортежі (54) та послідовність (55) свідчать про компактне представлення структури рис. 15, що важливо для продуктивного комп'ютерного моделювання.

Загальний вигляд функціональної організаційної структури подано на рис. 16.

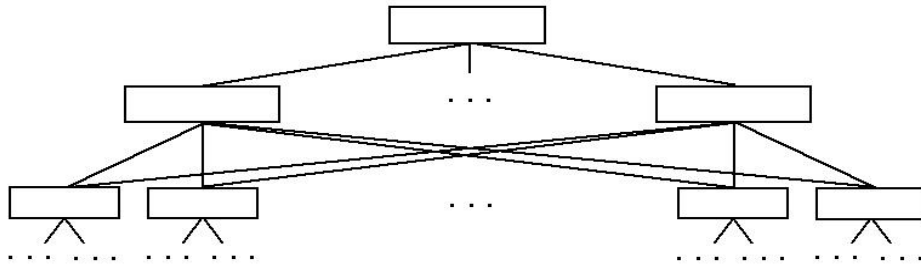


Рис. 16 Загальний вигляд функціональної організаційної структури

Для її кодування запропонованим способом представлення ієрархічних структур, необхідно додатково застосовувати прийоми структурно-параметричної методології, що у цьому разі полягають у поділі вихідного об'єкта на належне число складових, для яких використовується зазначений спосіб.

Пояснимо це схемою рис. 17. Рис. 18 ілюструє її розбиття на дві частини, визначення яких реалізується аналогічно розглянутому вище.

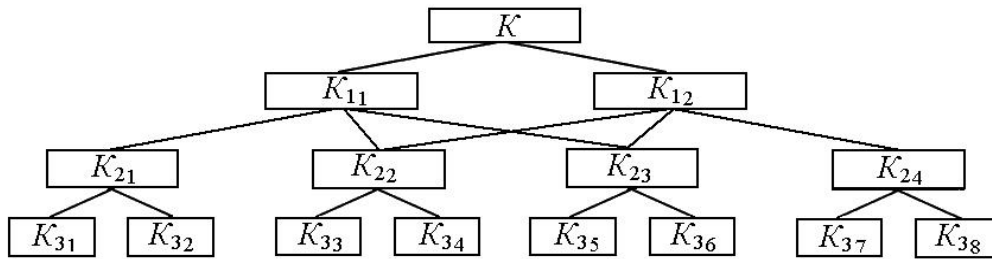


Рис. 17 Приклад функціональної організаційної структури

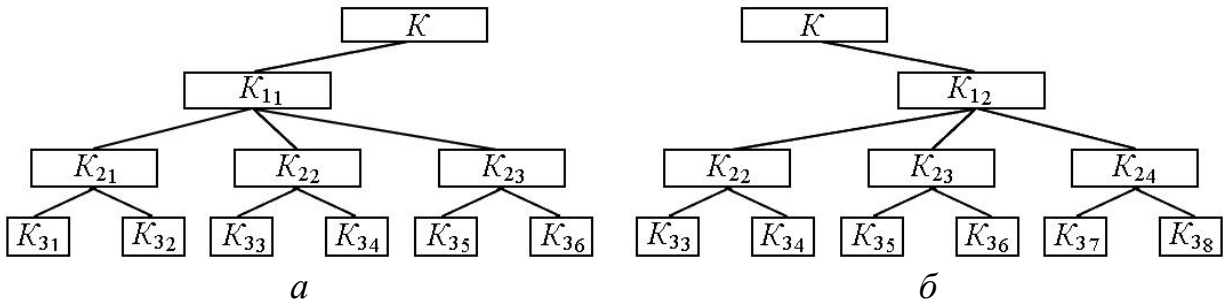


Рис. 18 Поділ структури, зображеної на рис. 17:
a – частина 1; *б* – частина 2

Типову матричну організаційну структуру загального вигляду показано на рис. 19. Перший горизонтальний рівень відтворює функціональні підрозділи, а решта можуть бути пов'язані з видами виготовлюваної продукції, клієнтами, регіонами збуту, здійснюваними проектами тощо.

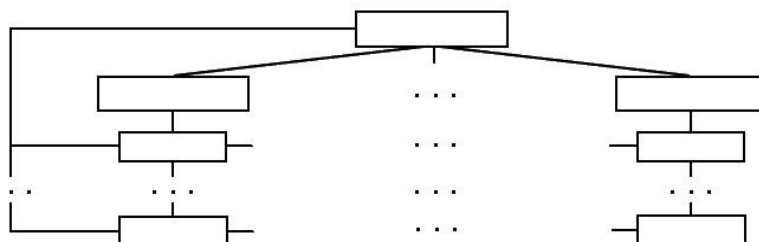


Рис. 19 Загальний вигляд типової матричної організаційної структури

Приклад матричної структури наведено на рис. 20.

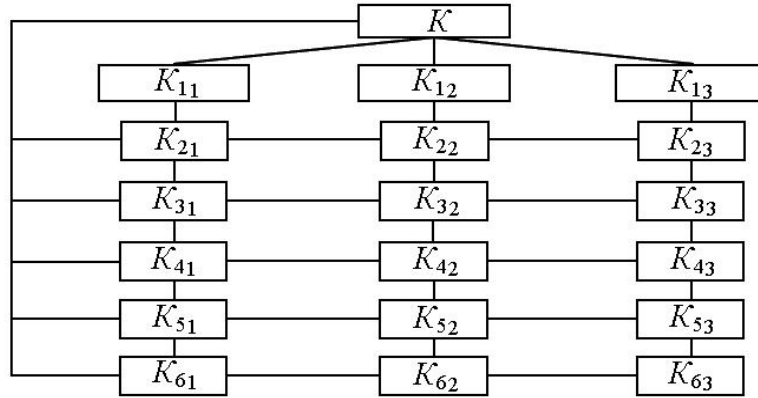


Рис. 20 Матрична організаційна структура

Її поділ на дві частини, відповідно з вертикальними та горизонтальними зв'язками, містить рис. 21. Математичне визначення даних структур виконується запропонованим вище способом.

Кількість ієрархічних рівнів для вертикальних зв'язків:

$$m=6. \tag{56}$$

Для них на базі множин (29):

$$\begin{aligned} K_1 &= (K_{1,i})_{i=1}^3, K_2 = (K_{2,i})_{i=1}^3, K_3 = (K_{3,i})_{i=1}^3, \\ K_4 &= (K_{4,i})_{i=1}^3, K_5 = (K_{5,i})_{i=1}^3, K_6 = (K_{6,i})_{i=1}^3. \end{aligned} \tag{57}$$

Згідно з виразом (30) для об'єктів, визначених формулами (56) і (57), маємо

$$1, 1, 1; 1, 1, 1; 1, 1, 1; 1, 1, 1; 1, 1, 1; 0, 0, 0. \tag{58}$$

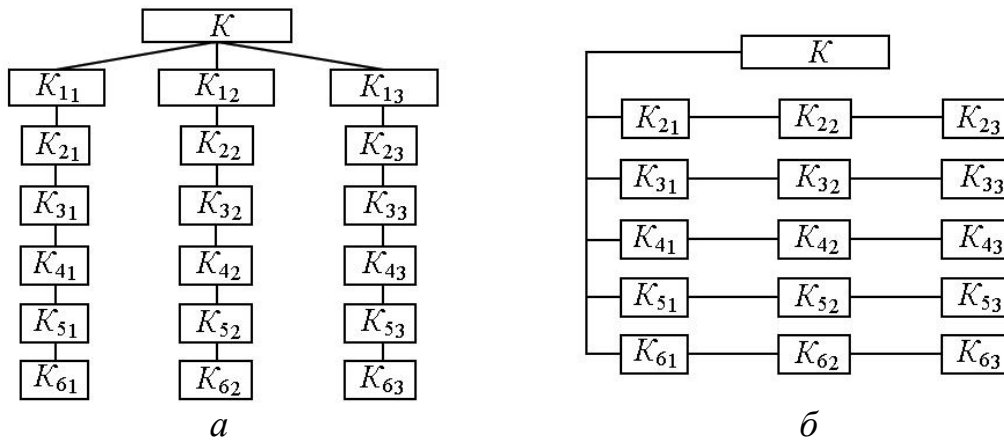


Рис. 21 Поділ структури, зображеної на рис. 20:
а – частина 1; б – частина 2

Число ієрархічних рівнів для горизонтальних зв'язків:

$$m=3. \tag{59}$$

Для них на основі множин (29):

$$K_1 = (K_{i,1})_{i=2}^6, K_2 = (K_{i,2})_{i=2}^6, K_3 = (K_{i,3})_{i=2}^6. \tag{60}$$

Відповідно до співвідношення (30) для об'єктів (59) та (60) одержимо:

$$1, 1, 1, 1, 1; 1, 1, 1, 1, 1; 0, 0, 0, 0, 0 . \quad (61)$$

Повторювані елементи кортежів (57) і (60) мають подвійне підпорядкування:

$$(K_{i,1})_{i=2}^6, (K_{i,2})_{i=2}^6, (K_{i,3})_{i=2}^6. \quad (62)$$

Це також демонструє рис. 20. Множини (57), (60) та послідовності (58), (61) підтверджують компактність визначення модельованої структури.

Отже, у цьому розділі дисертації залежностями (33) ... (62) та рис. 5 ... 21 на конкретних прикладах проілюстровано практичне використання розробленого математичного апарату.

У **Розділі 4 «Перспективи подальшого розвитку геометричного моделювання організаційних кластерних структур»** підведено підсумки виконаної наукової праці, розглянуто поставлені на її початку завдання та здійснено критичний аналіз їх реалізації, одержаних при цьому теоретичних і практичних результатів. На основі зазначених фактів окреслено перспективні напрями подальшого розвитку обраної тематики.

Викладений матеріал поділено на дві частини. Першою приділено увагу вдосконаленню наявних та розробленню нових наукових положень, способів, прийомів, алгоритмів і моделей, а другою – розширенню сфер їхнього використання на практиці. Зокрема, із діалектичних позицій комплексно подано відповідні відомості.

У теоретичному плані важливе формування більш довершених геометричних моделей поєднаних земельних ділянок із відтворенням їхнього рельєфу, різноманітних об'єктів на них, наприклад, сільськогосподарських угідь, лісових масивів, транспортних та інших мереж, необхідних компонентів інфраструктури тощо. Такі вдосконалення не тільки покращать наочність проектування, а й одержувані належні результати.

Також заслуговує уваги включення до інтегрованих моделей кластеризації вже наявних методів параметричної та структурної оптимізації, а також створення відповідних нових. Це допомагає поліпшувати управлінські рішення на регіональному й державному рівнях під час проведення земельної реформи, децентралізації та об'єднанні територіальних громад в Україні.

З погляду практики актуальне впровадження запропонованих способів та алгоритмів у середовище сучасних комп'ютерних інформаційних систем, 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 теж покращує якість прийнятих рішень. Доцільно поширити напрацьований підхід, окрім будівництва, на решту сфер життєдіяльності людей, що забезпечить отримання належного соціально-економічного ефекту та подальше вдосконалення відповідних теоретичних наукових положень за рахунок їх більш ґрунтовної апробації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дисертаційне дослідження присвячено вирішенню актуального на нинішньому етапі розвитку нашої держави завдання 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.

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

Одержано результати, які мають науково-практичну цінність:

1. Проаналізовано сучасний стан геометричного моделювання організаційних структур, що дало змогу установити наявні проблемні питання стосовно інноваційної територіальної соціально-економічної кластеризації. Це сприяло правильному визначенню завдань дисертаційної роботи.

2. Розроблено концепцію геометричного моделювання організаційних кластерних структур, яка спирається на структурно-параметричну методологію. Такі заходи вдосконалили інноваційне соціально-економічне управління за рахунок нових теоретичних положень, належних способів, прийомів, алгоритмів, моделей та методик проектування.

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

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

5. Здійснено впровадження одержаних наукових результатів у ТОВ «Північно-український будівельний альянс» для опрацювання питань розширення сфери діяльності підприємства та організації нових будівельних проектів, у ТОВ «Буд-оптіма констракшен» при реорганізації структур керування виробничими процесами, оптимізації організаційної роботи з субпідрядниками та клієнтами, в освітній процес БНЕС Центру КНУБА при підготовці фахівців з обстеження інженерних систем будівель і споруд. 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 їхнього рельєфу, різноманітних об'єктів на них, включення до розроблених інтегрованих моделей кластеризації 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 дисертації полягають у забезпеченні потреб практики в більш досконалих засобах геометричного моделювання організаційних кластерних структур інноваційного територіального соціально-економічного розвитку.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в періодичних наукових виданнях інших держав

1. Leshchenko V., Yakusevich S., Yakusevich A., 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: здобувачем виконано кластерний аналіз методів чисельного моделювання).

Статті в наукових фахових виданнях України

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

3. 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.

4. 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.

5. 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.

Апробація матеріалів дисертації

6. Якусевич А.Г., Микитась М.В. Формування організаційних кластерів засобами дискретної геометрії. *Сучасні проблеми геометричного моделювання: тези доповідей 21 Міжнародної науково-практичної конференції*. Мелітополь, 2019. С. 20–21. Особистий внесок здобувача: запропоновано для формування організаційних кластерних структур використовувати графові моделі відтворення взаємодії суб'єктів ринкових відносин із метою підвищення ефективності їх господарювання.

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

8. Якусевич А., Панько О., Терещук М., Лаврухіна К. Алгоритм послідовної кластеризації в системі «замовник-виконавець» у будівництві. *Build–Master–Class–2020: conference proceedings International scientific-practical conference of young scientists*. Київ, 2020. С. 86–87. Особистий внесок здобувача: розроблено структуру типових організаційних взаємовідносин «замовник-виконавець» у будівельній галузі.

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. – Київ, 2021.

У роботі вирішено актуальну науково-прикладну задачу геометричного моделювання організаційних кластерних структур. При цьому запропоновано відповідну нову теоретичну концепцію, способи, прийоми, алгоритми та методики проектування. Напрацьований математичний апарат перевірено на тестових прикладах. Розроблені для об'єднаних територіальних громад інтегровані моделі інноваційної кластеризації забезпечують підвищення ефективності прийняття належних управлінських рішень.

Одержані результати впроваджено на підприємствах будівельної галузі при опрацюванні питань розширення сфери діяльності компаній, формуванні нових проектів, реорганізації структур керування виробничими процесами, оптимізації організаційної роботи з субпідрядниками та клієнтами, а також в освітній процес університету, що підтвердило практичну значущість проведених наукових розвідок.

Визначено перспективи геометричного моделювання організаційних кластерних структур, які стосуються подальшого вдосконалення теоретичних положень, та розширено сфери застосування розробленого математичного апарату. Головні науково-прикладні здобутки дисертації полягають у забезпеченні потреб практики в більш досконаліх засобах для опрацювання питань інноваційного соціально-економічного територіального розвитку.

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

ANNOTATION

Iakusevych A. G. Geometric modeling of cluster organizational structures. – *Qualification scientific work on the rights of a 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, 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.

The current situation in the national economy of Ukraine requires 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. 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 model of cluster organizational structures of innovative territorial socio-economic development. The subject of the research is the process 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.

The scientific novelty of this dissertation research is that for the first time: the principles of the concept of geometric modeling of cluster organizational structures are developed; the method of reproduction of cluster organizational structures on the basis of structural-parametric methodology is developed; the new method of mathematical representation of hierarchical organizational structures is developed; the method of polygonal clustering for modeling of territorial cluster organizational structures is developed.

The theory of cluster organizational innovative territorial socio-economic management is improved due to new methods, techniques and algorithms of geometric modeling. The methodology of the structural-parametric approach was improved due to the new integrated geometric models of territorial clustering developed on its basis.

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

Наклад 100. Папір офсетний. Ум.-др. арк. 0,9.
Підписано до друку 26.08.2021. Замовлення 312.

Надруковано в «МП Леся».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єктів видавничої справи серія ДК № 892 від 08.04.2002.

«МП Леся»
03148, Київ, а/с 115.
Тел./факс: (066) 60-50-199, (098) 455-41-17
E-mail: lesya3000@ukr.net