

**Міністерство освіти і науки України  
Київський національний університет будівництва і архітектури**

*Якусевич Андрій Григорович*

**ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ  
КЛАСТЕРНИХ СРУКТУР**

*05.01.01 – Прикладна геометрія, інженерна графіка*

**дисертація на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук**

**Науковий керівник:  
*Панько Олексій Миколайович,  
к.т.н., доцент***

**Актуальність теми.** У наш час багато підприємств прагнуть до вдосконалення своїх організаційних структур із метою підвищення ефективності їх функціонування. Одним із таких засобів є *кластерний підхід* до організації промислової, сільськогосподарської, торгівельної та інших видів діяльності, який інтегрує зусилля держави, бізнесу й науки для покращення конкурентоспроможності регіонів. Згідно з обраною темою, присвяченою геометричному моделюванню організаційних соціально-економічних структур, під *кластером* розумітимемо сукупність певних територій. Нині *соціально-економічні кластери* є провідними компонентами забезпечення сталого суспільного розвитку. Наведені факти обумовлюють актуальність даного наукового дослідження, яким обґрунтовано провідну роль геометричних засобів щодо вирішення окреслених питань.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** 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'єкт дослідження** – системні геометричні моделі організаційних кластерних структур інноваційного територіального соціально-економічного розвитку.

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

*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 поставленої мети визначено *завдання*:

1. *Виконати* системний 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.

**Наукова новизна отриманих результатів.*****Уперше:***

- *розроблено* засади концепції геометричного моделювання організаційних кластерних структур;
- *розроблено* спосіб відтворення організаційних кластерних структур на основі структурно-параметричної методології;
- *розроблено* новий спосіб математичного представлення ієрархічних структур;
- *розроблено* спосіб полігональної кластеризації для моделювання територіальних організаційних структур.

***Удосконалено:***

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

***Отримала подальший розвиток:***

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

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

Мірою схожості між об'єктами  $o_i$  множини

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

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

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

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

де  $Np$  – загальне їх число.

На практиці застосовуються *графові*, *статистичні*, *імовірнісні*, *евристичні* тощо методи кластеризації. Для обраної теми найбільш доречні *ієрархічні агломераційні (об'єднувальні) алгоритми*. У них спочатку всі об'єкти вважаються окремими кластерами, а потім поступово поєднуються в єдиний новий. Як наслідок, формується деревоподібна графова структура.

У літературі кластерний *аналіз* викладено глибоко та всебічно на відміну від *синтезу* як засобу управління створюваними об'єктами, який подано лише на концептуальному рівні.

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

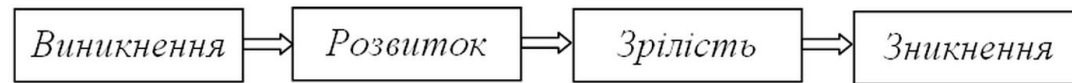


Рис. 1. Життєвий цикл кластера

На етапі *розвитку* з'являються нові елементи у вигляді додаткових підприємств, фірм і т. д., розширюється територія. Під час *зрілості* кластер досягає максимального складу. 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 втратою зв'язків між ними.

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

## Висновки до розділу 1

1. *Встановлено*, що математичний апарат геометричного моделювання організаційних кластерних структур для опрацювання процесів інноваційного територіального соціально-економічного розвитку потребує подальшого вдосконалення. Це дозволить мати більш якісні управлінські рішення, покращувати отримувані практичні результати.

2. *Обґрунтовано* доречність застосування структурно-параметричної методології для інтеграції кластерного підходу та розробляння 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 розроблянні нових математичних способів територіальної кластеризації та дефініції організаційних структур, що дозволить успішно їх упровадити в середовище сучасних комп'ютерних інформаційних технологій.

5. *Показано* важливість практичної перевірки отриманих теоретичних результатів. Це підтвердить їх достовірність і прикладну значущість.

Формула (1) для територіальних задач приймає вигляд

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

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

У випадку інноваційної соціально-економічної кластеризації властивостями (3) для ділянок  $D_i$  є їх площі  $S_i$ , населення  $H_i$ , обсяги інвестицій  $I_i$ , соціальні потреби  $C_i$ , податкові збори  $Z_i$  і т. д. Тоді в якості параметрів кортежу (2) маємо

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

Критеріями послідовності кластеризації може бути довільний параметр (4) та різноманітні їх комбінації, зокрема для ділянки  $D_i$ , у вигляді функції

$$F_i = \sum_{k=1}^{N_p} w_k \cdot p_{i_k}, \quad (5)$$

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



Складність прийняття управлінських рішень обумовлена великою кількістю об'єктів (3), суттєвим числом властивостей (4), багатоманітністю послідовностей кластеризації. Порядок об'єднання визначається різним шляхом, наприклад, користувачем, евристичними прийомами, певними правилами тощо. Запропонована методика інваріантна до них. Її основне призначення полягає в автоматизованій оцінці варіантів згідно з цільовою функцією оптимізації.

Послідовності  $K_n$  кластеризації описуються множиною

$$K = (K_n)_{n=1}^{N_k}, \quad (6)$$

де  $N_k$  – їх загальне число.

Кожному варіанту (6) відповідає величина функції оптимізації, яка є сумою належних значень при поєднанні компонентів кортежу

$$K_{n=} = (K_{n_i})_{i=1}^{N_{k_n}}, \quad (7)$$

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

У якості оптимізаційних характеристик для виразу (7) можна обрати максимальні обсяги інвестицій, податкових зборів, мінімізацію соціальних витрат, їх комплексне поєднання тощо.

*Інтегровані моделі кластеризації на основі структурно-параметричної методології*

Запропоновані моделі спираються на поєднання засобів кластерного аналізу та структурно-параметричної методології.

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

$$\mathbf{T} = (\mathbf{T}_i)_{i=1}^{N_T}, \quad (8)$$

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

$$\mathbf{T}_i = (x_i, y_i)_{i=1}^{N_T}. \quad (9)$$

Фігури (8) моделюють ділянки  $\mathcal{D}$  вигляду (3) як багатокутники

$$\mathcal{D} = (\mathcal{D}_j)_{j=1}^{N_{\mathcal{D}}}, \quad (10)$$

де  $N_{\mathcal{D}} \in \mathbb{N}$ ,  $N_{\mathcal{D}} \geq 1$ , границі яких визначаються впорядкованими множинами вершин

$$\mathcal{D}_j = (\mathbf{T}_{jk})_{k=1}^{N_{\mathcal{D}j}}, \quad (11)$$

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

При обході елементів (11) ділянка  $\mathcal{D}_j$  залишається зліва. Рис. 2 ілюструє вирази (8) ... (11). Для спрощення сприйняття інформації позначення  $\mathbf{T}$  для точок на ньому не наведені. Це стосується й формул (12) та (14).

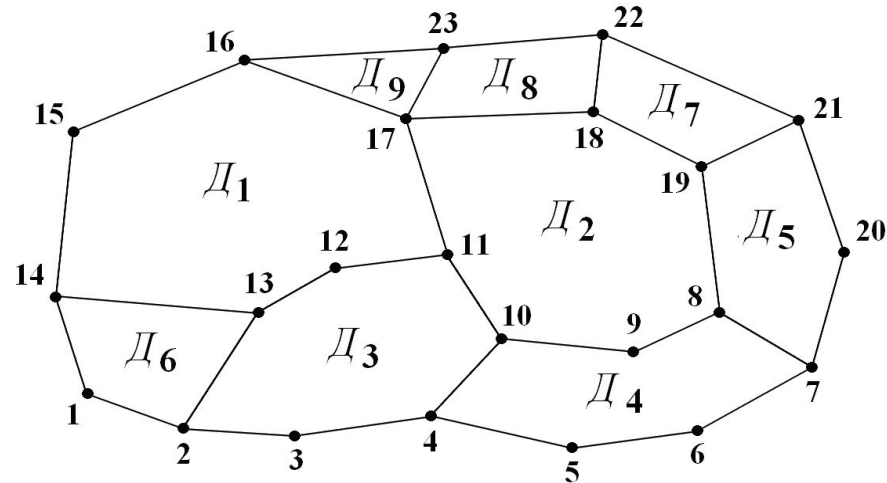


Рис. 2. План опрацьовуваної території

Згідно з кортежами (8) та (10) у даному випадку

$$T = (i)_{i=1}^{N_T} = (i)_{i=1}^{23}, \quad (12)$$

$$D = (D_j)_{j=1}^{N_D} = (D_j)_{j=1}^9. \quad (13)$$

На підставі залежності (11) отримуємо

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

Поданими ділянками на практиці можуть бути ділянки промислового підприємства, мікрорайони міста, сільськогосподарські лани, площі земель територіальних громад і т. д.

Розглянуто приклади, що ілюструють різні послідовності кластеризації. Зокрема це стосується обрання початкової ділянки з максимальною площею та поступового додаванні до неї суміжних найбільших.

Належна геометрична модель включає *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

$$S_j = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{N_{D_j}} (x_{jk} \cdot y_{jk+1} - x_{jk+1} \cdot y_{jk}), \quad (15)$$

де при  $k=N_{D_j}$   $x_{jk+1}=x_{j1}$ ,  $y_{jk+1}=y_{j1}$ .

Якщо приведений вище алгоритм не обмежується в пункті 2, наприклад, зазначеними або іншими обставинами, то послідовність  $K_1$  кластеризації для даного процесу матиме вигляд

$$K_1 = D_1 \rightarrow D_2 \rightarrow D_3 \rightarrow D_4 \rightarrow D_5 \rightarrow D_6 \rightarrow D_7 \rightarrow D_8 \rightarrow D_9. \quad (16)$$

Більш компактно вираз (16) записується так

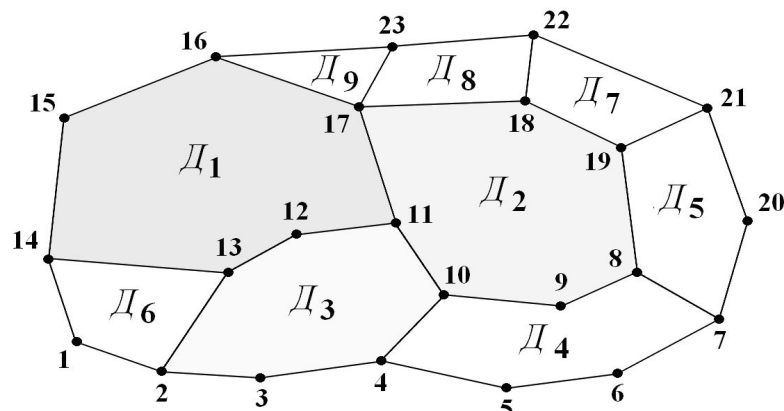
$$K_1 = (D_i)_{i=1}^9. \quad (17)$$

Значенню  $i=3$  в кортежі (17) відповідає поточна множина  $K$  кластеризації

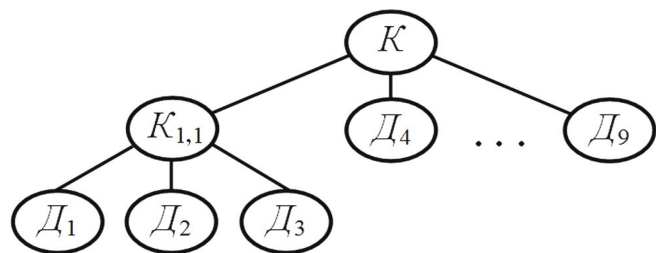
$$K = (K_{1,1}, (D_i)_{i=4}^9), \quad (18)$$

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

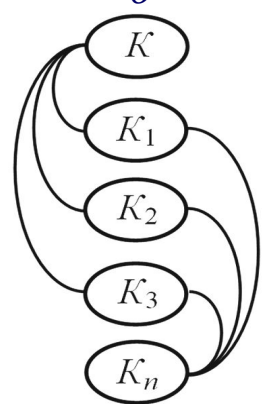
На рис. 3 співвідношення (18) подано як територіальну модель та ієрархічну організаційну графову структуру.



*a*



*б*



*в*

Рис. 3. Процес кластеризації:  
*a* – територіальна модель; *б* – ієрархічна організаційна графова структура;  
*в* – структурно-параметрична модель кластеризації *K*

Ділянки  $(D_i)_{i=4}^9$  варто 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.

За обмежених ресурсів доречними будуть послідовності

$$K_2 = (D_1, D_9, D_8, D_7, D_6, D_5, D_4, D_3, D_2) \quad (19)$$

або

$$K_3 = (D_9, D_8, D_7, D_5, D_4, D_3, D_6, D_2, D_1). \quad (20)$$

Вираз (19) – до найбільшої ділянки решта додаються за збільшенням їх площ, (20) – 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 раціонального керування процесом кластеризації пропонується його поєднання зі структурно-параметричними моделями (рис. 3,в). Дане зображення є мультиграфом, дуги відтворюють множини параметричних варіантів.

Якщо останні описуються кортежами

$$K_1 = (K_{1_i})_{i=1}^{N_{K_1}}, K_2 = (K_{2_i})_{i=1}^{N_{K_2}}, K_3 = (K_{3_i})_{i=1}^{N_{K_3}}, \quad (21)$$

то загальне число проектних різновидів кластеризації

$$K = (K_n)_{n=1}^{N_K}, \quad (22)$$

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

Наведений приклад описує запропонований спосіб геометричного моделювання організаційних кластерних структур..

*Спосіб представлення ієрархічних організаційних структур*

Становить необхідну складову викладеного вище математичного апарату, ефективний із точки зору комп'ютерної реалізації, інваріантний до великого числа об'єктів моделювання.

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

Для структури з  $m$  ієрархічними рівнями, склад компонентів яких визначається множинами

$$K_1 = (K_{1,i})_{i=1}^{l_1}, \dots, K_m = (K_{m,i})_{i=1}^{l_m}, \quad (23)$$

відтворимо граф (23) у вигляді

$$n_{11}, \dots, n_{1l_1}; n_{21}, \dots, n_{2l_2}; \dots; n_{m1}, \dots, n_{ml_m}, \quad (24)$$

де вказані величини (24) дорівнюють числу нащадків зазначених компонентів.

Тоді виконується залежність

$$l_i = \sum_{j=1}^{l_{i-1}} n_{i-1j}, \quad (25)$$

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

Загальна кількість складових на всіх ієрархічних рівнях

$$l = \sum_{i=1}^m l_i. \quad (26)$$

Вирази (23) ... (26) описують запропоноване представлення організаційних кластерних структур.



### Спосіб полігональної кластеризації

Полягає в об'єднанні багатокутників (10) і включає три складові

*Перша* формує з використанням виразів (9) ... (11) для кожної ділянки  $D_j$  габаритний прямокутник.

*Друга* у процесі кластеризації аналізує 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 (9).

*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  $D_2$ .

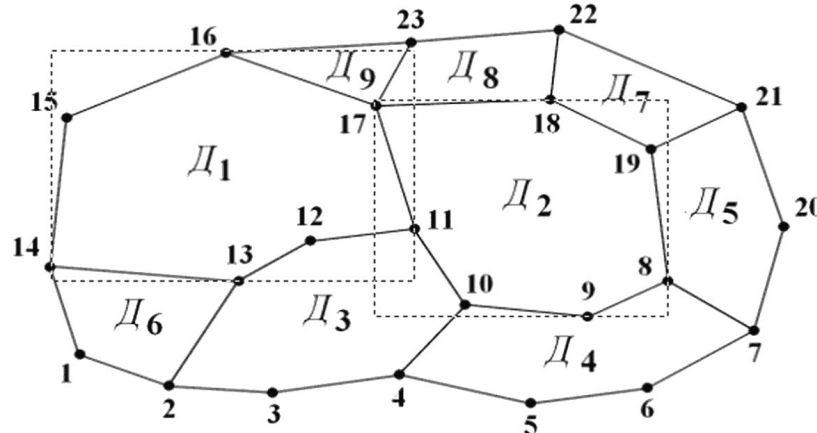


Рис. 4. Перетин габаритних прямокутників

Практичне використання розглянутих способів наведено в наступному розділі дисертації.

### Висновки до розділу 2

1. *Розроблено* концепцію геометричного моделювання організаційних кластерних структур на основі інтеграції кластерного підходу та структурно-параметричної методології, що сприяє покращенню вирішення інноваційних територіальних соціально-економічних питань.

2. *Розроблено* спосіб математичного представлення ієрархічних організаційних кластерних структур. Його 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 розширює можливості математичного апарату кластерного підходу.

4. *Створено* теоретичні основи для побудови нових інтегрованих моделей інноваційної соціально-економічної територіальної кластеризації, 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, алгоритмів і моделей геометричного моделювання, що розширює сфери її практичного використання.

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

Розглянуто застосування напрацьованого математичного апарату для геометричного моделювання інноваційного соціально-економічного кластерного розвитку суміжних територіальних громад.

Подано вихідну інформацію щодо земельних ділянок, проживаючого населення, обсягів інвестицій, соціальних потреб та податкових зборів. Зазначені відомості послуговували основою для побудови належних інтегрованих кластерних структурно-параметричних моделей і виконання оптимізаційних розрахунків.

На рис. 5,*a* для територіальних громад

$$G = (G_j)_{j=1}^6 \tag{27}$$

використано позначення їх ділянок

$$D = (D_j)_{j=1}^6. \tag{28}$$

За формулою (15) і даними типу (8) та (9) для громад (27) обчислено площі ділянок (28). Отримані результати наведено в табл. 1.

Земельні ділянки територіальних громад Таблиця 1

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

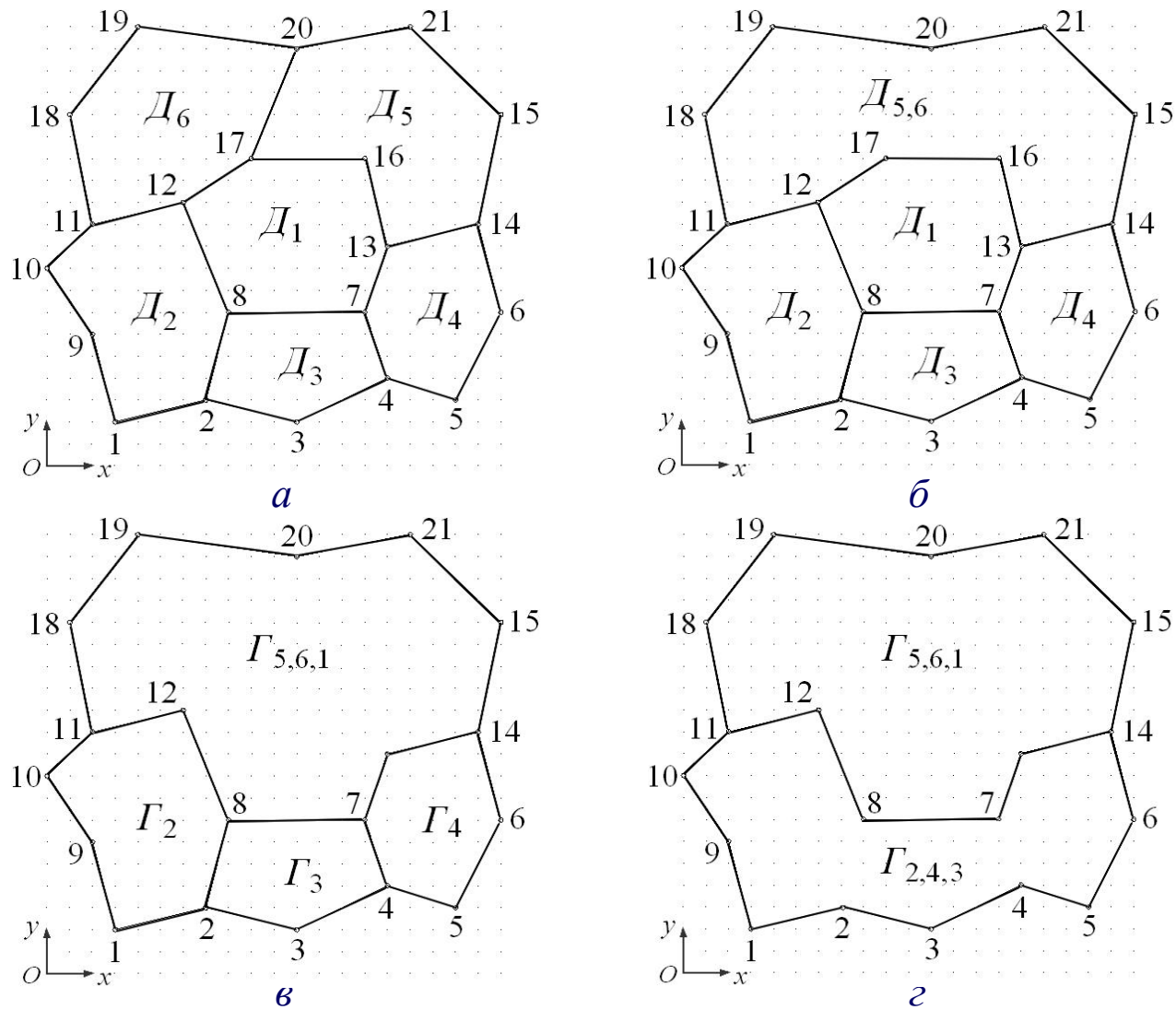


Рис. 5. Процес виникнення та розпаду кластера:  
*a* – план земельних ділянок; *б* – інтегрована ділянка  $D_{5,6}$ ;  
*в* – об'єднана громада  $\Gamma_{5,6,1}$ ; *г* – розпад досліджуваного кластера

Деяку вихідну інформацію містить табл. 2.

Опрацьовувані соціально-економічні фактори Таблиця 2

Громада	$\Gamma_1$	$\Gamma_2$	$\Gamma_3$	$\Gamma_4$	$\Gamma_5$	$\Gamma_6$
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

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

– площ

$$K_1 = D_5 \rightarrow D_6 \rightarrow D_1 \rightarrow D_2 \rightarrow D_4 \rightarrow D_3, \quad (29)$$

– населення

$$K_2 = D_1 \rightarrow D_6 \rightarrow D_2 \rightarrow D_4 \rightarrow D_5 \rightarrow D_3, \quad (30)$$

– соціальних потреб

$$K_3 = D_1 \rightarrow D_6 \rightarrow D_4 \rightarrow D_5 \rightarrow D_2 \rightarrow D_3, \quad (31)$$

– податкових зборів

$$K_4 = D_1 \rightarrow D_6 \rightarrow D_2 \rightarrow D_5 \rightarrow D_4 \rightarrow D_3, \quad (32)$$

– інвестицій

$$K_5 = D_1 \rightarrow D_6 \rightarrow D_2 \rightarrow D_3 \rightarrow D_5 \rightarrow D_4. \quad (33)$$

На рис. 5,б для послідовності (29) показано створену інтегровану ділянку  $D_{5,6}$ , а на рис. 5,в – об'єднану громаду  $\Gamma_{5,6,1}$ .

Розглянуто формування динамічних організаційних структур для процесів (29) ... (34). Рис. 5,*a* відповідає початкова ієрархічна структура  $K$  кластеризації, наведена на рис. 6, де маємо стадію *агломерації* етапу *виникнення* кластера. Наступна стадія *створення кластера* характеризується обранням його центра як найбільш доречної громади та початком інтеграції. У варіанті  $K_1$  вихідна громада  $\Gamma_5$ , тобто ділянка  $D_5$ . За викладеною у другому розділі дефініцією ієрархічних організаційних структур граф рис. 6 подається в зображеному на рис. 7 вигляді.

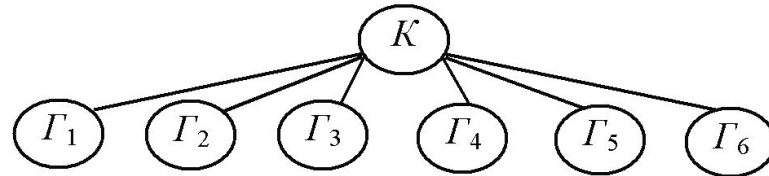


Рис. 6. Початкова організаційна кластерна структура

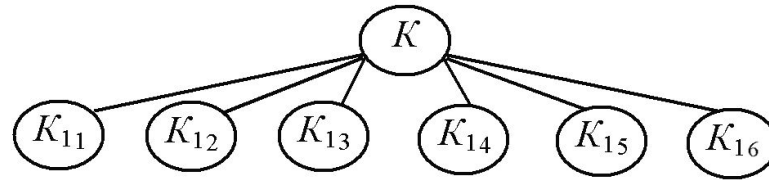


Рис. 7. Організаційна структура з визначеною послідовністю кластеризації

На основі послідовності (29)

$$\begin{aligned}
 K_{11} &= \Gamma_5, & K_{12} &= \Gamma_6, & K_{13} &= \Gamma_1, \\
 K_{14} &= \Gamma_2, & K_{15} &= \Gamma_4, & K_{16} &= \Gamma_3.
 \end{aligned}
 \tag{34}$$

На підставі запропонованого способу представлення ієрархічних організаційних структур для графа рис. 7 та даних (34) маємо

$$0, 0, 0, 0, 0, 0 \tag{35}$$

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

$$\begin{aligned} K_{1_1} &= (K_{2_1}, K_{2_2}) = (\Gamma_5, \Gamma_6), & K_{1_2} &= \Gamma_1, \\ K_{1_3} &= \Gamma_2, & K_{1_4} &= \Gamma_4, & K_{1_5} &= \Gamma_3. \end{aligned} \tag{36}$$

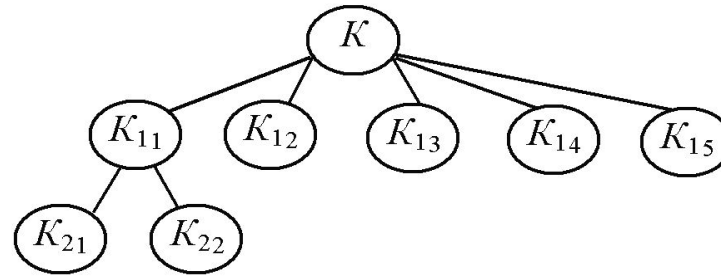


Рис. 8. Організаційна структура початкової стадії розвитку кластера

Ієрархічна модель рис. 8 із застосуванням множин (36) подається у вигляді

$$2, 0, 0, 0, 0 \tag{37}$$

За аналогією відтворюється організаційна структура (рис. 9) і для приведеної на рис. 5,в стадії формування об'єднаної громади  $\Gamma_{5,6,1}$ . У даному випадку

$$\begin{aligned} K_{1_1} &= (K_{2_1}, K_{2_2}, K_{2_3}) = (\Gamma_5, \Gamma_6, \Gamma_1), \\ K_{1_2} &= \Gamma_2, & K_{1_3} &= \Gamma_4, & K_{1_4} &= \Gamma_3. \end{aligned} \tag{38}$$

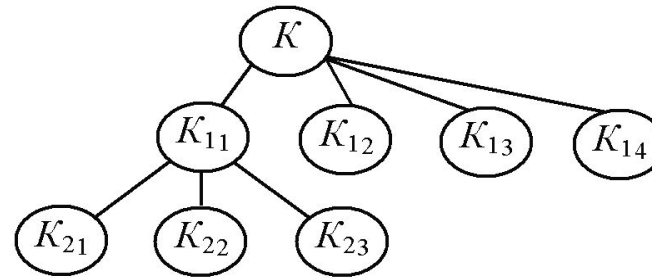


Рис. 9. Продовження розвитку кластера

Кортежі (38) по відношенню до (36) моделюють динамічний процес розвитку кластера, що відображує змінювана його організаційна структура. Етап зрілості ілюструє рис. 10.

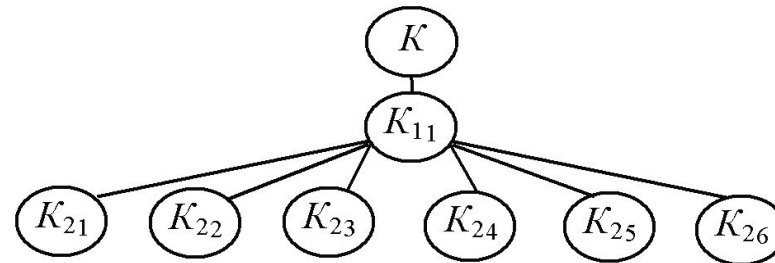


Рис. 10. Організаційна структура на етапі зрілості кластера

При цьому

$$\begin{aligned}
 K_{11} &= (K_{21}, K_{22}, K_{23}, K_{24}, K_{25}, K_{26}) = \\
 &= (\Gamma_5, \Gamma_6, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_4, \Gamma_3).
 \end{aligned}
 \tag{39}$$

З моменту (39) кластер переходить до свого статичного функціонування.



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

У випадку рис. 11 на першому ієрархічному рівні маємо

$$K_1 = (K_{1,i})_{i=1}^2, \tag{40}$$

на другому

$$K_2 = (K_{2,i})_{i=1}^9, \tag{41}$$

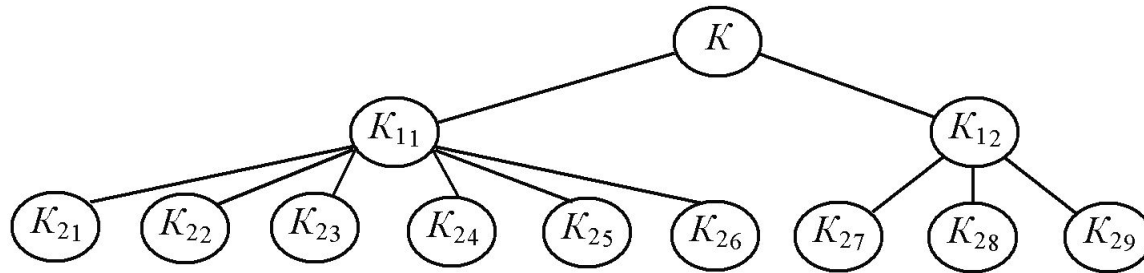


Рис. 11. Вхідження досліджуваного кластера  $K_{11}$  до нової організаційної структури  $K$

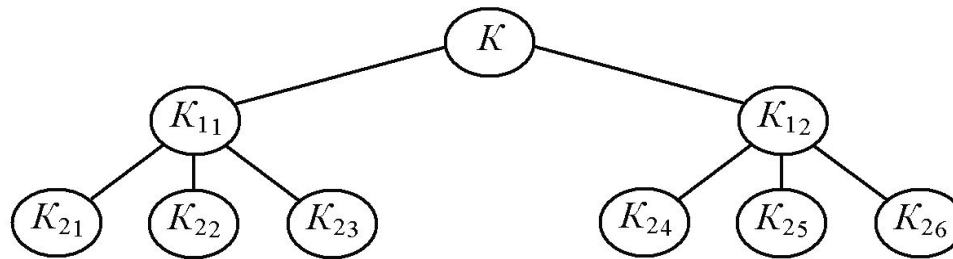


Рис. 12. Поділ досліджуваного кластера

Перші шість складових (41) відповідають множині (39), решта належать новій структурі ієрархічна модель рис. 11 із застосуванням виразів (40) і (41) визначається наступним чином

$$6, 3; 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 \tag{42}$$

Для рис. 12 маємо

$$K_{11} = (K_{21}, K_{22}, K_{23}) = (\Gamma_5, \Gamma_6, \Gamma_1), \quad K_{12} = (K_{24}, K_{25}, K_{26}) = (\Gamma_2, \Gamma_4, \Gamma_3). \quad (43)$$

Кортежі (43) свідчать, що кластер (39) поділився. Це підтверджує графіка рис. 5, з.

На прикладі послідовностей (29) ... (33) виконано оптимізаційні розрахунки визначення кращої з них, яка забезпечує максимальний економічний ефект. Обчислення спираються на поданий математичний апарат, використовують у якості вихідних даних довідкову інформацію стосовно змінювання витрат, зборів та інвестицій при різних варіантах кластеризації.

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

$$K = (K_i)_{i=1}^{N_K}, \quad (44)$$

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

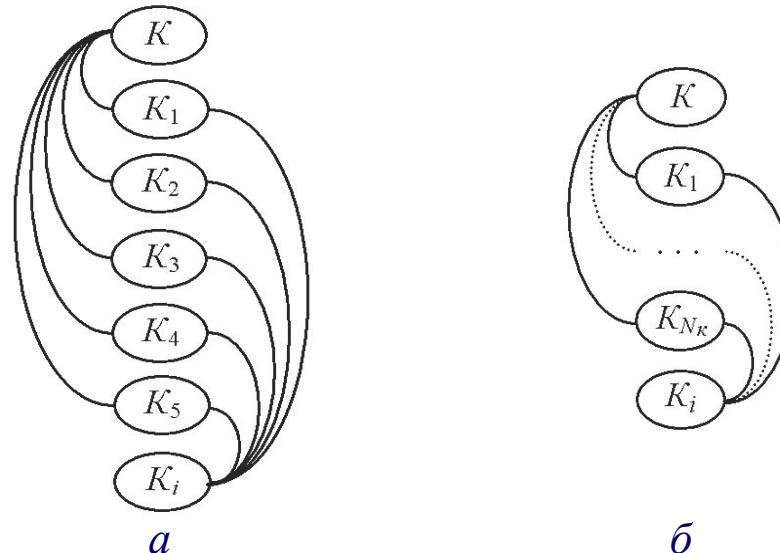


Рис. 13. Структурно-параметричні моделі варіантів кластеризації  $K$

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

$$\begin{aligned} K_1 &= 15,9 \text{ млн. грн.}, & K_2 &= 22,7 \text{ млн. грн.}, & K_3 &= 18,6 \text{ млн. грн.}, \\ K_4 &= 8,1 \text{ млн. грн.}, & K_5 &= 15 \text{ млн. грн.} \end{aligned} \quad (45)$$

Як видно з виразів (45), найбільш доречна послідовність  $K_2$ , тобто в порядку зменшення населення громад.

Проаналізовано приклади моделювання типових організаційних структур за допомогою запропонованого математичного апарату. На рис. 14 показано загальний вигляд лінійної організаційної структури управління.

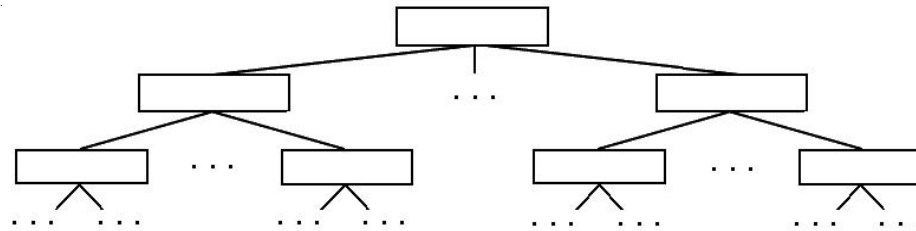


Рис. 14. Загальний вигляд лінійної організаційної структури

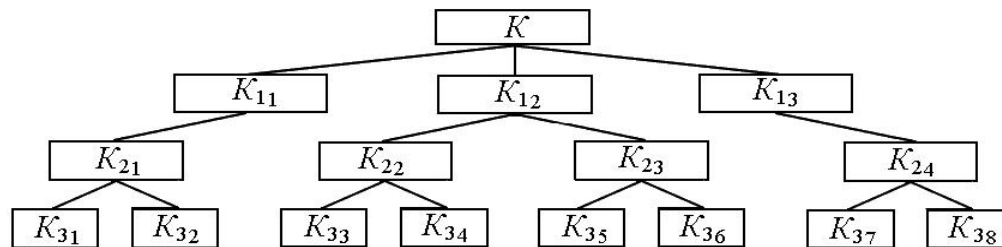


Рис. 15. Лінійна організаційна структура

Для прикладу рис. 15 маємо наступний опис ієрархічної структури.  
 Число ієрархічних рівнів

$$m=3. \tag{46}$$

На підставі множин (23)

$$K_1 = (K_{1,i})_{i=1}^{l_1} = (K_{1,i})_{i=1}^3, \quad K_2 = (K_{2,i})_{i=1}^{l_2} = (K_{2,i})_{i=1}^4, \tag{47}$$

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

Згідно з виразом (24) для об'єктів, визначених співвідношеннями (46) та (47), записуємо

$$1, 2, 1; 2, 2, 2, 2; 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 \tag{48}$$

Кортежі (47) та послідовність (48) свідчать про компактне представлення структури рис. 15, що важливо для продуктивного комп'ютерного моделювання.

Загальний вигляд функціональної організаційної структури подано на рис. 16.

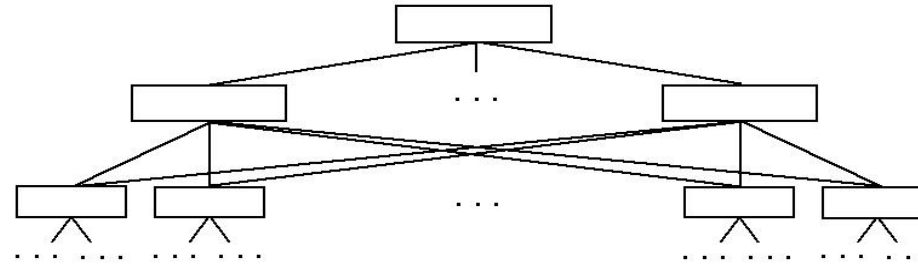


Рис. 16. Загальний вигляд функціональної організаційної структури

Для її кодування застосовано прийоми структурно-параметричної методології, що полягають у поділі вихідного об'єкта на належне число складових, для представлення яких використовується розроблений спосіб.

Рис. 18 ілюструє розбиття на дві частини схеми рис. 17, визначення яких реалізується аналогічно розглянутому вище.

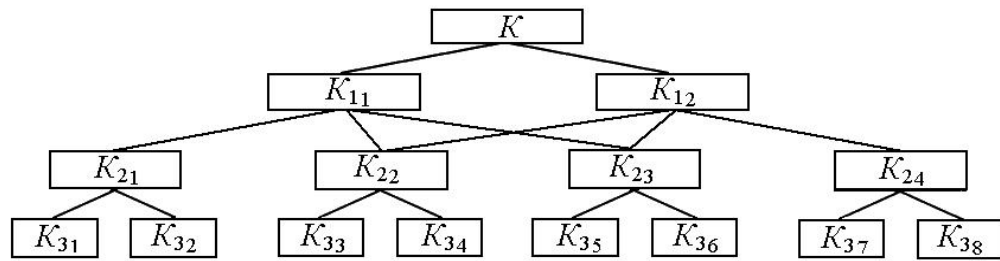


Рис. 17. Приклад функціональної організаційної структури

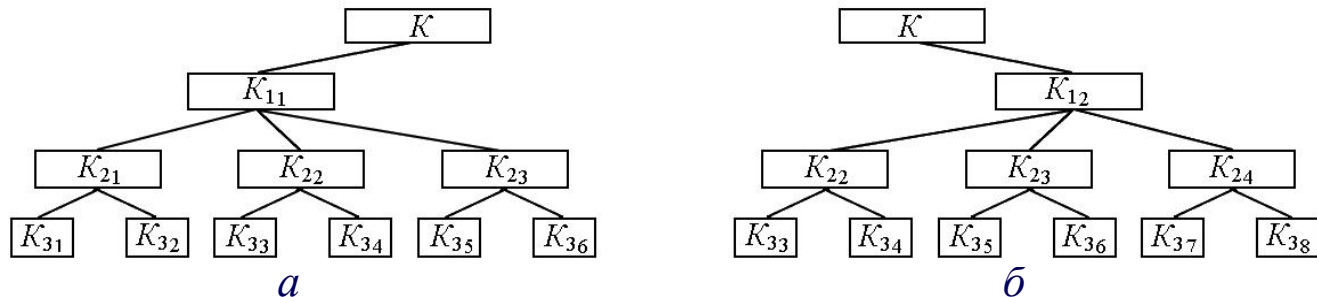


Рис. 18. Поділ структури, зображеної на рис. 17:  
 а – частина 1; б – частина 2

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

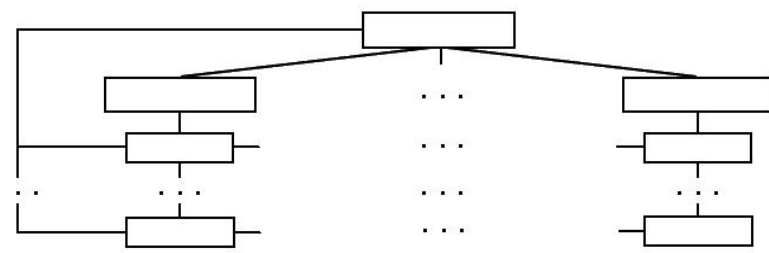


Рис. 19. Загальний вигляд типової матричної структури

Приклад матричної структури наведено на рис. 20.

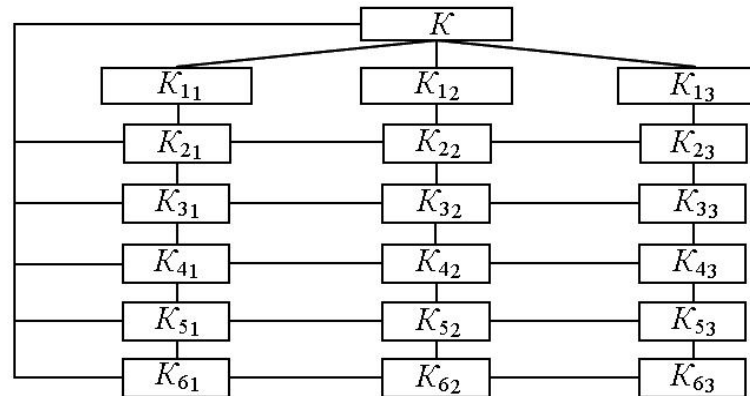


Рис. 20. Матрична організаційна структура

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

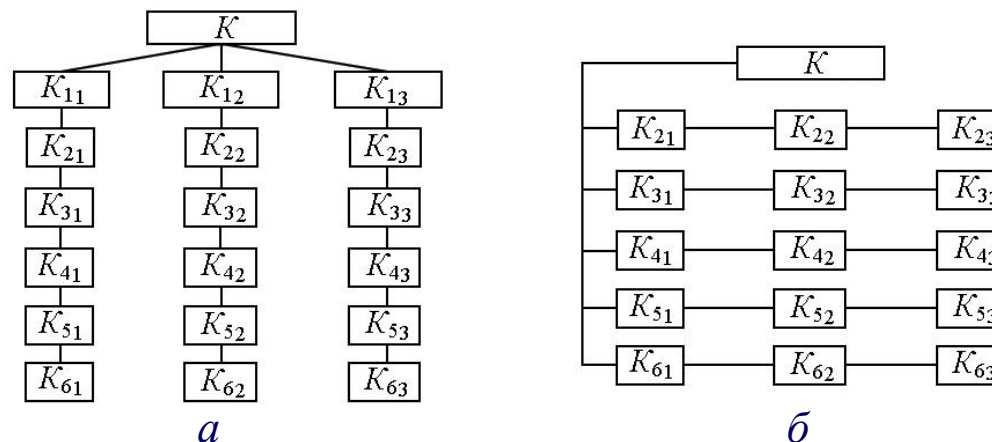


Рис. 21. Поділ структури, зображеної на рис. 20:  
*a* – частина 1; *б* – частина 2

Кількість ієрархічних рівнів для вертикальних зв'язків

$$m=6. \quad (49)$$

Для них на базі множин (23)

$$\begin{aligned} K_1 &= (K_{1,i})_{i=1}^3, \quad K_2 = (K_{2,i})_{i=1}^3, \quad K_3 = (K_{3,i})_{i=1}^3, \\ K_4 &= (K_{4,i})_{i=1}^3, \quad K_5 = (K_{5,i})_{i=1}^3, \quad K_6 = (K_{6,i})_{i=1}^3. \end{aligned} \quad (50)$$

Згідно з виразом (24) для об'єктів, визначених формулами (49) і (50), маємо

$$1, 1, 1; 1, 1, 1; 1, 1, 1; 1, 1, 1; 1, 1, 1; 0, 0, 0 \quad (51)$$

Число ієрархічних рівнів для горизонтальних зв'язків

$$m=3. \quad (52)$$

Для них на основі множин (23)

$$K_1 = (K_{i,1})_{i=2}^6, \quad K_2 = (K_{i,2})_{i=2}^6, \quad K_3 = (K_{i,3})_{i=2}^6. \quad (53)$$

Відповідно до співвідношення (24) для об'єктів (52) та (53) одержимо

$$1, 1, 1, 1, 1; 1, 1, 1, 1, 1; 0, 0, 0, 0, 0 \quad (54)$$

Повторювані елементи кортежів (50) і (53) мають подвійне підпорядкування

$$(K_{i,1})_{i=2}^6, \quad (K_{i,2})_{i=2}^6, \quad (K_{i,3})_{i=2}^6. \quad (55)$$

Це також демонструє рис. 20. Множини (50), (53) та послідовності (51), (54) підтверджують компактність визначення модельованої структури.

Таким чином, у даному розділі на конкретних прикладах проілюстровано практичне використання розробленого математичного апарату.

### 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. Це сприятиме оптимізації вирішення таких актуальних питань як створення об'єднаних територіальних громад, удосконалення державного управління та ін.

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

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

6. *Впроваджено* отримані наукові результати в **ТОВ «Північно-український будівельний альянс»**, **ТОВ «Буд-оптіма констракшен»** та **БНЕС Центрі КНУБА**, чим доведено їх практичну значущість..



Підведено підсумки виконаної наукової праці, розглянуто поставлені на її початку завдання та здійснено критичний аналіз їх реалізації. На основі зазначених фактів окреслено перспективні напрямки подальшого розвитку обраної тематики.

Приділено увагу вдосконаленню існуючих та розроблянню нових наукових положень, способів, прийомів, алгоритмів і моделей, а також розширенню їх використання на практиці.

У теоретичному плані важливе формування більш довершених геометричних моделей 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 покращать наочність проектування та отримувані належні результати.

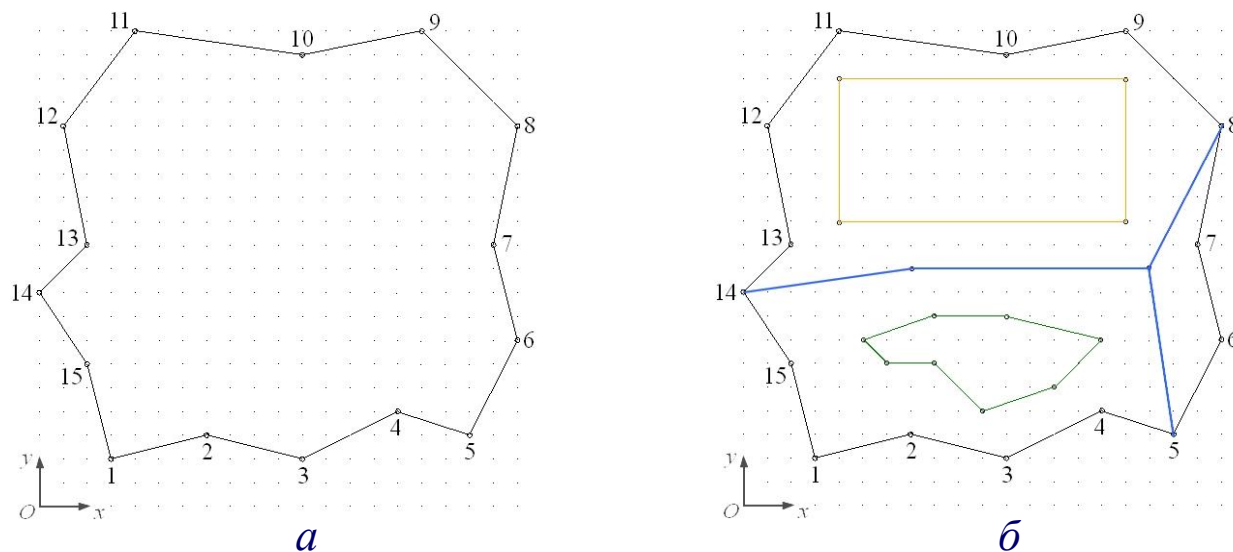


Рис. 22. Приклад удосконалення застосовуваних геометричних фігур для відтворення земельних ділянок:  
*а* – багатокутник; *б* – складений об'єкт

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

. З практичної точки зору 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 і т. д. для отримання з них актуальної для проведення кластеризації проектної інформації. Це теж покращує якість прийнятих рішень.

Доцільно поширити напрацьований підхід крім 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.

### 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 підвищує ефективність вирішення питань інноваційної територіальної соціально-економічної кластеризації.

2. *Окреслено* базові напрямки розвитку теоретичних положень. 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, що приймаються.

4. *Показано* перспективність упровадження запропонованих способів й алгоритмів у середовище сучасних комп'ютерних інформаційних систем, що розширює сфери 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, галузі промисловості та сфери життєдіяльності людей. Це забезпечить отримання належного практичного ефекту та подальше вдосконалення відповідних теоретичних наукових положень за рахунок їх більш ґрунтовної апробації.

1. *Виконано* аналіз сучасного стану геометричного моделювання організаційних структур, що дозволило виявити існуючі проблемні питання стосовно інноваційної територіальної соціально-економічної кластеризації. Це сприяло 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, які дозволяють наочно й динамічно відображувати змінювання опрацьовуваних територіальних кластерів та їх організаційних структур протягом усього життєвого циклу, пристосовані для реалізації в середовищі сучасних комп'ютерних інформаційних систем.

5. *Здійснено* впровадження отриманих 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 навчальний 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. Це сприяє підвищенню ефективності опрацювання питань інноваційної територіальної соціально-економічної кластеризації.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!