

УДК 514.18

**ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ
КЛАСТЕРІВ ЗАСОБАМИ ДИСКРЕТНОЇ ГЕОМЕТРІЇ**

Микитась М.В., к.е.н.,

Якусевич А.Г.,*

Скочко В. І., к.т.н.**

*Київський національний університет будівництва і архітектури
(Україна)*

Однією з найбільш гострих проблем, що вирішуються в рамках оптимізації процесів взаємодії між різноманітними суб'єктами ринкових відносин, є вибір та об'єднання цих суб'єктів за деякими спільними ознаками або характеристиками в робочі групи для спільного виконання поставлених завдань та одержання максимального позитивного ефекту від такої взаємодії. Відповідні об'єднання можуть набувати нових виняткових властивостей завдяки синергетичному ефекту та представляють собою кластери. Якщо мова йде про об'єднання організаційних структур з метою покращення якості управління ними та створення осередків ефективного виконання окремих видів виробничих процесів (або їх комплексу), то відповідні утворення можна віднести до кластерних організаційних структур.

Проблематика ефективного утворення кластерних організаційних структур є дуже гострою, оскільки, в більшості випадків, підвищенню ефективності виробничих процесів перешкоджають не технологічні недоліки використовуваного при цьому обладнання та матеріально-технічної бази у цілому, а неоптимальні (й часом непродумані) управлінські рішення. Особливо відчутною дана проблематика стає у галузі організації будівельного виробництва.

В даній роботі пропонується новий підхід до формування організаційних кластерів у вигляді повнозв'язних графів на секторальній діаграмі, до кожного сектору якої у процесі вирішення повинні увійти найбільш близькі за досвідом та ефективністю виконання споріднених робіт організації, що надалі спільно працюватимуть над визначеною відповідним сектором множиною проектів та/або завдань. Кожній вершині графу пропонується ставити у відповідність одну організацію із переліку потенційних

* Науковий керівник – д.т.н., проф. Плоский В.О.

** Науковий консультант – д.т.н., проф. Плоский В.О.

виконавців, а інтенсивність очікуваної взаємодії між ними описувати відповідними коефіцієнтами. В процесі розрахунку кожна вершина приймає деяке урівноважене під дією зовнішніх впливів та сил взаємодії положення. За координатами кожного вузла визначається сектор (кластер), до якого відповідна організація входить для забезпечення максимальної ефективності роботи даного кластера.

Ключові слова: кластеризація, організаційні структури, повнозв'язні графи, дискретне моделювання.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день одним із ключових питань будівельної галузі є дотримання сучасних нормативних вимог при проектуванні та зведенні житлових та громадських будівель. З огляду на тенденцію до перманентної гармонізації європейських будівельних норм та стандартів із подальшою їх імплементацією в державну нормативну базу, на перший план виходять задачі ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів на потреби енергозабезпечення об'єктів житлово-комунальних господарств, а також впровадження високорівневих технологій проектування й зведення будівель і споруд. Слід додати, що в умовах серйозної залежності нашої держави від імпортованих паливно-енергетичних ресурсів та гострої недостачі кваліфікованих фахівців у галузі проектування й будівництва із використанням сучасних технологій (в тому числі BIM-технологій та передових засобів чисельного моделювання фізичних процесів, що протікають у елементах будівель протягом усього їх життєвого циклу), нормативно-правові й регуляторні аспекти дотримання вимог до енергетичної ефективності будівель та якості проектних і будівельно-монтажних робіт виходять на перший план, активізуючи роботу проектних організацій, розробників проектного програмного забезпечення, виробників енергоефективних матеріалів, конструкцій, виробів і обладнання, а також будівельних компаній та підрядних організацій.

Очевидно, що при правильному розподілі напрямків та обсягів передпроектних, проектних, підготовчих, супровідних та будівельно-монтажних робіт, над відповідними обсягами працюватимуть виключно профільні досвідчені виконавці й, як наслідок, ймовірність виникнення неефективних або помилкових рішень буде апріорно виключена, а значить робочому процесу буде притаманна потоковість, стабільність та максимальна швидкість виконання. А оскільки, розв'язання завдань енергозбереження та оптимізації будівельно-виробничих процесів повинне попередити небезпечні (або згідно деяких менш оптимістичних прогнозів – незворотні) екологічні явища, а також має прямі економічні та соціальні ефекти, слід

застосовувати для вирішення цих завдань комплексні системні підходи, що враховуватимуть усі аспекти взаємодії та характеристики потенційних виконавців.

Відтак, розглянемо більш детально задачу кластеризації суб'єктів ринкових відносин у будівельному секторі надання послуг, пов'язаних із енергоефективністю та впровадженням сучасних проектно-будівельних технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день більшість досліджень, присвячених кластеризації, як в організаційно-технічних, так і у фінансово-економічних задачах, розглядають процес формування кластерів, як багатопараметричне ранжування (сортування) досліджуваних множин проектів, суб'єктів господарювання, або будь-яких інших видів елементів складних систем [1 – 5]. При цьому, об'єднання окремих елементів у кластери відбувається на основі відбору за деякими наперед визначеними ознаками (наприклад, економічними, екологічним, соціальними та іншими показниками або досвідом участі у проектах із однаковою специфікою їх реалізації). В той же час, не враховуються взаємний вплив елементів кластерів одні на одних, що може перешкоджати об'єктивній оцінці результатів кластеризації, оскільки при такому підході у не можливо передбачити наслідки значної конкуренції або конфліктів інтересів між окремими елементами системи.

Формулювання мети статті. Створення моделі утворення організаційних кластерів, елементи яких об'єднуюватимуться за визначеними ключовими ознаками та забезпечуватимуть максимально ефективне й економічно доцільне виконання виробничих процесів, орієнтованих на енергозбереження у будівництві.

Дане завдання у математичному формулюванні може бути представлено наступним чином.

Нехай існує деяка множина з m проектів, які необхідно виконати. Нехай Ω є визначена множина Ω ключових рис, якими характеризуються проекти й відображають специфіку наслідків від їх впровадження. Нехай існує n зацікавлених сторін – потенційних виконавців робіт по усіх наявних проектах – кожен з яких має відомий досвід та ступінь ефективності виконання різних видів проектів, що оцінюються вище зазначеними притаманними їм ключовими рисами (в якості рис слід розглядати вид ефекту від впровадження проектів). Необхідно визначити, яким із зацікавлених сторін слід доручити виконання яких із множини m проектів.

Основна частина. Розділимо усі m проектів на Ω підмножин, об'єднуючи проекти у підмножини за принципом обрання однієї з Ω ключових рис в якості найбільш вагомого ефекту від реалізації кожного проекту з даної підмножини.

Оцінимо кожного з n потенційних виконавців тих чи інших робіт на предмет того, досвіду виконання проектів з якими основними рисами найбільше у відповідного виконавця. Позначимо чисельний показник такого h -того досвіду для деякого i -го виконавця як $b_{i,h}$. Після того, як кожен із потенційних виконавців отримає відповідне значення по кожній характеристиці, необхідно перетворити ці значення у відсоткові показники таким чином, щоб сума усіх показників усіх проектів дорівнювала 100%. Приведення від натуральних (чисельних) $b_{i,h}$ до відсоткових $a_{i,h}$ показників повинне здійснюватися за наступною формулою:

$$a_{i,h} = \left(b_{i,h} / \sum_{g=1}^n b_{g,h} \right) \cdot 100\%, (h = 1, 2, \dots, \Omega) . \quad (1)$$

В такому разі, виконується й наступна вимога:

$$\sum_{i=1}^n a_{i,h} = 100\%, (h = 1, 2, \dots, \Omega) . \quad (2)$$

Наприклад, якщо є три виконавця, кожен з яких має досвід виконання 10-ти, 7-ми й 5-ти проектів із однаковими ключовими рисами, то у відсотковому представленні їх відносна (відносно один одного) ефективність виконання даних проектів буде відповідати показникам, наведеним у таблиці 1.

Таблиця 1

Показники ефективності виконання проектів із однаковими рисами трьома різними виконавцями із різним досвідом

Виконавці	$b_{i,h}$, шт.	$a_{i,h}$, %
№1	10	45.45 %
№2	7	31.82 %
№3	5	22.73 %

Маючи, відсоткову оцінку ефективності виконання різних видів проектів, об'єднаних за різними ключовими ознаками, побудуємо секторальну діаграму з кількістю секторів, що відповідає кількості характеристик і підмножин Ω , при чому, можливе додаткове внутрішнє розбиття окремих секторів на підсектори окремих проектів, які можуть бути ближчими чи віддаленішими від сусідніх укрупнених секторів. Відповідно, таке розбиття може бути виконане як рівномірним, так і у відсотковому співвідношенні по кількості проектів у підмножинах, що входять у підсектори. В останньому випадку сектори матимуть не однаковий, а різні кути.

Побудуємо неорієнтований граф виконавців на відповідній секторальній діаграмі (рис. 3). Вершини графа розділимо на два типи:

1) Із невідомими положеннями (можуть змінювати своє положення на діаграмі) – ті, що відповідають n потенційним

ВИКОНАВЦЯМ.

2) Із відомими й незмінними положеннями (не можуть змінювати своє положення на діаграмі) – ті, що відповідають спільним рисам підмножин Ω .

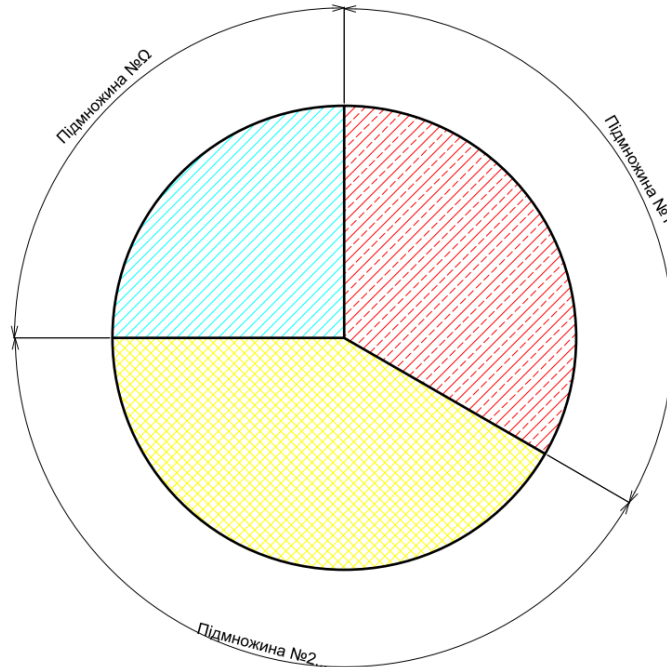


Рис.1. Секторальна діаграми підмножин проектів

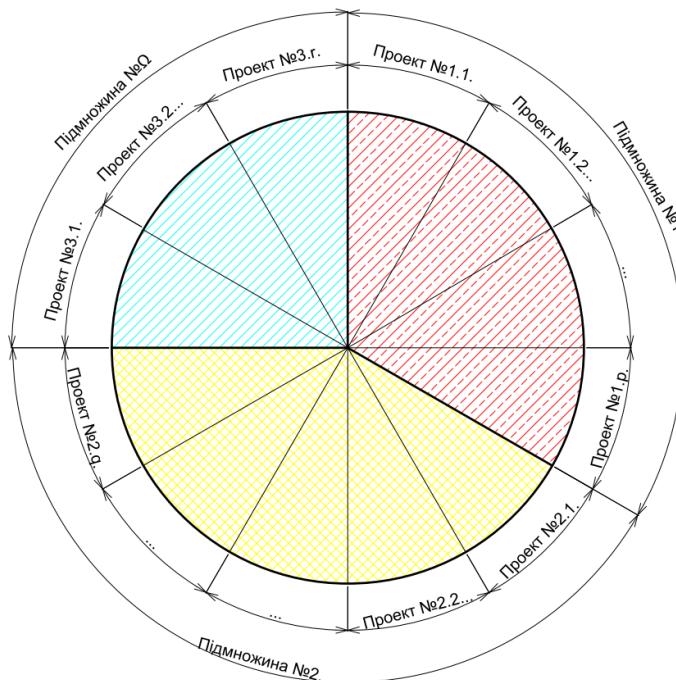


Рис.2. Секторальна діаграми підмножин проектів із розбиттям на окремі проекти

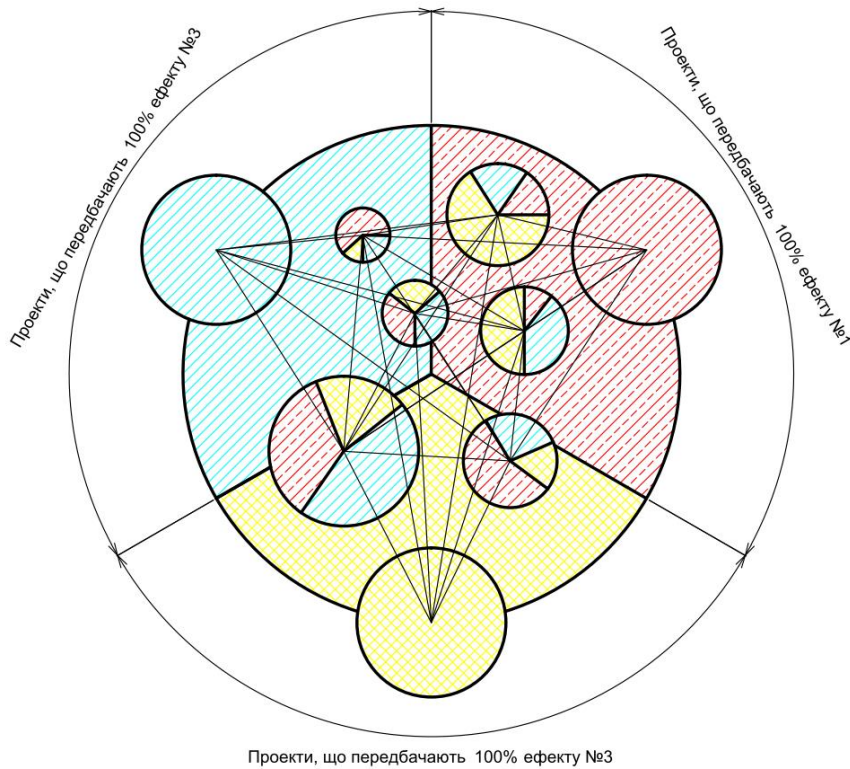


Рис.3. Неорієнтований граф на секторальній діаграмі

Задаємо показники умовної інтенсивності взаємодії $k_{i,j}$ між усіма потенційними виконавцями, як між вершинами побудованого графа, шляхом додавання усіх відсоткових показників по кожній характеристиці (спільній рисі) кожного потенційного виконавця (вершини графа):

$$k_{i,j} = \sum_{h=1}^{\Omega} (a_{i,h} + a_{j,h}). \quad (3)$$

Тут: $a_{i,h}$ та $a_{j,h}$ – відповідні h -ті показники ефективності виконання проектів зі спільними рисами потенційного i -го та j -го виконавців.

Тепер необхідно визначитися із тим, як взаємодіятимуть між собою вершини побудованого графа. Так як граф буде розміщено на площині, в результаті формування кластерів кожен вузол займе деяке положення у двовимірній системі координат. Тоді, для максимального спрощення форми взаємозв'язку між вершинами, запишемо вектор впливу довільної i -ї на j -ту вершини у наступному вигляді:

$$\bar{\gamma}_{i,j} = \gamma_{x_{i,j}} \cdot \bar{e}_x + \gamma_{y_{i,j}} \cdot \bar{e}_y, \quad (4)$$

де векторні компоненти зв'язку, що характеризуватиме інтенсивність взаємодії між двома потенційними виконавцями (яким відповідають i -та та j -та вершини) становитимуть:

$$\gamma_{x_{i,j}} = k_{i,j} \cdot (x_j - x_i), \quad (5)$$

$$\gamma_{x_{i,j}} = k_{i,j} \cdot (x_j - x_i), \quad (6)$$

де x_i та y_j – координати місцезнаходження потенційного виконавця робіт на секторальній діаграмі.

Тепер задаємо компоненти сили стороннього впливу i -го виконавця на j -го. В якості математичної закономірності, що описуватиме відповідний вплив можна обрати декілька варіантів побудови векторних полів (в залежності від очікуваного характеру взаємодії при наближенні окремих вершин графу одна до одної) [6–9]:

$$\bar{F}_{i,j} = F_{x_{i,j}} \cdot \bar{e}_x + F_{y_{i,j}} \cdot \bar{e}_y, \quad (7)$$

де компоненти даної сили, залежно від обраної теорії взаємодії представлятимуть собою:

1) аналог сил притягіння / відштовхування двох об'єктів з масами $a_{i,h}$ та $a_{j,h}$ відповідно:

$$F_{x_{i,j}} = G_{i,j} \cdot [(x_j - x_i)/r_{i,j}] \cdot (a_{i,h} \cdot a_{j,h})/r_{i,j}^2, \quad (8)$$

$$F_{y_{i,j}} = G_{i,j} \cdot [(y_j - y_i)/r_{i,j}] \cdot (a_{i,h} \cdot a_{j,h})/r_{i,j}^2, \quad (9)$$

де $r_{i,j}$ – відстань між i -ю та j -ю вершинами графа:

$$r_{i,j} = ((x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2)^{1/2}, \quad (10)$$

а $G_{i,j}$ – коефіцієнт сили взаємного впливу потенційних виконавців, що є аналогом гравітаційної сталої сил тяжіння. Даний коефіцієнт може бути як від'ємним так додатнім в залежності від того, чи зацікавлені потенційні виконавці у співробітництві над спільними проектами при формуванні відповідних множин (груп співвиконавців). Введення даного коефіцієнту може стати ключовим аспектом об'єктивності роботи моделі, оскільки дозволить врахувати питання, пов'язані із взаємними відносинами окремих потенційних виконавців, що без урахування сили впливу одні на одних можуть потрапити до однієї множини. При цьому може виникнути неочікуваний конфлікт інтересів або надмірна конкуренція між двома або більше потенційними виконавцям, що призведе до погіршення роботи усіх елементів кластеру й, як наслідок, його неефективності (контрпродуктивності);

2) аналог сил впливу псевдоджерел векторного поля (що розміщені у вершинах графа) з коефіцієнтами пропорційності $a_{i,h}$ та $a_{j,h}$:

$$F_{x_{i,j}} = 2 \cdot G_{i,j} \cdot a_{i,h} \cdot (x_j - x_i)/r_{i,j}, \quad (11)$$

$$F_{y_{i,j}} = 2 \cdot G_{i,j} \cdot a_{i,h} \cdot (y_j - y_i)/r_{i,j}; \quad (12)$$

3) нормалізовані сил впливу гравітаційного характеру або псевдоджерел векторного поля, що визначатимуться за наступними формулами:

$$\bar{\mathbf{f}}_{i,j} = f_{x_{i,j}} \cdot \bar{\mathbf{e}}_x + f_{y_{i,j}} \cdot \bar{\mathbf{e}}_y, \quad (13)$$

де, векторні компоненти визначатимуться за формулами:

$$f_{x_{i,j}} = d(x, y) \cdot F_{x_{i,j}} / \sqrt{F_{x_{i,j}}^2 + F_{y_{i,j}}^2}, \quad (14)$$

$$f_{y_{i,j}} = d(x, y) \cdot F_{y_{i,j}} / \sqrt{F_{x_{i,j}}^2 + F_{y_{i,j}}^2}. \quad (15)$$

Тут $d(x,y)$ – це функція, що описуватиме характер зростання або спадання сил взаємного притягіння чи відштовхування при зближенні двох вершин графу.

Слід зауважити, що при умові нормальних безконфліктних ринкових відносин між потенційними виконавцями, векторні компоненти $F_{i,j}$ можуть бути взагалі відсутніми, або бути сталими, утворюючи однорідне векторне поле:

$$F_{x_{i,j}} = \text{const}_x, \quad (16)$$

$$F_{y_{i,j}} = \text{const}_y. \quad (17)$$

Такий варіант може бути цілком прийнятним, у випадку, якщо необхідно з об'єктивних міркувань змістити загальну множину потенційних виконавців у напрямку одного із секторів проектів, які мають найвищий пріоритет у виконанні, в той час як у більшості виконавців надто мало досвіду виконання проектів із відповідними рисами (ефектами від впровадження).

Визначившись із характером сил взаємодії між елементами майбутніх кластерів можна перейти безпосередньо до вирішення задачі кластеризації, що представлятиме собою геометричну задачу пошуку координат побудованого графу на площині. Координати кожної вершини, що відповідає конкретному виконавцю, належатимуть одному із секторів, а множини вершин, що лежатимуть у відповідних секторах і формуватимуть організаційні кластерні структури.

Місцеположення кожного з множини досліджуваних виконавців на секторальній діаграмі можна буде визначити з векторного рівняння сил взаємодії між потенційними виконавцями та окремими секторами. Для окремого потенційного виконавця таке рівняння матиме наступну форму:

$$\sum_{j=1}^n \bar{\gamma}_{i,j} + \sum_{j=1}^n \bar{\mathbf{F}}_{i,j} = 0. \quad (18)$$

Проекціюючи рівняння (18) на координатні осі, одержимо систему рівнянь для деякої довільної i -ї вершини графа:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n k_{i,j} \cdot (x_j - x_i) + \sum_{j=1}^n F_{x_{i,j}} = 0, \\ \sum_{j=1}^n k_{i,j} \cdot (y_j - y_i) + \sum_{j=1}^n F_{y_{i,j}} = 0. \end{cases} \quad (19)$$

Розв'язуючи систему рівнянь типу (21) для усіх n потенційних виконавців робіт відносно їхніх невідомих координат, одержуємо такий розподіл відповідних виконавців по секторах із підмножинами проектів, який буде оптимальним з точки зору забезпечення ефективності взаємодії виконавців під час роботи над зазначеними проектами. Система (19) може мати високу нелінійність, а значить її розв'язання може вимагати застосування ітераційного числення.

Для більш детальної ілюстрації роботи запропонованого способу кластеризації, розглянемо більш складний приклад із 7-ма потенційними виконавцями й 3-ма крупномасштабними проектами (із різними типами ефектів від їх впровадження: А, В, С). Відсотковий розподіл досвіду реалізації аналогічних проектів цими виконавцями представлено на секторальних діаграмах на рисунках 4, 5 та 6. Вирішення поставленої задачі виконуватимемо у наступному порядку.

1. Будуємо граф, що ілюструватиме зв'язок між потенційними виконавцями та проектами, які необхідно реалізувати. Відповідний граф представлено на рисунку 7.

2. Задаємо координати апріорно зафіксованих вершин графу $A(x_A, y_A)$, $B(x_B, y_B)$ і $C(x_C, y_C)$: $x_A = 14.1$; $y_A = 11.5$; $x_B = 8$; $y_B = 1$; $x_C = 1.9$; $y_C = 11.5$.

3. Для відображення взаємного зовнішнього впливу вершин одна на одну використаємо безвекторну гіпотезу, вважаючи, що діють лише сили взаємодії між вершинами.

4. Визначимо показники умовної інтенсивності взаємодії $k_{i,j}$ між усіма потенційними виконавцями, як між вершинами побудованого графа, за формулою (3).

В результаті розрахунків одержимо:

$k_{1,A} = 114\%$; $k_{1,B} = 133\%$; $k_{1,C} = 106\%$; $k_{1,2} = 108\%$; $k_{1,3} = 97\%$;
 $k_{1,4} = 82\%$; $k_{1,5} = 94\%$; $k_{1,6} = 83\%$; $k_{1,7} = 101\%$; $k_{2,A} = 108\%$; $k_{2,B} = 112\%$;
 $k_{2,C} = 135\%$; $k_{2,1} = 108\%$; $k_{2,3} = 99\%$; $k_{2,4} = 84\%$; $k_{2,5} = 96\%$; $k_{2,6} = 85\%$;
 $k_{2,7} = 103\%$; $k_{3,A} = 117\%$; $k_{3,B} = 114\%$; $k_{3,C} = 113\%$; $k_{3,1} = 97\%$; $k_{3,2} = 99\%$;
 $k_{3,4} = 73\%$; $k_{3,5} = 85\%$; $k_{3,6} = 74\%$; $k_{3,7} = 92\%$; $k_{4,A} = 113\%$; $k_{4,B} = 106\%$;
 $k_{4,C} = 110\%$; $k_{4,1} = 82\%$; $k_{4,2} = 84\%$; $k_{4,3} = 73\%$; $k_{4,5} = 70\%$; $k_{4,6} = 59\%$;
 $k_{4,7} = 77\%$; $k_{5,A} = 119\%$; $k_{5,B} = 111\%$; $k_{5,C} = 111\%$; $k_{5,1} = 94\%$; $k_{5,2} = 96\%$;
 $k_{5,3} = 85\%$; $k_{5,4} = 70\%$; $k_{5,6} = 71\%$; $k_{5,7} = 89\%$; $k_{6,A} = 106\%$; $k_{6,B} = 119\%$;
 $k_{6,C} = 105\%$; $k_{6,1} = 83\%$; $k_{6,2} = 85\%$; $k_{6,3} = 74\%$; $k_{6,4} = 59\%$; $k_{6,6} = 71\%$;
 $k_{6,7} = 78\%$; $k_{7,A} = 123\%$; $k_{7,B} = 105\%$; $k_{7,C} = 120\%$; $k_{7,1} = 101\%$; $k_{7,2} = 103\%$;
 $k_{7,3} = 92\%$; $k_{7,4} = 77\%$; $k_{7,5} = 89\%$; $k_{7,6} = 78\%$.

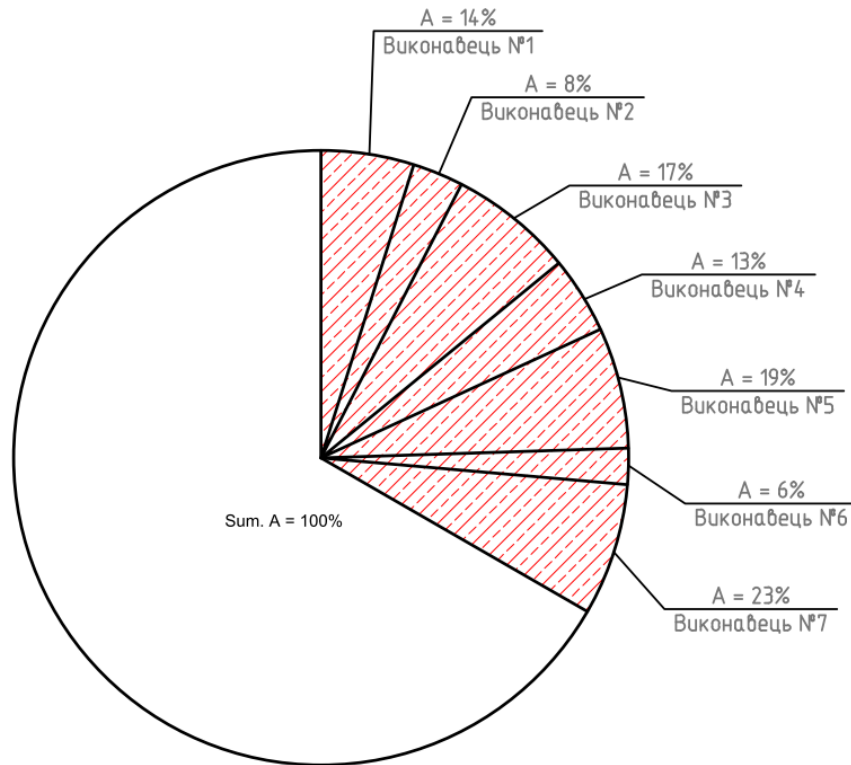


Рис.4. Відсотковий розподіл досвіду реалізації проектів типу А

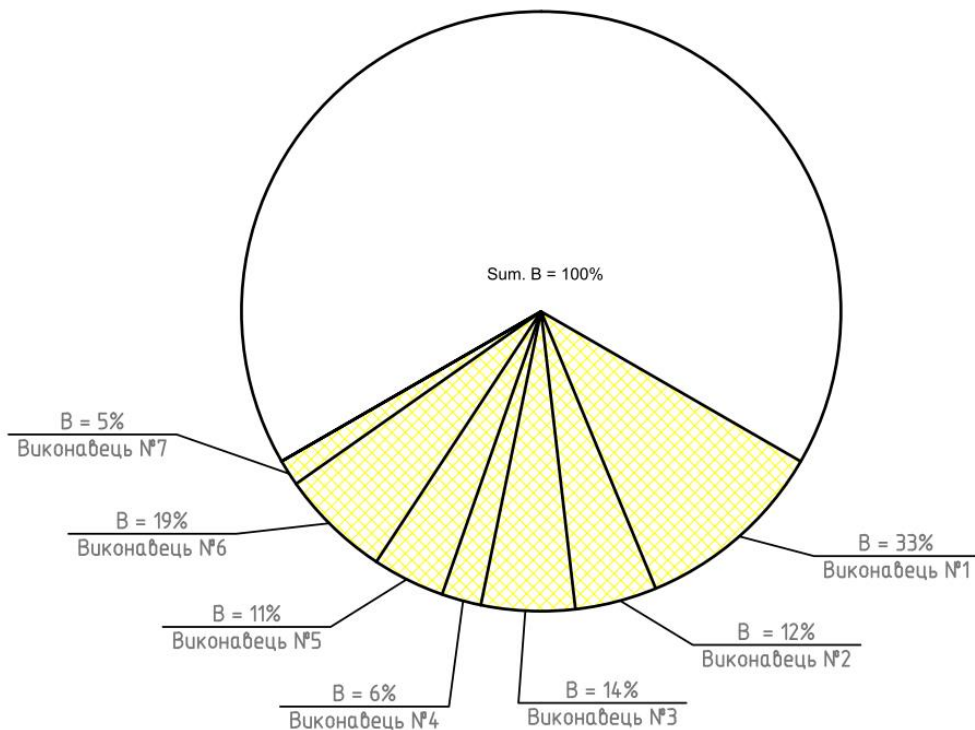


Рис.5. Відсотковий розподіл досвіду реалізації проектів типу В

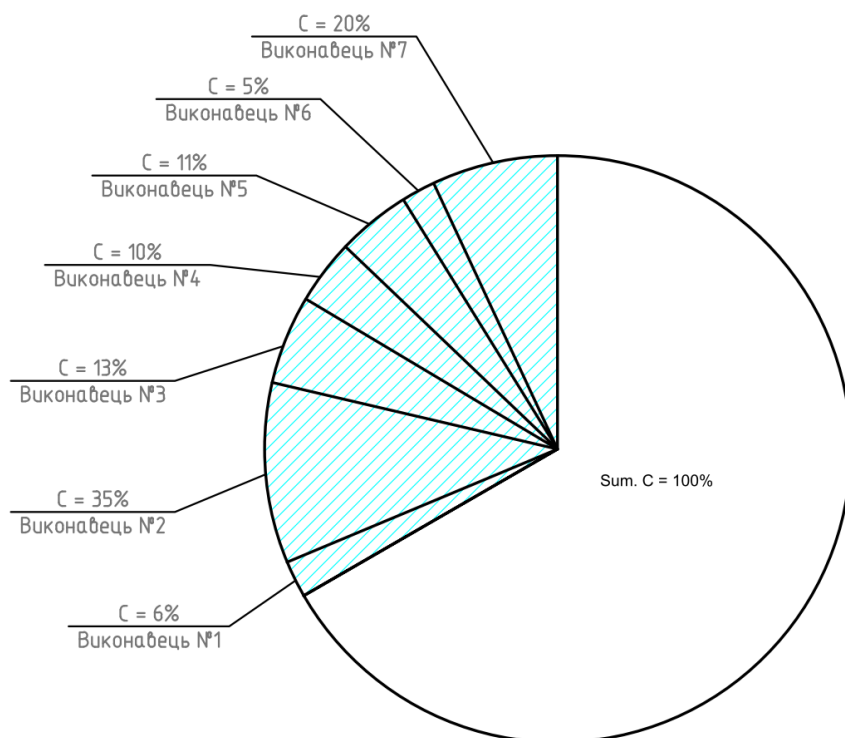


Рис.6. Відсотковий розподіл досвіду реалізації проектів типу С

5. Складаємо систему векторних рівнянь для 7-ми вільних вершин графу. Систем матиме наступний вигляд:

$$\begin{cases}
 \bar{\gamma}_{1,A} + \bar{\gamma}_{1,B} + \bar{\gamma}_{1,A} + \bar{\gamma}_{1,2} + \bar{\gamma}_{1,3} + \bar{\gamma}_{1,4} + \bar{\gamma}_{1,5} + \bar{\gamma}_{1,6} + \bar{\gamma}_{1,7} = 0, \\
 \bar{\gamma}_{2,A} + \bar{\gamma}_{2,B} + \bar{\gamma}_{2,A} + \bar{\gamma}_{2,1} + \bar{\gamma}_{2,3} + \bar{\gamma}_{2,4} + \bar{\gamma}_{2,5} + \bar{\gamma}_{2,6} + \bar{\gamma}_{2,7} = 0, \\
 \bar{\gamma}_{3,A} + \bar{\gamma}_{3,B} + \bar{\gamma}_{3,A} + \bar{\gamma}_{3,1} + \bar{\gamma}_{3,2} + \bar{\gamma}_{3,4} + \bar{\gamma}_{3,5} + \bar{\gamma}_{3,6} + \bar{\gamma}_{3,7} = 0, \\
 \bar{\gamma}_{4,A} + \bar{\gamma}_{4,B} + \bar{\gamma}_{4,A} + \bar{\gamma}_{4,1} + \bar{\gamma}_{4,2} + \bar{\gamma}_{4,3} + \bar{\gamma}_{4,5} + \bar{\gamma}_{4,6} + \bar{\gamma}_{4,7} = 0, \\
 \bar{\gamma}_{5,A} + \bar{\gamma}_{5,B} + \bar{\gamma}_{5,A} + \bar{\gamma}_{5,1} + \bar{\gamma}_{5,2} + \bar{\gamma}_{5,3} + \bar{\gamma}_{5,4} + \bar{\gamma}_{5,6} + \bar{\gamma}_{5,7} = 0, \\
 \bar{\gamma}_{6,A} + \bar{\gamma}_{6,B} + \bar{\gamma}_{6,A} + \bar{\gamma}_{6,1} + \bar{\gamma}_{6,2} + \bar{\gamma}_{6,3} + \bar{\gamma}_{6,4} + \bar{\gamma}_{6,5} + \bar{\gamma}_{6,7} = 0, \\
 \bar{\gamma}_{7,A} + \bar{\gamma}_{7,B} + \bar{\gamma}_{7,A} + \bar{\gamma}_{7,1} + \bar{\gamma}_{7,2} + \bar{\gamma}_{7,3} + \bar{\gamma}_{7,4} + \bar{\gamma}_{7,5} + \bar{\gamma}_{7,6} = 0.
 \end{cases} \quad (20)$$

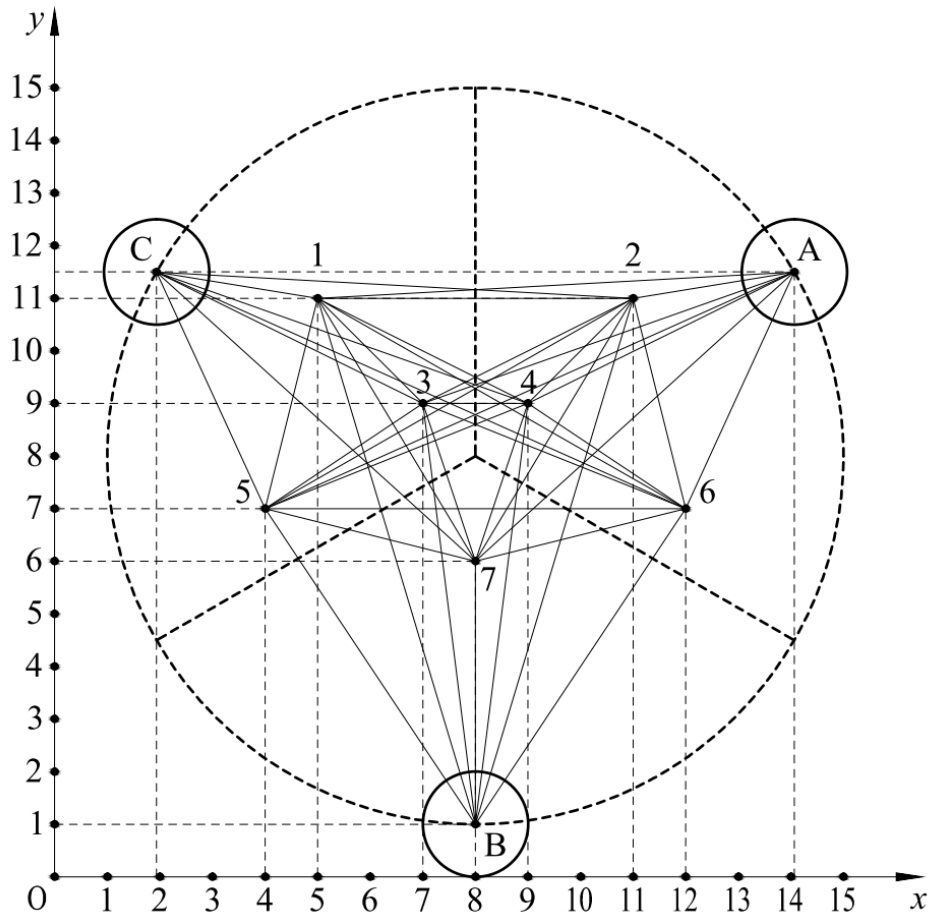


Рис.7. Граф зв'язку між потенційними виконавцями та проектами

Проекціюючи векторні складові рівнянь системи (20) на координатні осі, одержимо систему рівнянь типу (19):

$$\begin{aligned}
 & -(k_{1,A} + k_{1,B} + k_{1,C} + k_{1,2} + k_{1,3} + k_{1,4} + k_{1,5} + k_{1,6} + k_{1,7}) \cdot x_1 + \\
 & + k_{1,A} \cdot x_A + k_{1,B} \cdot x_B + k_{1,C} \cdot x_C + k_{1,2} \cdot x_2 + k_{1,3} \cdot x_3 + k_{1,4} \cdot x_4 + \quad (21)
 \end{aligned}$$

$$+ k_{1,5} \cdot x_5 + k_{1,6} \cdot x_6 + k_{1,7} \cdot x_7 = 0,$$

$$\begin{aligned}
 & -(k_{2,A} + k_{2,B} + k_{2,C} + k_{2,1} + k_{2,3} + k_{2,4} + k_{2,5} + k_{2,6} + k_{2,7}) \cdot x_2 + \\
 & + k_{2,A} \cdot x_A + k_{2,B} \cdot x_B + k_{2,C} \cdot x_C + k_{2,1} \cdot x_1 + k_{2,3} \cdot x_3 + k_{2,4} \cdot x_4 + \quad (22)
 \end{aligned}$$

$$+ k_{2,5} \cdot x_5 + k_{2,6} \cdot x_6 + k_{2,7} \cdot x_7 = 0,$$

$$\begin{aligned}
 & -(k_{3,A} + k_{3,B} + k_{3,C} + k_{3,1} + k_{3,2} + k_{3,4} + k_{3,5} + k_{3,6} + k_{3,7}) \cdot x_3 + \\
 & + k_{3,A} \cdot x_A + k_{3,B} \cdot x_B + k_{3,C} \cdot x_C + k_{3,1} \cdot x_1 + k_{3,2} \cdot x_2 + k_{3,4} \cdot x_4 + \quad (23)
 \end{aligned}$$

$$+ k_{3,5} \cdot x_5 + k_{3,6} \cdot x_6 + k_{3,7} \cdot x_7 = 0,$$

$$\begin{aligned}
& - (k_{4,A} + k_{4,B} + k_{4,C} + k_{4,1} + k_{4,2} + k_{4,3} + k_{4,5} + k_{4,6} + k_{4,7}) \cdot x_4 + \\
& + k_{4,A} \cdot x_A + k_{4,B} \cdot x_B + k_{4,C} \cdot x_C + k_{4,1} \cdot x_1 + k_{4,2} \cdot x_2 + k_{4,3} \cdot x_3 + \quad (24) \\
& + k_{4,5} \cdot x_5 + k_{4,6} \cdot x_6 + k_{4,7} \cdot x_7 = 0,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - (k_{5,A} + k_{5,B} + k_{5,C} + k_{5,1} + k_{5,2} + k_{5,3} + k_{5,4} + k_{5,6} + k_{5,7}) \cdot x_5 + \\
& + k_{5,A} \cdot x_A + k_{5,B} \cdot x_B + k_{5,C} \cdot x_C + k_{5,1} \cdot x_1 + k_{5,2} \cdot x_2 + k_{5,3} \cdot x_3 + \quad (25) \\
& + k_{5,4} \cdot x_4 + k_{5,6} \cdot x_6 + k_{5,7} \cdot x_7 = 0,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - (k_{6,A} + k_{6,B} + k_{6,C} + k_{6,1} + k_{6,2} + k_{6,3} + k_{6,4} + k_{6,5} + k_{6,7}) \cdot x_6 + \\
& + k_{6,A} \cdot x_A + k_{6,B} \cdot x_B + k_{6,C} \cdot x_C + k_{6,1} \cdot x_1 + k_{6,2} \cdot x_2 + k_{6,3} \cdot x_3 + \quad (26) \\
& + k_{6,4} \cdot x_4 + k_{6,5} \cdot x_5 + k_{6,7} \cdot x_7 = 0,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - (k_{7,A} + k_{7,B} + k_{7,C} + k_{7,1} + k_{7,2} + k_{7,3} + k_{7,4} + k_{7,5} + k_{7,6}) \cdot x_7 + \\
& + k_{7,A} \cdot x_A + k_{7,B} \cdot x_B + k_{7,C} \cdot x_C + k_{7,1} \cdot x_1 + k_{7,2} \cdot x_2 + k_{7,3} \cdot x_3 + \quad (27) \\
& + k_{7,4} \cdot x_4 + k_{7,5} \cdot x_5 + k_{7,6} \cdot x_6 = 0,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - (k_{1,A} + k_{1,B} + k_{1,A} + k_{1,2} + k_{1,3} + k_{1,4} + k_{1,5} + k_{1,6} + k_{1,7}) \cdot y_1 + \\
& + k_{1,A} \cdot y_A + k_{1,B} \cdot y_B + k_{1,C} \cdot y_C + k_{1,2} \cdot y_2 + k_{1,3} \cdot y_3 + k_{1,4} \cdot y_4 + \quad (28) \\
& + k_{1,5} \cdot y_5 + k_{1,6} \cdot y_6 + k_{1,7} \cdot y_7 = 0,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - (k_{2,A} + k_{2,B} + k_{2,C} + k_{2,1} + k_{2,3} + k_{2,4} + k_{2,5} + k_{2,6} + k_{2,7}) \cdot y_2 + \\
& + k_{2,A} \cdot y_A + k_{2,B} \cdot y_B + k_{2,C} \cdot y_C + k_{2,1} \cdot y_1 + k_{2,3} \cdot y_3 + k_{2,4} \cdot y_4 + \quad (29) \\
& + k_{2,5} \cdot y_5 + k_{2,6} \cdot y_6 + k_{2,7} \cdot y_7 = 0,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - (k_{3,A} + k_{3,B} + k_{3,C} + k_{3,1} + k_{3,2} + k_{3,4} + k_{3,5} + k_{3,6} + k_{3,7}) \cdot y_3 + \\
& + k_{3,A} \cdot y_A + k_{3,B} \cdot y_B + k_{3,C} \cdot y_C + k_{3,1} \cdot y_1 + k_{3,2} \cdot y_2 + k_{3,4} \cdot y_4 + \quad (30) \\
& + k_{3,5} \cdot y_5 + k_{3,6} \cdot y_6 + k_{3,7} \cdot y_7 = 0,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - (k_{4,A} + k_{4,B} + k_{4,C} + k_{4,1} + k_{4,2} + k_{4,3} + k_{4,5} + k_{4,6} + k_{4,7}) \cdot y_4 + \\
& + k_{4,A} \cdot y_A + k_{4,B} \cdot y_B + k_{4,C} \cdot y_C + k_{4,1} \cdot y_1 + k_{4,2} \cdot y_2 + k_{4,3} \cdot y_3 + \quad (31) \\
& + k_{4,5} \cdot y_5 + k_{4,6} \cdot y_6 + k_{4,7} \cdot y_7 = 0,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - (k_{5,A} + k_{5,B} + k_{5,C} + k_{5,1} + k_{5,2} + k_{5,3} + k_{5,4} + k_{5,6} + k_{5,7}) \cdot x_5 + \\
& + k_{5,A} \cdot x_A + k_{5,B} \cdot x_B + k_{5,C} \cdot x_C + k_{5,1} \cdot x_1 + k_{5,2} \cdot x_2 + k_{5,3} \cdot x_3 + \quad (32) \\
& + k_{5,4} \cdot x_4 + k_{5,6} \cdot x_6 + k_{5,7} \cdot x_7 = 0,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - (k_{6,A} + k_{6,B} + k_{6,C} + k_{6,1} + k_{6,2} + k_{6,3} + k_{6,4} + k_{6,5} + k_{6,7}) \cdot y_6 + \\
& + k_{6,A} \cdot y_A + k_{6,B} \cdot y_B + k_{6,C} \cdot y_C + k_{6,1} \cdot y_1 + k_{6,2} \cdot y_2 + k_{6,3} \cdot y_3 + \quad (33) \\
& + k_{6,4} \cdot y_4 + k_{6,5} \cdot y_5 + k_{6,7} \cdot y_7 = 0,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - (k_{7,A} + k_{7,B} + k_{7,C} + k_{7,1} + k_{7,2} + k_{7,3} + k_{7,4} + k_{7,5} + k_{7,6}) \cdot y_7 + \\
& + k_{7,A} \cdot y_A + k_{7,B} \cdot y_B + k_{7,C} \cdot y_C + k_{7,1} \cdot y_1 + k_{7,2} \cdot y_2 + k_{7,3} \cdot y_3 + \quad (34) \\
& + k_{7,4} \cdot y_4 + k_{7,5} \cdot y_5 + k_{7,6} \cdot y_6 = 0.
\end{aligned}$$

Розв'язуючи систему рівнянь (21) – (34) відносно координат 7-ми вільних вершин графа, одержимо:

- 1) $x_1 = 8.046390734$; $y_1 = 7.843152945$;
- 2) $x_2 = 7.840398658$; $y_2 = 8.064312951$;
- 3) $x_3 = 8.024219425$; $y_3 = 8.007776025$;
- 4) $x_4 = 8.020286293$; $y_4 = 8.04678651$;
- 5) $x_5 = 8.051121933$; $y_5 = 8.030611526$;
- 6) $x_6 = 8.005575526$; $y_6 = 7.888005718$;
- 7) $x_7 = 8.017253942$; $y_7 = 8.117780979$.

Відповідно до одержаних результатів (розрахункових координат), було сформовано три кластери, до яких відповідно увійшли наступні виконавці:

- 1) до кластеру «А»: виконавці №3, №4, №5 та №74
- 2) до кластеру «В»: виконавці №1 та №6.
- 3) до кластеру «С»: виконавець №2.

Графічне представлення результатів наведено на рисунку 8. З даного рисунку добре видно положення вершин графу на секторах діаграми.

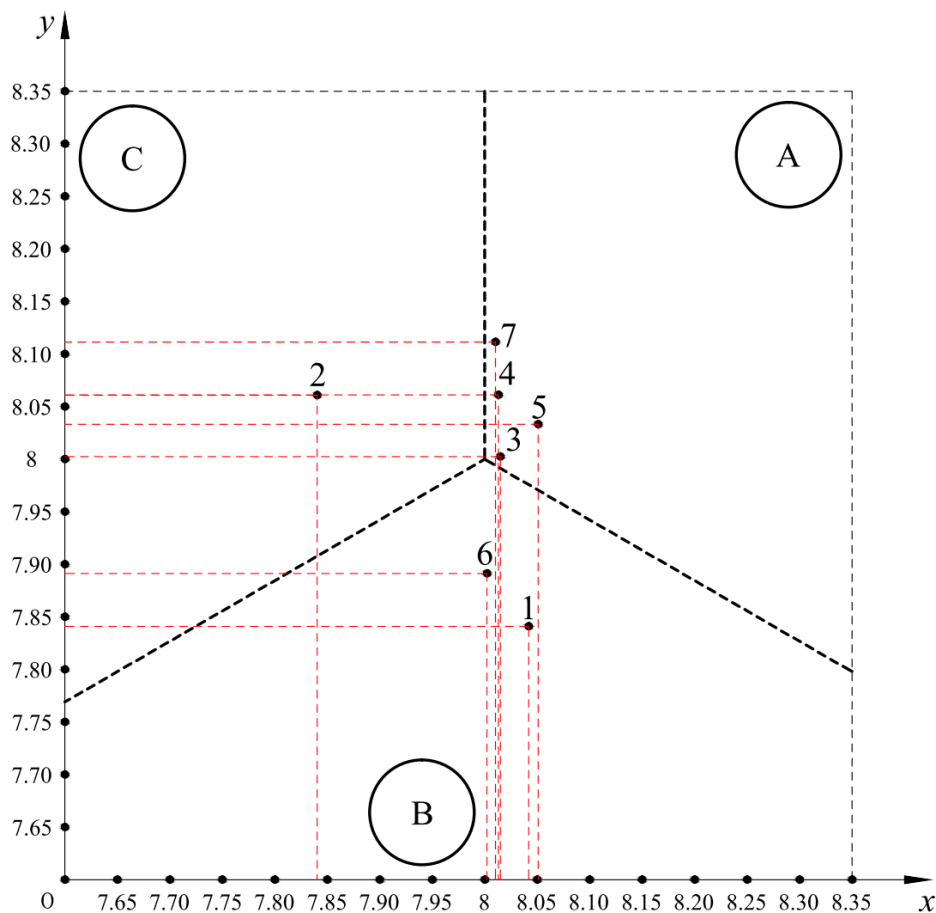


Рис.8. Результати формування 3-х організаційних кластерів за участю 7-ми потенційних виконавців проектів

Висновки. Запропонований спосіб формування організаційних кластерів дозволяє комплексно визначати оптимальні об'єднання виконавців для досягнення максимального позитивного ефекту при реалізації розподілених за спільними ознаками множин проектів. Великою перевагою запропонованого способу є наочність та висока варіативність, що проявляється у можливості урахування найрізноманітніших факторів зовнішнього впливу та взаємної дії вершин інтерпретаційного графа одна на одну.

Розвиток подальших досліджень доцільно проводити у напрямку розширення інструментальної бази та адаптації продемонстрованого способу до вирішення задач формування кластерів зі змішаними ознаками або видами ефектів від впровадження проектів.

Література

1. Tsukerman V. A. Problems and possibilities of forming of clusters as a method of innovative processes activation. Problem and prospect of innovative development of economy : XIII International theoretical

- and practical.
2. Terstriep J. Cluster Management – Status Quo & Perspektiven / J. Terstriep. Germany : Institut Arbeit und Technik, 2008. P. 60–70.
 3. Решевец О.В. Інноваційно-інвестиційний кластер як чинник розвитку території. *Сучасні тенденції розвитку публічного управління: теорія та практика* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. за міжнар. участю (м. Одеса, 2 листоп. 2012 р.). Одеса : ОРІДУ НАДУ, 2012. С. 256–257.
 4. Портер М. Международная конкуренция; [под ред. и с предисл. В.Д. Щетинина]. М. : Международные отношения, 1993. 896 с.
 5. Мамонова В. В. Роль кластерів у забезпеченні сталого розвитку території. Державне управління та місцеве самоврядування : тези X Міжнар. наук. конгресу, 29 берез. 2012 р. X. : Вид-во ХарРІ НАДУ “Магістр”, 2012. С. 59–60.
 6. Бронштейн И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. Изд. перераб. / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев; под ред. Г. Гроше, и В. Циглера. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1980. 976 с.
 7. Яворский Б.М., Детлаф. А.А. Справочник по физике: для инженеров и студентов. Изд. 7-е, испр. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1979. 944 с., илл.
 8. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: Учеб. пособие. В 10 т. Т. II. Теория поля. Изд 7-е, испр. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. 512 с.
 9. Иваненко Д., Соколов А. Классическая теория поля. Изд. 2-е. М.: Гос. изд-во тех.-теор. лит., 1951. 480 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ КЛАСТЕРОВ СРЕДСТВАМИ ДИСКРЕТНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Микитась М.В., Якусевич А.Г., Скочко В.И.

Одной из наиболее острых проблем, решаемых в рамках оптимизации процессов взаимодействия между различными субъектами рыночных отношений, является выбор и объединение этих субъектов по некоторым общим признакам или характеристиками в рабочие группы для совместного выполнения поставленных задач и получения максимального положительного эффекта от такого взаимодействия. Соответствующие объединения могут приобретать новые исключительные свойства благодаря синергетическому эффекту и представляют собой

кластеры. Если речь идет об объединении организационных структур с целью улучшения качества управления ими и создания ячеек эффективного выполнения отдельных видов производственных процессов (или их комплекса), то соответствующие образования можно отнести к кластерным организационным структурам.

Проблематика эффективного образования кластерных организационных структур является очень острой, поскольку в большинстве случаев, повышению эффективности производственных процессов препятствуют не технологические недостатки используемого при этом оборудования и материально-технической базы в целом, а неоптимальные (и порой непродуманные) управленческие решения. Особенно ощутимой данная проблематика становится в области организации строительного производства.

В данной работе предлагается новый подход к формированию организационных кластеров в виде полносвязных графов на секторальной диаграмме, к каждый сектор которой в процессе решения должны войти наиболее близки по опыту и эффективности выполнения родственных работ организации, которые в дальнейшем будут совместно работать над определенным, соответствующим данному сектору, множеством проектов и/или задач. Каждой вершине графа предлагается ставить в соответствие одну организацию из списка потенциальных исполнителей, а интенсивность ожидаемого взаимодействия между ними описывать соответствующими коэффициентами. В процессе расчета каждая вершина принимает некоторое уравновешенное под действием внешних воздействий и сил взаимодействия положение. По координатам каждого узла определяется сектор (кластер), в который соответствующая организация будет входить для обеспечения максимальной эффективности работы данного кластера.

Ключевые слова: кластеризация, организационные структуры, полносвязные графы, дискретное моделирование.

THEORETICAL ASPECTS OF THE FORMATION OF ORGANIZATIONAL CLUSTERS BY MEANS OF DISCRETE GEOMETRY

Mykytas M., Yakusevych A., Skochko V.

One of the most acute problems solved in the framework of the optimization of the interaction processes between various subjects of market relations is the selection and unification of these subjects on certain common grounds or characteristics into working groups for the joint

fulfillment of the tasks set and obtaining the maximum positive effect from such interaction. The corresponding associations can acquire new exceptional properties due to the synergistic effect and are clusters. If we are talking about combining organizational structures in order to improve the quality of their management and create cells to efficiently perform certain types of production processes (or their complex), then the corresponding entities can be attributed to cluster organizational structures.

The issue of effective formation of cluster organizational structures is very acute, since in most cases, the increase in the efficiency of production processes is not hampered by technological deficiencies of the equipment used and the material and technical base as a whole, but by non-optimal (and sometimes ill-conceived) management decisions. Especially tangible, this problem becomes in the field of organization of construction production.

This paper proposes a new approach to the formation of organizational clusters in the form of fully connected graphs on a sectoral diagram, to which every sector in the process of solution should include the closest ones in terms of experience and efficiency in the implementation of related activities of the organization, which will later work together on a specific, relevant sector, many projects and / or tasks. Each vertex of the graph is proposed to put in correspondence one organization from the list of potential executors, and to describe the intensity of the expected interaction between them with the corresponding coefficients. In the process of calculation, each vertex takes a certain position balanced by external influences and interaction forces. The coordinates of each node is determined by the sector (cluster), in which the corresponding organization will be included to ensure maximum efficiency of this cluster.

Keywords: clustering, organizational structures, fully connected graphs, discrete modeling.