Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра інформаційних систем та технологій

Комп’ютерний практикум №4

з дисципліни

«Теорія прийняття рішень»

 на тему

«Метод ELECTRE I»

1 варіант

|  |  |
| --- | --- |
| Перевірила: | Виконав: |
| Жураковська О.С. | студент гр. ІС-01  Адамов Д.І. |

Київ-2023

**Завдання**

Задано множину альтернатив {A1,…,A15}, що оцінені за критеріями k1..k12. Оцінки альтернатив за усіма критеріями дано в таблиці. Кожен критерій має ваговий коефіцієнт wi. Дано пару порогових значень індексів узгодження та неузгодження с, d відповідно. Ці дані знаходяться в файлі “Варіант №Х умова.txt”.

**Завдання 1.**

Визначити підмножину найкращих альтернатив (ядро), використовуючи метод ELECTRE I (для заданих значень порогів індексів узгодження та неузгодження с, d). Результати записати в файл Var-X-Прізвище.txt (див. приклад файла) Вихідний файл повинен містити: - матрицю індексів узгодження (розмір 15х15, вивід індексів 3 знаки після коми, елементи на головній діагоналі = 0) - матрицю індексів неузгодження (розмір 15х15, вивід індексів 3 знаки після коми, елементи на головній діагоналі = 1) - значення с, d - відношення на множині альтернатив, яке відповідає виконанню необхідної та достатньої умови для значень с, d - ядро для відношення (розв’язок задачі для значень с, d) Кожен із наведених елементів виводиться в форматі: текстовий рядок з назвою елемента, а потім, починаючи з наступного рядка, значення елемента). Всі проміжні етапи виконання завдання 1 навести в звіті з достатніми поясненнями та обгрунтуваннями. Для отриманого результату (ядра) обгрунтувати виконання умов внутрішньої та зовнішньої стійкості.

**Завдання 2.**

*Дослідницька задача.*

Аналіз впливу параметрів c, d на розв’язок задачі ПР. Для методу ELECTRE I провести дослідження впливу зміни порогових значень с, d на склад і розмір ядра:

2.1. Визначення впливу зміни порогового значення d на склад та розмір ядра Зафіксувати значення порогу c=0.5. Змінюючи порогове значення d в інтервалі (0; 0.5), встановити вплив на склад та розмір ядра. Результати представити у вигляді графіка.

2.2. Визначення впливу зміни порогового значення c на склад та розмір ядра Зафіксувати значення порогу d=0.49. Змінюючи порогове значення c в інтервалі [0.5; 1], встановити вплив на склад та розмір ядра. Результати представити у вигляді графіка.

2.3. Визначення впливу одночасної зміни порогових значень DI та CI на склад та розмір ядра. Дослідити вплив одночасної зміни порогів значень c, d на склад та розмір ядра, починаючи від пари значень cmax і dmin (яка відповідає максимальному складу ядра). Виконуючи одночасну зміну порогів (збільшуючи поріг d і зменшуючи поріг с, в межах інтервалів, вказаних в п.2.1 і 2.2), встановити значення обох параметрів, при яких здійснюється зміна у складі ядра. Результати представити у вигляді графіка.

2.4. Висновки проведеного аналізу – впливу с, впливу d і впливу одночасної зміни с і d. Обгрунтувати вибір розв’язку задачі на основі проведеного дослідження.

**Виконання**

**Завдання 1**

Спочатку побудуємо **матрицю індексів узгодження C** для заданих альтернатив.

0.000 0.554 0.804 0.679 0.375 0.518 0.643 0.679 0.821 0.589 0.643 0.679 0.696 0.643 0.375

0.446 0.000 0.464 0.518 0.696 0.661 0.661 0.554 0.946 0.500 0.571 0.804 0.839 0.768 0.518

0.464 0.536 0.000 0.625 0.446 0.518 0.750 0.625 0.786 0.500 0.536 0.696 0.661 0.518 0.304

0.321 0.482 0.375 0.000 0.500 0.482 0.625 0.607 0.911 0.393 0.446 0.804 0.786 0.375 0.482

0.625 0.625 0.554 0.500 0.000 0.679 0.786 0.625 0.661 0.607 0.554 0.786 0.911 0.679 0.661

0.589 0.625 0.482 0.518 0.589 0.000 0.696 0.446 0.768 0.536 0.607 0.714 0.750 0.625 0.482

0.357 0.625 0.286 0.429 0.482 0.464 0.000 0.536 0.661 0.500 0.464 0.661 0.696 0.518 0.339

0.321 0.696 0.464 0.679 0.482 0.607 0.571 0.000 0.768 0.375 0.571 0.786 0.696 0.589 0.357

0.286 0.161 0.339 0.214 0.339 0.339 0.429 0.268 0.000 0.286 0.179 0.429 0.571 0.161 0.089

0.643 0.607 0.661 0.732 0.500 0.571 0.500 0.768 0.911 0.000 0.643 0.857 0.839 0.750 0.661

0.446 0.536 0.500 0.786 0.482 0.429 0.536 0.661 0.821 0.464 0.000 0.821 0.696 0.518 0.357

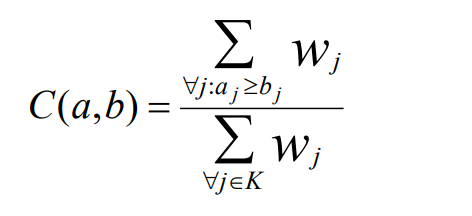
0.411 0.357 0.429 0.196 0.339 0.393 0.393 0.321 0.696 0.429 0.286 0.000 0.732 0.393 0.125

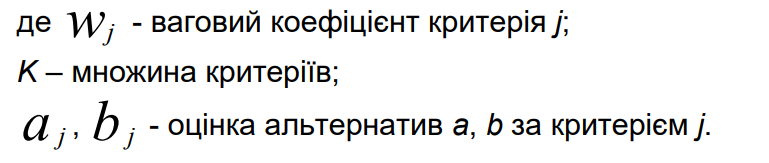
0.304 0.214 0.393 0.321 0.375 0.250 0.357 0.304 0.589 0.161 0.339 0.446 0.000 0.143 0.125

0.464 0.750 0.482 0.750 0.696 0.768 0.607 0.679 0.946 0.571 0.768 0.714 0.857 0.000 0.482

0.714 0.750 0.893 0.643 0.554 0.661 0.804 0.750 0.911 0.786 0.643 0.929 0.875 0.625 0.000

Для кожної пари альтернатив (*a,b*) значення індекса узгодження С(*a,b*) (елементи матриці індексів узгодження С) обчислюється за формулою:





Побудуємо матрицю індексів неузгодження D.

1.000 1.000 0.857 0.857 0.907 1.000 1.000 0.367 0.571 0.778 0.612 0.714 0.571 0.907 0.778

0.762 1.000 0.762 0.333 1.000 0.667 0.556 0.286 0.625 0.857 0.444 0.167 0.222 1.000 0.857

0.333 1.000 1.000 0.857 0.907 1.000 1.000 0.306 0.571 0.778 0.286 0.714 0.571 0.907 0.778

0.667 0.476 0.556 1.000 0.778 0.667 0.296 0.444 0.167 0.571 0.238 0.250 0.556 0.571 0.571

0.889 0.556 0.778 0.556 1.000 0.556 0.286 0.667 0.333 0.778 0.556 0.429 0.333 0.556 0.778

0.667 0.367 0.667 0.556 0.889 1.000 0.444 0.333 0.245 0.762 0.556 0.490 0.389 0.889 0.762

1.000 0.667 0.889 0.444 0.556 0.667 1.000 0.778 0.333 0.889 0.444 0.222 0.476 0.667 0.889

0.476 0.714 0.476 0.571 0.667 0.735 0.648 1.000 0.286 0.571 0.500 0.490 0.429 0.667 0.571

0.762 0.556 0.762 0.556 1.000 0.762 0.556 0.444 1.000 0.857 0.476 0.278 0.556 0.857 0.857

0.476 0.918 0.750 0.667 0.918 0.735 0.367 0.556 0.222 1.000 0.667 0.286 0.889 0.918 0.729

0.556 0.667 0.444 0.714 0.778 0.667 0.778 0.333 0.490 0.556 1.000 0.571 0.429 0.667 0.556

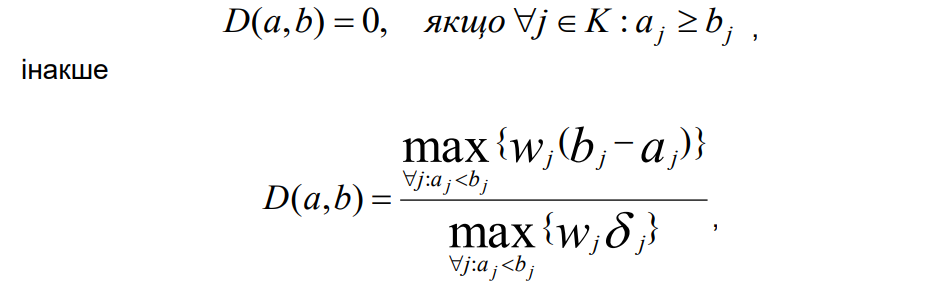
0.889 0.714 0.778 0.286 0.889 0.571 0.444 0.667 0.238 0.778 0.476 1.000 0.741 0.762 0.778

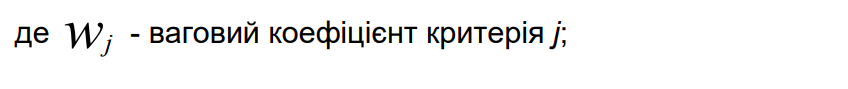
0.889 0.556 0.778 0.571 0.778 0.667 0.444 0.667 0.333 0.778 0.571 0.429 1.000 0.667 0.778

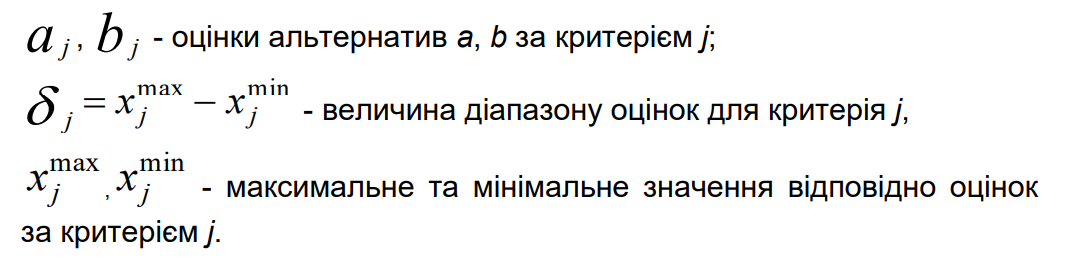
0.333 0.429 0.571 0.714 0.750 0.750 0.375 0.333 1.000 0.381 0.714 0.286 0.333 1.000 0.381

0.222 0.286 0.429 0.245 0.245 0.286 0.143 0.184 0.500 0.429 0.245 0.125 0.222 0.286 1.000

Для кожної пари альтернатив (*a,b*) значення індекса неузгодження D(*a,b*) (елементи матриці індексів неузгодження D) обчислюється за формулами:







Побудуємо результуюче відношення R на множині альтернатив.

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0

1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0

Результуюче відношення R на множині альтернатив визначається співвідношенням:



де с, d - порогові значення індексів узгодження та неузгодження відповідно.

Задані значення порогів для індексів узгодження та неузгодження:  
**c = 0.657, d = 0.356**

Отримане відношення є ациклічним, внутрішньо та зовнішньо стійким. Розв'язок задачі (ядро відношення):  
**X\*= {2, 3, 4, 9, 10, 13, 14}**

**Завдання 2**

**2.1. Визначення впливу зміни порогового значення d на склад та розмір ядра**

Зафіксуємо значення порогу c=0.5 і будемо змінювати порогове значення d в інтервалі (0; 0.5).

**При с = 0.5 та d = 0.1:**

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Relation is acyclic. Neumann-Morgenstern optimization will be used.

Neumann-Morgenstern solution: {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14}

Internal stability: True

External stability: True

**При с = 0.5 та d = 0.2:**

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0 0

Relation is acyclic. Neumann-Morgenstern optimization will be used.

Neumann-Morgenstern solution: {0, 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 12, 13, 14}

Internal stability: True

External stability: True

**При с = 0.5 та d = 0.3:**

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0

1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 0

Relation is acyclic. Neumann-Morgenstern optimization will be used.

Neumann-Morgenstern solution: {9, 2, 14}

Internal stability: True

External stability: True

**При с = 0.5 та d = 0.4:**

0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0

0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

1 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 0

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0

Relation contains a cycle.

**2.2. Визначення впливу зміни порогового значення c на склад та розмір ядра**

Зафіксуємо значення порогу d=0.49 та будемо змінювати порогове значення c в інтервалі [0.5; 1].

**При с = 0.5 і d = 0.49:**

0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0

0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

1 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 0

1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0

Relation contains a cycle.

**При с = 0.6 і d = 0.49:**

0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0

0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0

1 1 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0

Relation is acyclic. Neumann-Morgenstern optimization will be used.

Neumann-Morgenstern solution: {4, 14}

Internal stability: True

External stability: True

**При с = 0.7 та d = 0.49:**

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0

1 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 0

Relation is acyclic. Neumann-Morgenstern optimization will be used.

Neumann-Morgenstern solution: {3, 4, 5, 10, 13, 14}

Internal stability: True

External stability: True

**При с = 0.8 та d = 0.49:**

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0

0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0

Relation is acyclic. Neumann-Morgenstern optimization will be used.

Neumann-Morgenstern solution: {0, 1, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 13, 14}

Internal stability: True

External stability: True

**При с = 0.9 та d = 0.49:**

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0

Relation is acyclic. Neumann-Morgenstern optimization will be used.

Neumann-Morgenstern solution: {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 14}

Internal stability: True

External stability: True

Можемо зробити висновок, що при фіксованому **d** = 0.49 і при збільшенні **с** ядро буде збільшуватися.Ядро відношення, побудованого з меншим порогом **с**, є підмножиною ядра відношення, побудованого з більшим порогом. При **с**=1 ядро включає в себе всі альтернативи.

**2.3. Визначення впливу одночасної зміни порогових значень DI та CI на склад та розмір ядра**

Дослідимо вплив одночасної зміни порогів значень c, d на склад та розмір ядра, починаючи від пари значень cmax і dmin (яка відповідає максимальному складу ядра).

**При с = 1 та d = 0:**

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Relation is acyclic. Neumann-Morgenstern optimization will be used.

Neumann-Morgenstern solution: {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14}

Internal stability: True

External stability: True

**При с = 0.8 та d = 0.2:**

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0

Relation is acyclic. Neumann-Morgenstern optimization will be used.

Neumann-Morgenstern solution: {0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 12, 13, 14}

Internal stability: True

External stability: True

**При с = 0.7 та d = 0.3:**

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0

1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0

Relation is acyclic. Neumann-Morgenstern optimization will be used.

Neumann-Morgenstern solution: {2, 3, 4, 5, 9, 10, 13, 14}

Internal stability: True

External stability: True

**При с = 0.6 та d = 0.4:**

0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 0 0

0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0

1 1 0 1 0 1 1 1 0 0 1 1 1 1 0

Relation is acyclic. Neumann-Morgenstern optimization will be used.

Neumann-Morgenstern solution: {9, 2, 4, 14}

Internal stability: True

External stability: True

**При с = 0.5 та d = 0.5:**

0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0

0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0

0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

1 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0

0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 0

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0

Relation contains a cycle.

При значеннях **с** = 0.5 та **d** = 0.5 відношення не є ациклічним, і за подальшого зменшення **c** та збільшенні **d** відношення не буде мати властивості ациклічности.

Що меншим є значення порогу c та більшим – порогу d, тим меншою є множина ядра, а при значеннях **с** = 0.5 та **d** = 0.5 та наступних змінах порогів відношення буде залишатися не ациклічним, і побудова ядра буде неможливим.

**Висновки:**

* за фіксованого **d** при збільшенні **с** ядро буде збільшуватися;
* За фіксованого **c** при збільшенні **d** ядро буде зменшуватися;
* За збільшення параметру **d** і одночасного зменшення **c**, ядро буде зменшуватися, і в якийсь момент відношення перестане бути ациклічним та буде неможливо визначити ядро.