

Оптимізація процесів прийняття рішень при плануванні транспортних перевезень в умовах невизначеності

Студентка 402 групи: Колода Єлизавета Юріївна

Керівник: зав. кафедри ІС, д.т.н., проф. Кондратенко
Юрій Пантелійович

Постановка задачі

Нехай існує три підприємства, які займаються доставкою деревини «Верховина», «ЛісБуд» та «ДеревоПром» з визначеною кількістю товару. Матеріал в обсязі 900, 750 та 1250 тон деревини повинен бути направлений замовникам у п'ять підприємств обробки сировини «Зевс», «Марс», «Південь», «Зоря», «Еколайн», кожне з яких має отримати, відповідно, 750, 590, 410, 600, 550 тон деревини.

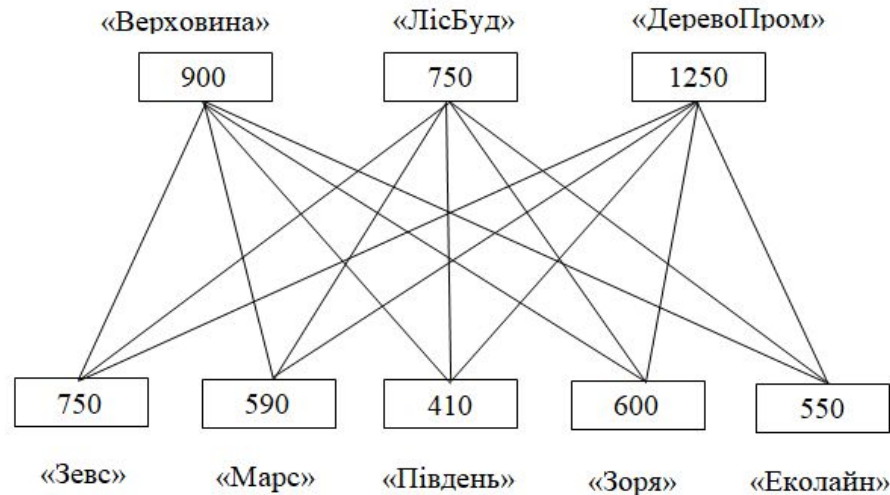


Рис.1.1 - схема транспортних взаємозв'язків між постачальниками та замовниками.

Транспортні витрати e_{ij} ($i=1 \dots 3$; $j=1 \dots 5$), пов'язані з перевезенням 1т деревини, визначені у сотнях ($1 \cdot 10^2$) грн., задаються в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Матриця витрат на перевезення 1т деревини

| | «Зевс» | «Марс» | «Південь» | «Зоря» | «Еколайн» | N |
|--------------|--------|--------|-----------|--------|-----------|------|
| «Верховина» | 4 | 1 | 2 | 7 | 8 | 900 |
| «ЛісБуд» | 7 | 5 | 3 | 4 | 6 | 750 |
| «ДеревоПром» | 8 | 4 | 6 | 2 | 5 | 1250 |
| S | 750 | 590 | 410 | 600 | 550 | |

Розв'язок транспортної задачі для чітких значень матриці витрат на основі SS-метода

- Будемо початкове базове рівняння, використовуючи правило північно-західного кута.

Формуємо наступний план перевезень, як "Альтернативне рішення №1" першого етапу процесу прийняття рішень E_1^1 (табл. 2.2) з відповідними значеннями невідомих змінних x_{ij} .

| | «Зевс» | «Марс» | «Південь» | «Зоря» | «Еколайн» | N |
|--------------|--------|--------|-----------|--------|-----------|------|
| «Верховина» | 750 | 150 | | | | 900 |
| «ЛісБуд» | | 440 | 310 | | | 750 |
| «ДеревоПром» | | | 100 | 600 | 550 | 1250 |
| S | 750 | 590 | 410 | 600 | 550 | |

Розрахунок загальних витрат:

$$Z=750*4+150*1+440*5+310*3+100*6+600*2+550*5=10830$$

Пошук нового рішення, що може призвести до зменшення величини сумарних витрат Z , здійснюємо за допомогою stepping-stone методу.

Перший етап вибору рішення

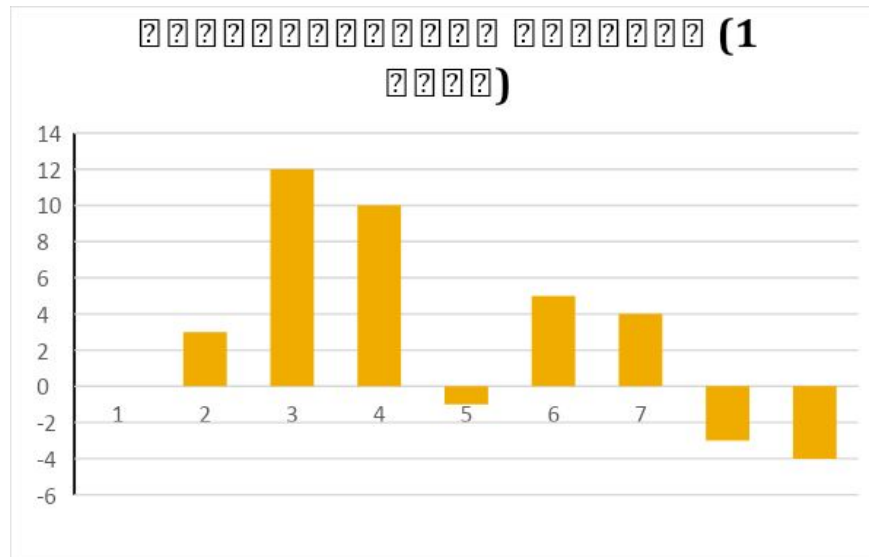
Таблиця 2.3

Альтернативне рішення E_2^1

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 750 | 150 | | | |
| | 440 | 310 | | |
| | | 100 | 600 | 550 |

Diagram illustrating the pivot operation in the simplex method. A red circle is placed on the value 310 in the second row, second column. Red arrows show the path: from 310, an arrow points left to 440, then up to 150, then right to the pivot cell (310), then down to 100, and finally right to 600. The pivot cell (310) is marked with a red circle. The values 150, 440, 310, and 100 are associated with the pivot operation. The values 750, 600, and 550 are the right-hand side values. The values 150, 440, 310, and 100 are the values in the pivot row and column. The values 750, 600, and 550 are the values in the pivot column and row. The values 150, 440, 310, and 100 are the values in the pivot row and column. The values 750, 600, and 550 are the values in the pivot column and row.

Альтернативне рішення E_2^1 (табл. 2.3): $\delta_{13}^1 = 2 - 1 + 5 - 3 = 3$;



Визначення базового рішення для наступного етапу

Обираємо альтернативне рішення з найкращим показником (найменшим), яке далі стає базовим для другого етапу

Таблиця 2.10

Альтернативне рішення E_3^1

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 750 | 150 | | | |
| | 440 | 310 | | |
| | -1 | +1 | | |
| | +1 | 100 | 600 | 550 |
| | | -1 | | |



Таблиця 2.11

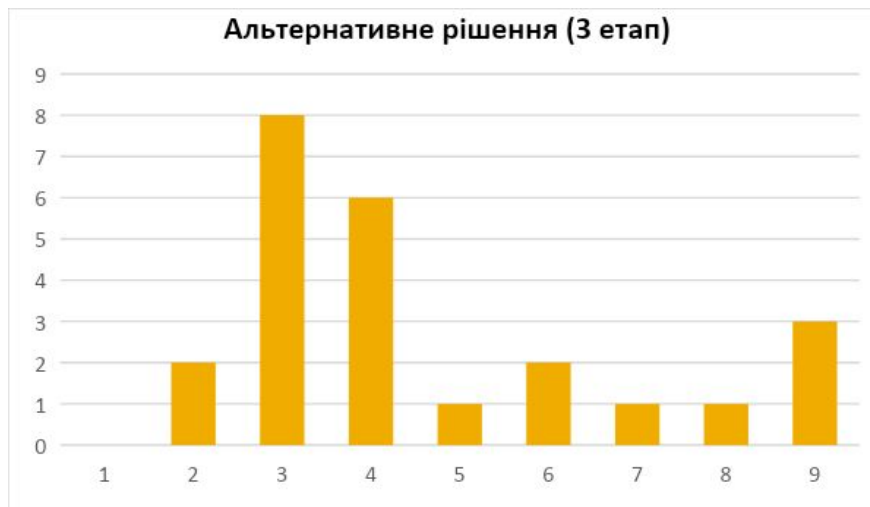
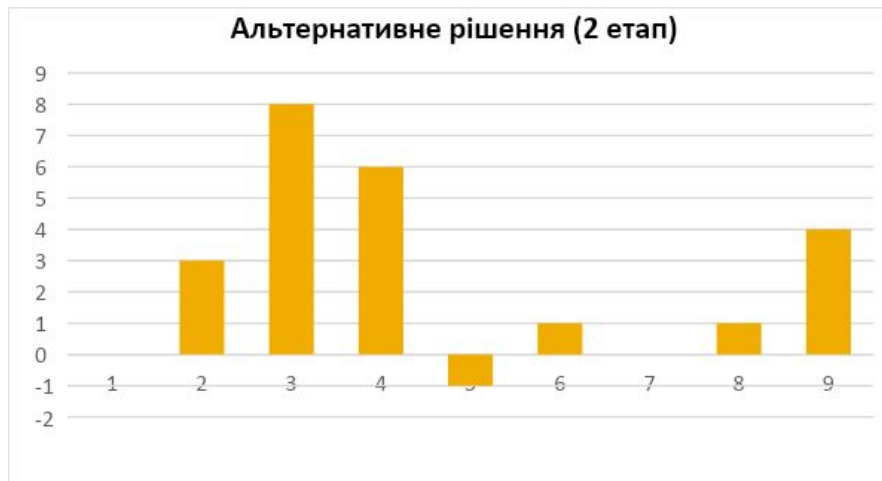
Альтернативне рішення E_1^2

| | «Зевс» | «Марс» | «Південь» | «Зоря» | «Еколайн» | N |
|--------------|--------|--------|-----------|--------|-----------|------|
| «Верховина» | 750 | 150 | | | | 900 |
| «ЛісБуд» | | 340 | 410 | | | 750 |
| «ДеревоПром» | | 100 | | 600 | 550 | 1250 |
| S | 750 | 590 | 410 | 600 | 550 | |

Відповідно бачимо зменшення загальних витрат на 400 од. :

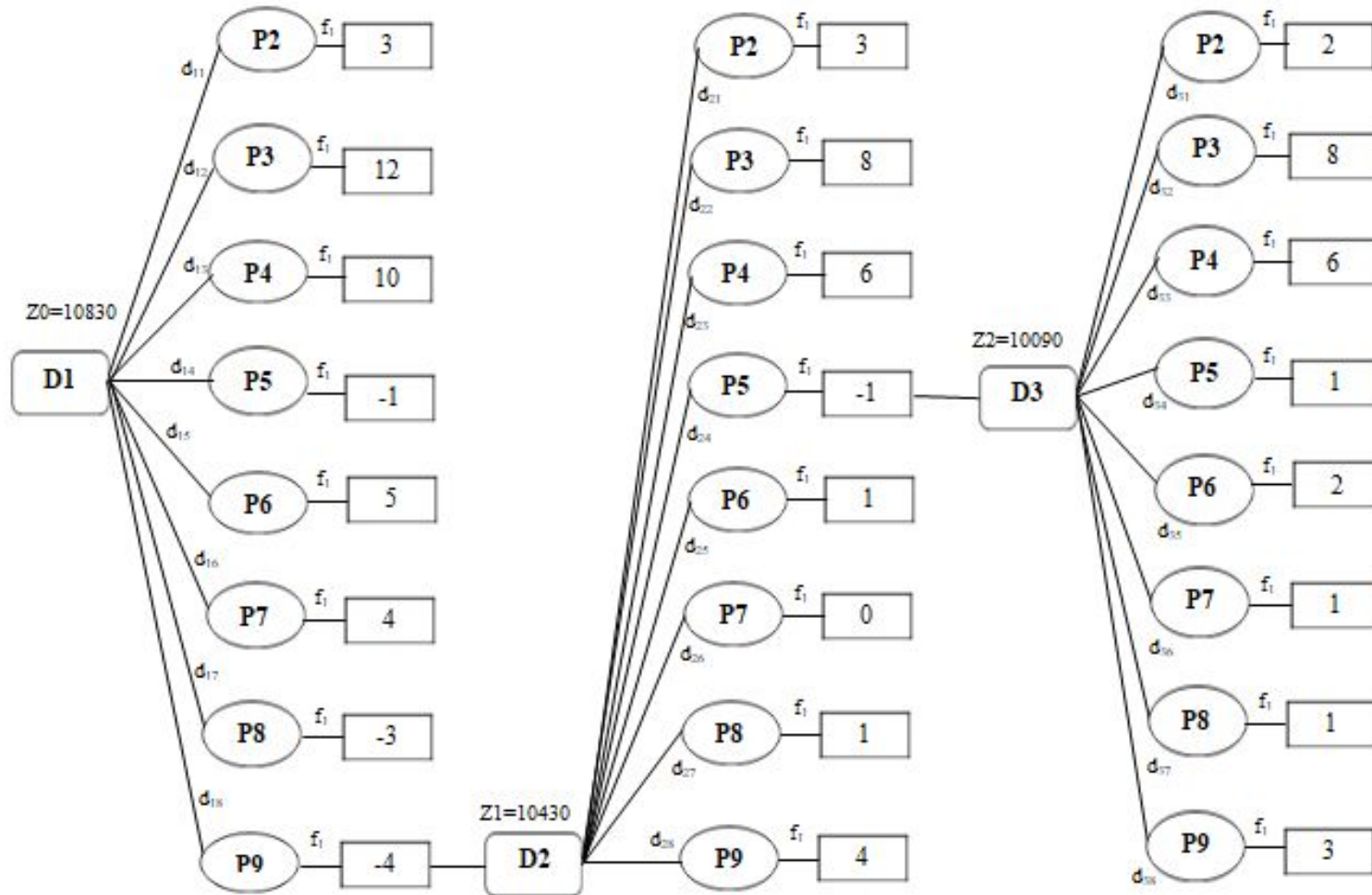
$$Z = 750 \cdot 4 + 150 \cdot 1 + 340 \cdot 5 + 100 \cdot 4 + 410 \cdot 3 + 600 \cdot 2 + 550 \cdot 5 = 10430.$$

2 та 3 етапи вибору рішення



$Z_{\min} = 10190$. Оптимальний план перевезення - E_5^2 ,
бо на третьому етапі покращити результат не вдалося

Дерево рішень для задачі за чіткими даними



РОЗВ'ЯЗОК ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ ДЛЯ НЕЧІТКИХ ЗНАЧЕНЬ МАТРИЦІ ВИТРАТ ПРИ 3-Х ЗОВНІШНІХ УМОВАХ НА ОСНОВІ SS-МЕТОДА

Нечіткі значення витрат (в умовах грошових одиницях) на перевезення одиниці продукції для 3-х зовнішніх станів

| | «Зевс» | «Марс» | «Південь» | «Зоря» | «Еколайн» | N |
|--------------|----------|---------|-----------|----------|-----------|------|
| «Верховина» | (3,6,4) | (1,1,3) | (1,2,4) | (4,7,10) | (7,8,10) | 900 |
| «ЛісБуд» | (4,7,8) | (2,5,7) | (2,3,6) | (3,4,5) | (3,6,8) | 750 |
| «ДеревоПром» | (5,8,12) | (2,4,5) | (4,6,9) | (1,2,4) | (4,5,7) | 1250 |
| S | 750 | 590 | 410 | 600 | 550 | |

За допомогою правила північно-західного кута будемо таблицю для першого альтернативного рішення

Альтернативне рішення E_1^1

| | «Зевс» | «Марс» | «Південь» | «Зоря» | «Еколайн» | N |
|--------------|--------|--------|-----------|--------|-----------|------|
| «Верховина» | 750 | 150 | | | | 900 |
| «ЛісБуд» | | 440 | 310 | | | 750 |
| «ДеревоПром» | | | 100 | 600 | 550 | 1250 |
| S | 750 | 590 | 410 | 600 | 550 | |

Загальні витрати:

$$Z_1^1 = (750)(3,6,4) + (150)(1,1,3) + (440)(2,5,7) + (310)(2,3,6) + (100)(4,6,9) + (600)(1,2,4) + (550)(4,5,7) = (2250,300,4500) + (150,150,450) + (880,2200,3080) + (620,930,1860) + (400,600,900) + (600,1200,2400) + (2200,2750,3850) = (7100,10830,17040)$$

Перший етап вибору рішення

Альтернативне рішення E_2^1 (на основі δ_{13}^1)

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 750 | 150 | | | |
| | -1 | +1 | | |
| | 440 | 310 | | |
| | +1 | -1 | | |
| | | 100 | 600 | 550 |

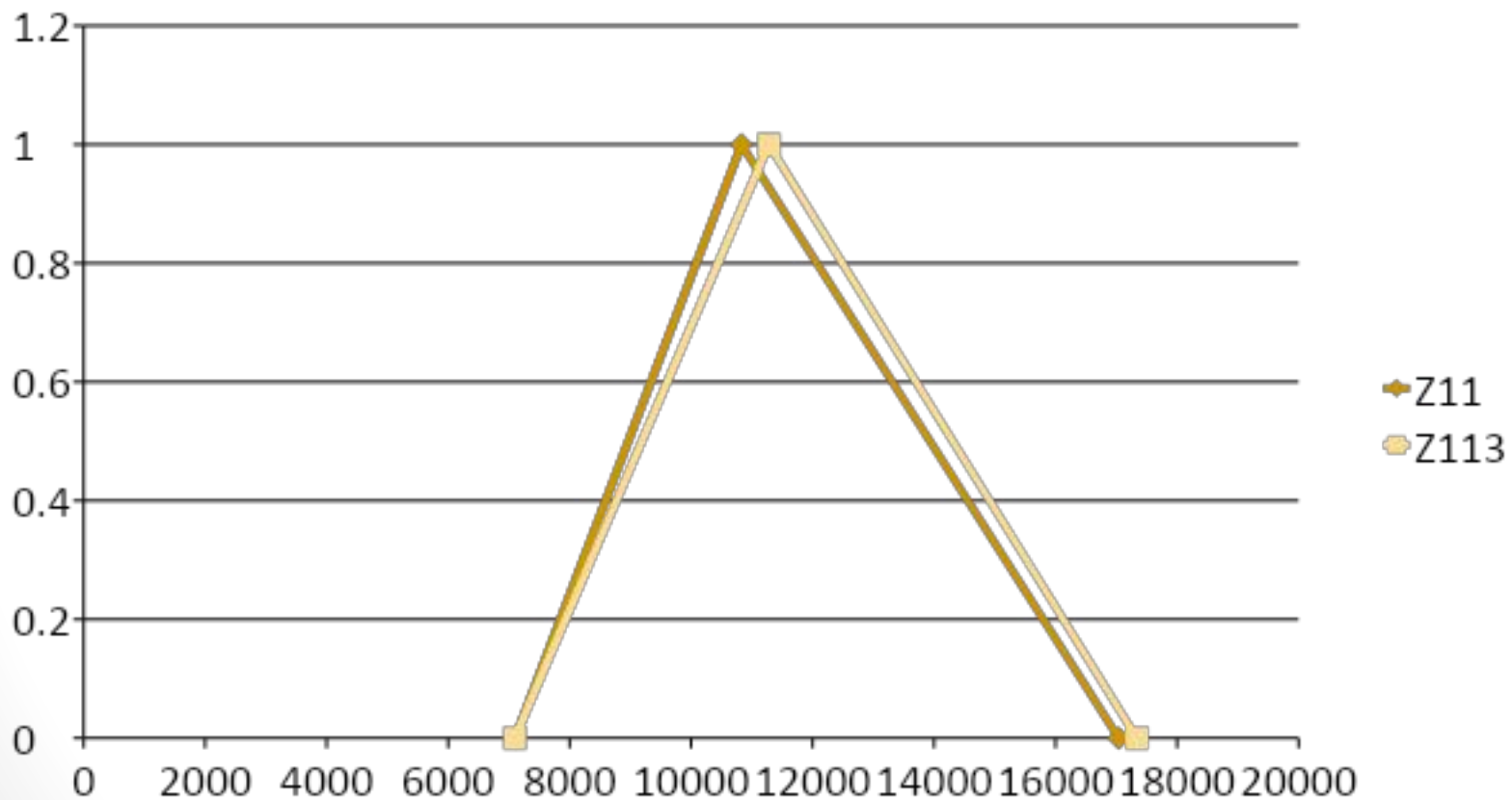
Альтернативне рішення E_2^1 (для розрахунку Z_{13}^1)

| | «Зевс» | «Марс» | «Південь» | «Зоря» | «Еколайн» | |
|--------------|--------|--------|-----------|--------|-----------|------|
| «Верховина» | 750 | | 150 | | | 900 |
| «ЛісБуд» | | 590 | 160 | | | 750 |
| «ДеревоПром» | | | 100 | 600 | 550 | 1250 |
| | 750 | 590 | 410 | 600 | 550 | |

Обраховуємо витрати:

$$Z_{13}^1 = (750)(3,6,4) + (150)(1,2,4) + (590)(2,5,7) + (160)(2,3,6) + (100)(4,6,9) + (600)(1,2,4) + (550)(4,5,7) = (2250, 3000, 4500) + (150, 300, 600) + (1180, 2950, 4130) + (320, 480, 960) + (400, 600, 900) + (600, 1200, 2400) + (2200, 2750, 3850) = \mathbf{(7100, 11280, 17340)}$$

Порівняльний аналіз нечітких множин Z_{13}^1 та Z_1^1 з трикутною формою функції належності



Критерій добутоків на першому етапі для отримання кращого рішення

| | F_1 | F_2 | F_3 | F_1' | F_2' | F_3' | $e_{ir} = \Pi e_{ij}$ | $\max e_{ir}$ | $E_{ir} = E_{ij}(Z, 0)$ | $\min E_{ir}$ |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|---------------------|-------------------------|---------------|
| E_1^1 | -7100 | -10830 | -17040 | 11900 | 8170 | 1960 | 190557080000 | | 22900 | |
| E_2^1 | -7 100 | -11280 | -17340 | 11900 | 7720 | 1660 | 152500880000 | | 23500 | |
| E_3^1 | -8000 | -12630 | -18990 | 11000 | 6370 | 10 | 700700000 | | 26125 | |
| E_4^1 | -8000 | -12330 | -18540 | 11000 | 6670 | 460 | 33750200000 | | 25600 | |
| E_5^1 | -7100 | -10390 | -17090 | 11900 | 8610 | 1910 | 195696690000 | | 22485 | |
| E_6^1 | -8340 | -12380 | -18280 | 10660 | 6620 | 720 | 50809824000 | | 25690 | |
| E_7^1 | -7410 | -12070 | -18280 | 11590 | 6930 | 720 | 57829464000 | | 24915 | |
| E_8^1 | -7000 | -10530 | -16940 | 12000 | 8470 | 2060 | 209378400000 | | 22500 | |
| E_9^1 | -6900 | -10430 | -16540 | 12100 | 8570 | 2460 | 255094620000 | 255094620000 | 22150 | 22150 |

Згідно з критерієм добутоків найкращим з усіх альтернативних рішень є рішення E_9^1 , що дає змогу на першому етапі покращити розв'язок задачі при переході від рішення E_1^1 до рішення E_9^1 . Це відповідає переходу від нечітких значень загальних витрат Z_1^1 (7100, 10830, 17040) до Z_{32}^1 (6900, 10430, 16540),

Другий етап пошуку рішення

Обираємо рішення E_9^1 , і продовжуємо процес пошуку найкращого рішення. При цьому другий етап починається з альтернативного рішення $E_1^2 = E_9^1$, що було згідно з критерієм добутків.

Альтернативне рішення E_1^2 (для розрахунку Z_{32}^1)

| | «Зевс» | «Марс» | «Південь» | «Зоря» | «Еколайн» | |
|--------------|--------|--------|-----------|--------|-----------|------|
| «Верховина» | 750 | 150 | | | | 900 |
| «ЛісБуд» | | 340 | 410 | | | 750 |
| «ДеревоПром» | | 100 | | 600 | 550 | 1250 |
| | 750 | 590 | 410 | 600 | 550 | |

Обраховуємо витрати:

$$\begin{aligned} Z_{32}^1 &= (750)(3,6,4) + (150)(1,1,3) + (340)(2,5,7) + (410)(2,3,6) + \\ &+ (100)(2,4,5) + (600)(1,2,4) + (550)(4,5,7) = (2250, 3000, 4500) + (150, \\ &150, 450) + (680, 1700, 380) + (820, 1230, 2460) + (200, 400, 500) + (600, \\ &1200, 2400) + (2200, 2750, 3850) = \mathbf{(6900, 10430, 16540)} \end{aligned}$$

Використання критерію Ходжа-Лемана для отриманих альтернативних рішень

Матриця вигравів для 9 альтернативних рішень (другий етап) за критерієм Ходжа-Лемана при $v=0,5$; $q_1 = 0,12$; $q_2 = 0,7$; $q_3 = 0,18$

| | F ₁ | F ₂ | F ₃ | min e _{ij} | $\sum_{i=1}^n e_{ij}q_j$ | e _{ir} | max e _{ir} | E _{ir} =E _{ij} (Z,0) | min e _{ir} |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------|--------------------------|-----------------|---------------------|--|---------------------|
| E ₁ ² | -6900 | -10430 | -16540 | -16540 | -11106,2 | -13823,1 | | 22150 | |
| E ₂ ² | -6900 | -10880 | -16840 | -16840 | -11475,2 | -14157,6 | | 22750 | |
| E ₃ ² | -7500 | -11630 | -17740 | -17740 | -12234,2 | -14987,1 | | 24250 | |
| E ₄ ² | -7500 | -11330 | -17290 | -17290 | -11943,2 | -14616,6 | | 23725 | |
| E ₅ ² | -6900 | -10090 | -15860 | -15860 | -10745,8 | -13302,9 | -13302,9 | 21470 | 21470 |
| E ₆ ² | -7580 | -10770 | -16200 | -16200 | -11364,6 | -13782,3 | | 22660 | |
| E ₇ ² | -6560 | -10430 | -16200 | -16200 | -11004,2 | -13602,1 | | 21810 | |
| E ₈ ² | -7000 | -10530 | -16940 | -16940 | -11260,2 | -14100,1 | | 22500 | |
| E ₉ ² | -7100 | -10830 | -17040 | -4050 | -11500,2 | -14270,1 | | 22900 | |

| v | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
|-----------------------------|---------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| E ₁ ² | -16540 | -15996,62 | -15453,2 | -14909,9 | -14366,5 | -13823,1 | -13279,7 | -12736,3 | -12193 | -11649,6 | -11106,2 |
| E ₂ ² | -16840 | -16303,52 | -15767 | -15230,6 | -14694,1 | -14157,6 | -13621,1 | -13084,6 | -12548,2 | -12011,7 | -11475,2 |
| E ₃ ² | -17740 | -17189,42 | -16638,8 | -16088,3 | -15537,7 | -14987,1 | -14436,5 | -13885,9 | -13335,4 | -12784,8 | -12234,2 |
| E ₄ ² | -17290 | -16755,32 | -16220,6 | -15686 | -15151,3 | -14616,6 | -14081,9 | -13547,2 | -13012,6 | -12477,9 | -11943,2 |
| E ₅ ² | -15860 | -15348,58 | -14837,2 | -14325,7 | -13814,3 | -13302,9 | -12791,5 | -12280,1 | -11768,6 | -11257,2 | -10745,8 |
| E ₆ ² | -16200 | -15716,46 | -15232,9 | -14749,4 | -14265,8 | -13782,3 | -13298,8 | -12815,2 | -12331,7 | -11848,1 | -11364,6 |
| E ₇ ² | -16200 | -15680,42 | -15160,8 | -14641,3 | -14121,7 | -13602,1 | -13082,5 | -12562,9 | -12043,4 | -11523,8 | -11004,2 |
| E ₈ ² | -16940 | -16372,02 | -15804 | -15236,1 | -14668,1 | -14100,1 | -13532,1 | -12964,1 | -12396,2 | -11828,2 | -11260,2 |
| E ₉ ² | -17040 | -16486,02 | -15932 | -15378,1 | -14824,1 | -14270,1 | -13716,1 | -13162,1 | -12608,2 | -12054,2 | -11500,2 |

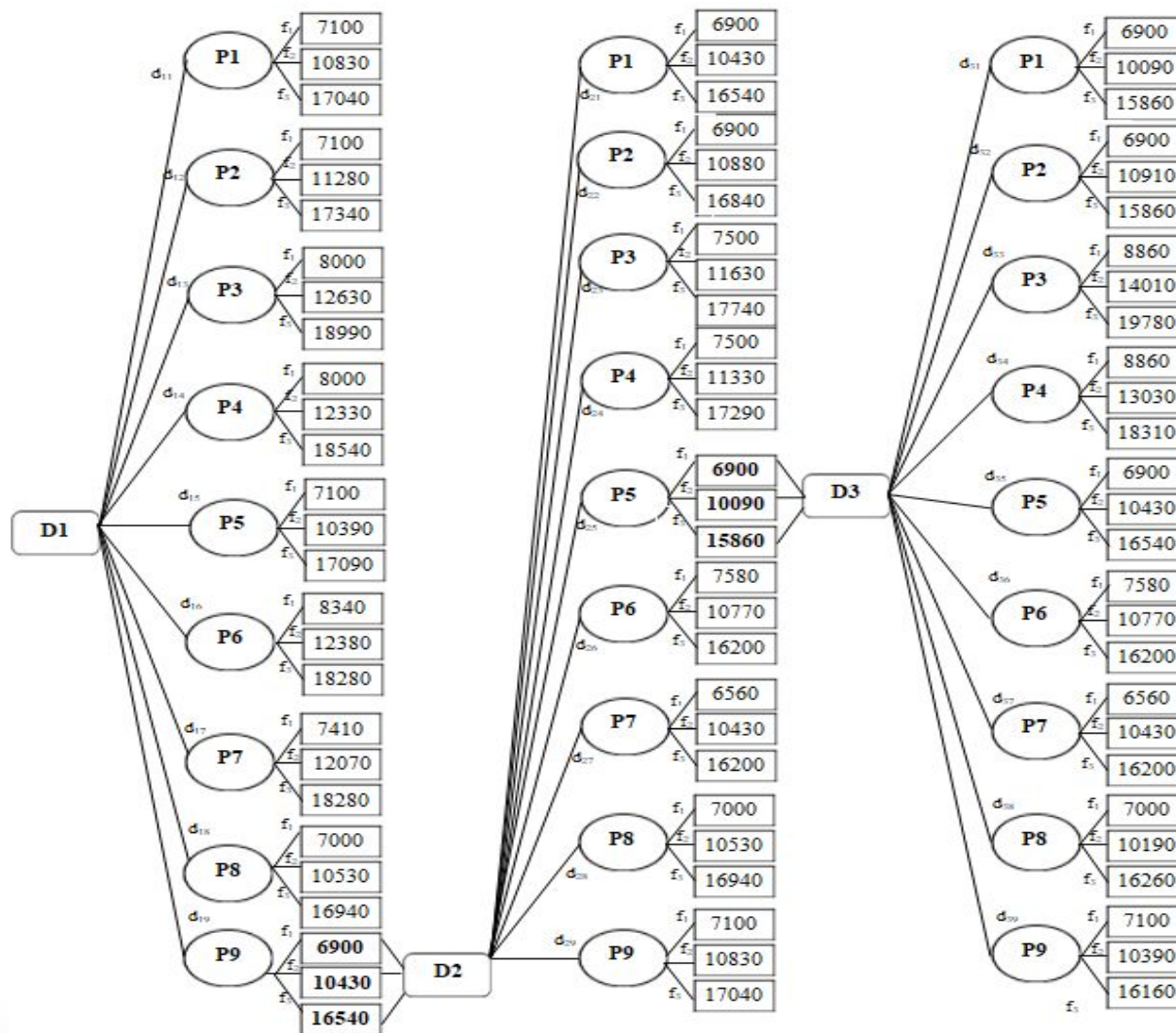
При будь-якому значенні коефіцієнта v за даним критерієм найкращим результатом є рішення **E₅²**

Третій етап

| | F_1^* | F_2^* | F_3^* | $e_{ir} = \Pi e_{ij}$ | $\max e_{ir}$ | $E_{ir} = E_{ij}(Z,0)$ | $\min E_{ir}$ |
|---------|---------|---------|---------|-----------------------|---------------------|------------------------|---------------|
| E_1^3 | 12900 | 9710 | 3940 | 493520460000 | 493520460000 | 21470 | 21470 |
| E_2^3 | 12900 | 8890 | 3940 | 451843140000 | | 22290 | |
| E_3^3 | 10940 | 5790 | 20 | 1266852000 | | 28330 | |
| E_4^3 | 10940 | 6770 | 1490 | 110355062000 | | 26615 | |
| E_5^3 | 12900 | 9370 | 3260 | 394045980000 | | 22150 | |
| E_6^3 | 12220 | 9030 | 3600 | 397247760000 | | 22660 | |
| E_7^3 | 13240 | 9370 | 3600 | 446611680000 | | 21810 | |
| E_8^3 | 12800 | 9610 | 3540 | 435448320000 | | 21820 | |
| E_9^3 | 12700 | 9410 | 3640 | 435005480000 | | 22020 | |

- Згідно із критерієм добутоків, який був застосований на даному етапі, найкращим з усіх альтернативних рішень є E_1^3 . Отже не існує іншого плану перевезень, який би скоротив загальні витрати. Було визначено найкращий план транспортних перевезень з мінімальним значенням загальних витрат. Це відповідає нечітким значенням загальних витрат **(6900, 10090, 15860)**.

Дерево рішень для нечітких входних даних



Матриці рішень за деякими критеріями на основі третього етапу

Мінімаксий критерій

| | F ₁ | F ₂ | F ₃ | $e_{ir} = \min e_{ij}$ | $\max e_{ir}$ |
|---------|----------------|----------------|----------------|------------------------|---------------|
| E_1^3 | -6900 | -10090 | -15860 | -6900 | |
| E_2^3 | -6 900 | -10910 | -15860 | -6 900 | |
| E_3^3 | -8860 | -14010 | -19780 | -8860 | |
| E_4^3 | -8860 | -13030 | -18310 | -8860 | |
| E_5^3 | -6900 | -10430 | -16540 | -6900 | |
| E_6^3 | -7580 | -10770 | -16200 | -7580 | |
| E_7^3 | -6560 | -10430 | -16200 | -6560 | -6560 |
| E_8^3 | -7000 | -10190 | -16260 | -7000 | |
| E_9^3 | -7100 | -10390 | -16160 | -7100 | |

Критерій Байеса-Лапласа

| | F ₁ | F ₂ | F ₃ | $e_{ir} = \sum \max e_{ij} q_j$ | $\max e_{ir}$ |
|---------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------|-----------------|
| E_1^3 | -6900 | -10090 | -15860 | -10745,8 | -10745,8 |
| E_2^3 | -6 900 | -10910 | -15860 | -11319,8 | |
| E_3^3 | -8860 | -14010 | -19780 | -14430,6 | |
| E_4^3 | -8860 | -13030 | -18310 | -13480 | |
| E_5^3 | -6900 | -10430 | -16540 | -11106,2 | |
| E_6^3 | -7580 | -10770 | -16200 | -11364,6 | |
| E_7^3 | -6560 | -10430 | -16200 | -11004,2 | |
| E_8^3 | -7000 | -10190 | -16260 | -10899,8 | |
| E_9^3 | -7100 | -10390 | -16160 | -11033,8 | |

Критерій Севіджа

| | F ₁ | F ₂ | F ₃ | $a_{ij} = \max e_{ij} - e_{ij}$ | | | $e_{ir} = \max$ [$\max e_{ij} - e_{ij}$] | $\min e_{ir}$ |
|---------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------|------|------|---|---------------|
| E_1^3 | -6900 | -10090 | -15860 | 340 | 0 | 0 | 340 | 340 |
| E_2^3 | -6 900 | -10910 | -15860 | 340 | 820 | 0 | 820 | |
| E_3^3 | -8860 | -14010 | -19780 | 2300 | 3920 | 3920 | 3920 | |
| E_4^3 | -8860 | -13030 | -18310 | 2300 | 2940 | 2450 | 2940 | |
| E_5^3 | -6900 | -10430 | -16540 | 340 | 340 | 680 | 680 | |
| E_6^3 | -7580 | -10770 | -16200 | 1020 | 680 | 340 | 1020 | |
| E_7^3 | -6560 | -10430 | -16200 | 0 | 340 | 340 | 340 | 340 |
| E_8^3 | -7000 | -10190 | -16260 | 440 | 100 | 400 | 440 | |
| E_9^3 | -7100 | -10390 | -16160 | 540 | 300 | 300 | 540 | |

Критерій Гурвіца при $c=0,5$

| | F ₁ | F ₂ | F ₃ | $\min e_{ij}$ | $\max e_{ij}$ | e_{ir} | $\max e_{ir}$ |
|---------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|----------|---------------|
| E_1^3 | -6900 | -10090 | -15860 | -15860 | -6900 | -11380 | |
| E_2^3 | -6 900 | -10910 | -15860 | -15860 | -6 900 | -11380 | |
| E_3^3 | -8860 | -14010 | -19780 | -19780 | -8860 | -14320 | |
| E_4^3 | -8860 | -13030 | -18310 | -18310 | -8860 | -13585 | |
| E_5^3 | -6900 | -10430 | -16540 | -16540 | -6900 | -11720 | |
| E_6^3 | -7580 | -10770 | -16200 | -16200 | -7580 | -11890 | |
| E_7^3 | -6560 | -10430 | -16200 | -16200 | -6560 | -11380 | -11380 |
| E_8^3 | -7000 | -10190 | -16260 | -16260 | -7000 | -11630 | |
| E_9^3 | -7100 | -10390 | -16160 | -16160 | -7100 | -11630 | |

Оцінки матриці рішень згідно з усіма критеріями на основі третього етапу

| | MM | BL | S | HW | | HL | G | P |
|---------|----|----|---|--------------|-----------|---------------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | $c \leq 0,5$ | $c > 0,5$ | $v = \{0 \dots 1\}$ | $q_1 = 0,12; q_2 = 0,7; q_3 = 0,8$ | $a = 19800$ |
| E_1^3 | | + | + | | + | + | + | + |
| E_2^3 | | | | | | | | |
| E_3^3 | | | | | | | | |
| E_4^3 | | | | | | | | |
| E_5^3 | | | | | | | | |
| E_6^3 | | | | | | | | |
| E_7^3 | + | | | + | | | | |
| E_8^3 | | | | | | | | |
| E_9^3 | | | | | | | | |

Застосування похідних критеріїв підвищує надійність процесу прийняття рішень. Усі критерії рекомендують у залежності від параметрів алгоритмів c , v та a вибирати, у більшості випадків рішення E_1 , а також E_7 для поставленої задачі

Дякую за увагу!