

28 січня 2019 р.

**Задача 1.** Для кожного з наступних відношень на множині натуральних чисел опишіть впорядковані пари, що належать відношенням:

1.  $R = \{(x, y) | x + y = 9\};$
2.  $R = \{(x, y) | x + y < 7\};$
3.  $R = \{(x, y) | y = x^2\};$
4.  $R = \{(x, y) | 4x = y^2\}.$

**Розв'язок.**

1. Спершу задамо це відношення через цикл:

$$R = \{(n, 9 - n), n = \overline{1..8}\}.$$

Також випишемо всі пари які входять до цього відношення:

$$R = \{(1, 8), (2, 7), (3, 6), (4, 5), (5, 4), (6, 3), (7, 2), (8, 1)\}.$$

2. Спершу задамо це відношення через цикли:

$$R = \{(n, k - n), n = \overline{1..k - 1}, k = \overline{2..6}\}.$$

Також випишемо всі пари які входять до цього відношення:

$$R = \{(1, 5), (1, 4), (1, 3), (1, 2), (1, 1), (2, 4), (2, 3), \\ (2, 2), (2, 1), (3, 3), (3, 2), (3, 1), (4, 2), (4, 1), (5, 1)\}.$$

3. Спершу задамо це відношення словами:  $R$  – відношення пар натуральних чисел вигляду

$$(\text{число}, \text{квадрат цього числа}).$$

Також випишемо пари які входять до цього відношення:

$$R = \{(1, 1), (2, 4), (3, 9), (4, 16), \dots\}.$$

4. Спершу задамо це відношення словами:  $R$  – відношення пар натуральних чисел вигляду

$$(\text{квадрат половини другого числа}, \text{парне число}).$$

Також випишемо пари які входять до цього відношення:

$$R = \{(1, 2), (4, 4), (9, 6), (16, 8), \dots\}.$$

**Задача 2.** Яке відношення задається матрицею  $A$ ? Побудуйте для нього граф.

$$1. A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix};$$

$$3. A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix};$$

$$2. A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix};$$

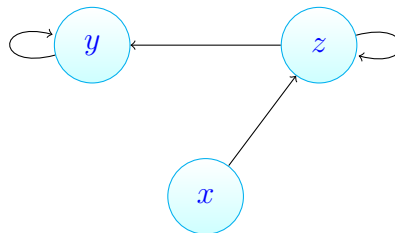
$$4. A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix};$$

**Розв'язок.** Для зручності у цій задачі позначимо  $\Omega = \{x, y, z\}$ . Тоді

1. Спершу випишемо всі пари які входять до цього відношення:

$$R = \{(x, z), (y, y), (z, y), (z, z)\}.$$

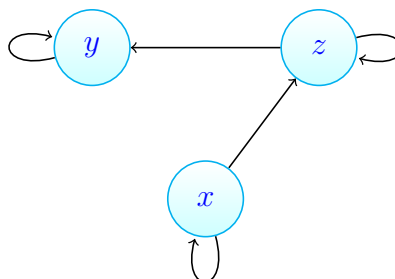
Тепер наведемо його граф:



2. Спершу випишемо всі пари які входять до цього відношення:

$$R = \{(x, x), (x, z), (y, y), (z, y), (z, z)\}.$$

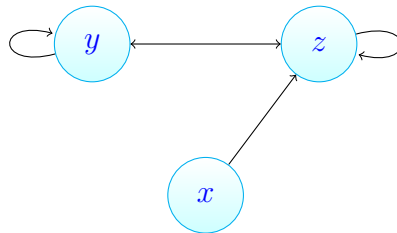
Тепер наведемо його граф:



3. Спершу випишемо всі пари які входять до цього відношення:

$$R = \{(x, z), (y, y), (y, z), (z, y), (z, z)\}.$$

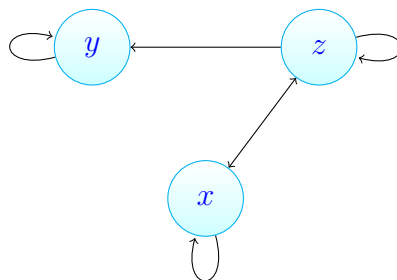
Тепер наведемо його граф:



4. Спершу випишемо всі пари які входять до цього відношення:

$$R = \{(x, x), (x, z), (y, y), (z, x), (z, y), (z, z)\}.$$

Тепер наведемо його граф:



**Задача 3.** Визначте, які з наступних відношень на множині людей рефлексивні, симетричні або транзитивні:

1. “мати тих же самих батьків”;
2. “бути братом”;
3. “бути старше” або “бути молодше”;
4. “бути знайомим”;
5. “бути не вище”;

**Розв’язок.**

1. Рефлексивне, симетричне, транзитивне, тобто відношення еквівалентності.
2. Взагалі кажучи це відношення є композицією відношень<sup>1</sup> “бути чоловіком (особою чоловічої статі)” та “мати спільних батьків”, на основі чого і проводиться подальший його аналіз.

Або не рефлексивне (бо жінка не є своїм братом) або навіть антирефлексивне (якщо ми вважаємо що і чоловік не є своїм братом).

Не симетричне (дочка  $X$  не є братом сина  $X$  але син  $X$  є братом дочки  $X$ ), але і не антисиметричне (бо існує  $X$  такий що у  $X$  існують два сини  $Y$ ,  $Z$ , тоді  $Y$  брат  $Z$  і  $Z$  брат  $Y$ ).

Транзитивне, бо якщо  $X$  брат  $Y$  і  $Y$  брат  $Z$ , то у них всіх спільні батьки, і при цьому  $X$  чоловік (адже він брат  $Y$ ).

3. Антирефлексивне, антисиметричне і транзитивне, тобто відношення строгого порядку.
4. Рефлексивне (бо людина знає<sup>2</sup> саму себе).

---

<sup>1</sup>Тут відношення “бути чоловіком” – унарне і застосовується до першого аргументу.

<sup>2</sup>Хоча якщо пригадати філософів Древньої Греції які стверджували що сенс життя у тому, щоб “пізнати себе”, то можна засумніватися у тому що всі люди себе знають.

Симетричне<sup>3</sup>, бо якщо людина  $X$  знає людину  $Y$  то вони знайомі, а отже  $Y$  знає  $X$ .

Взагалі кажучи не транзитивне, бо я знаю декана, декан знає ректора, але ректора я не знаю.

5. Рефлексивне, антисиметричне і транзитивне, тобто відношення не-строного (часткового) порядку.

---

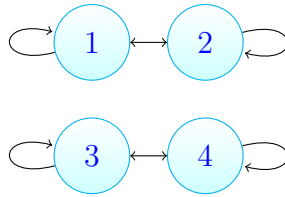
<sup>3</sup>Здебільшого саме так вважають у задачах математичних олімпіад, хоча і не завжди.

**Задача 4.** Маємо множину  $A = \{1, 2, 3, 4\}$  і її розбиття на класи еквівалентності  $\{\{1, 2\}, \{3, 4\}\}$ . Задайте відношення еквівалентності  $R$ .

**Розв'язок.** Спершу випишемо всі пари які входять до цього відношення:

$$R = \{(1, 1), (1, 2), (2, 1), (2, 2), (3, 3), (3, 4), (4, 3), (4, 4)\}.$$

Тепер наведемо його граф:



Для повноти опису наведемо також його матрицю:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$