

**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**

кафедра програмних засобів

**ЗВІТ**

з завдання

з дисципліни «Комп'ютерна графіка та обробка зображень» на тему:

**«РОЗВ'ЯЗОК ЗАДАЧ З ВИКОРИСТАННЯМ АФІННИХ  
ПЕРЕТВОРЕНЬ»**

Виконав:

ст. гр. КНТ-113сп

Іван ЩЕДРОВСЬКИЙ

Прийняв:

Доцент

Анжеліка ПАРХОМЕНКО

2025

## 1 Завдання до лабораторної роботи

Розв'язати задачі

**Задача 1.** Знайти перетворену точку Р, що отримана при обертанні точки з координатами (3, 5) відносно початку відліку на кут  $60^\circ$

**Задача 2.** Побудуйте перетворення, яке точку з координатами (1, 2):

- Обертає на кут  $45^\circ$
- Масштабує вздовж вісі Х на 1.5, а вздовж вісі Y на -2
- Переміщує на вектор (3, 5)

**Задача 3.** Які матриці перетворення та в якому порядку мають бути застосовані для обертання точки (2,2) на площині ху на  $30^\circ$  проти годинникової стрілки відносно точки (3,4)? Обчислити координати точки після обертання шляхом застосування результуючої матриці перетворення до точки (2,2)

## 2 Виконання лабораторної роботи

**Задача 1.** Знайти перетворену точку Р, що отримана при обертанні точки з координатами (3, 5) відносно початку відліку на кут  $60^\circ$

Для виконання цього завдання потрібно застосувати матрицю обертання. Оскільки у нас є всього дві координати та потрібно виконати поворот відносно початку відліку, нам треба застосовувати матрицю повороту навколо осі Z

$$\begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Тоді, виконанням буде

$$\begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 3 \\ 5 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} & 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 3 \\ 5 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} * 3 - \frac{\sqrt{3}}{2} * 5 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} * 3 + \frac{1}{2} * 5 \\ 1 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 1.5 - 2.5\sqrt{3} \\ \frac{3}{2}\sqrt{3} + 2.5 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2.83 \\ 5.098 \\ 1 \end{bmatrix}$$

**Відповідь:** P = (-2.83, 5.1)

**Задача 2. Побудуйте перетворення, яке точку з координатами (1, 2):**

- **Обертає на кут 45°**
- **Масштабує вздовж вісі X на 1.5, а вздовж вісі Y на -2**
- **Переміщує на вектор (3, 5)**

Для виконання цієї задачі потрібно розуміти, що множення матриць не є комутативним, тобто порядок в якому вони множаться має значення

Також при множенні матриць нам потрібно читати їх справа на ліво, оскільки найправіша матриця буде першою перемножуватись з даними, в нашому випадку з вектором

Для обертання точки буде використовуватись матриця обертання

$$\begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Для масштабування буде використовуватись матриця масштабування

$$\begin{bmatrix} Sx & 0 & 0 \\ 0 & Sy & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

І для переміщення буде використовуватись матриця переміщення

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & X_m \\ 0 & 1 & Y_m \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Також важливий порядок операцій! По задачі спочатку виконується поворот, потім масштабування, а потім переміщення

В результаті отримаємо наступну результуючу матрицю:

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} 1 & 0 & X_m \\ 0 & 1 & Y_m \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \\
 & = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 \\ 0 & 1 & 5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1.5 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \\
 & = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 \\ 0 & 1 & 5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{1.5}{\sqrt{2}} & -\frac{1.5}{\sqrt{2}} & 0 \\ -2 & -2 & 0 \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 \\ 0 & 1 & 5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{3\sqrt{2}}{4} & -\frac{3\sqrt{2}}{4} & 0 \\ -\sqrt{2} & -\sqrt{2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \\
 & = \begin{bmatrix} \frac{3\sqrt{2}}{4} & -\frac{3\sqrt{2}}{4} & 3 \\ -\sqrt{2} & -\sqrt{2} & 5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Тепер ми можемо вирахувати значення результату

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} \frac{3\sqrt{2}}{4} & -\frac{3\sqrt{2}}{4} & 3 \\ -\sqrt{2} & -\sqrt{2} & 5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{3\sqrt{2}}{4} + 2\left(-\frac{3\sqrt{2}}{4}\right) + 3 \\ -\sqrt{2} + 2(-\sqrt{2}) + 5 \\ 1 \end{bmatrix} = \\
 & = \begin{bmatrix} \frac{3\sqrt{2} + 12 - 6\sqrt{2}}{4} \\ -3\sqrt{2} + 5 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-3\sqrt{2} + 12}{4} \\ -3\sqrt{2} + 5 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.939 \\ 0.757 \\ 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Тобто, результатом буде точка (1.939, 0.757)

Але, досить цікаво подивитись, що буде, якщо виконати операції в іншому порядку. Замість поворот-масштабування-переміщення виконати масштабування-

поворот-переміщення. На рисунку 1 зображено два шляхи. Шлях А – це масштабування спочатку, а шлях В – це поворот спочатку. Також вираховані проміжкові точки

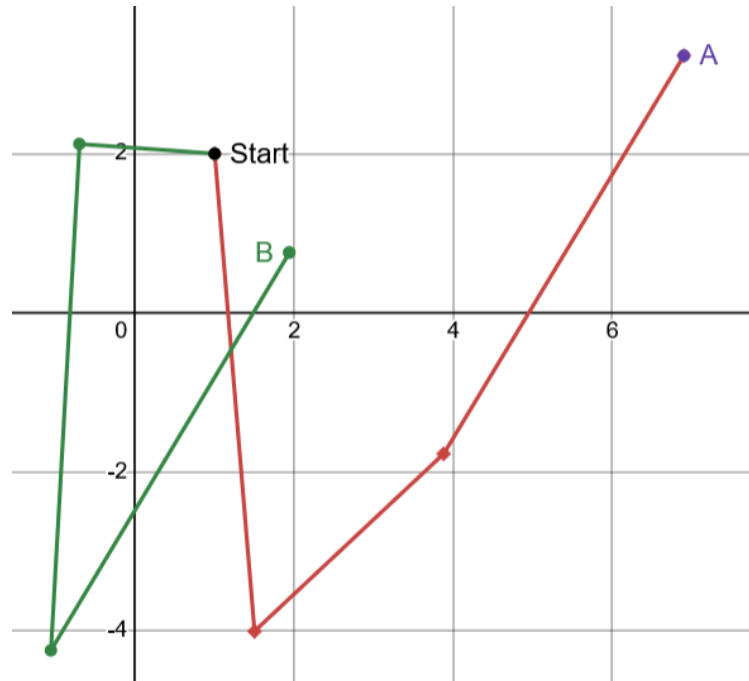


Рисунок 1

**Відповідь:**  $P = (1.939, 0.757)$

**Задача 3. Які матриці перетворення та в якому порядку мають бути застосовані для обертання точки (2,2) на площині  $xu$  на  $30^\circ$  проти годинникової стрілки відносно точки (3,4)? Обчислити координати точки після обертання шляхом застосування результуючої матриці перетворення до точки (2,2)**

Для виконання цього завдання потрібно реалізувати поворот по осі  $Z$  відносно точки (3, 4)

Щоб реалізувати поворот відносно точки потрібно спочатку перенести цю точку в початок координат, тобто перемістити на (-3,-4). Далі виконати поворот і перемістити назад

Множення в матрицях читається справа на ліво, тому результуюча матриця буде виглядати ось так:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & Xm1 \\ 0 & 1 & Ym1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & Xm2 \\ 0 & 1 & Ym2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Підставимо значення

$$\begin{aligned} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 \\ 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} & 0 \\ \frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & -3 \\ 0 & 1 & -4 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \\ & = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 \\ 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} & -\frac{3\sqrt{3}}{2} + \frac{4}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{3}{2} - 2\sqrt{3} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} & \left(-\frac{3\sqrt{3}}{2} + \frac{4}{2}\right) + 3 \\ \frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} & \left(-\frac{3}{2} - 2\sqrt{3}\right) + 4 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \\ & = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} & \frac{-3\sqrt{3} + 10}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{-4\sqrt{3} + 5}{2} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Тепер можемо обчислити нову позицію точки

$$\begin{aligned} & \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} & \frac{-3\sqrt{3} + 10}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{-4\sqrt{3} + 5}{2} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} * 2 - \frac{1}{2} * 2 + \frac{-3\sqrt{3} + 10}{2} \\ \frac{1}{2} * 2 + \frac{\sqrt{3}}{2} * 2 + \frac{-4\sqrt{3} + 5}{2} \\ 0 * 2 + 0 * 2 + 1 * 1 \end{bmatrix} = \\ & \begin{bmatrix} \frac{-1\sqrt{3} + 8}{2} \\ \frac{-2\sqrt{3} + 7}{2} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.1339 \\ 1.7679 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.13 \\ 1.77 \\ 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

**Відповідь:** P = (3.13, 1.77)