Zad. 3: Rotacje 2D

1 Cel ćwiczenia

Wykształcenie umiejętności modelowania kluczowych dla danego problemu pojęć. Definiowanie właściwego interfejsu klasy. Zwrócenie uwagi na dobór odpowiednich struktur danych w zależności od metody rozwiązywania problemu. Praktyczne zapoznanie się z problemem skończonej binarnej reprezentacji liczb oraz wynikającego stąd problemu niedokładności obliczeń.

2 Program zajęć w tygodniu *zerowym*

- *Demonstracja przykładu problemu skończonej reprezentacji binarnej liczb*
- *Ocena realizacji zadania z poprzedniego laboratorium* – ocenie podlega poprawność realizacji zadania, styl pisania programu oraz opisy.
- *Ocena przygotowania do zajęć* – ocenie podlega diagram czynności (szczegóły wymagań patrz podrozdział 4)
- *Modyfikacja programu wg wskazań osoby prowadzącej* – ocenie będzie podlegała poprawność realizacji modyfikacji. Pracę nad modyfikacją programu (wszystkie operacje należy wykonywać na kopii) należy rozpocząć już w trakcie pierwszej fazy laboratorium, gdyż prowadzący nie będzie w stanie ocenić wcześniejszego programu wszystkim jednocześnie.
- *Realizacja wstępnej fazy prac nad nowym zadaniem* – w ramach wstępnej realizacji zadania należy zdefiniować klasę wektor oraz przeciążenia odpowiednich metod. Definicję należy wpisać w odpowiednim module dostarczonego zalążka.
- *Ocena realizacji wstępnej fazy zadania*

3 Opis zadania programowego

Należy napisać program, który umożliwi rotację prostokąta o zadany kąt wokół środka układu współrzędnych. Po dokonanym obrocie współrzędne wierzchołków powinny zostać zaktualizowane, aby odzwierciedlały nowe położenie prostokąta. Program ma udostępniać proste menu, które pozwalać ma na następujące operacje:

- obrót prostokąta o zadany kąt z zadaną ilością powtórzeń operacji, po tej operacji należy porównać długość przeciwległych boków, wyświetlić ich wartości oraz wynik porównania,
- przesunięcie prostokąta o zadany wektor,
- wyświetlenie współrzędnych wierzchołków,
- wyświetlenie menu,
- zakończenie działania programu.

Sprawdzenie długości przeciwległych boków ma na celu sprawdzenie, czy długość przeciwległych boków jest równa. Oprócz wspomnianych operacji program powinien wizualizować położenie prostokąta wykorzystując dostarczony moduł `LaczeDoGnuplota`.

4 Przygotowanie do zajęć

Należy przygotować schemat blokowy algorytmu dla operacji obrotu prostokąta o zadany kąt wokół środka układu współrzędnych.

5 Przykład działania programu

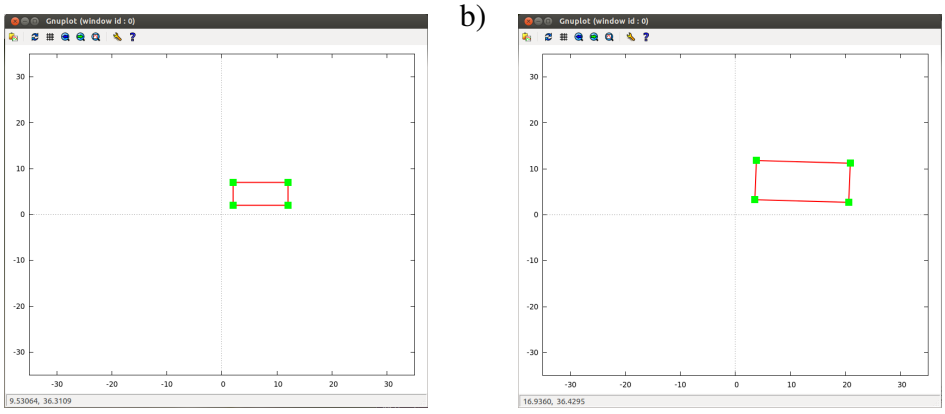
Poniżej przedstawiony przykład wyznacza formę komunikatów i ich forma jest obligatoryjny dla programu tworzonego w ramach niniejszego zadania.

```
panamint> ./program_obroty_2D

:)  Dluzsze przeciwlegle boki sa sobie rowne.
  Dlugosc pierwszego boku: 10.00000000000000000000
    Dlugosc drugiego boku: 10.00000000000000000000

:)  Krotsze przeciwlegle boki sa sobie rowne.
  Dlugosc pierwszego boku: 5.00000000000000000000
    Dlugosc drugiego boku: 5.00000000000000000000

 o - obrot prostokata o zadany kat
 p - przesuniecie prostokata o zadany wektor
 w - wyswietlenie wspolrzednych wierzcholkow
 m - wyswietl menu
 k - koniec dzialania programu

 Twoj wybor? (m - menu) > w

  1.0000000000    1.0000000000
 11.0000000000    1.0000000000
 11.0000000000    6.0000000000
  1.0000000000    6.0000000000

 Twoj wybor? (m - menu) > p
 Wprowadz wspolrzedne wektora translacji w postaci dwoch liczb
 tzn. wspolrzednej x oraz wspolrzednej y.
1 2

 Twoj wybor? (m - menu) > w

  2.0000000000    3.0000000000
 12.0000000000    3.0000000000
 12.0000000000    8.0000000000
```

```
  2.0000000000    8.0000000000

 Twoj wybor? (m - menu) > o
 Podaj wartosc kata obrotu w stopniach
1
 Ile razy operacja obrotu ma byc powtorzona?
3600000

:O  Dluzsze przeciwlegle boki nie sa rowne!!!
  Dlugosc pierwszego boku: 10.536120095184767 10923
    Dlugosc drugiego boku: 10.650556279371448 55366

:O  Krotsze przeciwlegle boki nie sa rowne!!!
  Dlugosc pierwszego boku: 5.27226513299249432976
    Dlugosc drugiego boku: 4.94654539146407223882

 Twoj wybor? (m - menu) > w

  2.1186568737    3.1550147533
 12.6547117233    3.1178891659
 12.6788005829    8.3900995255
  2.0321741104    8.1008043289

 Twoj wybor? (m - menu) > k

 Koniec dzialania program

panamint> _
```

W przykładzie zademonstrowano kumulowanie się błędu obliczeń. Bardzo wyraźne i widoczne zniekształcenia pierwotnego prostokąta są widoczne przy zadaniu kąta rotacji 1° i powtórzenia tej operacji 36 000 000 razy. Porównanie obu prostokątów (pierwotnego i po zrealizowaniu ciągu transformacji) widoczny jest na rys. 1

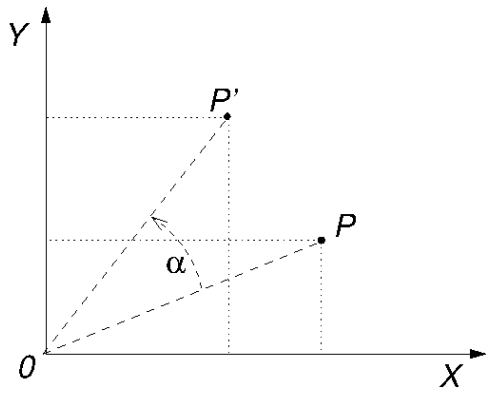
a) b)



Rysunek 1: Zestawienie prostokątów a) przed dokonaniem ciągu rotacji, b) po dokonaniu ciągu rotacji o 1° i powtórzenia jej 36 000 000 razy

6 Realizacja rotacji

Niech będzie dany punkt $P = (x,y)$. Dokonując rotacji tego punktu o kąt α wokół środka układu współrzędnych otrzymujemy nowy punkt $P' = (x',y')$ tak jak to jest pokazane na rysunku rys. 2. Transformację rotacji współrzędnych punktu P do współrzędnych punktu P' realizujemy



Rysunek 2: Rotacja punktu P o kąt α

zgodnie z następującym wzorem:

$$\begin{aligned} x' &= x\cos\alpha - y\sin\alpha, \\ y' &= x\sin\alpha + y\cos\alpha. \end{aligned}$$

Możemy go zapisać w postaci macierzowej

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha \\ \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

Tak więc mając na uwadze, że $P = (x,y)$ i $P' = (x',y')$ oraz oznaczając macierz rotacji $\mathbf{R}_\alpha$, powyższą wzór można zapisać w formie

$$P' = \mathbf{R}_\alpha \cdot P.$$

W programie należy dokonać odpowiednich przeciążeń operatorów, aby tego typu zapis można było stosować bezpośrednio w programie.

7 Materiały pomocnicze

Zalążek programu znajduje się w katalogu `~bk/edu/kpo/zad/z3`. Zawiera on przykład wykorzystania modułu złącza do programu `gnuplot`, który pozwala zwizualizować wyniki obliczeń. Podstawowe objaśnienia znajdują się w kodzie dostarczonego zalążka.

8 Wymagania co do konstrukcji programu

Oprócz wymagań sformułowanych w opisie zadania należy uwzględnić uwarunkowania przedstawione poniżej.

- Należy zdefiniować klasy `Wektor2D`, `Macierz2x2` oraz `Prostokat`. Muszą one mieć **tylko i wyłącznie niezbędne pola reprezentujące atrybuty danego pojęcia**.

- Należy odpowiednio przeciążyć operator indeksujący dla klasy `Wektor2D`, operator funkcyjny dla klasy `Macierz2x2` i odpowiednio posługiwać się nimi w programie. Możliwe są również również inne kombinacje tych operatorów.
- Należy przeciążyć operator mnożenia, tak aby była możliwość przemnożenia macierzy przez wektor. Ponadto konieczne jest przeciążenie operatora dodawania i odejmowania wektorów.
- Program musi zachować strukturę modułową i odpowiednią strukturę kartotek. O ile będzie to konieczne, należy zmodyfikować plik `Makefile` (np. gdy dodany zostanie nowy moduł).
- Każda z klas powinna zostać zdefiniowana w oddzielnym pliku nagłówkowym. Metody tej klasy powinny być natomiast definiowane w osobnym module związanym z daną klasą, np. definicja klasy `Prostokat` powinna znaleźć się w pliku nagłówkowym `Prostokat.hh`, zaś metody w pliku `Prostokat.cpp`. Proste metody można definiować bezpośrednio w ciele klasy.
- Dla poszczególnych klas należy przeciążyć niezbędne operatory działające na strumieniach. Nie wszystkie przeciążenia są w tym zadaniu potrzebne. Na pewno będą potrzebne przeciążenia operatorów wczytywania i zapisu dla klasy `Wektor2D` oraz operatora wyświetlania dla klasy `Prostokat`.
- Wszystkie metody, które nie zmieniają stanu obiektu, na którym działają, powinny być metodami typu **const**.
- Wszystkie klasy i metody oraz funkcje powinny zostać opisane zgodnie z zaleceniami przedstawionymi w pliku `~bk/edu/kpo/zalecenia.txt`.

Oprócz tego pozostają w mocy wszystkie wcześniejsze wymagania dotyczące struktury katalogów, pliku Makefile, modułowej struktury programu, jak też opisów.

9 Wymagania i zarys programu zajęć w okresie realizacji zadania

Przystępując do pracy nad programem należy pamiętać, że menu programu dodajemy na samym końcu, gdy stworzymy już i przetestujemy wszystkie niezbędne funkcjonalności. Zaczynanie pracy od menu nie jest dobrym rozwiązaniem.

9.1 Tydzień 0

Należy przygotować diagram czynności dla operacji obrotu prostokąta o zadany kąt wokół środka układu współrzędnych.

9.2 Tydzień 1

Przed zajęciami muszą zostać przygotowane następujące elementy zadania. Wszystko co będzie ponad to będzie oceniane *in plus* (oprócz menu programu). Zakłada się, że w programie będą

przetestowane podstawowe funkcjonalności związane z obrotem i translacją prostokąta. W tej wersji programu nie jest pożądane, aby występowało menu. Wyjątkiem jest sytuacja, gdy program zostanie wcześniej skończony.

- Zdefiniowane powinny być klasy `Wektor2D`, `Macierz2x2` oraz `Prostokat`. Wszystkie klasy muszą mieć zdefiniowane odpowiednie metody.
- Warunkiem koniecznym pozytywnej oceny jest poprawna kompilacja. W trakcie kompilacji nie powinny być generowane żadne ostrzeżenia.
- W funkcji `main` powinien być kod, który demonstruje rysowanie prostokąta, jego obrót o zadany kąt. Wartość tego kąta może być (a w celach testowych nawet należy aby była) wpisana na „sztywno" w kodzie programu. Po dokonaniu obrotu powinien pojawić się nowy rysunek. W analogiczny sposób powinna zostać zademonstrowana operacja translacji.

  Uwaga: W tej wersji programu nie musi być menu.
- Powinny być wyświetlane współrzędne wierzchołków prostokąta. Muszą więc zostać przeciążone odpowiednie operatory dla klas `Wektor2D` i `Prostokat`, które umożliwią wypisanie współrzędnych na wyjście standardowe.
- Wszystkie klasy i metody muszą być opisane.

9.3 Tydzień 2

Rozliczenie się z gotowego programu i rozpoczęcie następnego zadania.