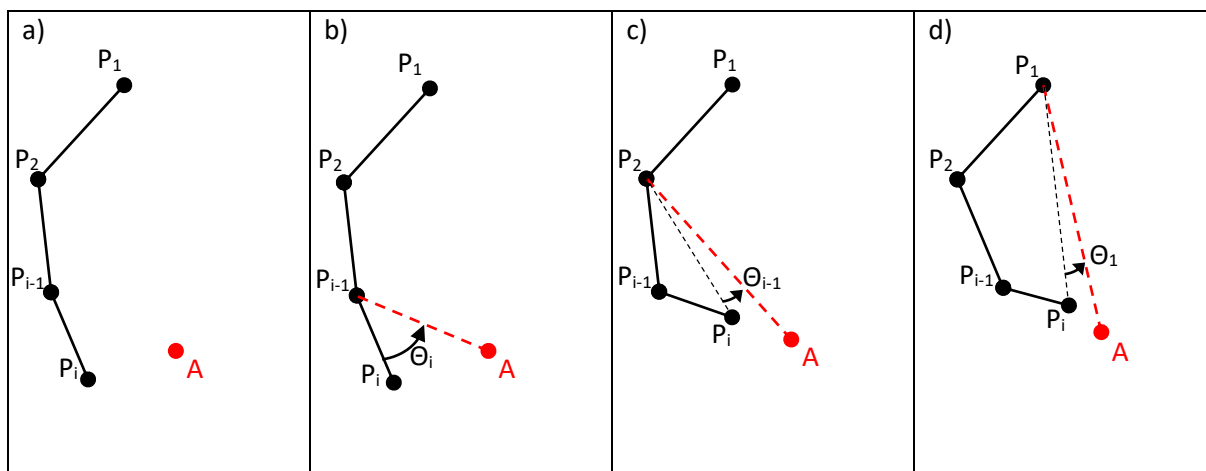


## Instrukcja na zajęcia laboratoryjne z przedmiotu „Podstawy robotyki”

### Zajęcia VI-VII – „Kinematyka odwrotna – metody numeryczne”

#### Algorytm Cyclic Coordinate Descent (CCD)



Rysunek 1 Schemat działania algorytmu CCD

Na rysunku 1a pokazano początkowe ułożenie ramion manipulatora, oraz zaznaczono punkt A, który powinien zostać osiągnięty przez końcówkę  $P_i$  ostatniego ramienia. Zasada działania algorytmu CCD opiera się na zmianie wartości przegubów zaczynając od ostatniego przegubu. W pierwszej kolejności algorytm oblicza wartość kąta pomiędzy prostą łączącą początek ostatniego rozważanego ramienia oraz końcówkę manipulatora (w prezentowanym schemacie na rysunku 1a jest to ramię  $P_i$ ), a prostą przebiegającą również przez początek ostatniego rozważanego ramienia oraz docelowy punkt, który ramię powinno osiągnąć (patrz rysunek 1b). Następnie wartość ostatniego przegubu  $\Theta_i$  jest zmieniana o obliczony kąt, pod warunkiem, że nie zostanie przekroczony jego maksymalny zakres. W przypadku przekroczenia zakresu należy zmienić wartość przegubu o maksymalny możliwy kąt.

Następnie podobne przekształcenie wykonywane jest dla wcześniejszego przegubu, przy czym kąt, o który należy zmienić wartość w tym przegubie obliczany jest pomiędzy prostą przechodzącą przez ten przegub oraz przez punkt końcówki manipulatora, a drugą prostą, która również łączy rozważany przegub oraz punkt docelowy – tak jak przedstawiono to na rysunku 1c. Analogiczne kroki powtarzane są dla kolejnych przegubów. Po wykonaniu przekształceń dla pierwszego przegubu należy sprawdzić warunki zakończenia algorytmu, którymi może być:

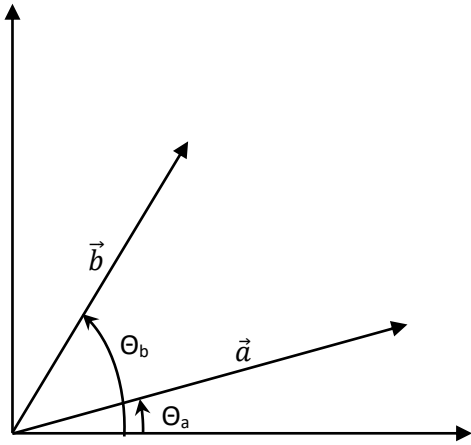
- Osiągnięcie otoczenia  $\varepsilon$  punktu A przez końcówkę manipulatora
- Wykonanie x kroków algorytmu.

Jako krok algorytmu można przyjąć jednokrotną modyfikację wszystkich przegubów (warunki zakończenia algorytmu będą sprawdzane po modyfikacji pierwszego z nich) lub modyfikację jednego z przegubów (możliwość zakończenia algorytmu należy wtedy sprawdzić po każdej zmianie wartości dowolnego przegubu).

### Sposoby obliczenia kąta między wektorami

Aby obliczyć wartość kąta pomiędzy odcinkami można wykorzystać funkcję  $\arctg(\theta_a) = \frac{a_y}{a_x}$ , a następnie odjąć od siebie kątów wyznaczonych dla obu wektorów:

$$\alpha = \theta_b - \theta_a$$



Innym sposobem jest obliczenie wartości sinus kąta między wektorami wykorzystując wyznacznik pary wektorów:

$$\sin(\alpha) = \frac{\det(\vec{a}, \vec{b})}{|\vec{a}| \cdot |\vec{b}|}$$

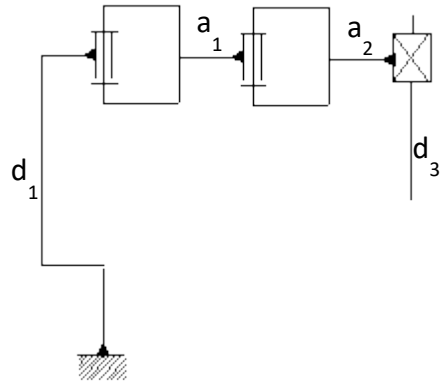
Przy czym dla wektorów dwuwymiarowych wyznacznik ich pary określa wzór:

$$\det(\vec{a}, \vec{b}) = \begin{bmatrix} a_x & a_y \\ b_x & b_y \end{bmatrix} = a_x b_y - a_y b_x$$

Trzecim sposobem jest wyznaczenie kątów pomiędzy wektorami oraz osią OX wykorzystując

## Sprawozdanie

Zadanie 1: Napisać w programie Matlab funkcję obliczającą wartość przegubów (kinematykę odwrotną) dla manipulatora typu SCARA wykorzystując algorytm CCD do wyznaczenia wartości przegubów obrotowych. W przypadku przegubu postępowego można wykorzystać równania kinematyki odwrotnej wyznaczone analitycznie. Funkcja powinna zwracać macierz zawierającą wartości przegubów (wartość przegubów obrotowych powinna być wyrażona w stopniach). Jako położenie początkowe ramion manipulatora należy przyjąć punkt (580, 0, 400) przy założeniu, że ramiona  $a_1$  oraz  $a_2$  są ułożone równoległe do osi OX.



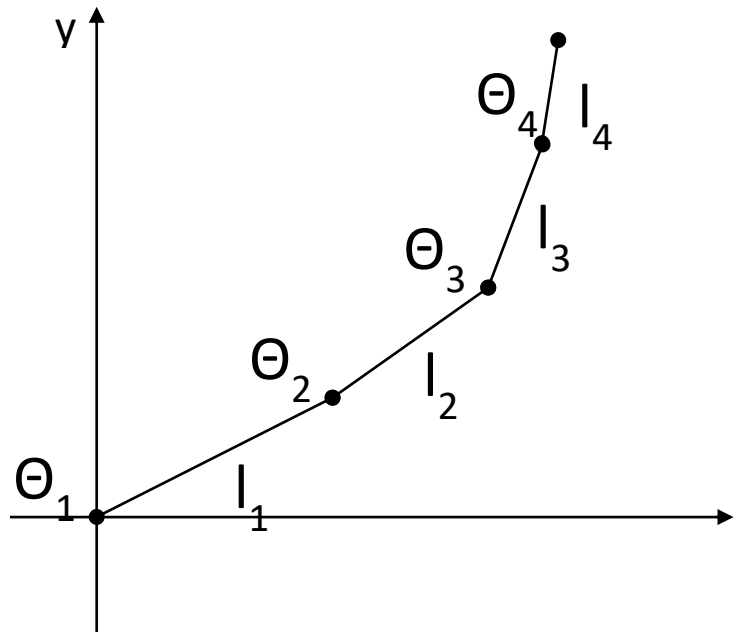
Należy przyjąć następujące wartości długości ramion oraz zakresów przegubów :

- $d_1=500$
- $a_1=310$
- $a_2=270$
- $\theta_1 \in (-45^\circ, 45^\circ)$
- $\theta_2 \in (-90^\circ, 90^\circ)$
- $d_3 \in (100, 200)$

Funkcja powinna ponadto rysować wykres z zaznaczonymi punktami położenia końcówki manipulatora po wykonaniu każdego kroku algorytmu.

Należy również zmodyfikować funkcję tak, aby podać nie tylko współrzędne punktu, który ma osiągnąć końcówka manipulatora, ale również wartość przegubów w położeniu początkowym.

**Zadanie 2:** Napisać w programie Matlab funkcję obliczającą wartość przegubów (kinematykę odwrotną) dla manipulatora o 4 przegubach obrotowych pracującego w płaszczyźnie 2D wykorzystując algorytm CCD do wyznaczenia wartości przegubów obrotowych. Funkcja po każdym kroku powinna aktualizować wykres przedstawiający schemat położenia ramion oraz zaznaczając wszystkie punkty, w których znajdowała się końcówka manipulatora do wykonania aktualnego kroku.



Wykonanie kolejnego kroku oraz aktualizacja wykresu powinna odbywać się po interwencji użytkownika. Można w tym celu wykorzystać funkcję `input()`. Przykład:

```
str = input('Naciśnij dowolny klawisz aby kontynuować','s');
```

Długości ramion oraz zakresy kątów należy przechowywać w zmiennych zdefiniowanych w funkcji, umożliwiając tym samym ich modyfikację osobom mającym dostęp do skryptu. Początkowo należy przyjąć, że długości ramion są sobie równe, a zakresy kątów wynoszą  $\pm 45^\circ$ .

**Zadanie 3:** Napisać w programie Matlab funkcję obliczającą wartość przegubów (kinematykę odwrotną) dla manipulatora „2R-1R-1P-1R” opisanego w poniższej tabeli parametrów kinematycznych. Pozostałe wymagania analogiczne jak w zadaniu 2.

i	$d_i$	$\theta_i$	$a_{i-1}$	$\alpha_{i-1}$
1	0	$\langle -115^\circ, 115^\circ \rangle$	0	$90^\circ$
2	0	$\langle -45^\circ, -90^\circ \rangle$	5	$0^\circ$
3	0	$\langle 0^\circ, -90^\circ \rangle$	3	$0^\circ$
4	0	$0^\circ$	$\langle 3, 5 \rangle$	$0^\circ$
5	0	$\langle 0^\circ, -90^\circ \rangle$	1	$0^\circ$

UWAGA: Sprawozdanie powinno zawierać:

- Na ocenę:
  - 3.0 poprawnie wykonane zadanie 1 wraz z opisem,
  - 4.0 poprawnie wykonane zadania 1-2 wraz z opisem,
  - 5.0 poprawnie wykonane zadania 1-3 wraz z opisem.
- Sprawozdanie należy przestać w formie elektronicznej na adres [dozog@kia.prz.edu.pl](mailto:dozog@kia.prz.edu.pl) jako załącznik do wiadomości e-mail. Temat wiadomości „PR Sprawozdanie IV grupa LX”, gdzie X jest numerem grupy laboratoryjnej osób wykonujących sprawozdanie.
- Sprawozdanie wysyła 1 osoba z maksymalnie 3 osobowej grupy wykonującej sprawozdanie.
- Sprawozdanie powinno być wykonane na bazie formatki zamieszczonej na stronie z instrukcją (Wspólne sprawozdanie dla zajęć z tematu kinematyki odwrotnej).
- Jako poprawny sposób opisu zadania w sprawozdaniu uważa się zamieszczenie:

- kodu źródłowego,
  - wyników przedstawiających efekt działania skryptu (np. zrzuty ekranu),
  - szczegółowego opisu kodu źródłowego z wyjaśnieniem w jaki sposób zamieszczone w nim instrukcje rozwiązują problem.
- Czas nadsyłania prac: do godziny rozpoczęcia dziesiątych zajęć laboratoryjnych z przedmiotu „Podstawy robotyki” w semestrze (około 2 tygodnie)
  - Opóźnienie w wysłaniu sprawozdania o każdy rozpoczęty tydzień powoduje obniżenie oceny o 0,5 stopnia.