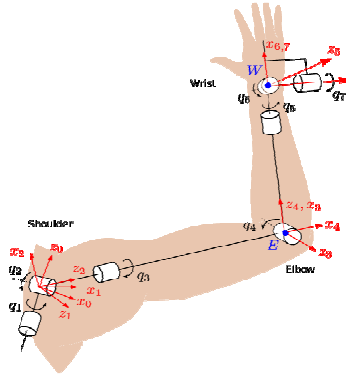


mgr inż. Artur Zawada

Opiekun naukowy: dr inż. Jacek Rysiński

### ANALIZA KINEMATYKI RUCHU RAMIENIA ROBOTA HUMANOIDALNEGO

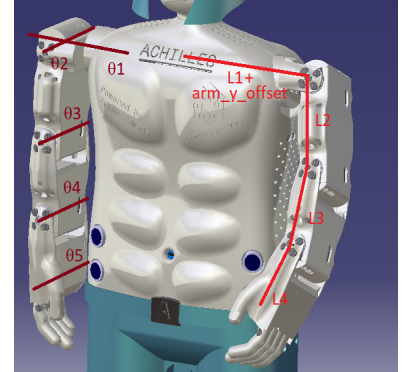
Projekt ramienia robota humanoidalnego jest trudnym zadaniem pod względem konstrukcyjnym jak i programistycznym, ponieważ najwięcej komplikacji sprawia zapewnienie stabilnego ruchu kończyny. Przeglądając literaturę można znaleźć wiele informacji związanych z budową dłoni, jednakże bardzo mało jest na temat ruchu całej ręki. W niniejszym artykule podjęto próbę określenia sposobu podejścia do tego zagadnienia analizując kinematykę jednej z kończyn. Dla wybranego przykładu wyznaczone zostały równania kinematyki odwrotnej umożliwiające precyzyjne zadawanie pozycji w układzie kartezjańskim



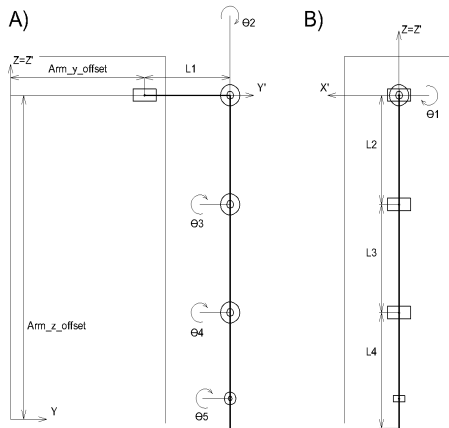
Rysunek 1. Model kinematyczny ludzkiej ręki

Robot „Achilles” – własnej konstrukcji – na podstawie którego wyprowadzone zostaną równania kinematyki odwrotnej. Do jej wyznaczenia konieczna jest znajomość poszczególnych wymiarów oraz odpowiednie oznaczenie kątów. Długości L2 oraz L3 zaznaczone na lewej ręce odpowiadają kolejno długością od barku do łokcia oraz od łokcia do nadgarstka. Wymiar L1 stanowi odległość pomiędzy serwo mechanizmami umiejscowionymi w barku natomiast L4 w nadgarstku. W przypadku rzeczywistej ludzkiej ręki wartości L1 oraz L4 są równe zero. Odległość „Arm\_y\_Offset” oznacza odległość od osi y od środka układu robota. Analogicznie do długości na prawej ręce zaznaczone zostały kąty  $\Theta$  gdzie  $\Theta_1$  oraz  $\Theta_2$  odpowiadają za ruch w barku,  $\Theta_3$  w łokciu oraz  $\Theta_4$  w nadgarstku. Kąt  $\Theta_5$  został zaznaczony jedynie poglądom. Nie wlicza się go do ciągu łańcucha kinematycznego, gdyż jest odpowiedzialny za zamknięcie dłoni nie wpływając na jej położenie końcowe.

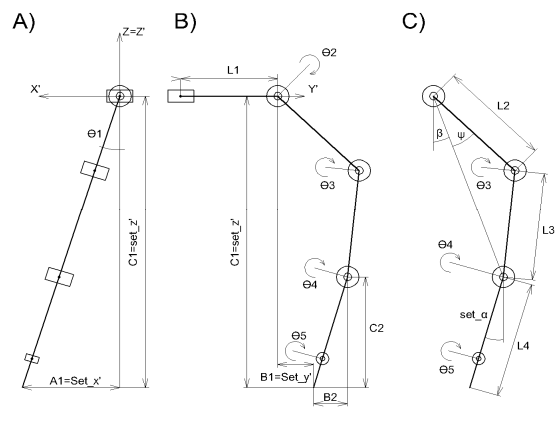
Posiadając wszystkie konieczne dane można przystąpić do wyprowadzania równań kinematyki. Ze względu na zastosowane uproszczenia, w opisywanym przykładzie zastosowana zostanie metoda geometryczna. Podczas analizy taka metoda jest prostsza i łatwiejsza do przedstawiania zależności, które występują pomiędzy poszczególnymi elementami łańcucha kinematycznego.



Rysunek 2. Oznaczenie wymiarów robota ( $\theta$  - kąt, L – długość) – opracowanie własne



Rysunek 3. Wymiary lewego ramienia – opracowanie własne



Rysunek 4. Pozycja lewej dłoni względem barku

Table 1. Kinematyka ruchu lewej ręki robota

l.p.	Rotacja Z ( $\theta$ )	Translacja Z (d)	Translacja X (a)	Rotacja X ( $\alpha$ )
1.	0	Arm_z_offset	0	-90
2.	$\Theta_1$	L1+Arm_y_offset	0	0
3.	90	0	0	90
4.	$\Theta_2$	0	L2	0
5.	$\Theta_3$	0	L3	0
6.	$\Theta_4$	0	L4	0

Pozycja dłoni robota względem barku:

$$set_x = set'_x \mid set_y = set'_y + arm_yoffset \mid set_z = set'_z + arm_zoffset \quad (1)$$

Długość ramienia:

$$C = \sqrt{A1^2 + C1^2} = \sqrt{(Set_x)^2 + (Set_z)^2} \quad (2)$$

$$\Theta_1 = \arccos\left(\frac{A11}{C}\right) * \frac{A1}{|A1|} * \frac{180}{\pi} \quad A1 \neq 0 \quad (3)$$

Pozycja nadgarstka:

$$C3 = C1 - C2 \quad (4)$$

$$B3 = B1 + B2 \text{ dla } \alpha > 0 \mid B3 = B1 - B2 \text{ dla } \alpha \leq 0 \quad (5)$$

W niniejszym artykule podjęto próbę opisu zależności kinematyki ruchu ręki robota. Przedstawiono metody oraz sposoby rozwiązania problemu. Dzięki zastosowanym uproszczeniom możliwe było zastosowanie metody geometrycznej do wyznaczania parametrów konstrukcji. Metoda ta jest bardzo prosta i umożliwia lepsze zrozumienie tak skomplikowanego zagadnienia. Do precyzyjnego wyznaczenia pozycji dłoni robota wystarczające było zastosowanie kilku równań, uzupełnionych o te, związane z prędkością ruchu. Dla prezentowanego układu metody numeryczne są bardziej skomplikowane i konieczne jest duże zapotrzebowanie mocy obliczeniowej urządzenia.

Otrzymane wyniki zależne są od zadanej dokładności, co ma wpływ na czas obliczeń. Niestety skuteczność metody geometrycznej ogranicza się do prostych układów, przez co nie umożliwia pełnego odwzorowania ruchu ludzkiej ręki. Jej zaletą natomiast jest prosta implementacja oraz możliwość zastosowania przez osoby nieposiadające wiedzy na temat obliczeń numerycznych.

Jak można zauważyć, metoda geometryczna przy wprowadzeniu kilku założeń upraszczających pozwala na kompleksowe sterowanie nie tylko ruchem poszczególnych kończyn, ale także ruchem całego robota humanoidalnego.