

# Zautomatyzowane pomiary parametrów masowych przenoszonego ładunku z wykorzystaniem robota LWR4+

Michał Lamch

Automatyka i robotyka: Robotyka

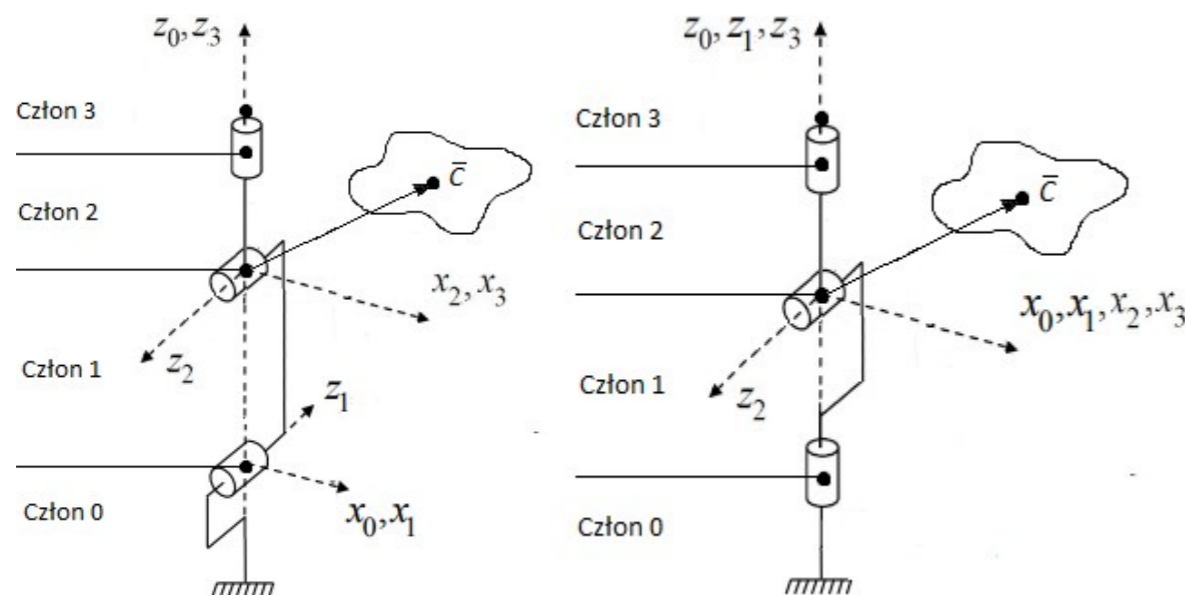
Rok akademicki 2016/2017

Promotor: dr hab. inż. Marek Wojtyra

## 1. Wprowadzenie

Celem pracy było wyznaczenie niekomercyjnego algorytmu wyznaczania parametrów masowych ładunku wykorzystującego czujników momentów obrotowych oraz przetestowanie go na robocie KUKA LWR4+. Aby uniknąć konieczności uwzględniania modelu dynamiki manipulatora w obliczeniach, zaproponowano rozwiązanie polegające na odbyciu przez manipulator ruchu po wyznaczonej ścieżce bez ładunku, a następnie powtórzeniu tej samej ścieżki z ładunkiem. Odejmując wartości momentów napędowych otrzymanych w obu przypadkach uzyskano „czyste” momenty działające na ładunek, które wykorzystano w dalszym procesie estymacji.

## 2. Modele wykorzystane w obliczeniach



Rysunek: Modele wykorzystane w obliczeniach

Wyznaczono minimalną liczbę osi ruchu koniecznych do rozwiązania zadania postawionego w celu pracy. W przypadku estymacji parametrów statycznych osie te identyfikują się z przegubami A3, A5 oraz A6, a w przypadku estymacji parametrów dynamicznych z A4, A5 oraz A6 manipulatora LWR4+.

## 3. Wyniki

Po zapisaniu odpowiednich równań, za metodę przybliżania poszukiwanych wartości wybrano metodę najmniejszych kwadratów w postaci normalnej. W celu wyznaczenia parametrów statycznych zaimplementowano algorytm w Matlabie, a następnie przeprowadzono testy w rzeczywistości za pomocą KRL, podczas których zebrano 23 punkty pomiarowe, oraz FRI, gdzie definiując ruch quasi-statyczny uzyskano 45 000 punktów pomiarowych.

Tabela 1: Wyniki estymacji parametrów statycznych ładunku

Parametr	Wartość rzeczywista	Wartość estymowana KRL	Wartość estymowana FRI
m	1.25 kg	1.2805 kg	1.2832 kg
$c_x$	-0.005 m	-0.0096 m	-0.0049 m
$c_y$	0.000 m	0.0058 m	0.0005 m
$c_z$	0.278 m	0.2611 m	0.2605 m

W przypadku wyznaczania parametrów dynamicznych ładunku nie przeprowadzono testów w rzeczywistości, a jedynie zasymulowano w Matlabie działanie algorytmu. W poniższej tabeli przedstawiono wyniki estymacji z uwzględnieniem szumu z przedziału  $<-0.5 \text{ Nm}, 0.5 \text{ Nm}>$ :

Tabela 2: Wyniki estymacji parametrów dynamicznych wirtualnego ładunku

Element tensora bezwładności	Wartość wirtualna $[\frac{1}{1000} \text{ kgm}^2]$	Wartość estymowana $[\frac{1}{1000} \text{ kgm}^2]$
$I_{xx}$	7	6.8906
$I_{xy}$	0.2	0.1684
$I_{xz}$	0.1	0.0489
$I_{yy}$	6	6.1854
$I_{yz}$	0.3	0.5422
$I_{zz}$	2	2.1270

## 5. Wnioski

Wyprowadzony algorytm sprawnie przybliży poszukiwane wartości. Otrzymane parametry, choć nieidealne, mogą przysłużyć się do skrócenia czasu cyklu manipulatora, dostarczając niezbędnych informacji modelowi dynamiki wykorzystywanemu przez układ sterowania robota. Jakość otrzymywanych wyników można zwiększyć poprzez zastosowanie jak największej liczby punktów pomiarowych, wykorzystanie filtrów, kalibrację czujników momentów, eliminację drgań mechanicznych, oraz w przypadku estymacji parametrów dynamicznych – zróżnicowanie ruchu, ustawienie prędkości manipulatora na 100%, a także wykluczenie z obliczeń punktów pomiarowych, gdzie występują znikome wartości prędkości oraz przyspieszeń.



Rysunek: Manipulator KUKA LWR4+