

Politechnika Warszawska

## **Praca Inżynierska**

**Program do wyznaczania trójwymiarowej  
trajektorii znaczników na ciebie, na podstawie  
rejestracji z dwóch kamer.**

Autor: Aleksandra Michalska



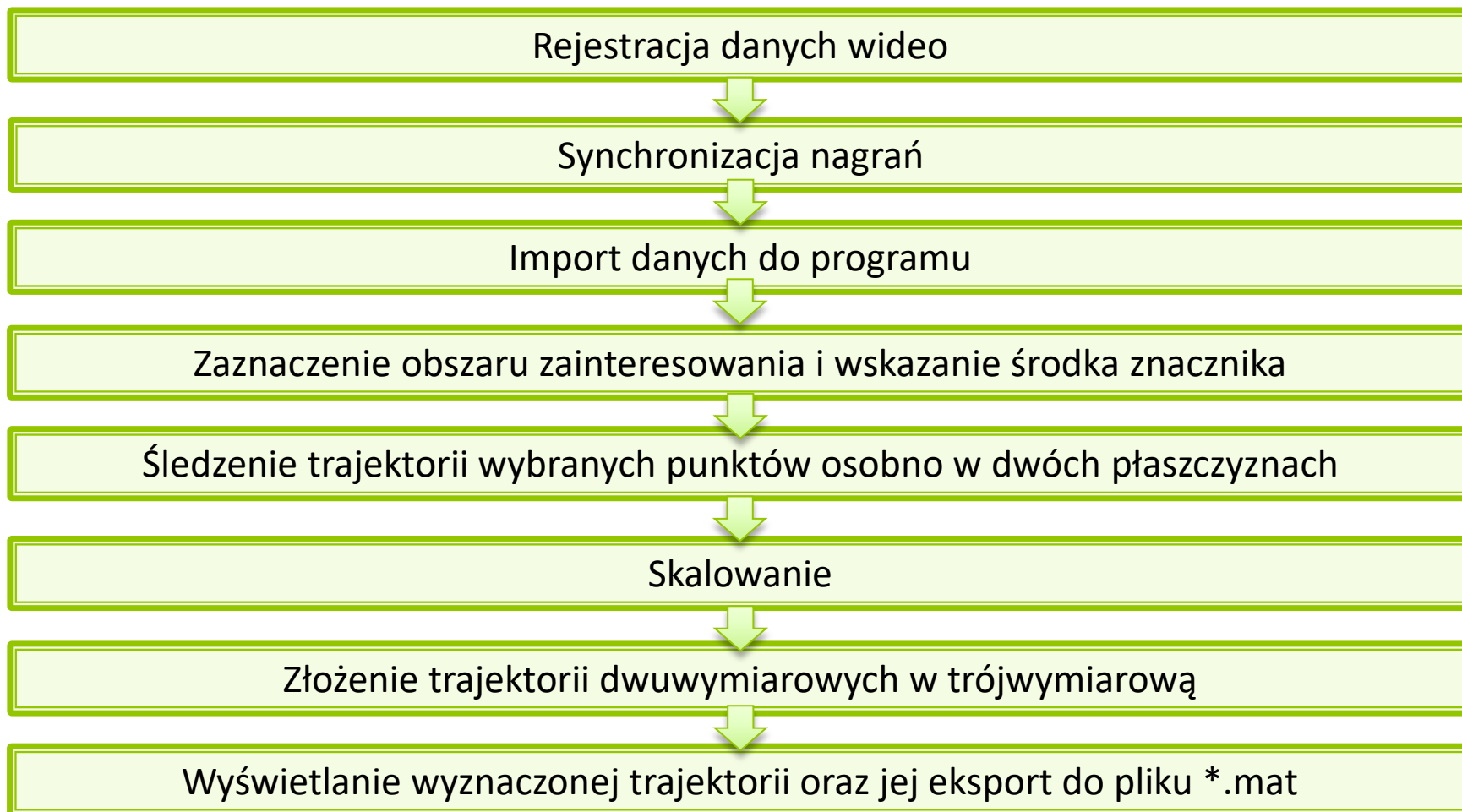
# Zakres

- ▶ Wybór metody śledzenia znaczników na podstawie przeglądu literatury.
- ▶ Implementacja metody śledzenia znacznika na filmie dwuwymiarowym.
- ▶ Implementacja metody złożenia wyznaczonych trajektorii dwuwymiarowych w dwóch rzutach do trajektorii trójwymiarowej
- ▶ Weryfikacja działania programu w oparciu o rejestracje ruchu o znanych parametrach.

# Wymagania

- ▶ Implementacja programu w środowisku Matlab.
- ▶ Obsługa programu przez interfejs graficzny.

# Schemat blokowy systemu



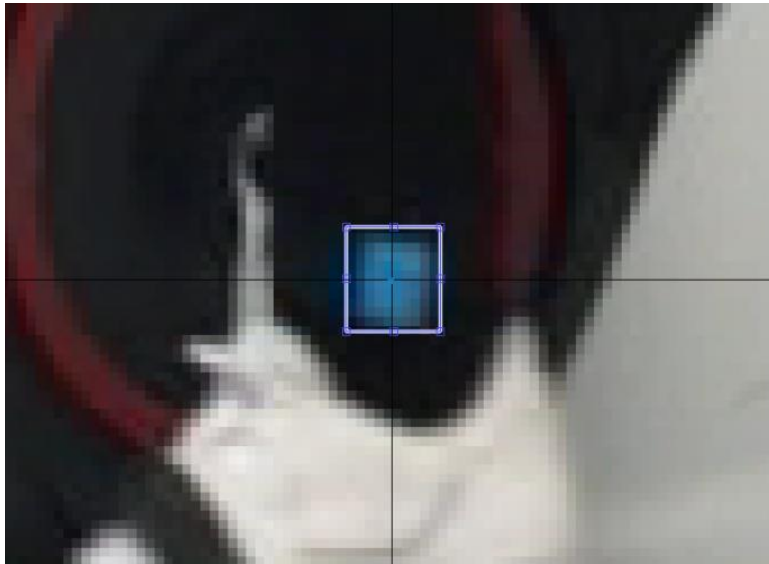
Rysunek 1. Schemat blokowy systemu

# Wymagania dla rejestracji danych

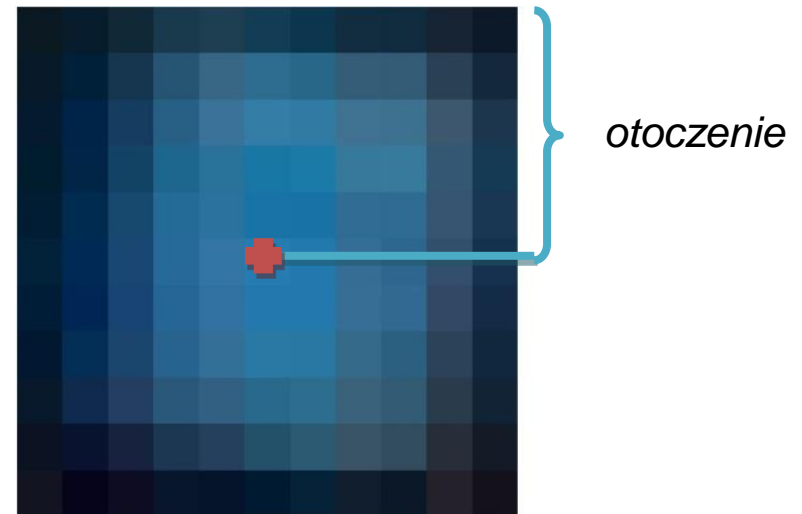
- ▶ Prostopadłe ustawienie kamer, znajdujące się w tej samej odległości od obrazowanego obiektu
- ▶ Równomierne oświetlenie stanowiska badawczego
- ▶ Znacznik
  - trójwymiarowy
  - kontrastowy kolor względem otoczenia
  - stabilnie umieszczony
  - rozmiar znacznika pozwalający na dokładne wskazanie punktu anatomicznego
  - widoczny przez obie kamery podczas trwania rejestracji

# Wprowadzone parametry

- ▶ **otoczenie** – wyznacza obszar wokół środka znacznika; określany przez użytkownika; inny dla każdej płaszczyzny



Rysunek 2. obraz pierwszej klatki nagrania z zaznaczonym przez użytkownika obszaru wokół znacznika wraz z jego środkiem



Rysunek 3. Obraz znacznika ograniczonego przez parametr *otoczenie*

- ▶ **zasięg** – informuje o maksymalnym przemieszczeniu środka znacznika pomiędzy dwoma następującymi po sobie klatkami nagrania

Ogólny sposób wyznaczania parametru **zasięg**.

Dane:  $FPS = n[\frac{klatek}{s}]$  ( $FPS$  – liczba klatek na sekundę)

$$v_{max} = v[\frac{m}{s}]$$

$l$  metrów odpowiada  $h$  pikselom

Obliczenia:

- czas trwania jednej klatki  $t$

$$t = \frac{1}{n} [s]$$

- ilość metrów  $s$  pokonana przez znacznik w czasie  $t$

$$s = v * t [m]$$

- ilość pikseli odpowiadająca odległości  $s$

$$x = \frac{s [m] * h [pix]}{l [m]} = \frac{s * h}{l} [pix]$$

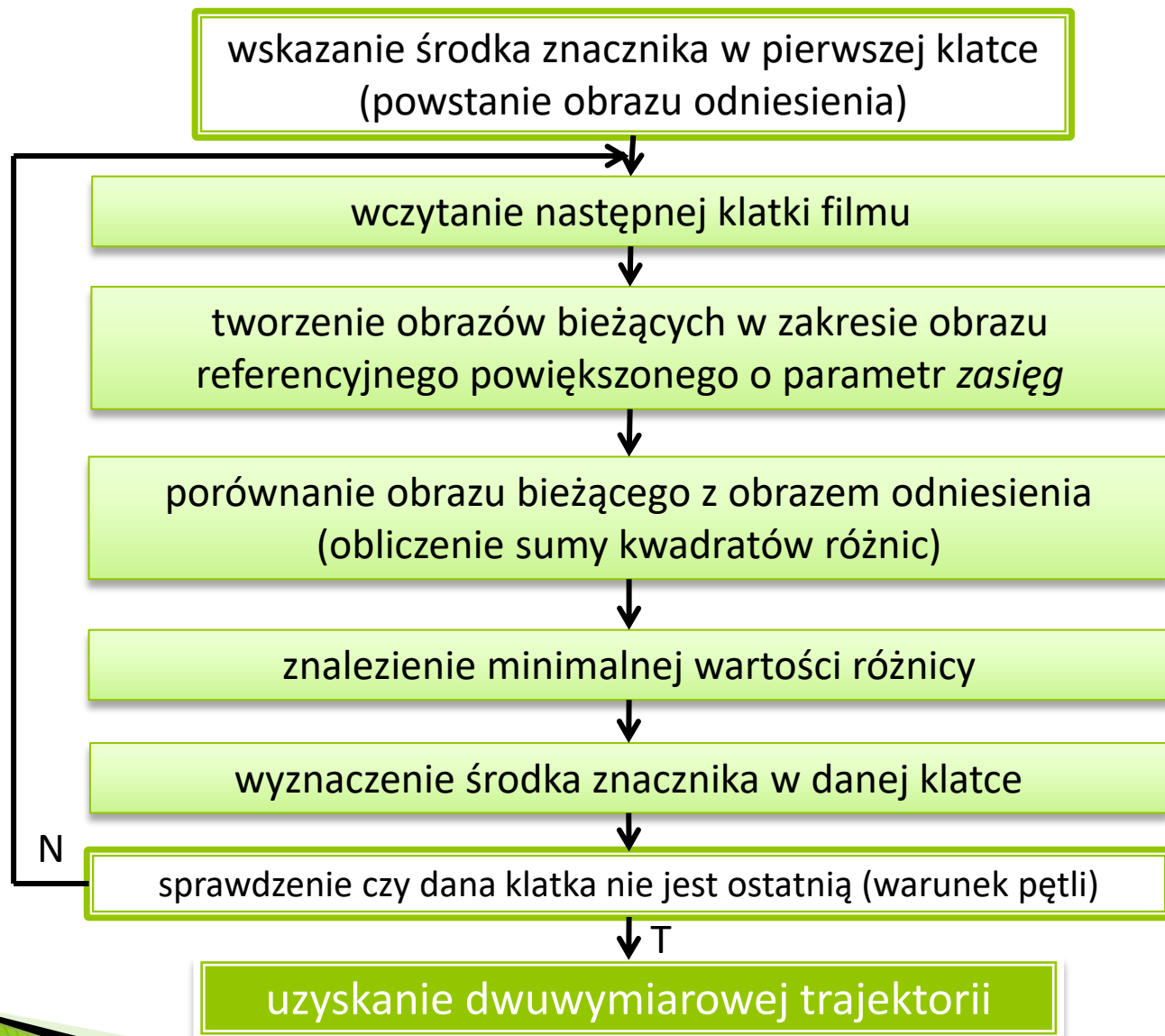
Obliczona wartość  $x$  to parametr **zasięg**.

# Wprowadzone nazwy obrazów

- **obraz bazowy** – pierwsza klatka nagrania
- **obraz odniesienia** – obraz znacznika w pierwszej klatce nagrania, ze znanymi współrzędnymi środka, ograniczony przez parametr *otoczenie*
- **obraz referencyjny** - obraz znacznika w klatce  $n-1$ , ograniczony parametrem *otoczenie*, o znanych współrzędnych środka ( $n \in \langle 2, m \rangle$ ,  $m$  – liczba klatek nagrania)
- **obraz bieżący** - obraz znacznika w klatce  $n$ , ograniczony parametrem *otoczenie* lecz o nieznanym środku ( $n \in \langle 2, m \rangle$ )

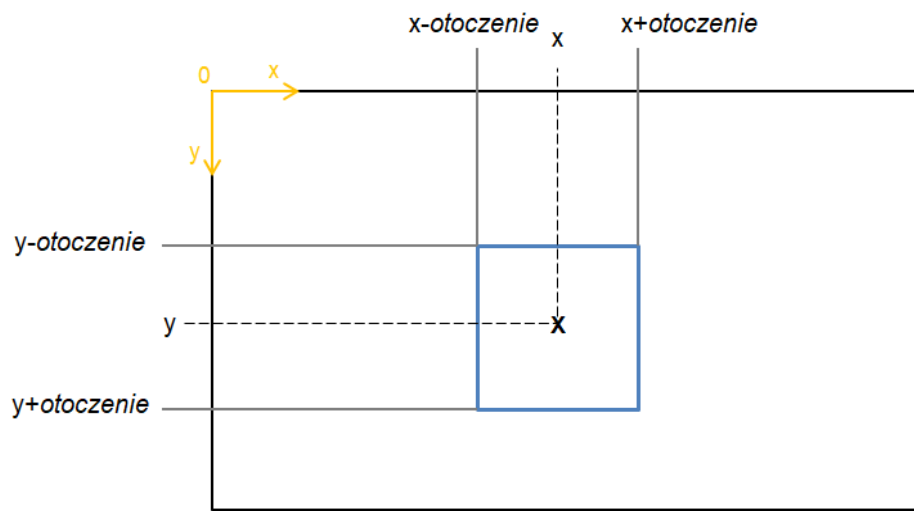
Rozmiary obrazów odniesienia, referencyjnego oraz bieżącego są takie same.

# Śledzenie trajektorii znacznika w przestrzeni dwuwymiarowej

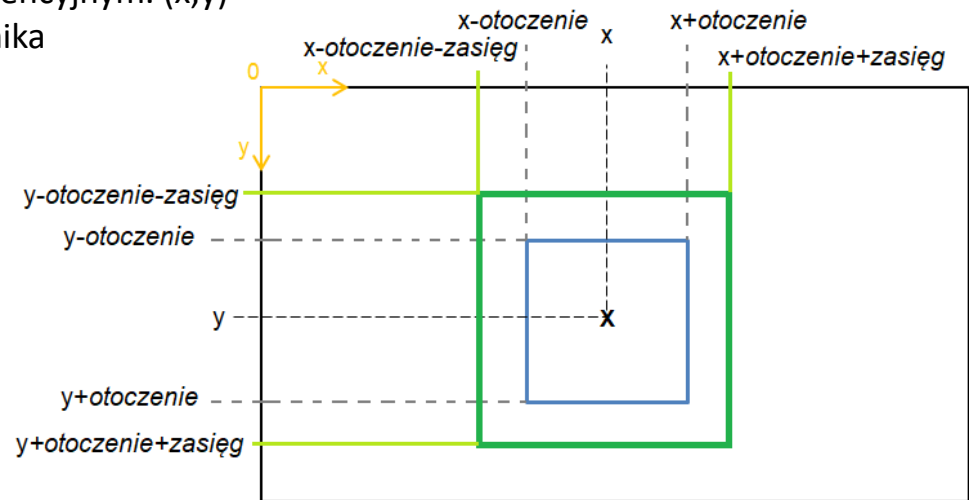


Rysunek 4. Schemat blokowy działania algorytmu wyznaczającego współrzędne środków znaczników



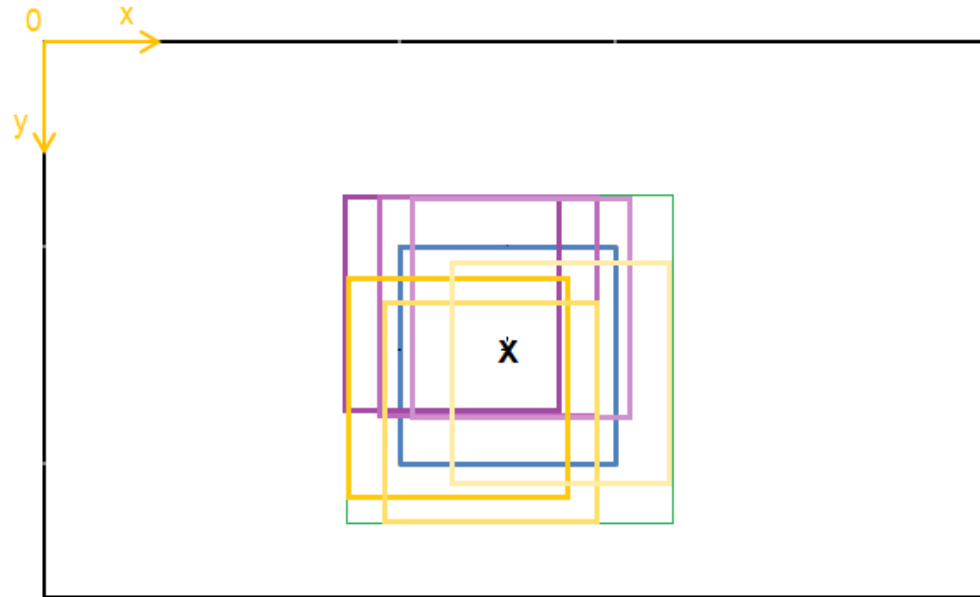


Rysunek 5. Rysunek przedstawiający obraz klatki  $n-1$  z zaznaczonym za niebiesko obrazem referencyjnym.  $(x, y)$  - współrzędne środka znacznika



Rysunek 6. Obraz klatki  $n$ , z zaznaczonym obrazem referencyjnym oraz środkiem znacznika  $(x, y)$  z klatki  $n-1$ , powiększonym o parametr *zasięg*; wewnątrz zielonego obszaru tworzone są obrazy bieżące

Kryterium porównawcze wymaga, aby porównywane obrazy miały ten sam rozmiar. Z uwagi na, to wewnątrz zielonego obszaru zaznaczonego na rysunku 6, tworzone są obrazy bieżące. Środki obrazów bieżących wyznaczane są w pętlach zmieniających współrzędne  $x$  i  $y$  względem środka z klatki  $n-1$ .



Rysunek 7. Przykładowe obrazy bieżące, gdzie  $x$  to środek obrazu referencyjnego

# Kryterium porównawcze

Jako kryterium porównawcze wybrano obliczenie sumy kwadratów różnic.

$$R(x, y) = \sum_{x' y'} [W(x', y') - O(x + x', y + y')]^2 \quad (1)$$

gdzie:

W – obraz odniesienia

O – obraz bieżący

Ze względu na skalę kolorów RGB, odejmowane są od siebie osobno obrazy składowych kolorów R, G i B, a następnie różnice podniesione są do kwadratu. Ostateczny wynik to zsumowane wartości dla każdej składowej koloru.

Obliczone różnice powstałych obrazów bieżących dla danej klatki, zapisywane są w macierzy o strukturze pokazanej na rysunku 8.

	Indeksy wektora –zasięg:+zasięg w osi x
Indeksy wektora –zasięg:+zasięg w osi y	Wartości obliczonych różnic

Rysunek 8. Struktura macierzy różnic

Obraz bieżący którego różnica z obrazem odniesienia jest najmniejsza, oznacza znalezienie współrzędnych środka znacznika w danej klatce. Taki obraz bieżący staje się obrazem referencyjnym dla następnej klatki.

- ▶ Wartości współrzędnych środka znacznika w każdej klatce dla nagrania z danej płaszczyzny, zapisywane są do macierzy *srodki1*.
- ▶ Algorytm powtarzany jest dla nagrania z drugiej płaszczyzny.

# Skalowanie

- ▶ Przedmiot o znanej długości umieszczony w miejscu znacznika
- ▶ Rejestracja krótkich nagrań
- ▶ Import nagrań do programu
- ▶ Mierzenie długości przedmiotu na obrazie (w pikselach)
  - wykorzystane funkcje: *imdistline()* i *getDistance()*
- ▶ Skalowanie wektorów *srodki1* i *srodki2*



Rysunek 9. Przykładowy obraz do skalowania

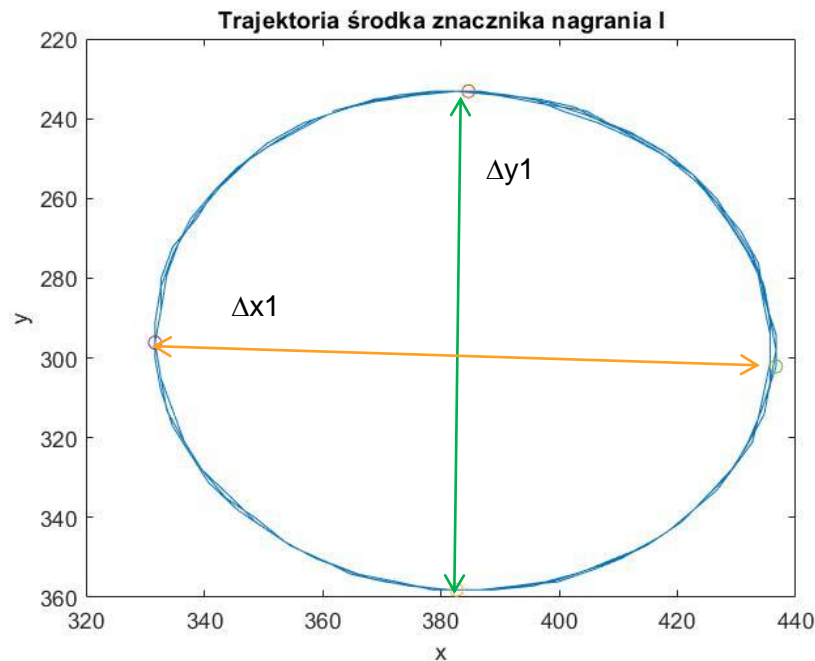
# Weryfikacja dokładności opracowanego programu

- ▶ Rodzaj ruchu – jazda na rowerze stacjonarnym
- ▶ Ustawienie roweru – prostopadle do kamer
- ▶ Znacznik
  - kształt – sześcián
  - kolor – czerwony
  - długość boku – 2 cm
  - umieszczenie – na pedale
- ▶ Zdarzenie synchronizacyjne – błysk świetlny
- ▶ Długość korby – 170 mm
- ▶ Wartość parametru *zasięg* – 9
- ▶ Wartość parametru *otoczenie* - 5

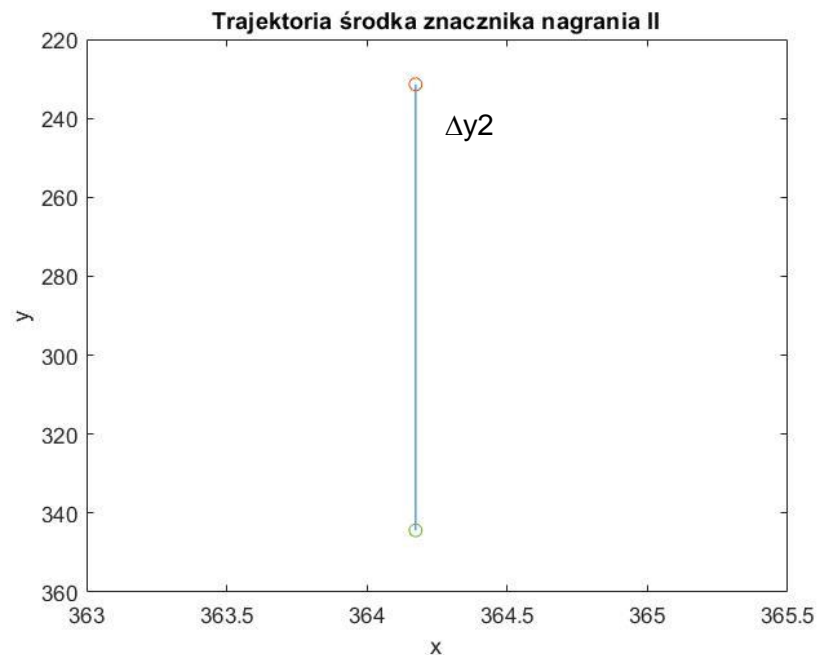
## Oczekiwania

- ▶ Trajektoria znacznika z nagrania z płaszczyzny bocznej – okrąg o średnicy 170mm; z płaszczyzny frontowej – linia prosta





Rysunek 10. Trajektoria znacznika z płaszczyzny bocznej z zaznaczonymi różnicami między maksymalnymi i minimalnymi wartościami w obu osiach

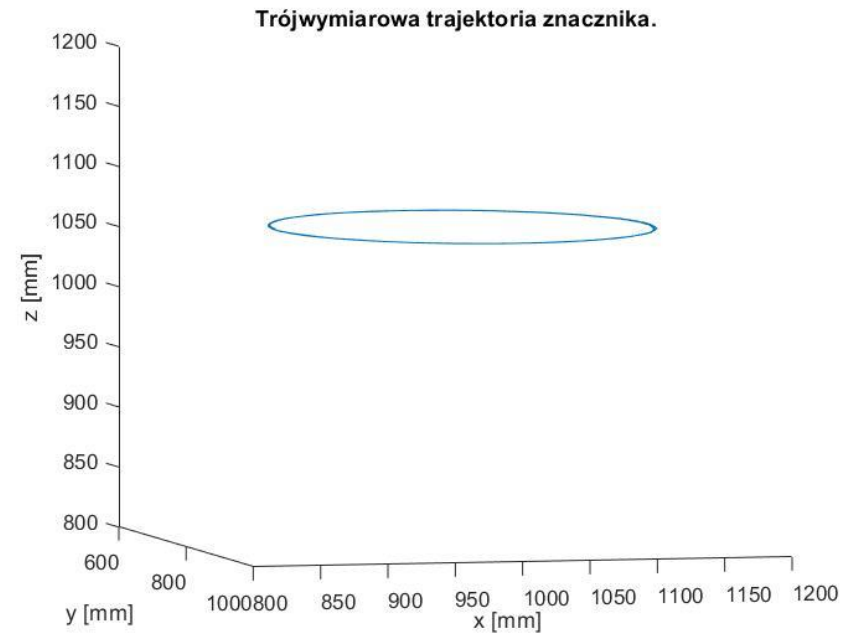
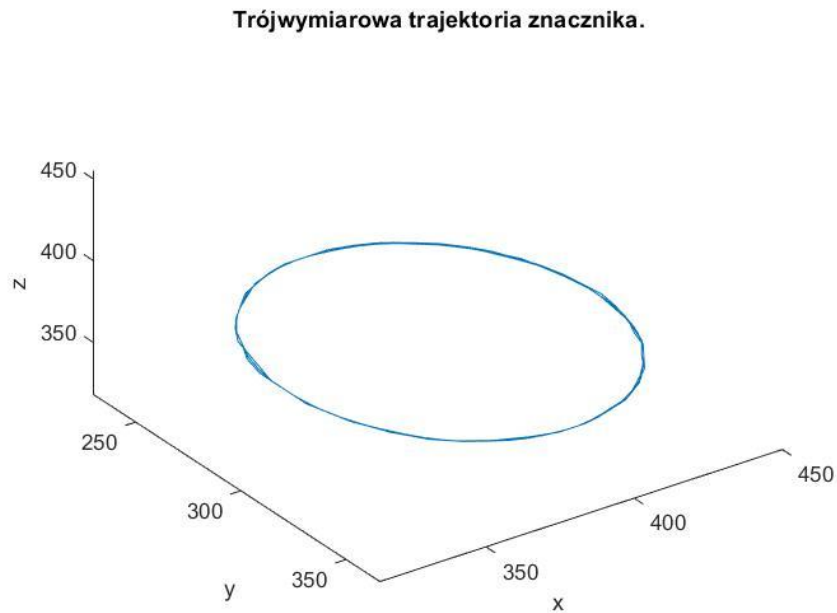


Rysunek 11. Trajektoria znacznika z płaszczyzny frontowej z zaznaczoną różnicą między maksymalną a minimalną wartością w osi pionowej

Tabela 1. Wyniki weryfikacji dokładności działania algorytmu

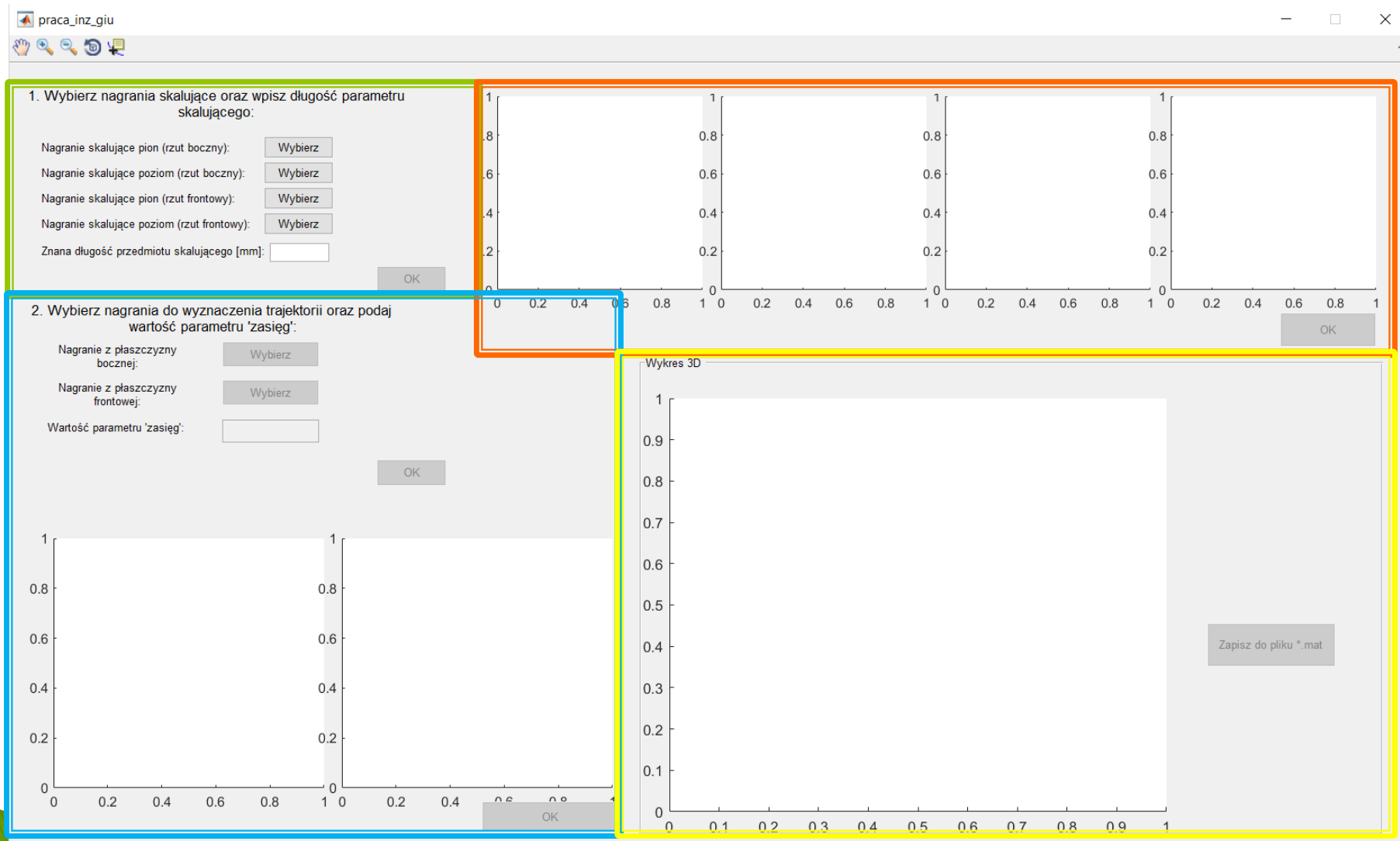
	Wartość zmierzona [mm]	Wartość oczekiwana [mm]	Błąd bezwzględny [mm]	Błąd względny [%]
$\Delta x1$	334	340	6	1,76
$\Delta y1$	330	340	10	3,03
$\Delta x2$	0	0	0	0
$\Delta y2$	332	340	4	2,41

# Trajektorie trójwymiarowe



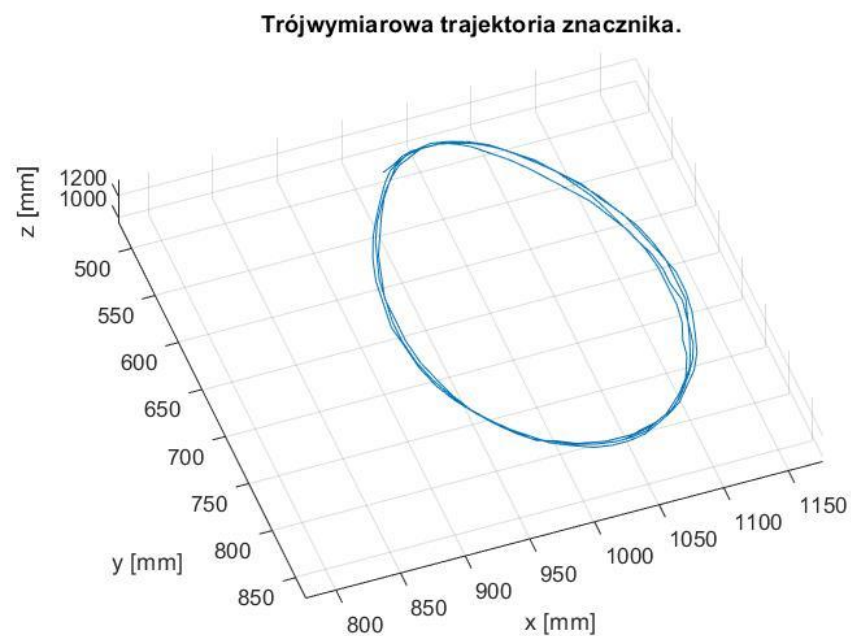
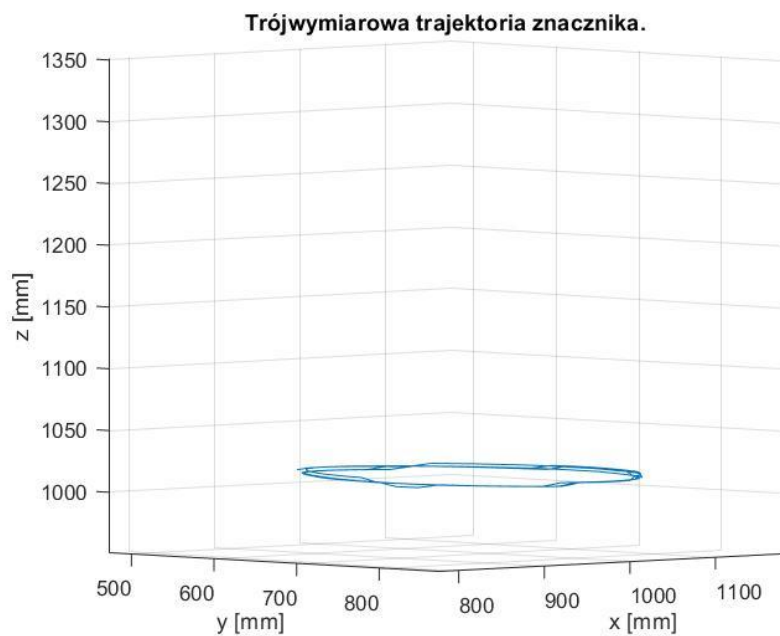
Rysunek 12. Trajektorie 3D

# Graficzny Interfejs Użytkownika



Rysunek 13. GUI

# Trajektorie trójwymiarowe



Rysunek 14. Trójwymiarowe trajektorie znacznika umieszczonego na wysokości stawy skokowej podczas jazdy na rowerze stacjonarnym

# Podsumowanie

- ▶ Znacznik
  - długość boku 2 cm – otrzymanie dokładnych trajektorii
- ▶ Wartość błędu bezwzględnego wynosi maksymalnie 10 mm
- ▶ Wartość błędu względnego wynosi 3,03%
- ▶ Wartość błędów perspektywy 10% i 12%

Na wartość błędów wpływa proces skalowania oraz odległość urządzeń rejestrujących od środka objętości pomiarowej.

Z uwagi na fakt, że znacznik nie poruszał się w całej objętości pomiarowej, otrzymane wyniki można traktować jako poprawne.