



**Zastosowanie stereowizji
do śledzenia trajektorii obiektów w przestrzeni 3D**

autorzy: **Michał Dajda, Łojek Grzegorz**
opiekun naukowy: **dr inż. Paweł Rotter**

I. O projekcie.

1. Celem projektu było stworzenie systemu stereowizyjnego umożliwiającego odtworzenie trajektorii obiektów poruszających się w przestrzeni trójwymiarowej. Jako praktyczną realizację przyjęliśmy śledzenie piłeczki pingpongowej. Oficjalny rekord prędkości piłeczki pingpongowej wynosi 96km/h*. W praktyce, przy szybkiej wymianie piłek, prędkość piłeczki wynosi średnio 28km/h* czyli 7,78m/s. Aby uzyskać dokładność rzędu 10mm potrzebujemy nagrania 780fps (klatek na sekundę).

(* -źródło „Fizyka Ping-Ponga” K. Ernst J. Kołodziejczyk)

2. W ramach realizacji projektu założone zostało powstanie stanowiska laboratoryjnego umożliwiającego przetestowanie systemu.

3. Za podstawę matematyczną części stereowizyjnej przyjęliśmy transformację stereo bazującą na złożeniu transformacji płaskich.

(źródło: „Czteropunktowa metoda identyfikacji transformacji stereowizyjnej” S. Fuksa W. Byrski)

4. Identyfikację obiektu na obrazie opierać będziemy o kolor piłeczki (jednoznacznie wyróżniający się z tła).

5. Z powodu dużej ilości obliczeń system będzie działał w trybie offline. Część danych będzie musiała być wprowadzana ręcznie, będziemy jednak dążyć do zminimalizowania roli operatora.

6. Podsumowanie przyjętych założeń:

- wykorzystanie transformacji płaskich
- proste rozpoznawanie obiektu (po kolorze)
- ograniczona przestrzeń robocza (domyślnie stół pingpongowy)
- obiekt może poruszać się z dużymi prędkościami (do 20 m/s)
- działanie w trybie off-line (środowisko Matlab)

II. Stanowisko laboratoryjne.

1. Po zbadaniu rynku ‘szybkich’ kamer przemysłowych (high-speed camera) okazało się, że finansowo przekraczają one dostępny budżet. Rozważony został układ, w którym skorzystalibyśmy tylko z jednej kamery oraz układu luster w celu uzyskania dwóch obrazów do stereowizji. Pomysł ten został odrzucony z powodu obniżenia dostępnej rozdzielczości o połowę oraz dodatkowych komplikacji związanych z lustrami.

2. Zakupione zostały dwie szybkie kamery Casio Exilim EX-F1 umożliwiające nagrywanie filmów do 1200fps. Dla naszych potrzeb będziemy wykorzystywać tryb 600fps przy rozdzielczości 432 x 192 pixels lub 300fps przy rozdzielczości 512 x 384 pixels. W zależności od testów okaże się, jaką dokładność uzyskujemy przy danej rozdzielczości. W efekcie otrzymamy dokładność którą jesteśmy w stanie uzyskać, przy ograniczeniu prędkości maksymalnej obiektu.

3. W ramach stanowiska laboratoryjnego wykonany zostanie wzorzec kalibracyjny niezbędny dla przyjętego rozwiązania technicznego.

III. Realizacja.

1. Na podstawie opracowania matematycznego zrealizowany został algorytm numeryczny w środowisku matlab. Algorytm realizuje podstawowe założenia, ale działa dla pojedynczych zdjęć i znajduje się aktualnie w fazie testów.

2. W trakcie realizacji projektu odkryliśmy wadę transformacji płaskiej. Położenie punktu w przestrzeni trójwymiarowej wyznaczane jest, jako punkt przecięcia dwóch prostych odpowiadających obrazom z dwóch kamer. Prosta określana jest przez dwa punkty – rzuty punktu obrazu na płaszczyzny definiowane poprzez wzorzec kalibracyjny. W sytuacji, gdy na obrazie z kamery badany punkt położony jest w pobliżu miejsca przecięcia się płaszczyzn wzorca kalibracyjnego, rzuty punktu na płaszczyzny będą położone blisko siebie w związku z czym dokładność z jaką określona jest prosta jest niska. W skrajnym przypadku jeżeli badany punkt znajduje się na obrazie dokładnie w miejscu gdzie przecinają się płaszczyzny – rzuty punktu na płaszczyzny pokrywają się w związku z czym zamiast prostej otrzymywany jest pęk prostych.

Problem ten został rozwiązany poprzez zdefiniowanie trzeciej płaszczyzny (pomocniczej) na podstawie punktów wzorca kalibracyjnego. Dzięki temu, w obszarach gdzie może występować wspomniany problem, położenie punktu określone jest jako średnia ważona położenia uzyskanego przy wykorzystaniu dwóch płaszczyzn podstawowych wzorca oraz położenia uzyskanego przy wykorzystaniu jednej płaszczyzny podstawowej i płaszczyzny pomocniczej. Waga obu składników jest zależna od położenia punktu względem przecięcia się płaszczyzn na obrazie.

3. Wykaz funkcji:

f_main – identyfikuje wzorzec kalibracyjny na obrazach z kamer (definiujący zewnętrzny trójwymiarowy układ współrzędnych), identyfikuje transformacje płaskie, określa położenie obiektu w zdefiniowanym układzie trójwymiarowym na podstawie obrazów z kamer

f_p_search2 – odnajduje na obrazie obszary o odpowiednich kolorach i zwraca współrzędne ich środków ciężkości, wykorzystuje.....

f_make_pttransform – na podstawie współrzędnych punktów charakterystycznych wzorca na obrazie z kamery oraz na definiowanej płaszczyźnie wyznacza transformację płaską (8 współczynników transformacji)

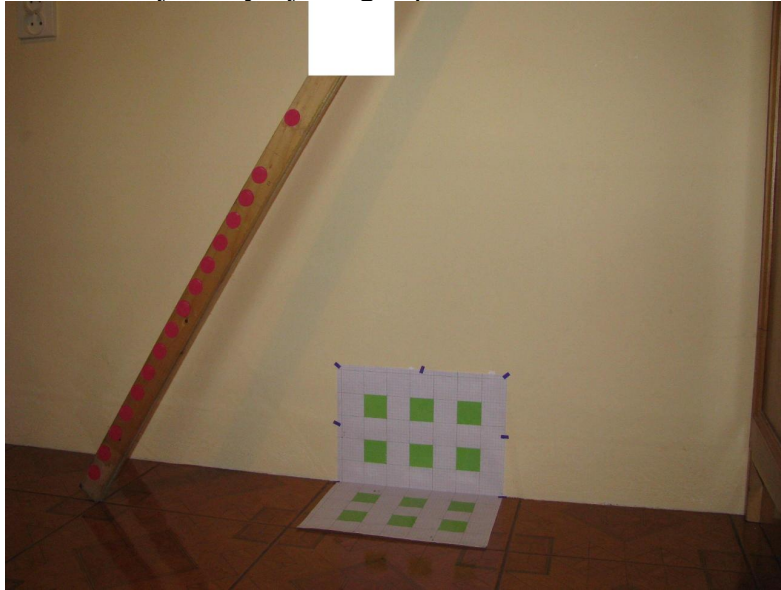
f_pttransform – na podstawie współrzędnych punktu na obrazie oraz współczynników transformacji płaskiej wyznacza położenie punktu na zdefiniowanej płaszczyźnie

f_l_intersection – funkcja wykorzystywana do szukania punktu przecięcia dwóch prostych lub jego przybliżenia w przestrzeni trójwymiarowej, każda prosta zdefiniowana jest w postaci dwóch punktów, przez które przechodzi

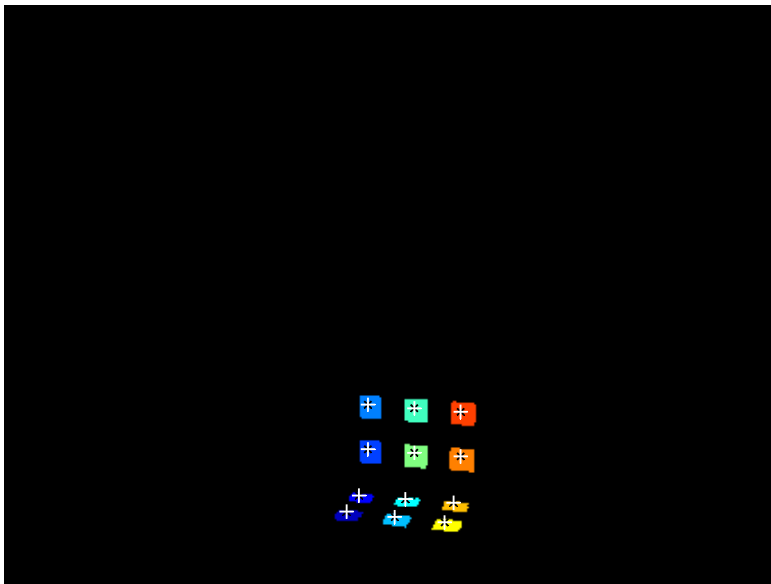
f_p_l_distance – funkcja obliczająca odległość punktu od prostej w przestrzeni trójwymiarowej, prosta zdefiniowana jest w postaci dwóch punktów, przez które przechodzi

IV. Przykładowy test.

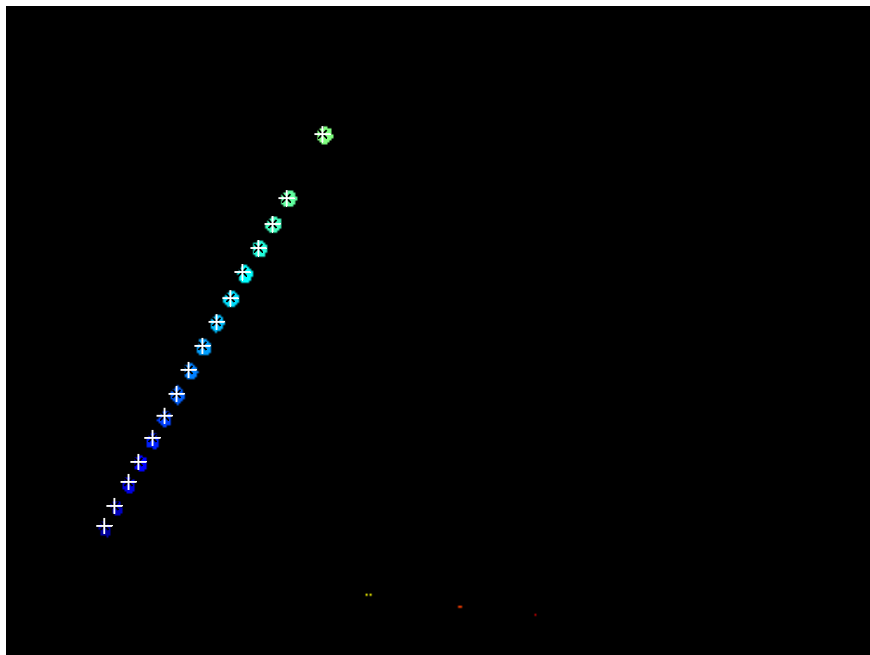
1. Obraz wejściowy z jednego aparatu.



2. Algorytm wyszukuje wzorzec.

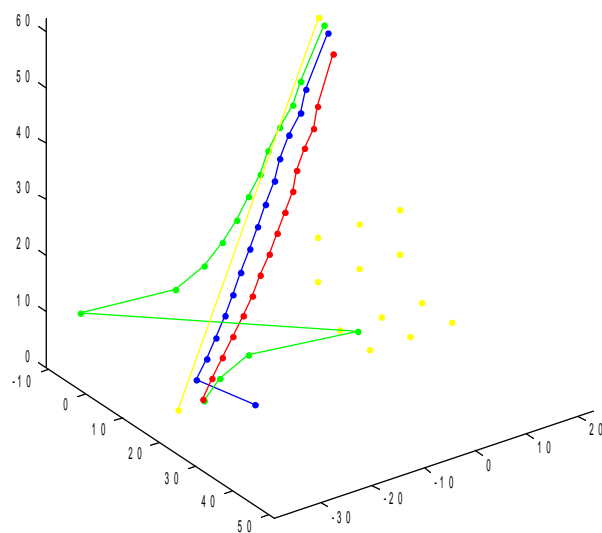


3. Algorytm wyszukuje punkty.

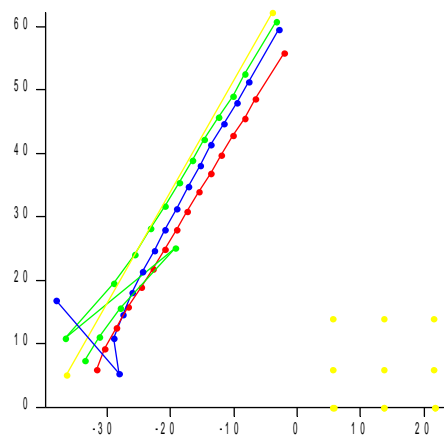


4. Wynik:

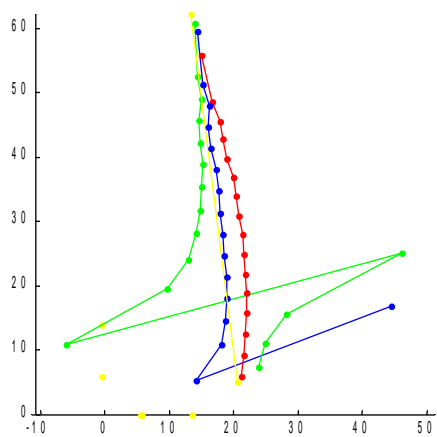
Żółte punkty reprezentują wzorzec. Żółta linia poprawne współrzędne. Pozostałe kolory to obliczone współrzędne przy użyciu różnych par płaszczyzn.



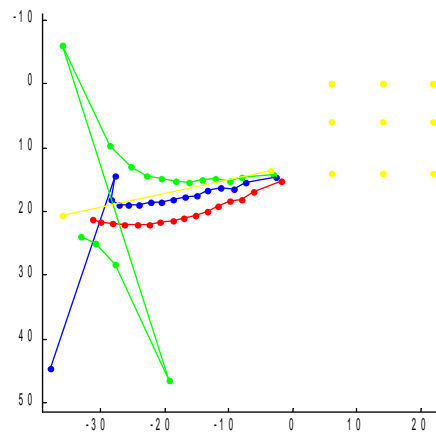
XYZ



YZ



XZ



XY

Widać wpływ złego uwarunkowania zadania w miejscach, gdzie analizowany punkt znajduje się na płaszczyźnie określonej przez: oś optyczną kamery oraz przecięcie płaszczyzn wzorca. Obecnie pracujemy nad zminimalizowaniem wpływu lub wyeliminowaniem tego problemu.