

Akademia Górniczo-Hutnicza

im. Stanisława Staszica w Krakowie



Wyznaczanie dysparycji z użyciem pakietu Matlab

Kraków, 2012

1. Mapa dysparycji

W wizyjnych metodach odwzorowania, cyfrowa reprezentacja sceny trójwymiarowej niezależnie od zastosowanej metody oraz użytego sprzętu jest tylko i wyłącznie obrazem uzyskanym w wyniku rzutowania trójwymiarowej przestrzeni na ograniczoną powierzchnię (determinowaną wymiarami przetwornika światłoczułego urządzenia rejestrującego obraz).

Parametry opisywanego przekształcenia geometrycznego są zależne przede wszystkim od parametrów wewnętrznych (ang. *intrinsic parameters*) układu optycznego urządzenia przechwytyującego obraz. Obraz końcowy zależy przede wszystkim od dwóch parametrów: skali oraz perspektywy. Projekcja tego samego obiektu znajdującego się w danej odległości od urządzenia rejestrującego obraz zależy także od wartości ogniskowej układu optycznego. Tak więc w przedstawionej transformacji kluczowe jest pozyskanie danych związanych z parametrami przekształcenia układu optycznego poprzez jego kalibrację, czyli tzw. wzorcowanie. Poprzez dane pozyskane w procesie kalibracji w warunkach rzeczywistego odwzorowania jest możliwe także wyznaczanie odległości od płaszczyzny obrazowej związanej z urządzeniem rejestrującym, a płaszczyzną przedmiotową związaną z odwzorowywanym obiektem. Szczególnym przypadkiem uwzględniającym kalibrację jest analiza obrazu pozyskanego z dwóch kamer, których osie optyczne zostały przesunięte względem siebie o ściśle określoną wartość. W opisywanym przypadku dodatkowy parametr kalibracyjny stanowi odległość pomiędzy osiami optycznymi urządzeń rejestrujących obraz, umożliwiającą pomiar efektu tzw. dysparycji, czyli stopnia niezgodności położenia korespondujących sobie punktów prawego oraz lewego obrazu, wchodzącego w skład pary stereo.

2. Cyfrowa korelacja obrazów

W terminologii „cyfrową korelację obrazów” można rozumieć jako „szukanie odpowiednika” lub „rozpoznawanie cechy podobnej” (ang. *Digital Image Matching*). W praktyce oznacza to jednak automatyczne odnajdowanie ściśle zdefiniowanego odpowiednika na innym obrazie cyfrowym. Metody *DIM* sprowadzają się głównie do czterech podstawowych etapów:

- a) Zdefiniowania elementów dopasowania (punkt, linia bądź region),
- b) Znalezienia odpowiedników zdefiniowanych elementów na drugim obrazie (w przypadku stereopary),
- c) Obliczenia położenia przestrzennego dopasowywanych elementów względem obrazu referencyjnego (dysparycja),
- d) Oszacowania dokładności dopasowania.

Algorytmy wyznaczające współczynnik korelacji poprzez porównywanie bloków (regionów) zawierających po kilkanaście lub kilkadziesiąt punktów muszą dodatkowo uwzględniać konieczność zdefiniowania wymiarów regionu służącego do porównań. Wymiary mini macierzy determinującej obszar poszukiwań wyrażono poprzez stałą **U** z indeksem *x* dla szerokości przyszłego regionu oraz stałą **V** z indeksem *y* dla określenia jego wysokości. Poniżej przedstawiono ogólnie sformalizowane zależności

matematyczne wraz z ich anglojęzycznymi rozwinięciami przedstawiające wybrane miary podobieństwa użyteczne w procesie wyznaczania dysparycji:

- LSAD - *Locally scaled Sum of Absolute Differences* (1.1),
- LSSD - *Locally scaled Sum of Squared Differences* (1.2),
- NCC - *Normalized Cross-Correlation* (1.3),
- SAD - *Sum of Absolute Differences* (1.4),
- SSD - *Sum of Squared Differences* (1.5),
- ZNCC - *Zero mean Normalized Cross-Correlation* (1.6),
- ZSAD - *Zero mean Sum of Absolute Differences* (1.7),
- ZSSD - *Zero mean Sum of Squared Differences* (1.8).

$$LSAD(\mu, \nu) = \sum_{y=-V}^V \sum_{x=-U}^U \left| R(x, y) - \frac{\bar{R}(x, y)}{\bar{S}(\mu + x, \nu + y)} S(\mu + x, \nu + y) \right|^2, \quad (1.1)$$

$$LSSD(\mu, \nu) = \sum_{y=-V}^V \sum_{x=-U}^U \left(R(\mu, \nu) - \frac{\bar{R}}{\bar{S}(\mu, \nu)} S(\mu + x, \nu + y) \right)^2, \quad (1.2)$$

$$NCC(\mu, \nu) = \frac{\sum_{y=-V}^V \sum_{x=-U}^U R(x, y) S(\mu + x, \nu + y)}{\sqrt{\sum_{y=-V}^V \sum_{x=-U}^U R^2(x, y) \sum_{y=-V}^V \sum_{x=-U}^U S^2(\mu + x, \nu + y)}}, \quad (1.3)$$

$$SAD(\mu, \nu) = \sum_{y=-V}^V \sum_{x=-U}^U |R(x, y) - S(\mu + x, \nu + y)|, \quad (1.4)$$

$$SSD(\mu, \nu) = \sum_{y=-V}^V \sum_{x=-U}^U (R(x, y) - S(\mu + x, \nu + y))^2, \quad (1.5)$$

$$ZNCC(\mu, \nu) = \frac{\sum_{y=-V}^V \sum_{x=-U}^U (R(x, y) - \bar{R}) \cdot (S(\mu + x, \nu + y) - \bar{S}(\mu, \nu))}{\sqrt{\sum_{y=-V}^V \sum_{x=-U}^U (R(x, y) - \bar{R})^2 \sum_{y=-V}^V \sum_{x=-U}^U (S(\mu + x, \nu + y) - \bar{S}(\mu, \nu))^2}}, \quad (1.6)$$

$$ZSAD(\mu, \nu) = \sum_{y=-V}^V \sum_{x=-U}^U |(R(x, y) - \bar{R}) - (S(\mu + x, \nu + y) - \bar{S}(\mu, \nu))|, \quad (1.7)$$

$$ZSSD(\mu, \nu) = \sum_{y=-V}^V \sum_{x=-U}^U \left((R(x, y) - \bar{R}) - (S(\mu + x, \nu + y) - \bar{S}(\mu, \nu)) \right)^2, \quad (1.8)$$

gdzie:

$$\bar{R} = \frac{1}{N} \sum_{y=-V}^V \sum_{x=-U}^U R(x, y)$$

$$\bar{S} = \frac{1}{N} \sum_{y=-V}^V \sum_{x=-U}^U S(\mu + x, \nu + y)$$

$N = (2V + 1) \cdot (2U + 1)$ - ilość pikseli w regionie

3. Przebieg ćwiczenia

Przy pomocy zaimplementowanych w środowisko Matlab (m-plik funkcyjny o nazwie *disparity.m*) miar podobieństwa przedstawionych w powyższym akapicie, należy wygenerować mapy dysparycji przy różnych rozmiarach okna korelacji (regionu) dla tej samej rozdzielczości zdjęcia stereowizyjnego (rys.1).

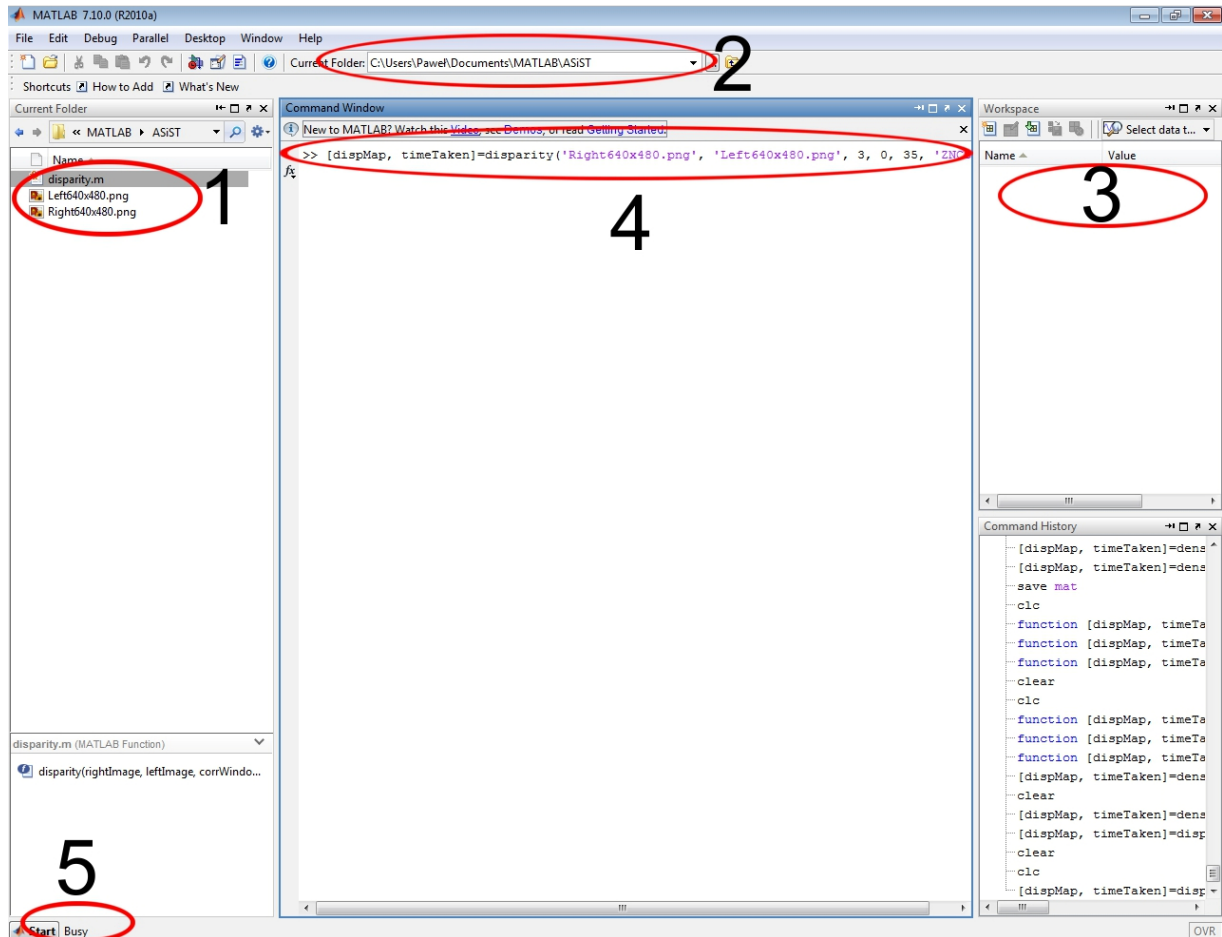


Rys. 1. Testowe zdjęcie stereowizyjne

3.1 Opis ćwiczenia

Przy użyciu m-pliku funkcyjnego o nazwie *dysparity.m* należy wygenerować mapy dysparycji dla poszczególnych miar podobieństwa, dodatkowo w skrypcie *disparity.m* została zaimplementowana funkcjonalność pomiaru czasu trwania obliczeń z której należy skorzystać w celu określenia szybkości działania poszczególnych algorytmów. W celu wykonania obliczeń na rys. 2 przedstawiono interfejs oprogramowania Matlab. W oknie (1) lub (2) należy ustawić ścieżkę dostępu do folderu zawierającego m-plik funkcyjny *disparity.m* oraz zdjęcia stanowiące docelowy przedmiot analizy, w oknie (3)

wyświetlają się dane wynikowe obliczeń, okno (4) służy do wydawania poleceń, znacznik (5) informuje o bieżącym statusie obliczeń.

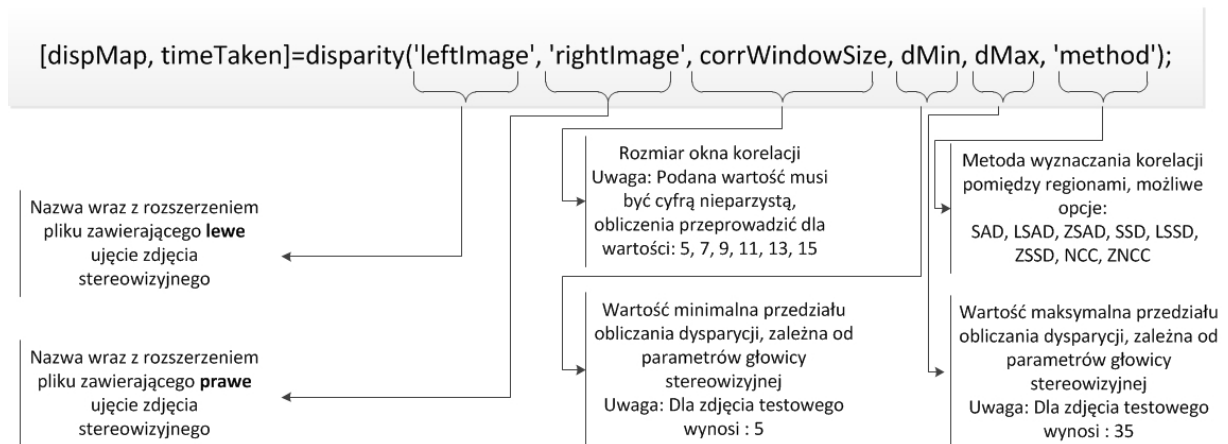


Rys. 2. Interfejs oprogramowania Matlab

1. Wylistowana zawartość folderu wybranego w ścieżce dostępu (*Current Folder*),
2. Ścieżka dostępu (*Current Folder*),
3. Przestrzeń robocza (*Workspace*),
4. Wiersz poleceń (*Command Windows*),
5. Oznaczenie prowadzenia obliczeń (*Busy*).

3.2 Wiersz poleceń

Po wskazaniu ścieżki dostępu z plikiem *disparity.m* można przystąpić do obliczeń. Skrypt uruchamia się poleceniem, którego składnia została przedstawiona na rys. 3



Rys. 3. Składnia polecenia wywołująca funkcję obliczania dysparycji z pliku `disparity.m` wraz czasem trwania kalkulacji

3.3 Przydatne komendy wraz komentarzem

a) podstawowe

<code>clear</code>	czyści przestrzeń roboczą (wykonać po każdej sekwencji obliczeń),
<code>clc</code>	czyści ekran wiersza poleceń bez usuwania zawartości przestrzeni roboczej,
<code>save {nazwa.mat}</code>	zapisuje wartość przestrzeni roboczej do pliku z rozszerzeniem *.mat,
<code>load {nazwa.mat}</code>	wczytuje wartość przestrzeni roboczej z pliku o rozszerzeniu *.mat,
<code>CTRL + BREAK</code>	wymuszenie przerwania obliczeń,

b) wywołanie mapy dysparycji

```
[nr,nc] = size(dispMap);
figure('Units','pixels','Position', [100 100 nc nr]); imagesc(dispMap); axis off; set(gca,'Position',[0 0 1 1]);
```