

Wykład podstawowy z APD nr 1 (wprowadzenie obejmujące I tydzień zajęć),
prowadzący: mgr inż. Artur Bernat.

Na wstępie należy odpowiedzieć na trzy podstawowe pytania:

- a) jakie są stawiane cele w prowadzeniu zajęć?
- b) jakie narzędzia będą wykorzystywane w toku prowadzonych zajęć?
- c) jakie problemy i zadania będą poruszane na zajęciach laboratoryjnych z *Algorytmów Przetwarzania Danych*?

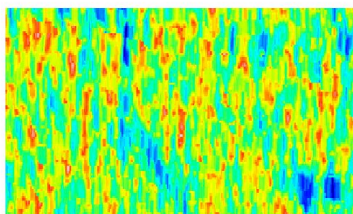
Ad.a) Celem prowadzonych zajęć jest wprowadzenie rzeszy Studentów w szeroką dziedzinę zastosowań algorytmów przetwarzania danych dyskretnych przestrzeni dwu-, trzy-wymiarowych ze szczególnym uwzględnieniem podstawowych i tych trochę bardziej zaawansowanych technik przetwarzania obrazów.

Ad.b) Ze względu na powszechną, obecnie na świecie dostępność, interaktywnego środowiska obliczeniowego jakim jest Matlab, będzie ono wykorzystywane na zajęciach jako podstawowe narzędzie. Olbrzymi zestaw metod i funkcji przetwarzania danych z różnych dziedzin przetwarzania informacji oraz łatwość implementacji zadań inżynierskich zdecydowało o wyborze tego pakietu-narzędzia.

Ad.c) Tytułem przykładu zastosowań samego środowiska obliczeniowego jakim jest Matlab oraz problemów jakie będą poruszane na zajęciach laboratoryjnych, poniżej podano opis pewnego zadania i jak sposób jego rozwiązania:

ZADANIE 1) Dla wycinka kolorowej mapy 3D powierzchni taśmy ściernej (elektrokorund, ścierniwo 15um, orientowane na podłożu elektrostatycznie) wyeksportowanej z programu obsługi danych profilometrycznych wraz ze kolorową skalą, dokonać rekonstrukcji danych głębokościowych:

Dane:

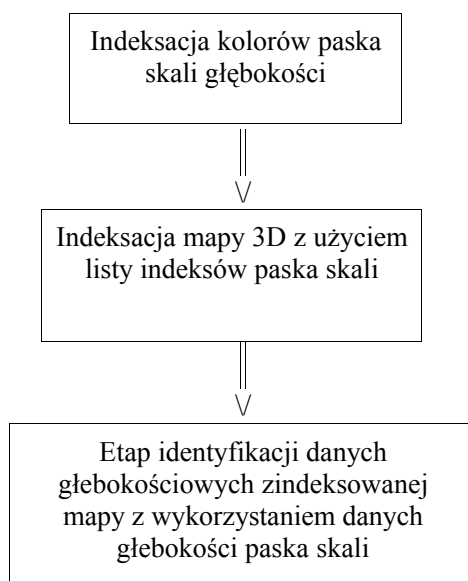


Rys.1A Kolorowa mapa danych 3D profilometrycznych



Rys.1B Kolorowy pasek głębokości, (głębokość mapy min-max odczytana z programu obsługi danych profilometrycznych 39.2um)

Algorytm rozwiązania zadania¹:



Rys.2 Algorytm postępowania w odzyskiwaniu danych mapy głębokości na podstawie danych mapy kolorowej

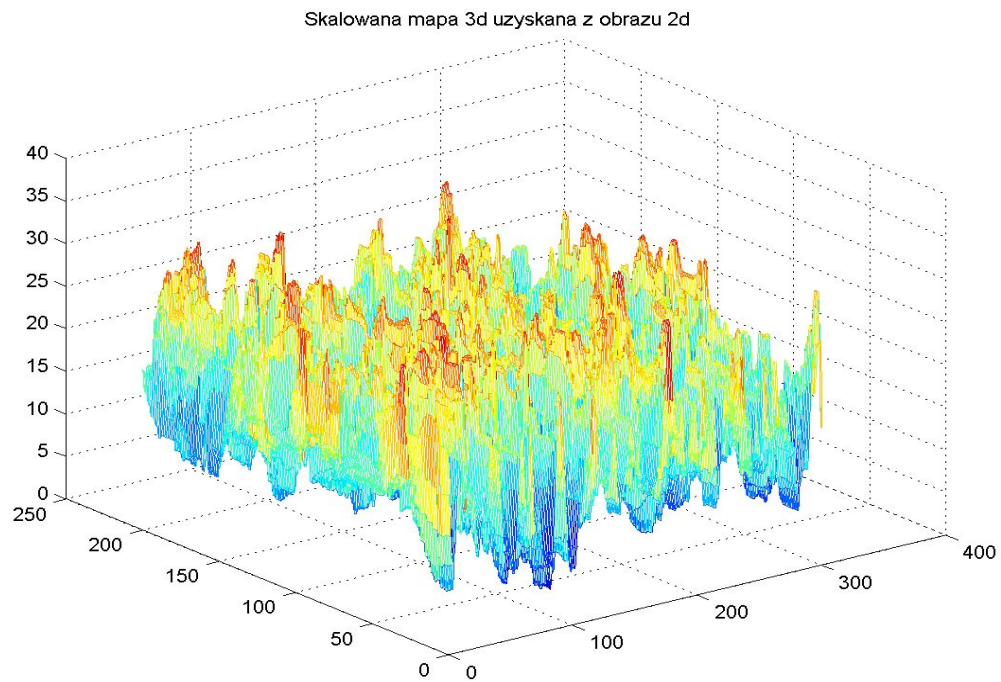
Skrypt środowiska Matlab do realizacji zadania:

```
1 %depth map script for obtaining 3D map
2 %--copyright Artur Bernat
3 %from color map
4 %first argument- the map to be processed
5 %second argument - the reference scale
6 %third argument - the depth on min-max peaks
7 function [tpdeep,deep]=deepmaps(map,sc,dpth)
8 %commande to index scale map
9 sc=sc(:,fix(size(sc,2)/2)+1,:);
10 [scInd,scMap]=rgb2ind(sc);
11 %color map indexed within scale color bar gradation
12 tpgrInd=rgb2ind(map,scMap);
13 % X,Y size of the map to be processed
14 Xdim=size(map,2);
15 Ydim=size(map,1);
16 for i=1:Xdim,
17     for j=1:Ydim,
18         temp=tpgrInd(j,i);
19         tmpx=find(scInd==temp);
20         if (size(tmpx,1)>0) & (size(tmpx,2)>0)
21             tpdeep(j,i)=tmpx(1);
22         else
23             tpdeep(j,i)=0;
24         end
25     end
26 end
27 %height of depth scale color bar
28 % scY=size(sc,1);
29 % scY=size(scMap,1);
30 %final depth map scaled according to given depth
31 deep=dpth*(1-tpdeep/scY);
32 %deep=dpth*(tpdeep/scY);
33 mesh(deep),rotate3d;
34 hold on;
35 title('Skalowana mapa 3d uzyskana z obrazu 2d');
36 figure,mesh(tpdeep),rotate3d;
37 hold on;
38 title('Mapa nieskalowana 3d');
39 figure,imshow(map);
```

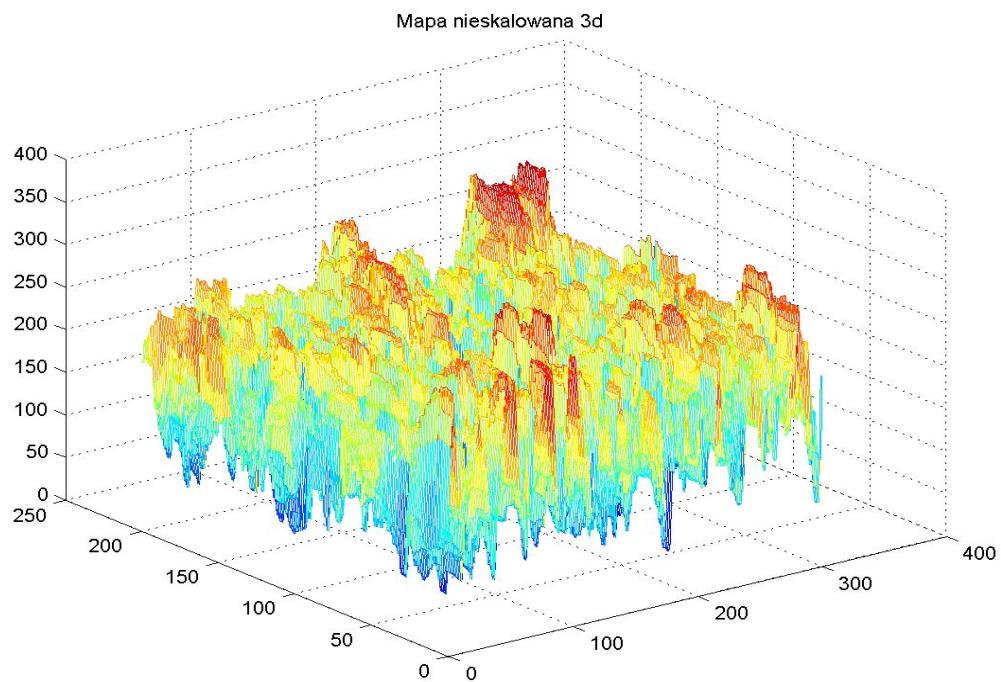
Rys.3 Okno robocze z treścią skryptu przetwarzania kolorowej treści mapy 3D

¹ Algorytm po raz pierwszy wykorzystany w pracy [1]

Rezultaty algorytmu pozyskiwania danych mapy głębokości:



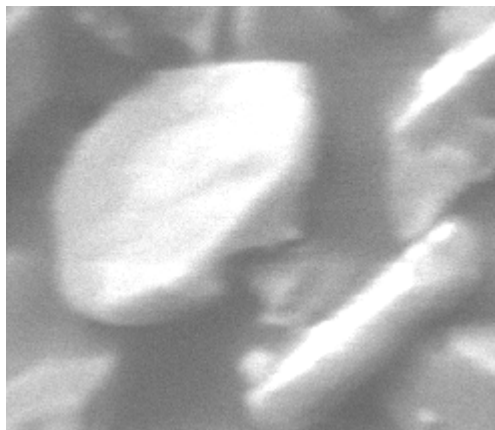
Rys.4 Skalowana stosownie do głębokości 39.2um mapa głębokości w ujęciu perspektywicznym.



Rys.5 Nieskalowana (tj. w wymiarze osi Z odpowiadającym liczbie kolorów w używanej na bieżąco paletce kolorów) mapa głębokości z tak zwanym odciskiem reliefu.

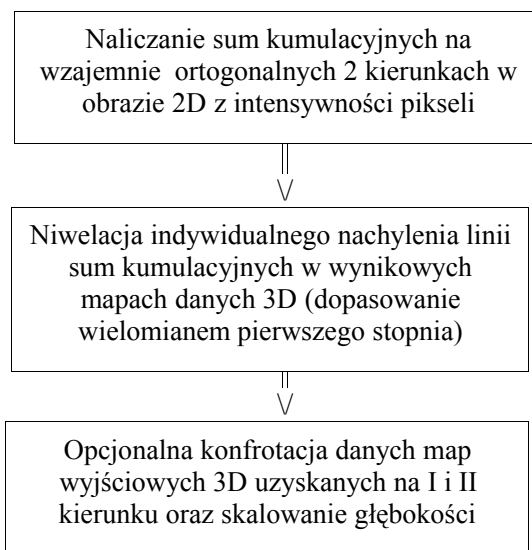
ZADANIE 2) Na podstawie obrazu intensywności² SEM pewnego obiektu przedstawionego na obrazie powierzchni czynnej taśmy ścierniej (15 μ m, elektrokorund orientowany elektrostatycznie) dokonać próby intergracyjnej rekonstrukcji mapy 3D powierzchni sfotografowanej:

Dane:



Rys.6 Obraz intensywności SEM z charakterystycznym ziarnem w kształcie czaszy amfiteatrowej w planie głównym (wielkość 213 x 247 pikseli)

Algorytm postępowania³:



Rys.7 Algorytm postępowania w odzyskiwaniu danych mapy głębokości na podstawie danych mapy kolorowej

Uwaga: Nawiasem mówiąc, algorytm dobrze się sprawdza się w przypadku niezaszumionych zbytnio (tj. odstęp informacja / szum $\sim \Rightarrow$ 20db) danych obrazu 2D intensywności, takich jak obrazy SEM. Informacja o barwie (chrominancji) musi być na razie pominięta, choć nie wykluczona jest tutaj pewna modyfikacja algorytmu. Z natury samego algorytmu, linie danych wynikowych po naliczeniu sum kumulacyjnych mogą i zazwyczaj istotnie się różnią w indywidualnym nachyleniu. W takim razie niemożliwym byłoby obliczanie metodą regresji średniokwadratowej całościowej płaszczyzny odniesienia, a jedynie możliwe jest indywidualne, tj. z linii na linię dopasowanie średniokwadratowe do danych wyjściowych. Ponadto algorytm całkiem wiernie oddaje wszelkie spadki i nachylenia wycinków płaszczyzn,

² jest to nadużywany, zbyt często, neologizm pochodzący z technicznej literatury anglojęzycznej oznaczający w skrócie: obraz intensywności jaskrawości w gradacji skali szarości

³ Algorytm po raz pierwszy wykorzystany w pracy [1]

co jest udziałem charakterystycznego ziarna przedstawionego na rys.6, zniekształcając powierzchnie wyższego rzędu.

Skrypt środowiska Matlab do realizacji zadania:

```

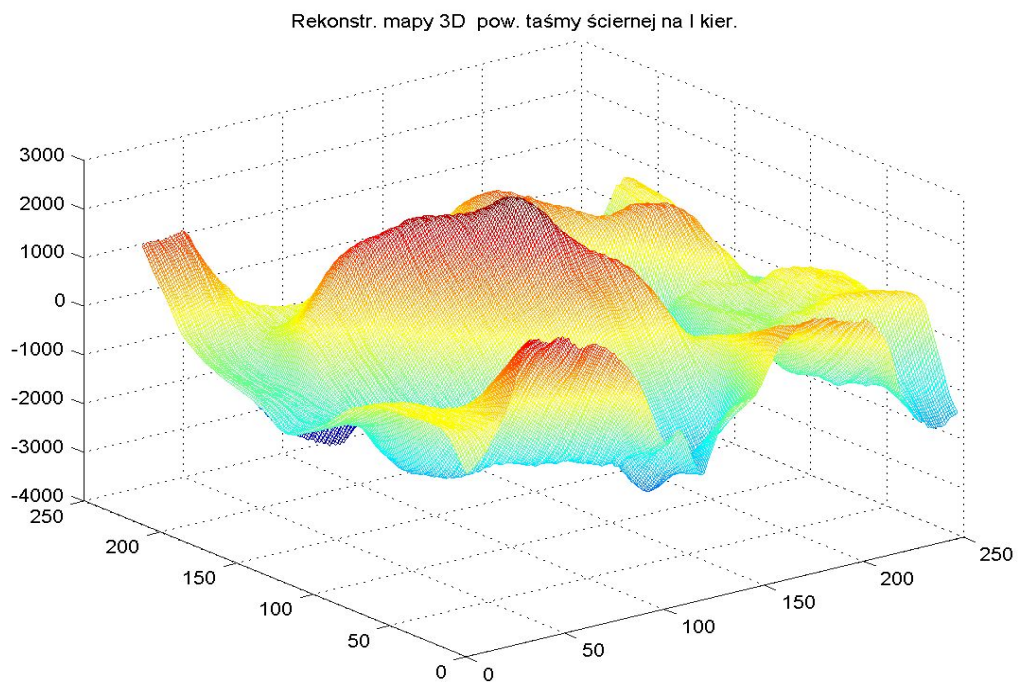
1 %skrypt otrzymywania map głębokości
2 %z map w skali szarości M(przykładowo:480x640pikseli)
3 % w analizie poziomej - kx
4 %oraz w an.pionowej -ky
5 function [kcx,kcy]=im2_3D(M)
6 %-----
7 %mapa M przeliczona na kierunku pionowym
8 %ze średniokwadratową płaszczyzną
9 %skierowaną pod kątem do poziomu
10 %kąt nachylenia proporcjonalny do średniej
11 %luminancji obrazu w skali od 0 na 255
12 %przebiegu linii pionowej analizowanej
13 % z góry do dołu
14 % z wykorzystaniem funkcji sumy kumulacyjnej
15 kx=cumsum(double(M),1);
16 %-----
17 %analiza mapy M na kierunku poziomym
18 %inne parametry jak wyżej
19 ky=cumsum(double(M),2);
20 %-----
21 %kcx zarys 3D po odjęciu rampy średniej luminancji
22 %albo w skrócie zarys 3D skorygowany na kierunku pionowym
23 kcx=kx;
24 for j=1:size(M,2),
25 y=1:size(M,1);
26 [p,s]=polyfit(y',kx(:,j),1);
27 cx=p(2)+p(1)*y';
28 kcx(:,j)=kx(:,j)-cx;
29 end;
30 %-----
31 %w skrócie zarys 3D skorygowany na kierunku poziomym
32 kcy=ky;
33 for i=1:size(M,1),
34 x=1:size(M,2);
35 [p,s]=polyfit(x,ky(i,:),1);
36 cy=p(2)+p(1)*x;
37 kcy(i,:)=ky(i,:)-cy;
38 end;
39 mesh(kcx);hold on;view(3);title('Rekonstr. mapy 3D pow. taśmy ścierniej na I kier.');
```

Rys.8 Okno robocze z treścią skryptu rekonstrukcji informacji 3D na podstawie obrazu SEM

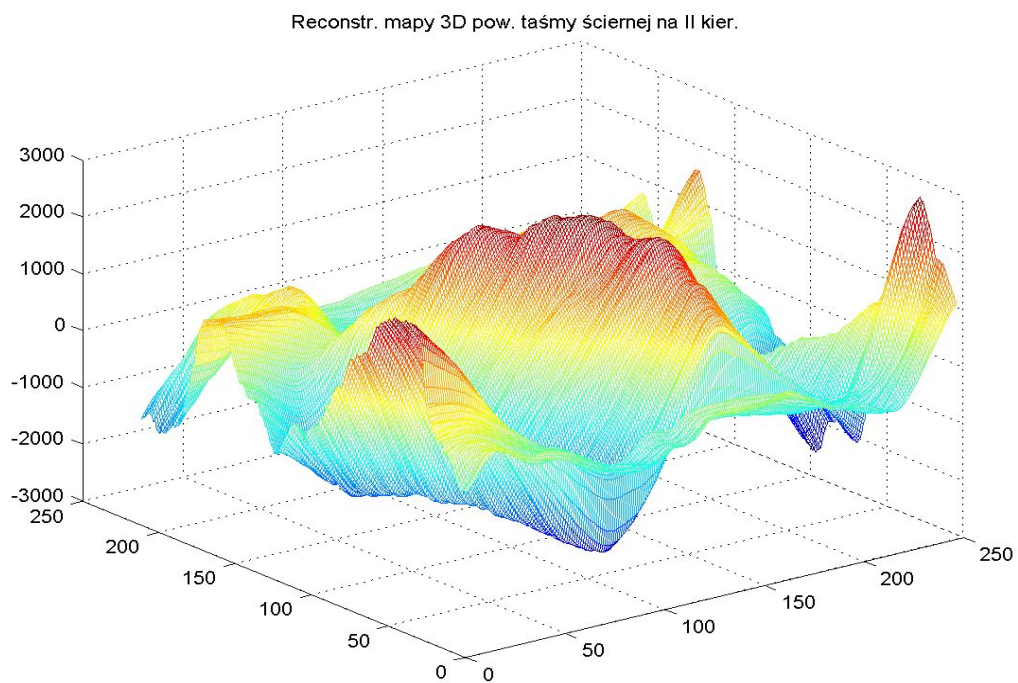
Z pewnością powyżej przedstawiony algorytm, przy założeniu istnienia zbioru pewnej wiedzy «a priori» co do zakładanego kształtu lub globalnego zarysu przedmiotu, pozwoliłby na pewną modyfikację sposobu naliczania sum kumulacyjnych (tj. wprowadzona celowo istotna nieliniowość, na przykład istotny wagowy udział w naliczaniu lokalnych sum kumulacyjnych danych wyjściowych na obrzeżach przedmiotu ze słabym wagowo naliczaniem sum kumulacyjnych w centrum przedmiotu). To z kolei przy dopasowaniu w etapie niwelacji nachylenia linii danych wynikowych do wielomianu wyższego stopnia (np. kwadratowego), teoretycznie pozwoliłoby na odtwarzanie detali i globalnego kształtu obiektów sferoidalnych, np. głowy, oświetlonej półkuli Księżyca, piłki, itd.

Poniżej podano rezultaty obliczeń:

Rezultaty algorytmu pozyskiwania danych mapy głębokości:



Rys.9 Nieskalowana mapa głębokości uzyskana na I kierunku analizy obrazu SEM⁴



Rys.10 Nieskalowana mapa głębokości uzyskana na I kierunku analizy obrazu SEM

⁴ Obraz uzyskany przy kącie azymutalnym punktu obserw.: -37.5 st. oraz kącie elewacji: 30 st.

Uwaga: Pobieźna nawet analiza map 3D z rys.9 oraz 10 pokazuje, że w kształcie «wypiętrzonego» w górę z obrazu 2D ziarna (typu: 'czasza amfiteatru'), następuje istotna różnica. Konfrontacja tych dwóch map w celach korekcyjnych jest więc niezbędna. Może ona polegać na przykład na wagowym udziale danych 3D tych dwóch map w mapie wyjściowej. W tym szczególnym przypadku naliczanie na II kierunku daje wizualnie bardziej wiarygodne rezultaty

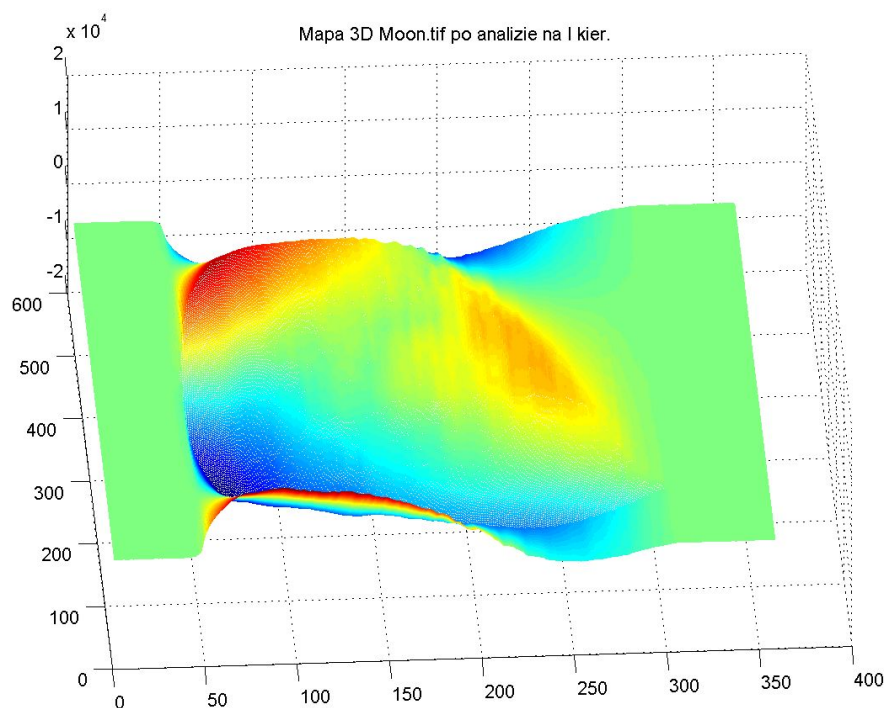
Jeszcze tylko mały test, jako dodatek do zadania nr 2.

ZADANIE 2B) Dokonać próby rekonstrukcji zarysu bardziej złożonego obiektu, aniżeli tego w którym nie występują takie globalne odchylenia od płaszczyzny odniesienia, jak na wycinku powierzchni czynnej narzędzia (obiekt w kształcie jabłka, głowy, piłki, itp. może być w tym algorytmie traktowany jako obiekt o poważnych błędach kształtowych, służy on bowiem do rekonstrukcji informacji 3D o lokalnych nierównomiernościach powierzchni).

Dane:

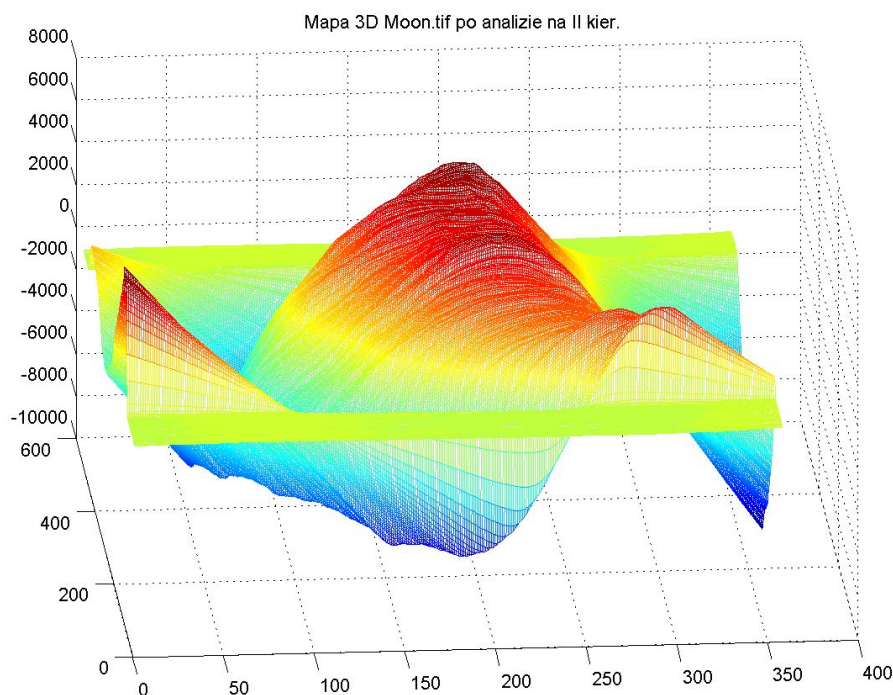


Rys.11 Obraz *moon.tif* rozmiar 537x358 pikseli dostępny w katalogu prezentacyjnym Matlab'a



Rys.12 Mapa 3D wynika z analizy na I kierunku intensywności pikseli w obrazie *moon.tif*⁵

⁵ Dane punktu obserwatora: kąt azymu: -5 stopnie, kąt elewacji: 30 stopni.



Rys.13 Mapa 3D wynikła z analizy na II kierunku intensywności pikseli w obrazie *moon.tif*⁶

Jak widać, jest możliwe w pewnym zakresie takie zmodyfikowanie powyższego algorytmu, aby globalny kształt obiektu analizowanego w treści obrazu 2D był wiernie odtwarzany.

Wprawdzie I tydzień zajęć, nie kwalifikuje rzeszy Studentów do pełnego rozumienia całości, jak i detali poruszanych problemów oraz rozwiązań, ma jednak walory poznawcze, pozwalając na uświadomienie sobie jak wielkie możliwości drzeją w współczesnym środowisku Matlab(wersja >5.x lub 6.x) w zadaniu identyfikacji oraz interpretacji danych obrazów 2D.

Literatura:

[1] XXVII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, KOSZALIN - SARBINOWO 2004:

« Ocena cech stereometrycznych powierzchni ściernic
na podstawie dwuwymiarowych obrazów optycznych »,
Zeszyty Naukowe W.Mech. nr.36, 165-174, ISSN 1640-4572

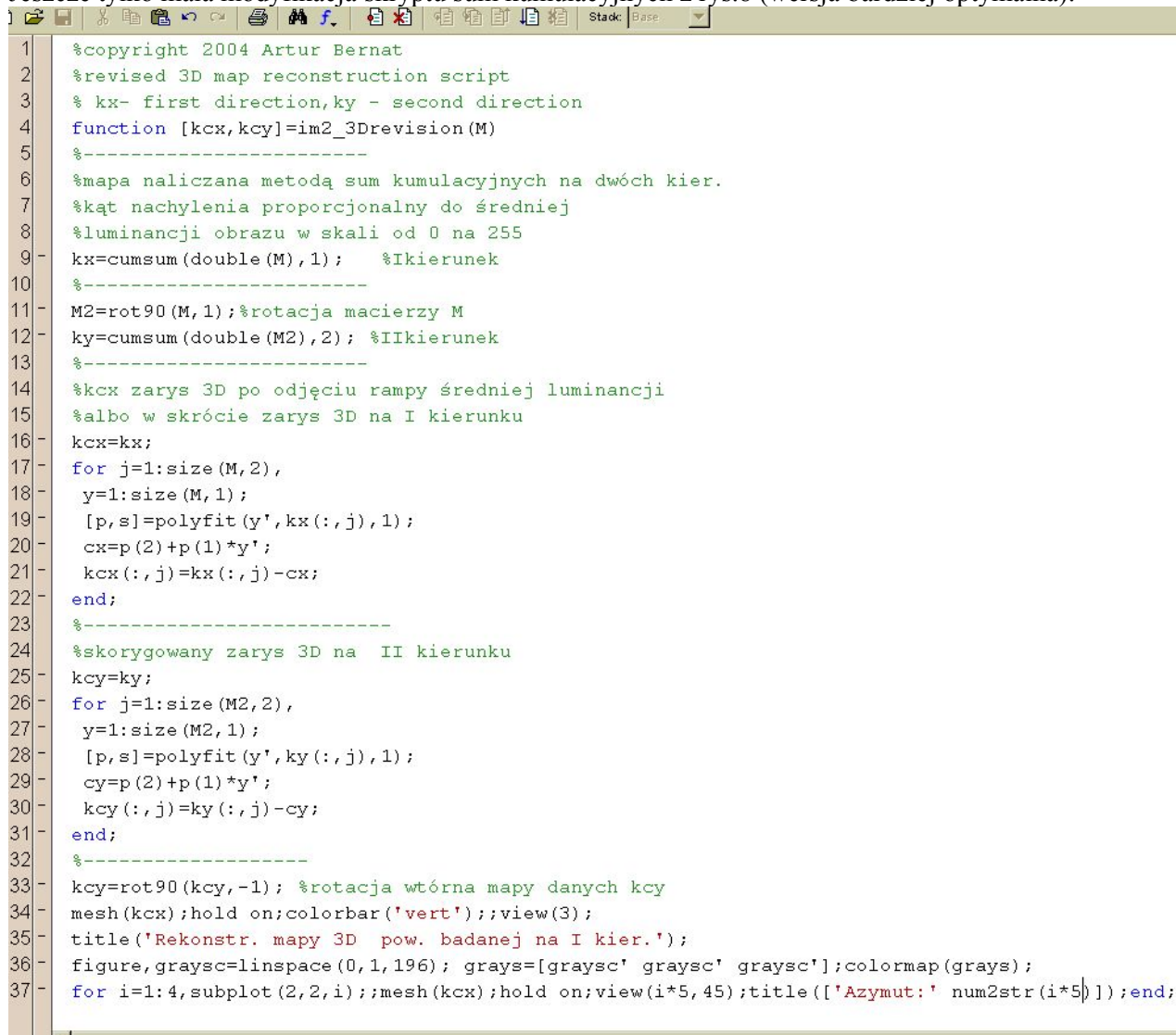
[2] Image Processing Toolbox Manual MATLAB v.6.5

...
..
.

⁶ Dane punktu obserwatora: kąt azymutu: -5 stopni, kąt elewacji: 60 stopni

Post Scriptum:

Jeszcze tylko mała modyfikacja skryptu sum kumulacyjnych z rys.8 (wersja bardziej optymalna):



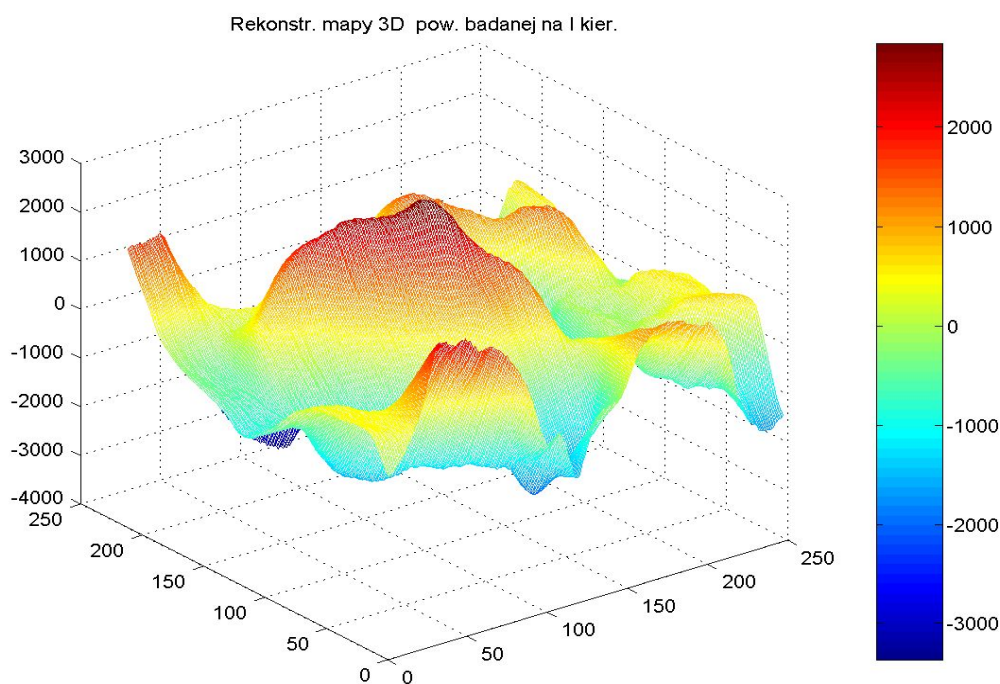
```

1  %copyright 2004 Artur Bernat
2  %revised 3D map reconstruction script
3  % kx- first direction,ky - second direction
4  function [kcx,kcy]=im2_3Drevision(M)
5  %-----
6  %mapa naliczana metoda sum kumulacyjnych na dwóch kier.
7  %kąt nachylenia proporcjonalny do średniej
8  %luminancji obrazu w skali od 0 na 255
9  kx=cumsum(double(M),1); %Ikierunek
10 %-----
11 M2=rot90(M,1);%rotacja macierzy M
12 ky=cumsum(double(M2),2); %IIkierunek
13 %-----
14 %kcx zarys 3D po odjęciu rampy średniej luminancji
15 %albo w skrócie zarys 3D na I kierunku
16 kcx=kx;
17 for j=1:size(M,2),
18     y=1:size(M,1);
19     [p,s]=polyfit(y',kx(:,j),1);
20     cx=p(2)+p(1)*y';
21     kcx(:,j)=kx(:,j)-cx;
22 end;
23 %-----
24 %skorygowany zarys 3D na II kierunku
25 kcy=ky;
26 for j=1:size(M2,2),
27     y=1:size(M2,1);
28     [p,s]=polyfit(y',ky(:,j),1);
29     cy=p(2)+p(1)*y';
30     kcy(:,j)=ky(:,j)-cy;
31 end;
32 %-----
33 kcy=rot90(kcy,-1); %rotacja wtórna mapy danych kcy
34 mesh(kcx);hold on;colorbar('vert');;view(3);
35 title('Rekonstr. mapy 3D pow. badanej na I kier.');
```

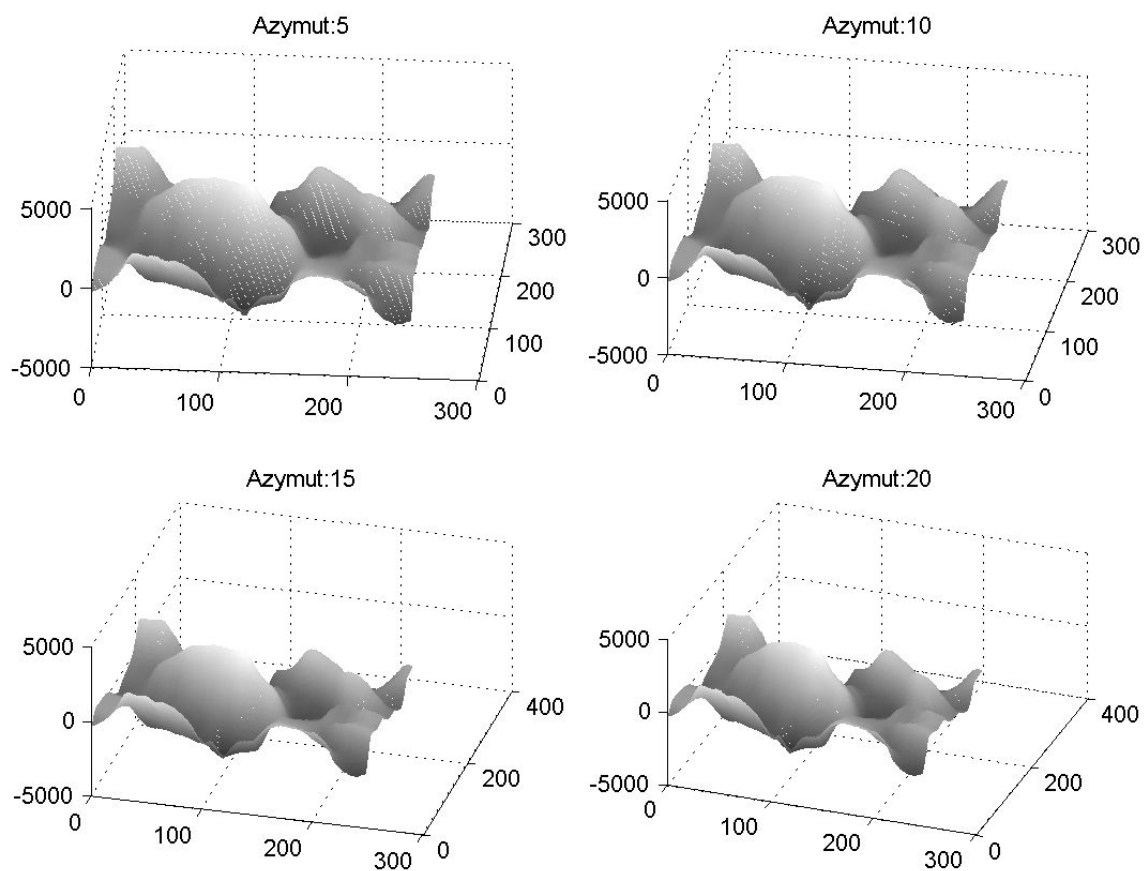
Rys.14 Okno robocze z modyfikacją skryptu Matlab'a z rys. 8

Uwagi: W skrypcie zaprezentowanym powyżej zdecydowano się na wizualizację danych pochodzących z analizy tylko jednego kierunku (kierunek I), z podwykresami o kącie azymutalnym zmienianym w 4 krokach co 5 stopni, a kącie elewacji wynoszącym 45 stopni. Ponadto wprowadzono na użytek wykresu złożonego, zdefiniowaną 196-stopniową skalę szarości (dogodną w kompresji animacji obrotowych map 3D, w środowisku Matlab'a). Istotną modyfikacją samego algorytmu jest wprowadzenie pełnej symetryczności mechanizmu naliczania sum w pętli obliczeniowej *for* poprzez uprzednią rotację macierzy danych obrazu 2D *M*, a następnie poprzez rotację wsteczną mapy wynikowej skorygowanej w nachyleniu *kcy*.

Oto poniżej rezultaty skryptu z rys.14:



Rys.15 Mapa 3D zrekonstruowanej powierzchni na podstawie obrazu 2D na I kierunku analizy.



Rys.16 Wykres złożony, reprezentacji mapy 3D przy kątach azymutalnych punktu obserwatora: 5,10,15,20 stopni.