

**GENEROWANIE I WIZUALIZACJA W INTERNECIE
ANAGLIFOWYCH OBRAZÓW PRZESTRZENNYCH
Z NIEMETRYCZNYCH APARATÓW CYFROWYCH**

**GENERATION AND VISUALISATION OF ANAGLYPHIC
SPATIAL IMAGES FROM NON-METRIC DIGITAL IMAGES
VIA THE INTERNET**

Zygmunt Paszotta

Zakład Fotogrametrii i Teledetekcji, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

SŁOWA KLUCZOWE: obrazy cyfrowe, macierz fundamentalna, rozkład SVD, Java, Internet.

STRESZCZENIE: Problem generowania obrazów przestrzennych w fotogrametrii rozwiązywany jest za pomocą obrazów epipolarnych. Odpowiednią metodę przedstawił Kreiling w 1976 roku. Dotyczy ona jednak zdjęć fotogrametrycznych, dla których znana jest orientacja wewnętrzna. W przypadku obrazów cyfrowych pozyskiwanych kamerami niemetrycznymi należy stosować inne rozwiązanie korzystające z pojęcia macierzy fundamentalnej, wprowadzonego przez Luonga w 1992 roku. W celu wyznaczenia tej macierzy określającej związek między prawym i lewym obrazem cyfrowym, potrzeba co najmniej osiem punktów homologicznych. Do wyznaczenia rozwiązania stosuje się tzw. rozkład SVD. Korzystając z macierzy fundamentalnej wyznacza się linie epipolarne, które łączy się w obrazy. Odpowiednie podstawy matematyczne oraz ilustracje zamieszczono w publikacji. Opracowane algorytmy oraz oprogramowanie pozwala przez Internet generować trójwymiarowe obrazy anaglifowe przy wykorzystaniu obrazów pozyskanych z niemetrycznych aparatów cyfrowych. Aplikacja internetowa zrealizowana jest w architekturze klient-serwer, gdzie klientem jest przeglądarka internetowa. Macierz fundamentalną oblicza się na serwerze. Wszystkie funkcje oprogramowane są w języku Java i rozdzielone między klientem i serwerem. Jest to przykład aplikacji rozproszonej pozwalającej interaktywnie tworzyć anaglifowe obrazy przestrzenne. Ma duże walory poznawcze i edukacyjne. Aplikacja jest dostępna na stronie internetowej autora <http://www.kfit.uwm.edu.pl/zp/>.

1. WSTĘP

W klasycznej fotogrametrii bazującej na zdjęciach fotogrametrycznych generowanie obrazów trójwymiarowych jest procesem znanym. Przełomowe znaczenie dla tego procesu miało opracowanie przez Kreilinga w 1976 roku metody generowania obrazów epipolarnych. Rzutowanie obrazów stereogramu na wspólną płaszczyznę jest jednak możliwe, gdy znane są stałe kamer oraz elementy orientacji wzajemnej. Generowanie i nakładanie składowych obrazów cyfrowych też jest procesem znanym.

Wraz z upowszechnieniem aparatów cyfrowych pojawiła się możliwość pozyskiwania niemetrycznych, cyfrowych zdjęć naziemnych a co za tym idzie problem uzyskiwania obrazów przestrzennych (3D modeli) z tych zdjęć. Rozwiązanie pojawiło się w 1992 roku po wprowadzeniu w pracy doktorskiej Luonga pojęcia macierzy fundamentalnej (Luong 1992, Hartley 1992). Mimo, że nie możemy za pomocą rzutu

środkowego rzutować obrazów, to jednak możemy wyznaczać linie epipolarne. Przy narzuceniu dodatkowych warunków i parametrów na obraz możemy wygenerować obraz przestrzenny. Zatem kolejnym zagadnieniem jest wykonanie odpowiedniego oprogramowania, które generowałoby obrazy przestrzenne. Oprogramować należy wiele czynności i funkcji, realizujących wykonywanie pomiarów oraz obliczenia. Okazuje się, że możliwa jest internetowa interaktywna realizacja zadania generowania obrazów przestrzennych z wykorzystaniem koncepcji obrazów anaglifowych. Proponowane rozwiązanie pracuje jako aplikacja internetowa napisana w języku JAVA i wykorzystuje technologię klient-serwer, co w praktyce oznacza komunikację między apletami i servletem. W dalszej części artykułu przedstawione zostaną podstawy teoretyczne przyjętego rozwiązania oraz schemat realizacji.

2. PODSTAWY TEORETYCZNE

Pojęcie macierzy fundamentalnej wprowadza się wychodząc od znanego warunku komplanarności, tj. należenia punktów homologicznych do płaszczyzny rdzennej.

Zgodnie z rysunkiem 1 spełniona musi być równość:

$$\mathbf{r}_t''(\mathbf{b} \times \mathbf{r}') = 0. \quad (1)$$

Drugi czynnik możemy zapisać jako:

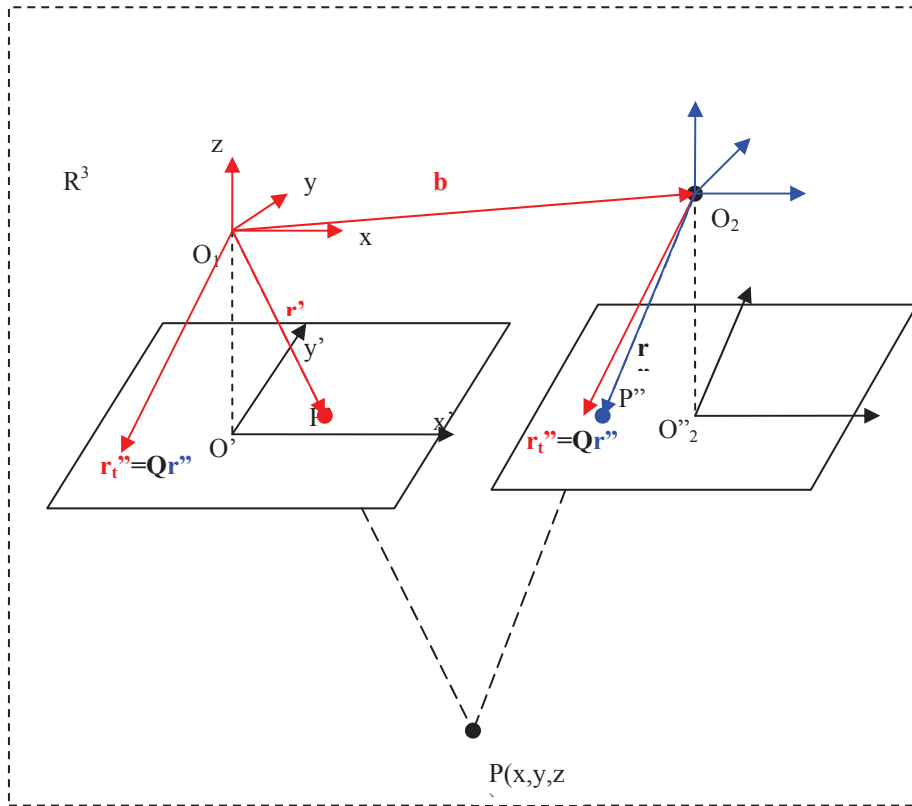
$$\begin{aligned} \mathbf{b} \times \mathbf{r}' &= \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ b_x & b_y & b_z \\ r_x' & r_y' & r_z' \end{vmatrix} = \begin{bmatrix} -b_z r_y' + b_y r_z' \\ b_z r_x' - b_x r_z' \\ -b_y r_x' + b_x r_y' \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} 0 & -b_z & b_y \\ b_z & 0 & -b_x \\ -b_y & b_x & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_x' \\ r_y' \\ r_z' \end{bmatrix} = \mathbf{B} \mathbf{r}' \end{aligned} \quad (2)$$

Jeżeli \mathbf{Q} jest macierzą obrotu wektora \mathbf{r}'' do układu współrzędnych (O,x,y,z) tzn.

$$\mathbf{r}_t'' = \mathbf{Q} \mathbf{r}'', \quad (3)$$

to iloczyn skalarny zapisujemy w postaci

$$(\mathbf{r}_t'')^T \mathbf{B} \mathbf{r}' = (\mathbf{r}''^T)^T \mathbf{Q}^T \mathbf{B} \mathbf{r}' = 0 \quad (4)$$



Rys. 1. Geometryczne związki między punktem na 3D modelu a jego obrazami

Przechodzimy do współrzędnych jednorodnych i zapisujemy transformację z układu współrzędnych tłych do układu współrzędnych pikselowych jako

$$\mathbf{r}_p' = \mathbf{A}_1 \mathbf{r}' \quad \mathbf{r}_p'' = \mathbf{A}_2 \mathbf{r}'' \quad (5)$$

Otrzymujemy wtedy

$$(\mathbf{r}_p'')^T (\mathbf{A}_2^{-1})^T \mathbf{Q}^T \mathbf{B} \mathbf{A}_1^{-1} \mathbf{r}_p' = 0 \quad (6)$$

Niech $\mathbf{F} = (\mathbf{A}_2^{-1})^T \mathbf{Q}^T \mathbf{B} \mathbf{A}_1^{-1}$ Macierz tę nazywa się macierzą fundamentalną. Pozwala ona wyznaczyć linie epipolarne. Dla punktu na prawym zdjęciu o współrzędnych \mathbf{r}_p'' linia epipolarna na lewym zdjęciu ma równanie (we współrzędnych jednorodnych):

$$\mathbf{r}_p'' \cdot \mathbf{u}'' = 0, \quad \text{gdzie} \quad \mathbf{u}'' = \mathbf{F} \mathbf{r}_p' \quad (7)$$

Macierz \mathbf{F} posiada wymiar 3x3. Należy wyznaczyć 8 współczynników (poza czynnikiem skalującym). Aby je wyznaczyć, potrzeba co najmniej 8 punktów homologicznych. Autorem odpowiedniego algorytmu jest Longuet-Higgins (Longuet-Higgins, 1982). Korzystamy z równania (6) zapisanego w uproszczonej postaci,

$$(\mathbf{r}_p'')^T \mathbf{F} \mathbf{r}_p' = 0 \quad (8)$$

Wszystkie linie epipolarne na danej płaszczyźnie obrazowej lewej lub prawej, przechodzą przez jeden punkt epipolarny. Stanowią one pęk prostych przechodzących przez punkt epipolarny. Jeżeli oznaczymy je przez \mathbf{e}_p' i \mathbf{e}_p'' to spełnione są zależności (Forstner 2000):

$$\mathbf{F}\mathbf{e}_p' = \mathbf{0}, \quad \mathbf{e}_p''\mathbf{F} = \mathbf{0} \quad (9)$$

3. REALIZACJA KOMPUTEROWA

Internetowa realizacja metody wymaga oprogramowania wykonującego kolejne operacje zarówno po stronie klienta jak i serwera. Pełny diagram czynności przedstawiony jest na rysunku 2.

Wyznaczenie macierzy fundamentalnej jest pierwszym elementem w procesie budowy obrazów przestrzennych. W tym celu mierzymy współrzędne punktów homologicznych

i korzystamy z wyrażenia (8), które zapiszemy w postaci

$$\mathbf{M}\mathbf{f} = \mathbf{0} \quad (10)$$

gdzie: $\mathbf{f} = [f_{11}, f_{12}, f_{13}, f_{21}, \dots, f_{33}]^T$ wektor uporządkowanych elementów macierzy \mathbf{F} .

Otrzymujemy układ równań jednorodnych z 9 niewiadomymi elementami macierzy \mathbf{F} . Jeżeli rząd macierzy \mathbf{M} równy k , jest mniejszy od 9 to posiada on nieskończenie wiele niezerowych rozwiązań zależnych od k parametrów. Do rozwiązania tego układu zastosujemy rozkład na wartości szczególne zwany rozkładem SVD. Szczególnie użyteczna jest własność, że rząd macierzy \mathbf{M} jest równy liczbie niezerowych wartości szczególnych macierzy \mathbf{M} , a zatem liczbie niezerowych elementów na przekątnej macierzy diagonalnej \mathbf{V} . Aby uzyskać $\text{Rank}(\mathbf{M})=8$ a właściwie $\text{Rank}(\mathbf{M}')=8$ należy wyzerować najmniejszą wartość szczególną. Jeżeli nasze pomiary współrzędnych punktów homologicznych były prawidłowe to powinien istnieć wyraźny skok między ósmą a dziewiątą wartością szczególną. Przyjmując jedną niewiadomą jako parametr, otrzymujemy układ jednorodny, który rozwiązujemy korzystając z rozkładu SVD.

Poprawione macierze \mathbf{V} i \mathbf{M} oznaczymy przez \mathbf{V}' i \mathbf{M}' , gdzie

$$\mathbf{M}' = \mathbf{S}'\mathbf{V}'\mathbf{D}'^T \quad (11)$$

Macierz \mathbf{M}' ma teraz rząd równy 8, a układ równań postać :

$$\mathbf{M}'\mathbf{f} = \mathbf{b} \quad (12)$$

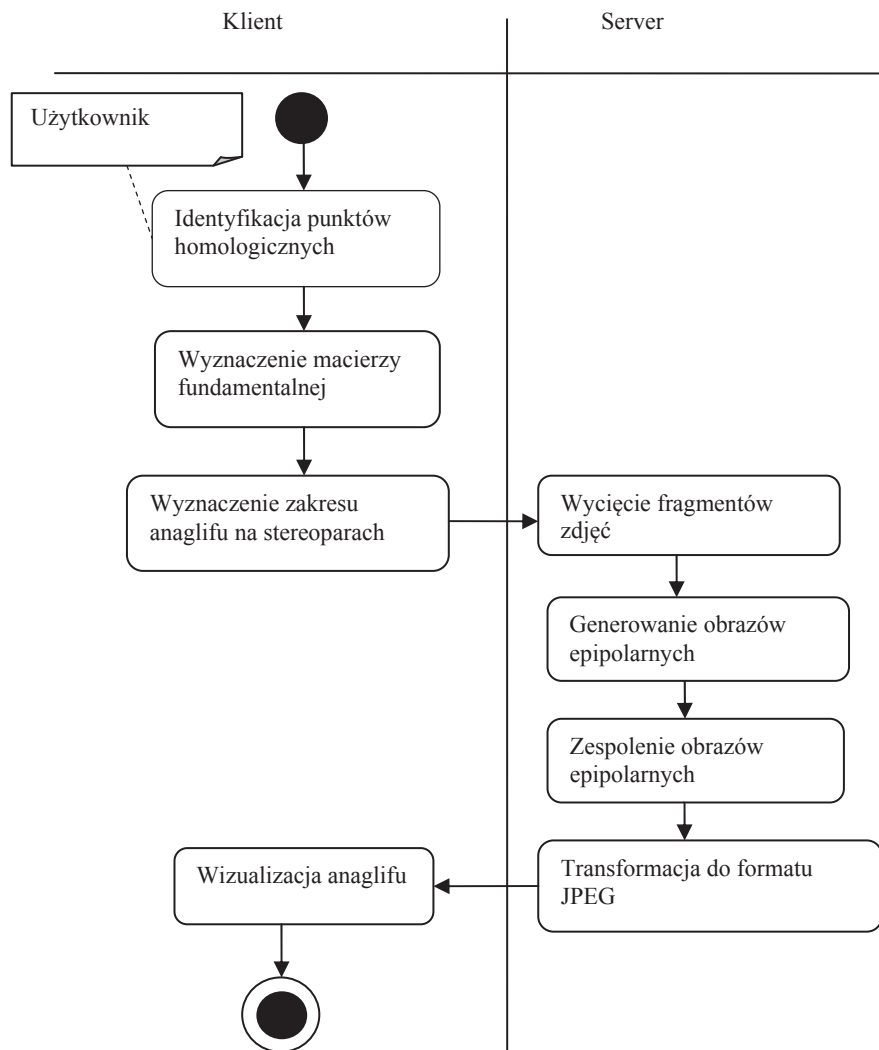
Aby uzyskać jednoznaczne rozwiązanie potrzeba 8 punktów. Dla większej liczby punktów

warunek $\mathbf{M}'\mathbf{f} - \mathbf{b} = \mathbf{0}$ zastępujemy warunkiem $r^2 = (\mathbf{M}'\mathbf{f} - \mathbf{b})^2 = \min$, co zapisujemy

$$\mathbf{M}'\mathbf{f} \approx \mathbf{b} \quad (13)$$

Korzystając z równania (11) wyrażenie to można zapisać następująco (Brandt 1999)

$$\mathbf{V}'\mathbf{D}'^T \mathbf{f} \approx \mathbf{S}'^T \mathbf{b} \quad (14)$$



Rys. 2. Diagram czynności w procesie generowania anaglifowych obrazów przestrzennych

Przyjmując oznaczenia:

$$\mathbf{S}^T \mathbf{b} = \mathbf{g} , \quad \mathbf{D}^T \mathbf{f} = \mathbf{p} , \quad (15)$$

otrzymujemy

$$\mathbf{V}^T \mathbf{p} \approx \mathbf{g} \quad (16)$$

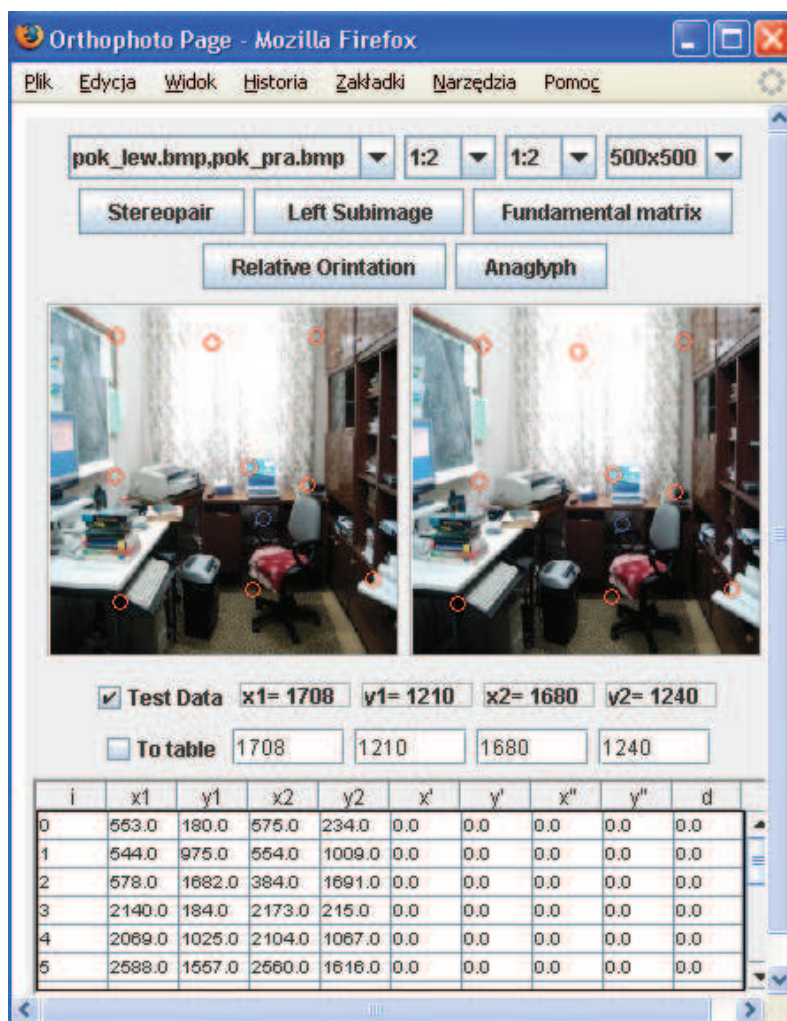
Ostatecznie uzyskujemy rozwiązanie:

$$\mathbf{f} = \mathbf{D}^T \mathbf{p} \quad (17)$$

Kod JAVA algorytmu rozkładu na wartości osobliwe nie zawiera dużo miejsca, dlatego może być zawarty w aplecie klienta. Jest to translacja kodu „svdcmp.c”,

bazującego na algorytmie Golub-Reinsch (Press et. al., 1992), a więc programu napisanego w języku C, na język JAVA.

4. INTERNETOWA REALIZACJA PRZYKŁADU



i	x1	y1	x2	y2
6	1304.0	227.0	1335.0	270.0
7	1598.0	924.0	1616.0	963.0
8	1627.0	1614.0	1603.0	1657.0

Rys. 3. Stereogram i współrzędne punktów homologicznych

Pierwszym zadaniem jest wybór zdjęć stereogramu i pomiar współrzędnych punktów (rys. 3). Dane te można modyfikować korzystając z piramid utworzonych dla

lewego i prawego obrazu. Następnie wyznaczamy macierz \mathbf{M} z wzoru (10). Wartości jej elementów podane są w tabeli 1. Elementy macierzy ortogonalnych \mathbf{S} i \mathbf{D} oraz macierzy diagonalnej \mathbf{V} są przedstawione w tabelach 2,3 i 4.

Tabela 1. Elementy macierzy $\mathbf{M} = [m_{ij}]$

i\j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	317975	103500	575	129402	42120	234	553	180	1
2	301376	540150	554	548896	983775	1009	544	975	1
3	221952	645888	384	977398	2844262	1691	578	1682	1
4	4650220	399832	2173	460100	39560	215	2140	184	1
5	4353176	2156600	2104	2207623	1093675	1067	2069	1025	1
6	6625280	3985920	2560	4182208	2516112	1616	2588	1557	1
7	1740840	303045	1335	352080	61290	270	1304	227	1
8	2582368	1493184	1616	1538874	889812	963	1598	924	1
9	2608081	2587242	1603	2695939	2674398	1657	1627	1614	1

Tabela 2. Elementy ortogonalnej macierzy $\mathbf{S} = [s_{ij}]$

i\j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-0,0266	0,0232	-0,0044	-0,1681	0,5075	-0,1073	-0,6486	0,4297	0,3100
2	-0,0749	-0,1994	-0,1164	0,5622	0,1732	0,5549	-0,3923	-0,2273	-0,2855
3	-0,1306	-0,5683	-0,7010	-0,3543	0,0105	0,1306	0,1233	0,0091	0,1027
4	-0,2943	0,6161	-0,6059	0,2348	-0,2185	-0,1110	-0,0681	0,2072	-0,0632
5	-0,4141	0,1501	0,1061	0,1181	0,1424	0,3178	0,2497	-0,2306	0,7376
6	-0,6990	-0,0233	0,2843	-0,4152	-0,2979	0,1085	-0,2831	-0,0535	-0,2723
7	-0,1220	0,1995	-0,1437	-0,1756	0,5610	-0,3392	0,0193	-0,6411	-0,2295
8	-0,2654	0,0171	0,1019	0,0364	0,4896	0,1824	0,5122	0,5004	-0,3630
9	-0,3804	-0,4404	0,0695	0,5064	-0,0333	-0,6246	0,0177	0,0569	0,0724

Tabela 3. Elementy ortogonalnej macierzy $\mathbf{D} = [d_{ij}]$

i\j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-0,7464	0,5970	-0,2935	0,0184	-0,0008	0,0002	-0,0000	-0,0000	-0,0000
2	-0,4089	-0,2578	0,5579	0,6746	-0,0044	-0,0006	0,0001	0,0003	-0,0000
3	-0,0004	0,0002	-0,0004	0,0044	0,6430	-0,3345	-0,3095	-0,6155	0,0001
4	-0,4303	-0,3037	0,4306	-0,7329	0,0051	0,0005	-0,0001	0,0003	-0,0000
5	-0,3008	-0,6963	-0,6460	0,0857	-0,0013	-0,0007	-0,0000	-0,0000	-0,0000
6	-0,0002	-0,0004	-0,0004	0,0028	0,3435	0,6244	-0,6186	0,3305	-0,0143
7	-0,0004	-0,0005	-0,0005	0,0036	0,6129	-0,3134	0,3604	0,6295	-0,0004
8	-0,0002	-0,0004	-0,0004	0,0027	0,3047	0,6324	0,6257	-0,3400	0,0136
9	-0,0000	-0,0000	-0,0000	0,0000	0,0009	0,0002	-0,0172	0,0096	0,9998

Tabela 4. Elementy diagonalnej macierzy $\mathbf{V} = [v_{ij}]$

v_{11}	v_{22}	v_{33}	v_{44}
13064508,6405	4067181,1052	1599500,0784	92448,0836

v_{55}	v_{66}	v_{77}	v_{88}	v_{99}
1462,9138	472,7960	27,3382	5,2684	0,0092

Macierz \mathbf{M} rozkładamy względem wartości szczególnych. Zerujemy element v_{99} i zgodnie z wzorami (13) – (17) otrzymujemy elementy macierzy \mathbf{F} przedstawione w tabeli 5.

Tabela 5. Elementy macierzy $\mathbf{F} = [f_{ij}]$

$i \setminus j$	1	2	3
1	-0,00006115	0,00536364	1,07731701
2	-0,00188916	0,00096248	-142,85998874
3	-3,59923894	136,09426319	10000,0

Element f_{33} jest parametrem, od którego zależą pozostałe elementy macierzy \mathbf{F} . Przyjmując jego wartość uzyskujemy rozwiązanie spełniające warunek (8). Uzyskanie tego rozwiązania kończy etap drugi w diagramie na rysunku 2.

5. GENEROWANIE OBRAZÓW PRZESTRZENNYCH METODĄ ANAGLIFOWĄ

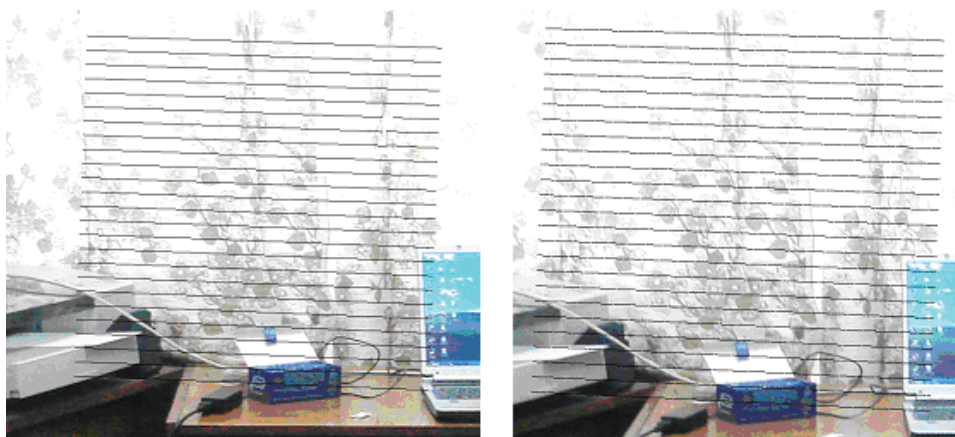
Macierz fundamentalna nie wyznacza od razu obrazów składowych obrazu przestrzennego. Zgodnie z wzorem 9 możemy wyznaczać odpowiadające sobie linie epipolarne. Istotę problemu przedstawia rysunek 4, gdzie pokazany jest układ linii epipolarnych na lewym i prawym zdjęciu dla zadanej kolumny pikseli na prawym zdjęciu. Elementy tej kolumny wybierane są prostopadle do linii epipolarnej. Dla czytelności obrazu wybrany jest, co dwudziesty piksel w kolumnie.

W rozwiązaniu internetowym nie generuje się obrazu przestrzennego dla całego obszaru wspólnego pokrycia, lecz dla wybranego przez użytkownika fragmentu stereogramu. Następuje to przez wskazanie środka obszaru na lewym i prawym zdjęciu oraz przez wybór jego wielkości, np. 500x500 pikseli. Generowanie wygodnie zacząć od narożnika, który ustalamy dla prawego zdjęcia. Na podstawie wzoru (7), wyznaczamy równanie odpowiadającej linii epipolarnej na lewym zdjęciu i na niej szukamy punktu początkowego. Potrzebną współrzędną x_1 , czyli numer kolumny określa się z przybliżonej zależności między współrzędnymi wcześniej wyznaczonych punktów homologicznych użytych do wyznaczenia macierzy fundamentalnej. Przyjmując jej postać jako

$$x_1 = a_0 + a_1 x_2 + a_2 y_2 \quad (18)$$

uzyskujemy współczynniki:

$$a_1 = 0,957681 \quad a_2 = 0,080965 \quad a_0 = -7,010352$$

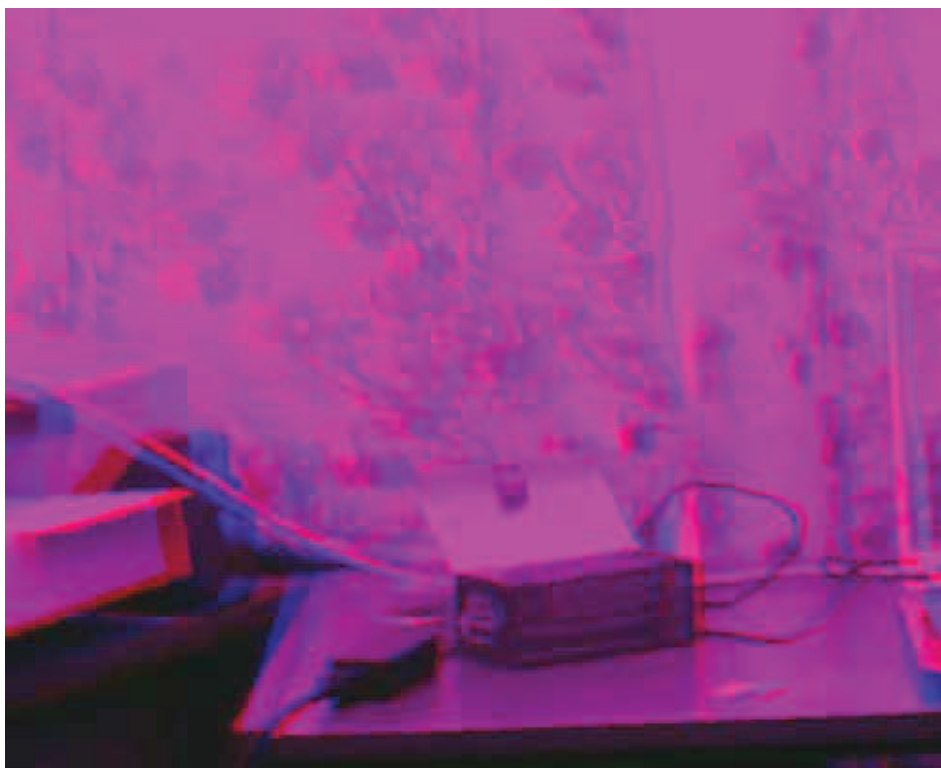


Rys. 4. Układ linii epipolarnych

Kolejne punkty zadajemy przesuwając się w wierszu na pierwszej linii epipolarnej na prawym obrazie. Prosta ta wyznaczona jest przez wybrany punkt początkowy oraz punkt rdzenny. Odpowiadający punkt na odpowiedniej linii epipolarnej lewego zdjęcia wybieramy na podstawie skoku $a1$ określonego z wcześniej wyznaczonej przybliżonej zależności między współrzędnymi. Obrazy przestrzenne generujemy bez dodatkowej zmiany skali z obrazów piramidy. Przy interpolacji poziomów jasności wybranych barw podstawowych (niebieskiej i czerwonej) stosujemy metodę najbliższego sąsiada. Unikamy resamplingu, który pogorszyłby ostrość anaglifów oraz wydłużył czas jego generowania na serwerze.

6. PODSUMOWANIE

Z przedstawionych rozważań wynika, że można generować obrazy przestrzenne na podstawie niemetrycznych obrazów cyfrowych przy wykorzystaniu Internetu. Zamieszczone zdjęcia wykonano amatorskim aparatem cyfrowym. Pokazany na rysunku 5, lub podobny anaglif można wygenerować przez Internet ze strony <http://www.kfit.uwm.edu.pl/zp/zp.html> Przedstawione rozwiązanie oprócz walorów naukowych ma duże walory edukacyjne. Autor ma nadzieję, że stanowi ono skromny wkład do rozwoju i popularyzacji technologii fotogrametrycznych.



Rys. 5. Przykładowy anaglif uzyskany w oknie przeglądarki internetowej

7. LITERATURA

- Brandt S., 1999. *Analiza danych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, s. 537-538.
- Forstner W., 2000. New Orientation Procedures. *The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Amsterdam, The Netherlands, 16-23 July, 2000 Vol. XXXIII-B3A, str.297-304.
- Hartley R. I., 1992. *Estimation of relative camera positions for uncalibrated cameras*. Proceedings of the Second European Conference on Computer Vision. s. 579-587.
- Luong Q. T., 1992. *Fundamental matrix and self-calibration*. PhD Thesis, University of Paris, Orsay.
- Longuet-Higgins H., 1982, A computer algorithm for reconstructing a scene from two projections. *Nature* Vol. 293, s.133-135.
- Press W., Flannery B., Teukolsky S., Vetterling W., 1992, *Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing. second edition*, Cambridge University Press, ISBN-10: 0521431085, s. 59-70.

**GENERATION AND VISUALISATION OF ANAGLYPHIC
SPATIAL IMAGES FROM NON-METRIC DIGITAL IMAGES
VIA THE INTERNET**

KEY WORDS: digital image, fundamental matrix, Singular Value Decomposition, Internet, Java.

Summary

Inferring three-dimensional information from images taken from different viewpoints is a central problem in terrestrial photogrammetry and computer vision. In classic photogrammetry (which is based on photogrammetric images), generating 3D images is a well-known process. A breakthrough in the process was made in 1976, when Kreiling developed a method of generating epipolar images. However, it is possible to project stereogram images onto the common plane if the camera constants and the elements of relative orientation are known. As digital cameras have become ubiquitous, it is now possible to obtain non-metric, digital terrestrial images; however, obtaining spatial images from such photographs has become a problem. Recent work has shown that it is possible to recover the projective structure of a scene from point correspondences only, without the need for camera calibration.

The solution came with the introduction of the fundamental matrix in 1992 in a PhD thesis by Luong and in Faugeras and Hartley (1992). After applying additional conditions and parameters to an image, a spatial image can be generated. Therefore, the next task is to develop software to generate spatial images. It appears that it is possible to generate spatial images with the use of the idea of anaglyphic images interactively on the Internet and taking measurement on them. The proposed solution works as an Internet application in JAVA and employs client-server technology, which in practical terms means communication between applets and the servlet.

This paper presents the theoretical foundations of the spatial image construction from non-metric digital images. It is also aimed at showing the web-based photogrammetric applications located on the Department of Photogrammetry and Remote Sensing server (<http://www.kfit.uwm.edu.pl/zp/wzasik.html>).

The epipolar geometry is the intrinsic projective geometry between two views. It is independent of scene structure and dependent on the camera's internal parameters and relative orientations of images. This intrinsic geometry is encapsulated in the fundamental matrix F . The dimension of matrix F is 3×3 . A total of 9 coefficients minus one scaling coefficient remain to be determined. To determine them, at least 8 homologous points are needed. Determination of this matrix is the first stage in the process of creating spatial images. To find the solution of elements of the fundamental matrix, the authors apply singular value decomposition (SVD). When the matrix F is known it is possible to determine the epipole lines and to build the spatial image.

In the next part of the paper, the authors describe such Internet application. In constructing a Web application, it can be assumed that photos will be stored on different computers – data servers. The software necessary to read data from these servers will be installed on another computer called an application server. In addition, users will be communicating with the application server by means of their Web browser. During the process of construction of an anaglyph, the coordinates of at least 8 homologous points should be measured and collected in the table. By correct arrangement and careful measurements, homologous point parameters of the fundamental matrix should be fixed. At the next step, an anaglyph is created over the Internet.

dr hab. Zygmunt Paszotta, prof. UWM
e-mail: paszotta@uwm.edu.pl
tel. 089 523 47 12
fax: 089 523 32 10