

Tadeusz Wrona, Zbigniew Węgrzyn

## WPLYW ROZDZIELCZOŚCI SKANOWANIA ZDJĘĆ LOTNICZYCH NA DOKŁADNOŚĆ ODWZOROWANIA SZCZEGÓŁÓW

### Wstęp

W ostatnich latach obserwuje się tendencje zastosowania obrazów cyfrowych do opracowań fotogrametrycznych. Dla opracowań wymagających stosunkowo wysokiej dokładności (mapy wielkoskalowe) obrazy cyfrowe pozyskiwane są głównie poprzez skanowanie zdjęć lotniczych. Rozdzielczość skanowania uzależniona jest od wielu parametrów technicznych i ekonomicznych dotyczących wyjściowego zdjęcia (skala, rozdzielczość) przede wszystkim wymaganej treści i dokładności opracowań wykonanych w oparciu o obrazy cyfrowe.

Celem opracowania jest zbadanie wpływu rozdzielczości skanowania na dokładność obserwacji monokularnej na VSD /Video Stereo Digitizer AGH/ [ 3 ]. Problem rozdzielczości skanowania zdjęć dla opracowań w fotogrametrii cyfrowej omawiany jest w literaturze [1, 2].

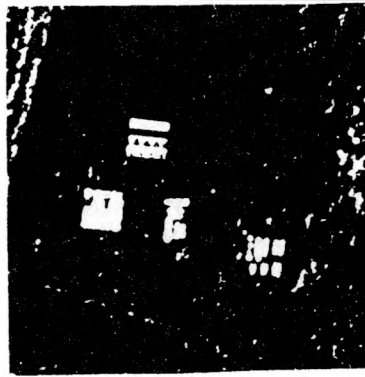
### Opis przeprowadzonych prac

Materiał wyjściowy do przeprowadzonej analizy stanowiły diapozytywy zdjęć lotniczych w skali 1:7650 wykonane wczesną jesienią kamerą RC-10 na obiekcie Trzyciąż. Na kilku zdjęciach zostały zarejestrowane testy wyłożone w terenie przed wykonaniem lotu fotogrametrycznego. Były to czarno-białe plansze, na których zostały wymalowane liniowe testy rozdzielczości o różnym stosunku szerokości do długości, test dyfuzometryczny a również szereg regularnych figur geometrycznych. Figury białe na czarnym tle były o 30% mniejsze od czarnych. Analizę przeprowadzono dla centralnego fragmentu zdjęcia na którym znalazł się obraz testów. Powiększenie fotograficzne testu odfotografowanego na zdjęciu przedstawiono na rys. 1.

Określona wizualnie na podstawie testów liniowa zdolność rozdzielcza w środkowej części zdjęcia wynosi około 50 l/mm, a rozdzielczość punktowa nie przekracza 20 p/mm.

Zbliżoną wartość zdolności rozdzielczej uzyskano na podstawie krzywych przejściowych (brzegowych) pomiędzy polami testów, które otrzymano z pomiarów na mikrodensytmetrze MD-100 sprzężonym z czujnikiem elektroindukcyjnym Vistronic.

Środkowa część zdjęcia (z diapozytywu o poprawionym fotograficznie przekazie kontrastu) została zeskanowana na skanerze HOWTEK D4000 z rozdzielczością 4000, 2000, 1000, 800, 666 i 400 dpi. Wygląd testów zeskanowanych przedstawiono na rys. 2 i 3. Obrazy cyfrowe za pomocą oprogramowania VSD były wizualizowane na ekranie monitora ze zmiennym powiększeniem (2 - 6 x). Wielkości terenowe pikseli przy różnej rozdzielczości skanowania oraz różnym powiększeniu podano w tab. 1.



Rys.1

Tabela 1

Rozdzielczość dpi	Wielkość piksela w terenie w cm*	Powiększenie na VSD	Teren. wielkość piksela ekran. w cm*
4000	5	2	2
2000	9	4	2
1000	19	6	3
800	25	6	4
666	30	6	5
400	53	6	8

\*/ wielkości odczytane na VSD

Na tym fragmencie zdjęcia został wybrany zbiór punktów (elementy testów - narożniki plansz), których współrzędne tłowe zostały wielokrotnie pomierzone na stereokomparatorze a następnie przeliczone na lokalny układ terenowy. Ze zbioru wybrano 5 odpowiednio położonych punktów, które posłużyły do transformacji współrzędnych ekranowych na układ terenowy. Pomiar współrzędnych płaskich na każdym z obrazów rozpoczęto od kilkukrotnego odczytania i uśrednienia współrzędnych ekranowych punktów, stanowiących podstawę transformacji na układ terenowy.

Po wykonaniu transformacji zostały ośmiokrotnie pomierzone współrzędne terenowe 16 punktów przez 4, 5 obserwatorów. Na podstawie odchyłek od wartości średniej dla każdego punktu obliczono błędy pozorne świadczące o poprawności identyfikacji. Rozrzut otrzymanych wielkości nie przekracza 2-krotnej wartości średniej natomiast dla mniejszych rozdzielczości nie tylko wzrosła wielkość błędów ale również ich rozrzut.

Uzyskane wyniki (uśrednione z całego zbioru punktów) przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Obserwator	Rozdzielczość dpi					
	4,000	2,000	1,000	800	666	400
	Średnie wielkości błędów w cm					
I	1,6	1,6	2,3	3,7	2,9	5,5
II	2,1	2,7	4,5	3,9	4,2	6,0
III	1,8	2,3	2,6	2,6	4,6	5,2
IV	2,0	1,8	2,6	3,0	2,9	5,8
V	-	2,2	-	-	-	-
Średnie w cm	1,9	2,1	3,0	3,3	3,6	5,8
Średnie w pikselach ekranow.	1,0	1,0	1,0	0,8	0,7	0,7

Z danych zestawionych w tabeli wynika, że dokładność identyfikacji (naprowadzenie znacznika) przy większych rozdzielczościach jest bardziej stabilna i wynosi ok. 1 piksela ekranowego. Zauważyć można również znaczne zróżnicowanie wielkości uzyskanych przez poszczególnych obserwatorów (szczególnie II i III) co w dużym stopniu zaciera tendencje wzrostu błędu w miarę spadku rozdzielczości. Wartości podane w tabeli należy traktować jako wielkości przybliżone, odnoszące się tylko do szczegółów tworzonych przez elementy testów.

Oprócz błędów pozornych identyfikacji wyniki pomiarów na VSD zostały porównane z pomiarem oryginalnego zdjęcia lotniczego na stereokomparatorze, który przyjęto jako bezbłędny. Na podstawie różnicy pomiędzy średnimi wartościami z VSD a wielkościami otrzymanymi z wielokrotnego pomiaru zdjęcia fotograficznego obliczono średnie błędy współrzędnych.

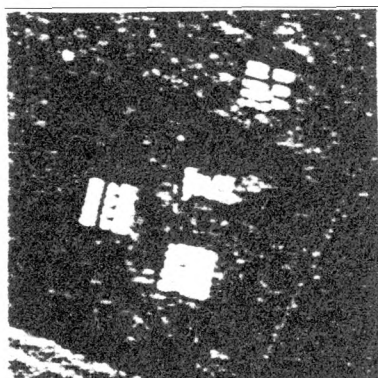
Otrzymane wyniki przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3

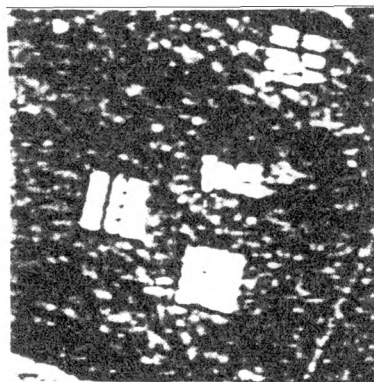
Obserwator	Rozdzielczość skanowania					
	Wielkość błędów współrzędnych w cm					
	4,000	2,000	1,000	800	666	400
I	8,8	8,1	14,8	22,1	15,5	42,3
II	9,6	9,0	18,7	31,7	18,7	50,6
III	11,6	10,6	19,0	21,4	31,6	46,2
IV	13,4	11,7	18,7	20,2	17,9	38,9
Średnie w cm	10,8	9,8	17,8	23,8	20,9	44,5
Średnie w pikselach teren.	2,2	1,1	0,9	1,0	0,7	0,8

Wartości podane w tabeli wykazują różnice pomiędzy obserwatorami. W sposób szczególny jest to widoczne u obserwatora III przy obserwacji na obrazach o rozdzielczości 666 dpi. Jest to wynikiem błędnej identyfikacji. Ogólna tendencja wzrostu wielkości błędu w miarę spadku rozdzielczości jest wyraźna. Przy rozdzielczościach 4000 i 2000 dpi różnice wartości są zaniedbywalne (w granicach błędów wyznaczania). Znaczna różnica błędów pomiędzy 666 a 400 dpi jest prawidłowa w przeliczeniu na piksele terenowe.

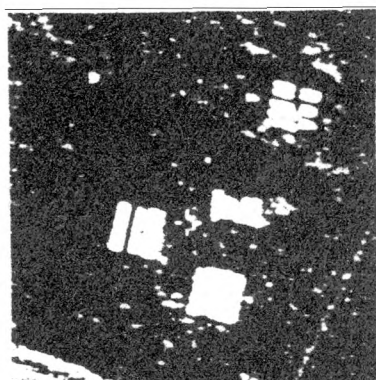
1000 dpi - 25  $\mu$ m - 20 pl/mm  
400 dpi - 63 - 8 pl/mm



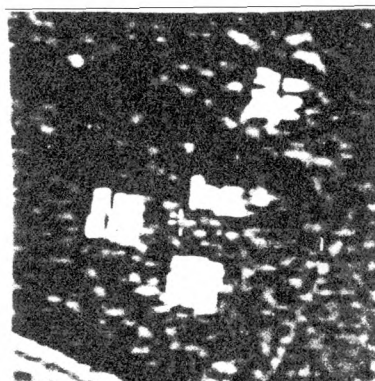
4000 dpi



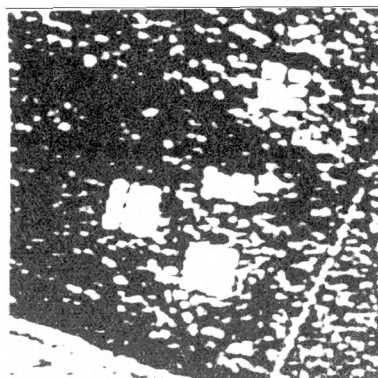
2000 dpi



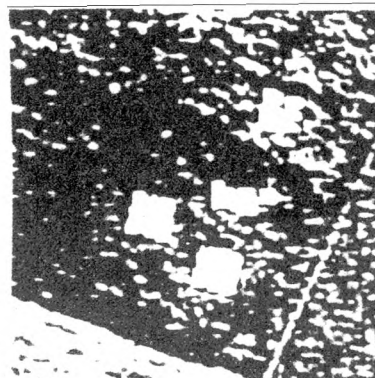
1000 dpi



800 dpi



666 dpi



400 dpi

Rys 2. Zdjęcia testów z ekranu monitora VSD

Wpływ rozdzielczości skanowania na zdolność odtworzenia szczegółów pobieżnie można ocenić porównując bezpośrednio obrazy testów otrzymane na ekranie monitora z ich obrazem fotograficznym na oryginalnym diapozytywie. W procesie porównywania zwracano uwagę na istotne cechy zwizualizowanego obrazu cyfrowego tj. rozdzielczość, ostrość, zachowanie kształtu, kontrastowość.

W wyniku porównania stwierdzono, że:

- obraz zeskanowany nawet z rozdzielczością 4000 dpi, po zwizualizowaniu wykazuje rozdzielczość prawie dwukrotnie niższą od oryginału skanowanego zdjęcia,
- dla 1000 dpi liniowa rozdzielczość nie przekracza 30 cm tj. 12 - 14 l/mm,
- przy 400 dpi rozdzielczość spada do 50 cm czyli 8 - 9 l/mm.
- w miarę obniżania rozdzielczości skanowania kształty obiektów powierzchniowych (małych) i prostoliniowość elementów liniowych znacznie się pogarszają.

## PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych prac można stwierdzić, że:

- przy opracowaniu obrazów skanowanych przy rozdzielczości 2000 dpi i niżej uzyskuje się dokładności pomiaru rzędu 1 piksela terenowego,
- przy ustalaniu rozdzielczości skanowania należy wziąć pod uwagę spadek zdolności przekazu zwizualizowanego obrazu cyfrowego w stosunku do zdjęcia fotograficznego,
- wielkość piksela skanowania powinna być tak dobrana aby po zwizualizowaniu obrazu cyfrowego na ekranie monitora odziedziczyły się szczegóły zarejestrowane na zdjęciu, stanowiące treść opracowania (podlegające pomiarowi),
- wymiar piksela nie powinien być mniejszy od fotograficznej rozdzielczości skanowanego zdjęcia. W analizowanym przypadku obrazy uzyskane przy skanowaniu 4000 dpi i 2000 dpi praktycznie wykazują jednakową dokładność i zdolność odzwierciedlenia szczegółów.

Dla opracowań wielkoskalowych przy użyciu VSD można wykorzystywać obrazy cyfrowe uzyskane poprzez skanowanie zdjęć średnioskalowych z rozdzielczością rzędu 1000 dpi do 800dpi. Wizualna obserwacja elementów testów na obrazach otrzymanych przy różnych wartościach dpi wyraźnie wskazuje, że przy danej skali zdjęcia lotniczego obniżenie rozdzielczości jest niemożliwe ze względu na konieczność odtworzenia szczegółów.

## Literatura

- [1]. Konieczny J. Transformacje fotogrametrii. Przegląd Geodezyjny 1993 nr 9.
- [2]. Preuss R. Fotogrametryczne opracowania numeryczne - aspekty dokładnościowe. Materiały Ogólnopolskiego Seminarium nt. Opracowanie cyfrowych map dla potrzeb rolnictwa z wykorzystaniem metod fotogrametrii i teledetekcji. Kraków 1993.
- [3]. Zieliński J.M., Jachimski J.J. Video Stereo Digitizer w planowaniu przestrzennym. II francusko-polskie Seminarium Teledetekcji "Teledetekcja w planowaniu przestrzennym" CNES, IGIK, Ambasada Francji w Polsce. PW Warszawa 25 - 26.X.1993
- [4]. Jachimski J., Zieliński J.: "Digital Stereoplotting Using the PC-SVGA Monitor. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Washington 1992

**Recenzował:** dr inż. Adam Boroń

Dr inż. Tadeusz Wrona

Dr inż. Zbigniew Węgrzyn

Zakład Fotogrametrii i Fotointerpretacji Akademii Rolniczej w Krakowie

ul.Królewska 6, Kraków