

Adam Boroń

WPLYW SKANOWANIA NA GEOMETRIĘ OBRAZÓW CYFROWYCH

1. Wstęp

Bardzo istotnym warunkiem zeskanowanych obrazów cyfrowych, wykorzystywanych w fotogrametrii, jest ich geometryczne podobieństwo do skanowanego oryginału. Praktyczna realizacja tego warunku zależy w głównej mierze od skanera użytego dla pozyskania obrazu cyfrowego. A w szczególności: od jego rozdzielczości optycznej i maksymalnej, jakości rozwiązania mechanicznego, synchronizacji przesuwu linii elementów CCD z rejestracją wiersza obrazu, itp.

Skanery są urządzeniami drogimi. Im większa jest rozdzielczość i powierzchnia skanowania tym wyższa jest cena. Skaner umożliwiający skanowanie negatywów zdjęć lotniczych (format dla światła przechodzącego min. 23x23 cm) o rozdzielczości optycznej nie mniejszej niż 1200 dpi kosztuje kilkadziesiąt tysięcy dolarów. Zapewnia on jednak zazwyczaj wysoką wierność geometryczną zeskanowanych obrazów. Są na rynku również skanery o cenach kilkakrotnie niższych, których parametry techniczne (rozdzielczość i format) wystarczają dla potrzeb fotogrametrii cyfrowej lecz ich jakość geometryczna jest znacznie gorsza. Takim skanerem jest skaner UMAX 1200 SE znajdujący się na wyposażeniu Zakładu Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej AGH.

Celem artykułu jest opisanie metodyki badań dokładności tego skanera, podanie uzyskanych wyników oraz wniosków dotyczących eliminowania błędów geometrii obrazów cyfrowych spowodowanych skanowaniem.

2. Rejestracja i pomiar testowych obrazów cyfrowych.

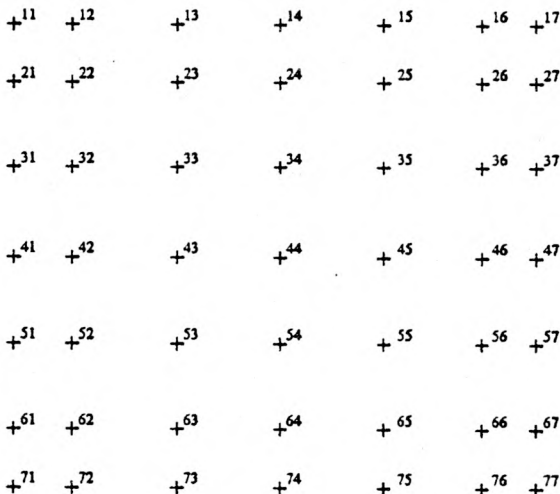
Obrazy cyfrowe, dla badania ich geometrii, pozyskiwane były na skanerze płaskim UMAX 1200 SE. Skaner ten umożliwia skanowanie w świetle odbitym do formatu A4 i w świetle przechodzącym (negatywy i diapozytywy) do formatu 150x220 mm.

Maksymalna rozdzielczość optyczna wynosi 1200 dpi w kierunku Y (kierunek przesuwu liniału z elementami CCD) i 600 dpi w kierunku X (5000 elementów CCD na liniale o dł. 210 mm). Czyli minimalna wielkość piksela optycznego, w kierunku Y, wynosi 0.02mm, a w kierunku X 0.04mm. Maksymalna rozdzielczość softwarowa skanera wynosi 2400x2400 dpi co oznacza, że przy dalszym zmniejszaniu wielkości pikseli w kierunku X i Y przyporządkowuje im się wartości wyinterpolowane pomiędzy wartościami pikseli optycznych.

Badanie błędów skanowania należy prowadzić dla typowych formatów zdjęć wykorzystywanych w fotogrametrii cyfrowej. Do formatów tych zaliczyć można: 23x23cm - format zdjęć lotniczych, 13x18cm - format zdjęć naziemnych, 6x6cm - format zdjęć średnioformatowych i 24x36mm - format zdjęć małoobrazkowych.

Ze względu na dużą pracochłonność badań obrazów cyfrowych o większych formatach, badania zdecydowano rozpocząć od formatu 6x6 cm, a wypracowaną metodologię zastosować do innych formatów.

Jako wzorzec do geometrycznej kalibracji skanera wybrano szklaną płytkę reseau (gabaryty siatki krzyży 50x50 mm) z wytrawionymi 49 krzyżykami o wymiarach 1x1x0.04mm (Rys.1)



Rys.1 Geometria skanowanego wzorca

Skanowanie wykonano przy rozdzielczości 1200 dpi (wymiary piksela 0.02mm), uznając tę rozdzielczość za optymalną przy opracowaniach fotogrametrii cyfrowej, np. z wykorzystaniem VSD AGH.

Dla uwzględnienia czynnika czasu w ocenie błędów systematycznych skanera rejestrację obrazów cyfrowych przeprowadzono w 5 sesjach skanowania, rozłożonych w okresie 3 miesięcy.

Ogółem zeskanowano dziesięć obrazów testowych wzorcowej płytki reseau. Skanowanie wykonywane było zawsze w taki sposób, aby płytka reseau znajdowała się w lewym dolnym narożniku pola pracy skanera.

Jedynie w sesji nr 5 (obraz 222b) wzorec przesunięty był o ok. 25mm w kierunku Y skanera. Pomiędzy skanowaniami w poszczególnych sesjach położenie wzorca było nieznacznie zmieniane.

Krzyże reseau na zarejestrowanych obrazach cyfrowych pomierzone zostały z wykorzystaniem systemu Video Stereo Digitizera AGH (VSD) w opcji mono. Pomiar wykonany był z dokładnością podpikselową, która zależała od użytego powiększenia obrazu cyfrowego.

Krzyże wzorcowej, szklanej płytki reseau pomierzone zostały dwukrotnie na Stecometrze z dokładnością $x = y = \pm 2 \mu\text{m}$. Wyniki tego pomiaru stanowiły zbiór wzorcowy wobec wyników pomiaru na obrazach cyfrowych.

3. Szczegółowe cele badań i uzyskane wyniki.

W trakcie prowadzonych badań starano się uzyskać odpowiedzi na następujące pytania:

- jaka jest rzeczywista dokładność skanera (z jaką dokładnością obraz cyfrowy reprezentuje wzorec)?
- jaka transformacja najlepiej eliminuje błędy systematyczne skanera ?
- w jaki sposób wyeliminować wpływ błędów skanera z obrazu cyfrowego ?,
oraz
- czy dla skanera UMAX można określić stały model błędów ?

Dokładność rzeczywista skanera UMAX

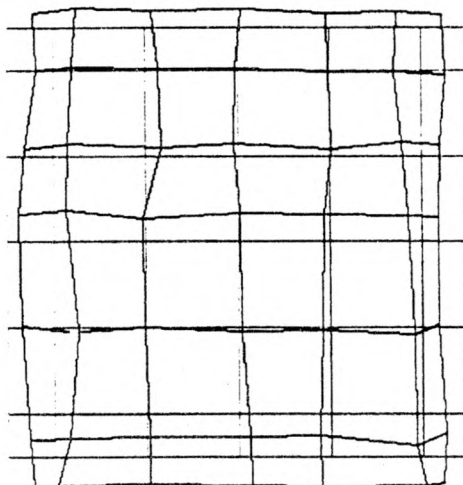
Aby określić z jaką dokładnością obrazy cyfrowe zeskanowanego wzorca odtwarzają jego geometrię dokonano transformacji Helmerta (przez podobieństwo) pełnego zbioru współrzędnych wzorcowych na pełne zbiory współrzędnych w układach pikselowych poszczególnych obrazów cyfrowych. Wyniki tych transformacji zamieszczone są w Tab.1. Jak widać z tej tabeli błędy wpasowania punktów obu zbiorów dla poszczególnych obrazów są bardzo zróżnicowane i wynoszą od $m_p = \pm 1.6$ piksela dla obrazu 3 do $m_p = \pm 4.4$ piksela dla obrazu 152a. Maksymalne

poprawki v_x i v_y pomiędzy punktami wzorcowymi i zeskanowanymi wynoszą w obu przypadkach ponad 5 pikseli.

Przeciętne błędy średnie dla 10 obrazów wynoszą: $m_x = \pm 1.9$, $m_y = \pm 2.2$, $m_p = \pm 2.9$ piksele. Uzyskane wyniki pokazują, że błędy skanera są rzeczywiście duże i że nie powinno się opracowywać obrazów cyfrowych bez ich eliminowania.

Tabela 1

Oznaczenie obrazów cyfrowych (1200 dpi)	Nr sesji skanowania	Transformacja Helmerta (49 punktów dostosowania)				
		m_x [piksele]	m_y [piksele]	m_p [piksele]	V_x max [piksele]	V_y max [piksele]
1	I	1.1	1.37	1.76	2	2.3
2	I	1.13	1.27	1.7	2.5	2.1
3	I	0.96	2.26	1.58	2.4	2.6
n	II	1.51	1.94	2.45	2.7	3.8
191a	III	1.63	2.39	2.89	3.6	4.4
191b	III	1.53	2.11	2.61	2.9	3.8
152a	IV	2.98	3.22	4.39	5.1	5.5
152b	IV	2.85	2.94	4.09	5.2	4.7
222a	V	2.85	2.92	4.08	4.7	4.9
222b	V	2.5	2.62	3.62	4.5	5.3
$\frac{ m }{n}$		1.9	2.2	2.92		
σ		± 0.8	± 0.73	± 1.07		



— 1 piksel

Rys.2 Wykres graficzny zniekształceń obrazu cyfrowego w stosunku do wzorcowej siatki po transformacji Helmerta (obraz 1)

Przykładowy wykres geometrii zniekształceń obrazu cyfrowego w stosunku do wzorcowej siatki, po transformacji Helmerta, pokazany jest na Rys.2. Jak widać, kształt siatki na obrazie cyfrowym jest prostokątny przy kwadratowym wzorcu. Świadczy to o występowaniu afinizmu skali w kierunku X i Y skanera.

Wybór optymalnej transformacji

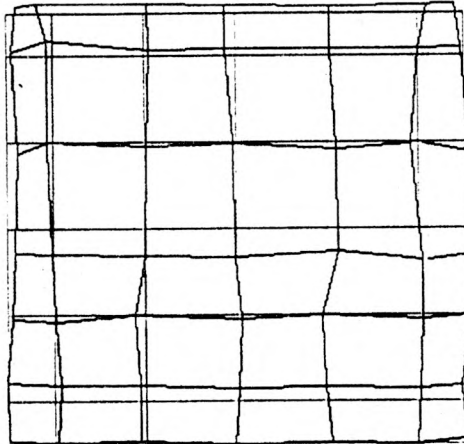
Najlepsze wyniki wpasowania wzorca w jego obrazy cyfrowe uzyskano z wykorzystaniem transformacji afinicznej i biliniowej. W tabeli 2 przedstawione zostały wyniki tych transformacji przy 49 (wszystkich) punktach dostosowania. Po zamieszczonych wynikach widać, że błędy m_y są identyczne dla obu transformacji natomiast błędy m_x są średnio mniejsze o 5% dla transformacji biliniowej. Poziom błędów m_x obniżył się czterokrotnie a m_y dwukrotnie w stosunku do transformacji Helmerta. Odchylenie standardowe $\sigma = \pm 0.05$ piksela dla przeciętnego błędu $m_x = \pm 0.51$ piksela, obliczonego z 10 obrazów, stanowi tylko 10% wartości błędu, podczas gdy odchylenie standardowe dla przeciętnego błędu $m_y = \pm 1.13$ wynosi ± 0.33 piksela, czyli 30% wartości błędu. Biorąc pod uwagę fakt, że w kierunku Y rozdzielczość optyczna skanera jest 2 razy większa niż w kierunku X wyniki po transformacji biliniowej są niezrozumiałe ponieważ stwierdzona zależność powinna być odwrotna. Otrzymane wyniki tłumaczyć można występowaniem błędów systematycznych m_y , nie eliminowanych przez żadną ze stosowanych transformacji.

Tabela 2

Oznaczenie obrazów cyfrowych (1200dpi)	Nr sesji skanowania	Rodzaj transformacji (49 punktów dostosowania)							
		afiniczna			biliniowa				
		m_x [piksele]	m_y [piksele]	m_p [piksele]	m_x [piksele]	m_y [piksele]	m_p [piksele]	$V_{x,max}$ [piksele]	$V_{y,max}$ [piksele]
1	I	0.47	0.94	1.05	0.44	0.94	1.04	1.1	2.2
2	I	0.6	0.84	1.04	0.58	0.84	1.02	1.1	1.8
3	I	0.54	0.97	1.11	0.52	0.97	1.1	1.1	1.9
N	II	0.51	1.32	1.42	0.48	1.32	1.4	1.1	2.4
191a	III	0.57	1.84	1.93	0.56	1.84	1.92	1.3	3.2
191b	III	0.45	1.52	1.59	0.44	1.52	1.58	0.9	3
152a	IV	0.54	1.19	1.31	0.48	1.19	1.29	1.2	2.2
152b	IV	0.6	0.92	1.1	0.54	0.92	1.06	1.3	2
222a	V	0.54	0.85	1.01	0.52	0.85	1	1	1.8
222b	V	0.56	0.95	1.11	0.49	0.95	1.07	1.1	1.8
	$\frac{[m]}{n}$	± 0.54	± 1.13	± 1.27	± 0.51	± 1.13	± 1.25		
	σ	± 0.05	± 0.33	± 0.30	± 0.05	± 0.33	± 0.3		

Systematyczne błędy skanowania w kierunku Y

Analizując wykresy graficzne zniekształceń obrazu cyfrowego w stosunku do wzorcowej siatki po transformacji biliniowej (rys.3) wyraźnie widać w miarę dobre wpasowanie po X oraz wyraźne równoległe przesunięcia całych poziomych linii krzyży na obrazach w stosunku do linii siatki wzorcowej. Ponieważ odchyłki dY pomiędzy poszczególnymi liniami mają zmienny znak i wielkość, więc nie były one eliminowane przez stosowane transformacje.



— 1 piksel

Rys 3. Wykres zniekształceń obrazu cyfrowego w stosunku do wzorcowej siatki po transformacji biliniowej na 49 punktów dostosowania (obraz 1)

Tabela 3

Poprawki V_y dla linii krzyży poszczególnych obrazów cyfrowych [piksele]											$(V_1 = [V]/7; V_2 = (V_1 - V_2)/2)$	
ozn. linii krzyży p-k	Y skanera mm	oznaczenia obrazów cyfrowych (1200 dpi)									średnia	σ
		1	2	3	n	191a	191b	152a	152b	222a		
		V_1	V_1	V_1	V_1	V_1	V_1	V_1	V_1	V_1	V_1	V_1
11-17	0	0.19	0.03	-0.09	1.16	1.97	1.55	1.22	0.52	0.5	0.78	± 0.68
		0.22	0.02	0.13	1.17	1.83	1.73	1.04	0.43	0.61	0.8	± 0.64
21-27	5	1.11	1.12	1.12	0.95	1.22	1.03	0.92	1	0.91	1.04	± 0.10
		1.12	1.06	1.05	0.93	1.28	0.79	1.02	1.04	0.82	1.01	± 0.14
31-37	15	-0.24	-0.2	0.25	-1.93	-2.29	-2.03	-1.39	-0.99	-0.88	-1.08	± 0.85
		-0.25	-0.07	0.17	-1.78	-2.15	-1.93	-1.62	-1	-0.73	-1.04	± 0.82
41-47	25	-1.92	-1.64	-1.77	-2.12	-3.03	-2.54	-1.83	-1.57	-1.31	-1.97	± 0.5
		-1.82	-1.65	-1.83	-2.1	-3.08	-2.51	-1.88	-1.46	-1.57	-1.99	± 0.48
51-57	35	-0.4	-0.38	-0.75	0.6	-0.37	0.34	-0.07	-0.12	-0.45	-0.18	± 0.4
		-0.7	-0.42	-0.93	0.73	-0.36	0.23	-0.11	-0.12	-0.43	-0.23	± 0.47
61-67	45	0.59	0.4	0.1	0.89	1.7	1.13	1.38	0.95	0.89	0.89	± 0.44
		0.62	0.31	0.05	0.76	1.69	1.07	1.56	1.02	0.71	0.87	± 0.5
71-77	50	0.67	0.68	1.13	0.32	0.81	0.52	0.05	0.21	0.35	0.53	± 0.3
		0.8	0.76	1.37	0.3	0.8	0.66	-0.01	0.1	0.58	0.6	± 0.4

Zaobserwowane na wykresach graficznych zjawisko równoległego przesunięcia linii obrazu w kierunku Y zostało potwierdzone poprzez analizę poprawek v_y po transformacji biliniowej dla poszczególnych obrazów cyfrowych. Następnie obliczono średnie wartości poprawek v_y dla każdej linii siatki krzyży i każdego obrazu. Wartość średnia liczona była z 7 poprawek v_y dla każdej linii.

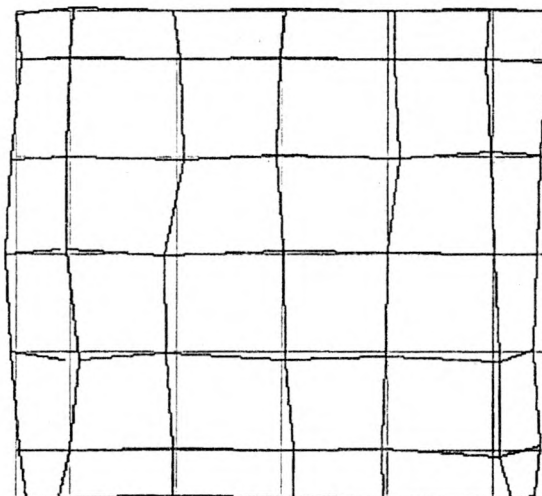
Wyniki tych obliczeń zestawiono w tabeli 3

Mając obliczone średnie poprawki v_y dla poszczególnych linii na badanym obrazie poprawiono o te wielkości współrzędne Y krzyży obrazów cyfrowych. Na podstawie tak przygotowanych zbiorów wykonano raz jeszcze transformację biliniową wszystkich punktów na wszystkie. Wyniki umieszczone są w tabeli 4. Błędy m_x nie uległy zmianie natomiast średni błąd m_y zmniejszył się czterokrotnie i wynosi teraz przeciętnie $m_y = \pm 0.24$ piksela z błędem standardowym $\sigma = \pm 0.05$ piksela.

Maksymalna poprawka v_x dla wszystkich obrazów wynosi 1.3 piksela przy błędzie $m_x = \pm 0.51$ piksela a v_y wynosi 0.8 piksela przy błędzie $m_y = \pm 0.24$. Przeciętny średni błąd określenia punktu na obrazie cyfrowym wynosi $m_p = \pm 0.56$ piksela. Uzyskane dokładności geometryczne obrazów cyfrowych, po eliminacji błędów systematycznych skanowania, można uważać za bardzo dobre.

Tabela 4

Oznaczenie obrazów cyfrowych (1200 dpi)	Numer sesji skanowania	Transformacja biliniowa po korekcy Y (49 punktów dostosowania)				
		m_x [piksele]	m_y [piksele]	m_p [piksele]	$V_x \max$ [piksele]	$V_y \max$ [piksele]
1	I	0.45	0.23	0.51	1.1	0.7
2	I	0.58	0.19	0.61	1.1	0.5
3	II	0.52	0.24	0.57	1.1	0.6
n	II	0.48	0.2	0.52	1.1	0.5
191a	III	0.56	0.21	0.6	1.3	0.4
191b	III	0.44	0.29	0.53	0.9	0.6
152c	IV	0.48	0.34	0.59	1.2	0.8
152b	IV	0.54	0.2	0.57	1.3	0.5
222a	V	0.52	0.28	0.6	1	0.7
222b	V	0.49	0.21	0.53	1.1	0.6
$\frac{ m }{n}$		± 0.51	± 0.24	± 0.56	1.1	0.6
σ		± 0.04	± 0.05	± 0.04	± 0.12	± 0.12



— 1 piksel

Rys. 4 Wykres zniekształceń obrazu cyfrowego w stosunku do wzorcowej siatki po transformacji biliniowej i korekcji Y (49 punktów dostosowania, obraz 1)

Eliminowanie wpływu błędów skanera z rejestrowanych obrazów cyfrowych

W zależności od dokładności korekcji błędów skanowania z pozyskiwanych obrazów cyfrowych można wyróżnić kilka sposobów eliminacji błędów systematycznych skanera.

Dla uzyskania eliminacji błędów skanowania do poziomu uzyskanego w prezentowanych wyżej wynikach badań testowych należy posiadać na zeskanowanym obrazie równomiernie rozmieszczone punkty (np. krzyże reseau) których współrzędne wzorcowe oraz obrazowe będą nam znane. Po określeniu współczynników transformacji biliniowej i średnich poprawek v_y dla poszczególnych linii siatki (poszczególnych wartości Y obrazu) posiadamy dane do korygowania położenia geometrycznego każdego mierzonego piksela na obrazie cyfrowym. Znajomość poprawek v_y dla określonych wartości Y obrazu umożliwia wyinterpolowanie poprawki dla dowolnego punktu, a znajomość współczynników transformacji biliniowej eliminuje pozostałe błędy systematyczne (głównie afinizm skali).

Jeśli skanowane są negatywy pozyskane aparatami fotograficznymi wyposażonymi w płytkę reseau to problem uzbrojenia obrazu w równomiernie rozmieszczone punkty nie występuje. W innych przypadkach dla dostarczenia odpowiedniej ilości

i jakości punktów dostosowania można sobie wyobrazić skanowanie negatywu z nałożoną na niego szklaną płytką reseau.

Metoda powyższa posiada jednak wady do których zaliczyć można konieczność pomiaru na każdym obrazie dużej ilości punktów dostosowania oraz wprowadzanie do obrazu dodatkowych, nie zawsze korzystnych, elementów (krzyże).

Problem ten rozwiązuje skanowanie negatywu przez płytkę szklaną posiadającą tylko dwie kolumny krzyży (w każdym wierszu tylko dwa krzyże) pomiędzy którymi umieszczony zostaje negatyw.

Takie rozwiązanie zmniejsza ilość punktów do pomiaru oraz nie zakłóca obrazu cyfrowego. Jedynym problemem pozostaje koszt dokładnościowy takiego rozwiązania w stosunku do poprzedniego.

Różnica pomiędzy obu metodami polega na tym, że w pierwszej średnia poprawka dla linii krzyży v_y liczona byłaby z 7 wielkości, a w drugiej tylko z dwóch, oraz współczynniki transformacji biliniowej określane byłyby w pierwszej metodzie z 49 punktów, a w drugiej z 14.

Dla stwierdzenia w jakim stopniu druga metoda koryguje błędy systematyczne obrazu wykonano transformacje biliniowe testowych obrazów na 14 punktów (tylko skrajne kolumny krzyży). Wyniki zawiera tabela 5. Aby uzyskać charakterystykę dokładnościową całego zbioru punktów (49) wyznaczonymi współczynnikami transformacji, przeliczono cały zbiór wzorcowy na obrazowy. Z różnic pomiędzy transformowanym wzorcowym i obrazowym policzono błędy średnie kwadratowe. Przeciętny błąd m_x , dla wszystkich obrazów wyniósł ± 0.54 piksela, a m_y , ± 1.15 piksela. Porównując uzyskane wyniki z wynikami tej samej transformacji przy 49 punktach dostosowania (tab. 2) można stwierdzić, że spadek dokładności jest nieistotny (m_x o ± 0.03 piksela i m_y o ± 0.01 piksela).

Z uzyskanych poprawek v_y (po transformacji biliniowej na 14 punktów) obliczono v_y średnie dla każdej linii i poprawiono współrzędne Y wszystkich punktów w linii obrazu o te wielkości. Z różnic pomiędzy pełnym zbiorem wzorcowym transformowanym a poprawionymi zbiorami obrazowymi obliczono błędy średnie stanowiące charakterystykę dokładności uproszczonej metody korekcji błędów skanowania. Są one przeciętnie większe o zaledwie 7% od błędów uzyskanych w pierwszej metodzie z pełnego zbioru krzyży reseau i wynoszą: $m_x = \pm 0.54$, $m_y = \pm 0.25$, a $m_p = \pm 0.60$ piksela.

Powyższe wyniki pokazują, że zastosowanie tylko dwóch linii krzyży na zewnątrz obrazu umożliwiła bardzo dobrą korektę geometryczną obrazów cyfrowych.

Model błędów skanera UMAX

Głównymi czynnikami wpływającymi na zmianę geometrii zeskanowanych obrazów cyfrowych w stosunku do skanowanych oryginałów są poprawki v_y do poszczególnych wierszy obrazu oraz afinizm skali w kierunku X, Y i skanera. Gdyby zmienność poprawek v_y w funkcji przesuwu Y skanera była powtarzalna, a afinizm skali charakteryzował się stałym współczynnikiem, wówczas korekta obrazu cyfrowego byłaby bardzo prosta i nie wymagałaby pomiaru punktów dostosowania.

Dla stwierdzenia powtarzalności poprawek v_y sporządzono wykresy ujmujące zależność pomiędzy wielkością v_y a współrzędną Y skanera dla wszystkich zeskanowanych obrazów.

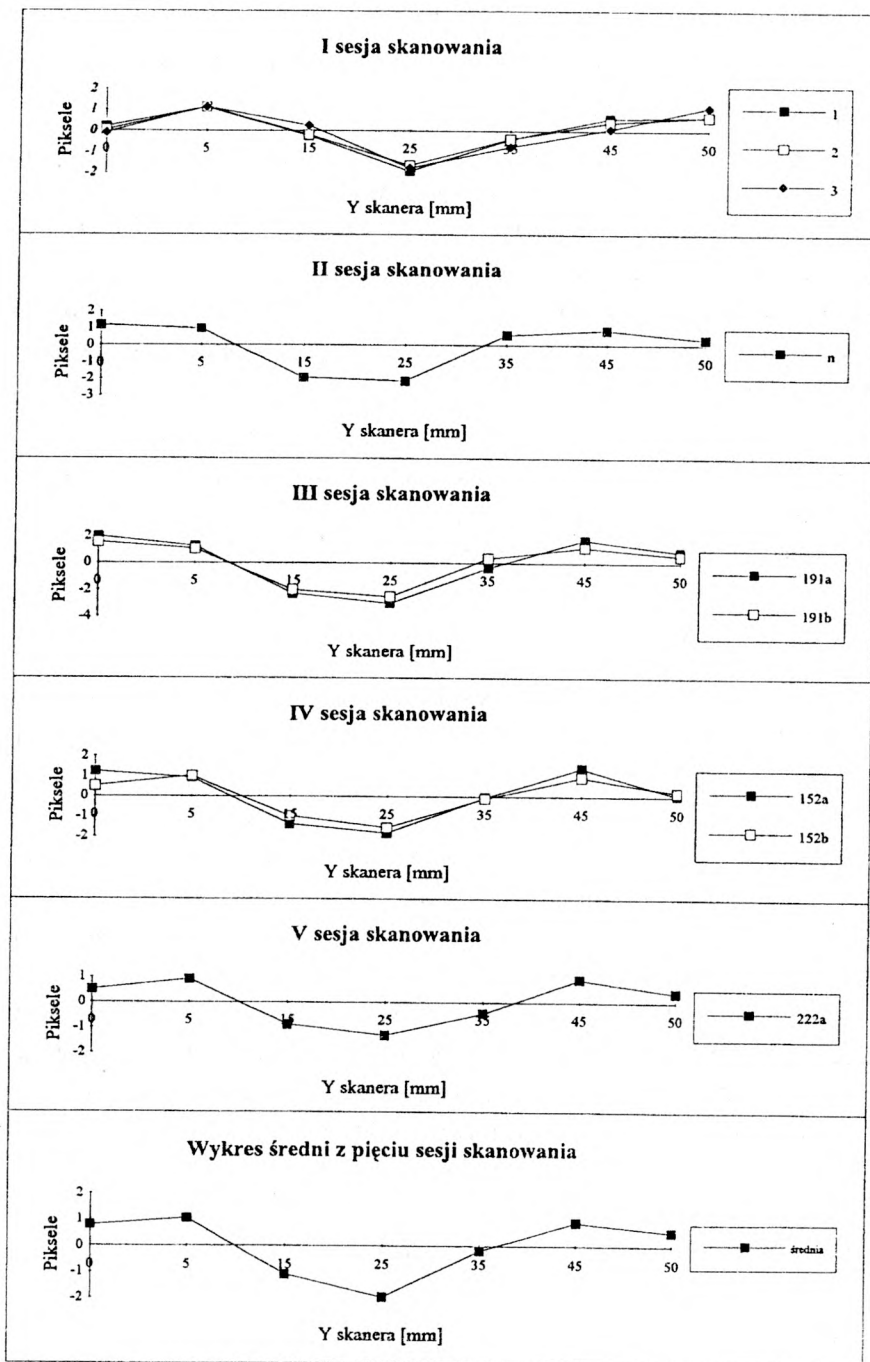
Wyresy te pokazane są na rys.5, a dane do ich wykonania zestawiono w tabeli 3.

Pomimo tego samego, sinusoidalnego, charakteru wszystkich wykresów istnieje jednak dość duży rozrzut pomiędzy odpowiadającymi sobie poprawkami v_y dla różnych obrazów.

Po uśrednieniu poprawek v_y dla każdej linii z dziewięciu obrazów (tabela 3) poprawiono o te same wartości v_y wszystkie obrazy cyfrowe. Jednocześnie zredukowano jedną współrzędną w tych obrazach o wartość poprawki ze względu na średni afinizm skali. Na tak przygotowane zbiory współrzędnych obrazowych, skorygowane tymi samymi poprawkami v_y i takim samym współczynnikiem uśrednionego afinizmu, przetransformowano zbiór współrzędnych wzorcowych, wykorzystując transformację Helmerta.

Tabela 5

Ozn. obrazów	Nr. serii skanowania	Transformacja biliniowa (14 punktów dostosowania)								
		Błędy średnie na punktach dostosowania			Błędy średnie na punktach wyliczanych (49)			Błędy średnie na punktach wylicz.(49) po korekcy Y		
		m_x	m_y	m_p	m_x	m_y	m_p	m_x	m_y	m_p
1	I	0.32	0.95	1	0.49	0.96	1.08	0.49	0.27	0.56
2	I	0.35	0.83	0.9	0.62	0.85	1.06	0.62	0.21	0.65
3	I	0.39	1.02	1.1	0.54	0.98	1.12	0.54	0.25	0.59
n	II	0.38	1.27	1.38	0.48	1.34	1.42	0.48	0.2	0.53
191a	III	0.27	1.25	1.28	0.54	1.21	1.33	0.54	0.36	0.65
191b	III	0.34	0.89	0.95	0.56	0.93	1.09	0.56	0.22	0.6
152a	IV	0.47	1.8	1.86	0.59	1.86	1.95	0.59	0.21	0.63
152b	IV	0.34	1.5	1.54	0.49	1.54	1.62	0.49	0.3	0.58
222a	V	0.11	0.87	0.88	0.58	0.86	1.04	0.58	0.29	0.65
222b	V	0.26	0.99	1.02	0.49	0.96	1.08	0.49	0.22	0.54
	$\frac{[m]}{n}$	±0.32	±1.19	±1.19	±0.54	±1.15	±1.28	±0.54	±0.25	±0.60
	σ	±0.10	±0.32	±0.32	±0.05	±0.34	±0.30	±0.05	±0.05	±0.04



Rys5. Wykresy błędów dY obrazu cyfrowego w funkcji przesuwu Y skanera UMAX 1200 SE

Uzyskano następujące przeciętne błędy średnie dla dziewięciu obrazów: $m_x = \pm 1.09$, $m_y = \pm 1.11$ i $m_p = \pm 1.56$ piksela przy odchyleniach standardowych odpowiednio: $\sigma_x = \pm 0.14$, $\sigma_y = \pm 0.15$ i $\sigma_p = \pm 0.19$ piksela.

W porównaniu z wynikami transformacji Helmerta dla nekorygowanych obrazów (tabela 1) błędy przeciętne zmalały dwukrotnie, a odchylenia standardowe ponad pięciokrotnie. Jednak w stosunku do metody korekcji z wykorzystaniem punktów dostosowania błędy te są trzykrotnie większe.

Analizując rys.5 oraz tabelę 3 można zaobserwować, że w tych samych sesjach skanowania wykresy zmienności v_y w funkcji Y skanera są bardzo do siebie zbliżone. Stąd wydaje się, że można korygować błędy skanera wykonując wstępne skanowanie siatki dla wyznaczenia parametrów korekcyjnych, a następnie stosować te parametry do korekcji obrazów cyfrowych pozyskanych bezpośrednio po skanowaniu wstępnym. Koncepcja ta wymaga potwierdzenia empirycznego na większym materiale doświadczalnym.

Wnioski

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że pozyskiwane ze skanera UMAX 1200SE obrazy cyfrowe, w formacie 6 x 6 cm charakteryzują się dużymi błędami odtworzenia geometrii wzorca, dochodzącymi do 5 pikseli.

W wyniku zaproponowanych metod korekcji geometrycznej można uzyskać średnio 5-krotnie wyższą dokładność obrazu cyfrowego charakteryzującą się błędem średnim rzędu 0.5 piksela dla rozdzielczości 1200 dpi.

Wydaje się celowym rozszerzenie tych badań na inne formaty obrazów cyfrowych, głównie na format zdjęć lotniczych.

Wykonane badania ujawniły błędy systematyczne skanera UMAX 1200 SE: afinizm skali X i Y oraz nieliniową zmienność błędów Y w funkcji przesuwu Y skanera. Przy dalszych badaniach, dla większych formatów zdjęć, celowym wydaje się wykonanie próby opisanie powierzchni błędów skanera UMAX transformacjami wielomianowymi wyższych stopni.

Recenzował: prof.dr hab.inż. Józef Jachimski

dr inż. Adam Boroń

Zakład Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
al.Mickiewicza 30, paw.C-4, tel.338100, w.382