

Jerzy Wysocki

ZAGADNIENIE DOKŁADNOŚCI FOTOGRAMETRYCZNYCH OPRACOWAŃ WYSOKOŚCIOWYCH

Streszczenie

Przeprowadzone analizy wykazały, że w terenie równinnym ($0-6^\circ$) z powodu wpływu chropowatości jego powierzchni, głównym parametrem determinującym dokładność aproksymacji powierzchni terenu przy pomocy siatki punktów NMT jest odległość punktów tej siatki, przy odpowiednio mniejszym wpływie dokładności pomiaru wysokości punktów siatki - w miarę wzrastania kąta nachylenia terenu. Przemawia to za celowością wykorzystywania metod fotogrametrycznych do tworzenia NMT.

1. Wstęp

Metody fotogrametryczne, jako potencjalnie szybkie, ekonomicznie opłacalne i w wysokim stopniu zautomatyzowane, są przedmiotem szerokiego zainteresowania w aspekcie dostarczania informacji przestrzennej dla różnych potrzeb gospodarczych. Jednakże dokładność pomiarów wykonywanych dla opracowań inżynierskich ma podstawowe znaczenie i rozszerzanie zakresu zastosowań fotogrametrii dla tych potrzeb wymaga prowadzenia w tym zakresie odpowiednich badań i analiz.

2. Zagadnienie dokładności fotogrametrycznych opracowań wysokościowych

Jak wynika z prowadzonych badań (Ackermann 1973, Preuss 1993, Waldhausl 1980, Wysocki 1987), podstawowymi czynnikami decydującymi o finalnej dokładności numerycznego opracowania fotogrametrycznego są: błędy identyfikacji punktu, skala zdjęć lotniczych, jakość fotograficzna obrazu, wielkość piksela w opracowaniach cyfrowych, dokładność osnowy oporowej, precyzja instrumentu i metody opracowania, korekcja błędów systematycznych. Należy zauważyć, że decydujący wpływ mają błędy identyfikacji punktu, pod którym to pojęciem najczęściej rozumie się dokładność ustawienia znacznika pomiarowego (3D). Przy obserwacjach stereoskopowych dokładność wysokościowych pomiarów fotogrametrycznych sięga $\pm 0.008\%$ odległości fotografowania (Preuss 1993) i pozwala na uzyskiwanie wysokich dokładności przy dużych a nawet średnich skalach zdjęć lotniczych. Jednak jest to jednocześnie pewna granica dokładności opracowań stereoskopowych, zdeterminowana indywidualną zdolnością stereoskopowego widzenia obserwatora (Kohut 1977). Wydaje się, że próg ten może być łatwiejszy do pokonania

przy zastosowaniu fotogrametrii cyfrowej z wykorzystaniem techniki matchingu (Jacobson 1992, Zieliński 1997). Jednakże pilniejszym do rozwiązania jak się wydaje, jest problem ograniczania wpływu części systematycznej błędów na dokładność fotogrametrycznych opracowań wysokościowych, przewyższającej część przypadkową błędów opracowań numerycznych (Ackermann 1973, Wysocki 1987).

Naturalną granicą w zakresie dokładności aproksymacji powierzchni terenu jest szorstkość i chropowatość tej powierzchni (Wysocki 1979). Na dokładność wyznaczania wysokości punktu naturalnego ma istotny wpływ szorstkość powierzchni terenu, którą można oszacować w przeciętnych warunkach terenowych na ok. ± 0.05 m. W związku z tym, zwiększanie dokładności pomiaru fotogrametrycznego poniżej tej wartości nie ma dla punktów naturalnych uzasadnienia.

Na dokładność aproksymacji powierzchni terenu przy pomocy siatki punktów duży wpływ ma chropowatość jego powierzchni. Przeanalizujmy to zagadnienie w oparciu o zaproponowaną (Wysocki 1999) formułę, wyrażającą dokładność aproksymacji powierzchni terenu przy pomocy siatki punktów NMT, z uwzględnieniem wpływu warunków terenowych:

$$m_h^2 = 0.5 A^2 + 0.1 (D \operatorname{tg}\alpha/2)^2 \quad (1)$$

gdzie:

- A - charakteryzuje przy pomocy błędu średniego dokładność określenia wysokości punktów siatki NMT,
- D - przeciętna odległość punktów siatki w danym rejonie wyrażona w metrach,
- α - przeciętna wartość kąta nachylenia terenu w danym rejonie wyrażona w stopniach.

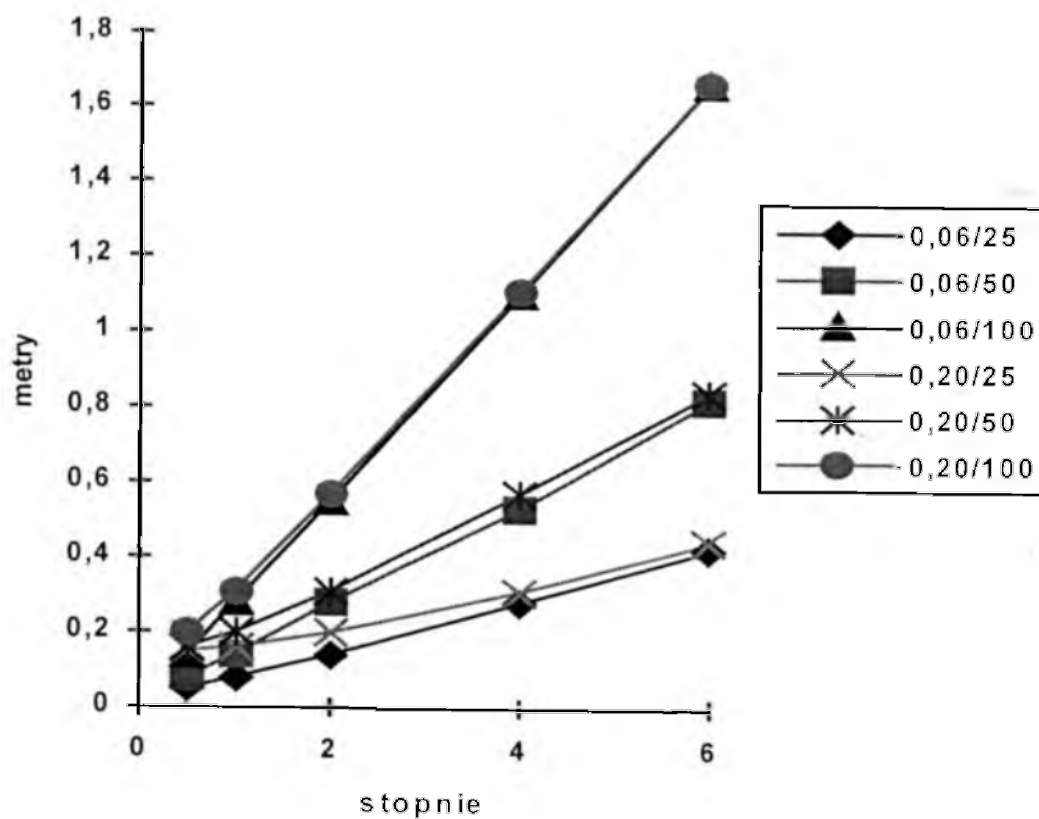
Na podstawie formuły (1) przeprowadzono analizy dla:

- dwóch „klas” dokładności określenia wysokości punktów siatki; $A = \pm 0.06$ m oraz $A = \pm 0.20$ m,
- trzech standardów odległości punktów siatki; $D = 25$ m, $D = 50$ m oraz $D = 100$ m,
- dla nachyleń terenu; 0.5° , 1° , 2° , 4° oraz 6° .

Wyniki analiz przedstawiono w tabeli 1 oraz na rys. 1. Przeprowadzone analizy wykazały, że w terenie równinnym ($0\div 6^\circ$) z powodu wpływu chropowatości jego powierzchni, głównym parametrem determinującym dokładność aproksymacji powierzchni terenu przy pomocy siatki punktów NMT jest odległość punktów tej siatki, przy odpowiednio mniejszym wpływie dokładności pomiaru wysokości punktów siatki - w miarę wzrastania kąta nachylenia terenu. Należy zauważyć, że zwiększanie gęstości siatki mierzonych punktów wielokrotnie mniej wpływa na ekonomikę pomiarów fotogrametrycznych niż geodezyjnych pomiarów terenowych. Przemawia to za celowością coraz szerszego wykorzystywania programów do automatycznego generowania wysokościowego modelu terenu (MATCH-T) stosowanych w autografach cyfrowych (np. w fotogrametrycznej stacji roboczej ImageStation firmy Integrgraph).

Tabela 1. Dokładność aproksymacji powierzchni terenu

Obiekt	Kąt nachylenia α	D [m]	m_h	m_h	m_h
			A=0,06 [m]	A=0,10 [m]	A=0,20 [m]
Na podstawie formuły (1)	0,5°	25	0.05	0.08	0.15
		50	0.08	0.10	0.16
		100	0.14	0.16	0.20
	1°	25	0.08	0.10	0.16
		50	0.14	0.16	0.20
		100	0.28	0.28	0.31
	2°	25	0.14	0.16	0.20
		50	0.28	0.28	0.31
		100	0.55	0.56	0.57
	4°	25	0.28	0.28	0.31
		50	0.53	0.56	0.57
		100	1.10	1.11	1.11
	6°	25	0.42	0.42	0.44
		50	0.82	0.83	0.84
		100	1.66	1.66	1.66



Rys. 1. Dokładność numerycznego modelu terenu według formuły (1)

Literatura

1. Ackermann F., 1973, Numerische Photogrammetrie, Band 5. H. Wichmann Verlag. Karlsruhe.
2. Jacobson K., 1992, Accuracy Requirements, Digital Photogrammetry Seminar, Integraph
3. Kohut F., 1977, Skusane sposobnosti fotogrametrickych vyhodnocovatelov. Geod. a Kart. Obzor, 5.
4. Preuss R., 1993, Fotogrametryczne opracowania numeryczne – aspekty dokładnościowe. Mat.Konf.PAN, AK.Roln.w Krakowie.
5. Waldhausl P., 1980, Ergebnisse des Versuches Wien der OEEPE/C, Presented paper, Kommission IV. ISP-Kongres, Hamburg.
6. Wysocki J., 1979, Analiza dokładności opracowań warstwicowych do projektowania drenowania użytków rolnych. Zesz. Nauk. SGGW-AR, Melioracje Rolne nr 18.
7. Wysocki J., 1987, On accuracy of the photogrammetric digital determination of elevations. Ann. Warsaw Agricult. Univ. SGGW, Land Reclam 23.
8. Wysocki J., 1999, On the method of estimation of the accuracy of digital terrain model. Ann. Warsaw Agricult. Univ., SGGW, (w redakcji)
9. Zieliński J. M., 1997, Analiza metod podwyższania dokładności pomiaru stereoskopowego na obrazach cyfrowych. Geodezja tom 3, AGH, Kraków.

Autor

dr hab. inż. Jerzy Wysocki, prof. nadzw.

Katedra Geodezji i Fotogrametrii

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

02-766 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166

tel. (0-22) 843 90 41 /61/81 w. 1707

fax (0-22) 847 24 53

Recenzował prof. dr hab. Andrzej Majde