

ALTERNATYWNE DLA ZDJĘĆ LOTNICZYCH ŹRÓDŁA DANYCH W PROCESIE GENEROWANIA *TRUE ORTHO*

ALTERNATIVE DATA FOR GENERATION OF TRUE ORTHO

Ireneusz Ewiak, Romuald Kaczyński

Zakład Fotogrametrii, Instytut Geodezji i Kartografii w Warszawie

SŁOWA KLUCZOWE: fotogrametria cyfrowa, zdjęcia lotnicze, wysokorozdzielcze obrazy satelitarne, ortorektyfikacja, true ortho, mapa numeryczna

STRESZCZENIE: Autorzy artykułu, poszukując alternatywnych dla zdjęć lotniczych źródeł danych obrazowych, określili stopień przydatności panchromatycznych zobrazowań QuickBird w procesie generowania *true ortho*. W badaniach metodycznych wykorzystano sceny pozyskane przy różnych kątach wychylenia sensora satelity od nadiru, obejmujące swym zasięgiem centrum Warszawy. Elementy orientacji zewnętrznej poszczególnych scen wyznaczono z dokładnością na poziomie ½ piksela obrazu źródłowego. Do procesu ortorektyfikacji panchromatycznych obrazów QuickBird włączono zbiór punktów zapisanych w regularnej siatce o oczku 20 m, których dokładność położenia wysokościowego wynosiła 0.6 m. Podstawowy materiał badawczy stanowiły ortoobrazy wygenerowane z pikselem 1m, przy kątach wychylenia sensora satelity od nadiru wynoszących 5°, 11° oraz 18°. Stwierdzono, że dokładność ortoobrazów wygenerowanych na podstawie tak skonfigurowanych danych wejściowych nie zależy zasadniczo od kąta wychylenia sensora satelity i wynosi $m_p = 0.56$ m. Główny etap badań dotyczył określenia wpływu wychylenia sensora obrazującego satelity na dokładność odwzorowania na ortofotomapie przestrzennych obiektów terenowych. Na podstawie porównania na ortoobrazach oraz mapie numerycznej w skali 1:10 000 wartości współrzędnych płaskich, odwzorowanych obiektów terenowych o wysokości nie przekraczającej 30 m, stwierdzono, że względny błąd średni położenia tych obiektów nie przekracza $m_p = 2.4$ m, w przypadku, gdy sensor obrazujący systemu QuickBird jest wychylony od nadiru nie więcej niż 5°. Wykazano, że wartość tego błędu wzrasta do $m_p = 5.8$ m przy wzroście kąta wychylenia sensora do 11° oraz do $m_p = 9.7$ m przy kącie wychylenia sensora wynoszącym 18°. Stwierdzono, że ortofotomapy w skali 1:10 000, wygenerowane z panchromatycznych scen QuickBird, pozyskanych przy wychyleniu sensora nie większym od 5°, stanowią dla większości obiektów terenowych produkt *true ortho*.

1. WSTĘP

Rozwój fotogrametrii cyfrowej w ostatniej dekadzie minionego stulecia przyczynił się do ekspansji na rynku geodezyjnym nowych produktów fotogrametrycznych, w tym cyfrowej ortofotomapy bazującej na obrazach skanowanych zdjęć lotniczych. W przypadku ortorektyfikacji zdjęć lotniczych pojawił się jednak zasadniczy problem, który dotyczył w głównej mierze ortoobrazów terenów zurbanizowanych. Istotą tego problemu było niewłaściwe położenie na ortoobrazie wysokich obiektów, mimo wyeliminowania

w procesie ortorektyfikacji wpływu deniwelacji terenu. Dokonując, na tak wygenerowanym ortoobrazie, pomiaru obrysu dachu wysokiego budynku, w bazie danych numerycznych zarejestrowane zostaną błędne współrzędne płaskie. Rozwiązaniem doraźnym było uwzględnienie przy pomiarze numerycznego modelu terenu (NMT) dodatkowych punktów położonych na obiektach wystających nad powierzchnię terenu. Jednakże, wiązało się to z występowaniem na ortoobrazie tzw. „martwych pól”, które należało wypełnić w oparciu o informacje z sąsiednich zdjęć.

Wyzwaniem dla fotogrametrii lotniczej stało się więc opracowanie ortofotomapy pozbawionej zniekształceń z tytułu ortofotograficznego przetwarzania zdjęcia lotniczego oraz spełniającej kryterium dokładności mapy topograficznej dla każdego jej szczegółu. Należy nadmienić, że wygenerowanie tak zdefiniowanego produktu, określanego w nomenklaturze fotogrametrycznej mianem *true ortho*, wymagało przygotowania odpowiedniego zestawu danych i zastosowania złożonych algorytmów. W szczególności dotyczy to nalotu fotogrametrycznego oraz radiometrii zdjęć lotniczych.

Czy zatem uzasadnione jest generowanie *true ortho* na podstawie zdjęć lotniczych? Odpowiedzi na to pytanie należy szukać w odniesieniu do współczesnych wysokorozdzielczych zobrazowań satelitarnych takich jak QuickBird lub Ikonos.

W poszukiwaniu alternatywnych źródeł danych obrazowych, autorzy niniejszego artykułu określili stopień przydatności wysokorozdzielczych panchromatycznych zobrazowań QuickBird do generowania *true ortho*.

2. CHARAKTERYSTYKA DANYCH TESTOWYCH

W badaniach wykorzystano panchromatyczne sceny QuickBird oraz diapozytywy zdjęć lotniczych, obejmujące swym zasięgiem centrum Warszawy. Sceny QuickBird pozyskane były w różnych okresach czasu oraz przy różnym kącie wychylenia sensora satelity od nadiru. Parametry techniczne poszczególnych scen QuickBird zamieszczono w tabeli 1.

Zdjęcia lotnicze wykonane były w skali 1:25 000 obiektywem kamery RC-20 o odległości obrazowej $c_k = 152.79$ mm i tworzyły blok aerotriangulacji złożony z 3 szeregów, przy czym każdy z nich zawierał 4 zdjęcia. Obrazy cyfrowe zdjęć lotniczych uzyskano w wyniku skanowania oryginalnych diapozytywów na precyzyjnym skanerze fotogrametrycznym PS-1 Zeiss/Intergraph z rozdzielczością 22.5 μm . Stanowiły one materiał źródłowy w procesie generowania NMT.

Tabela 1. Parametry techniczne panchromatycznych scen QuickBird

Numer sceny	Poziom przetworzenia	Data pozyskania	Nominalny kąt wychylenia wiązki obrazującej		
			Na kierunku orbitalnym	Na kierunku poprzecznym	Na kierunku radialnym
58349	Basic 1B	04.05.2003	-1.69°	-4.88°	5.1°
58348	Basic 1B	19.06.2002	10.97°	-1.49°	11.1°
42292	Standard 2A	09.05.2002	11.81°	11.95°	17.9°

3. UWARUNKOWANIA PROCESU GENEROWANIA *TRUE ORTHO*

Wpływ deniwelacji terenu na dokładność położenia na ortoobrazie odwzorowanych szczegółów sytuacyjnych zależy od rodzaju danych źródłowych wykorzystanych do jego generowania. W przypadku tradycyjnych zdjęć lotniczych wpływ ten zmienia się w zależności od położenia szczegółów na zdjęciu, skali zdjęcia oraz wysokości lotu. W przypadku zobrażeń satelitarnych wpływ deniwelacji terenu wzrasta wprost proporcjonalnie do tangensa kąta wychylenia sensora satelity od nadiru. Całkowite wyeliminowanie wpływu deniwelacji w procesie ortorektyfikacji nie jest możliwe, ponieważ nie jest możliwy bezbłędny pomiar numerycznego modelu terenu. Jednakże, podjęcie odpowiednich działań metodycznych może wydatnie ten wpływ ograniczyć.

Generowanie ortoobrazów, pozbawionych zniekształceń z tytułu ortofotograficznego przetwarzania zdjęcia lotniczego lub sceny satelitarnej, spełniających kryterium dokładności dla wybranej skali opracowania mapy, w odniesieniu do każdego jej szczegółu sytuacyjnego, wymaga przygotowania odpowiedniego zestawu danych oraz zastosowania odpowiednich algorytmów. Do wygenerowania *true ortho* wymagany jest numeryczny model pokrycia terenu (NMPT) opisujący poza wysokościami punktów położonych na powierzchni terenu, również wysokości obiektów wznoszących się ponad teren. Zastosowanie takiego modelu wysokościowego ma kolosalne znaczenie w przypadku nadirowych zobrażeń satelitarnych, z których można wygenerować matrycę ortoobrazu zawierającą wszystkie piksele obrazu źródłowego skorygowane geometrycznie z dokładnością odpowiadającą precyzji pomiaru tego modelu.

W rzeczywistości opisane warunki geometryczne obrazowania występują sporadycznie. W sytuacji, gdy do procesu ortorektyfikacji zdjęć lotniczych lub scen satelitarnych, pozyskanych przy wychyleniu sensora od nadiru, włączony zostanie również NMPT, na ortoobrazie pojawią się piksele pozbawione informacji obrazowej. Uzupełnienie tej informacji wymaga odpowiedniego zaprojektowania i wykonania dodatkowych zobrażeń. W jakim zakresie możemy generować ortoobrazy, na których położenie dowolnego szczegółu sytuacyjnego będzie korygowane wyłącznie ze względu na charakter ukształtowania rzeźby terenu. W znalezieniu odpowiedzi na to pytanie autorzy dokonali analizy procesu generowania ortoobrazów z pikselem 1m, wykorzystując jako materiał źródłowy zdjęcia lotnicze oraz sceny satelitarne QuickBird.

3.1. Uwarunkowania procesu ortorektyfikacji zdjęć lotniczych

Wygenerowanie na podstawie zdjęcia lotniczego spójnego ortoobrazu, zawierającego skorygowane geometrycznie wszystkie elementy treści obrazu źródłowego nie jest możliwe w oparciu o konwencjonalne metody ortorektyfikacji. Wyeliminowanie wpływu deniwelacji terenu w procesie ortorektyfikacji zdjęcia lotniczego przyczyni się do skorygowania położenia na ortoobrazie wyłącznie terenowych szczegółów sytuacyjnych, podczas gdy, obrazy obiektów wystających ponad teren będą przesunięte radialnie względem środka zdjęcia. Wartość tego przesunięcia zależy od wysokości fotografowanych obiektów oraz od kąta rozwarcia obiektywu stożka kamery.

Na ortofotomapie w skali 1:10 000 wygenerowanej na podstawie zdjęć lotniczych, użytych do niniejszego opracowania, wartość ta dla dowolnego obiektu położonego na skraju zdjęcia nie przekroczy kryterium dokładności opracowania, jeśli obiekt ten będzie niższy niż 2.5 m, podczas gdy, dla obiektów o wysokości przekraczającej 30 m ortoobrazy należałoby generować wyłącznie dla szczegółów, których odległość radialna od środka zdjęcia nie przekracza 12 mm.

Ponieważ całkowite wyeliminowanie wpływu deniwelacji terenu nie jest możliwe, tak jak nie jest możliwy bezbłędny pomiar numerycznego modelu terenu, do błędów położenia na ortoobrazie szczegółów sytuacyjnych, z tytułu ich wysokości, należy dodać błędy położenia szczegółów terenowych. Wobec powyższego, ortoobrazy wygenerowane na podstawie zdjęć lotniczych, na których zminimalizowano wpływ deniwelacji rzeźby terenu, w rozumieniu *true ortho* nie mogą stanowić alternatywy dla map topograficznych.

3.2. Uwarunkowania procesu ortorektyfikacji scen satelitarnych QuickBird

W przypadku zobrazowań satelitarnych, wartość przesunięcia na ortoobrazie szczegółów sytuacyjnych jest funkcją tangensa kąta wychylenia sensora. Dla obiektów położonych na powierzchni terenu dokładność ich odwzorowania na ortoobrazie jest determinowana ukształtowaniem rzeźby terenu, a w przypadku obiektów położonych nad terenem również ich wysokością. Wartości przesunięć na ortoobrazie odwzorowanych szczegółów sytuacyjnych z tytułu ich wysokości oraz deniwelacji terenu w funkcji kąta wychylenia od nadiru sensora satelity QuickBird przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wartości przesunięć szczegółów sytuacyjnych na ortoobrazach QuickBird w zależności od warunków zobrazowania

Dokładność NMT lub wysokość obiektu [m]	Przesunięcia na ortoobrazie szczegółów sytuacyjnych [m]		
	Kąt wychylenia sensora		
	5°	11°	18°
0.5	0.0	0.1	0.2
1	0.0	0.2	0.4
2	0.1	0.3	0.5
3	0.1	0.3	0.6
4	0.1	0.4	0.8
5	0.2	0.5	0.8
10	0.2	0.6	1.0
20	1.8	3.9	6.5
30	2.6	5.8	9.8
40	3.5	7.8	13.0
50	4.4	9.7	16.3
100	8.7	19.4	32.5
150	13.1	29.2	48.7
200	17.5	38.8	71.5

Wartości przesunięć na ortoobrazach terenowych szczegółów sytuacyjnych mieszczą się w kryterium dokładności opracowania mapy w skali 1:10 000 dla scen QuickBird

pozyskanych przy kącie wychylenia sensora satelity od nadiru wynoszącym od 5° do 18°, pod warunkiem, że numeryczny model rzeźby terenu zostanie pomierzony z dokładnością nie gorszą niż 10 m. Przy kącie wychylenia sensora satelity od nadiru nie przekraczającym 5° przesunięcia terenowych szczegółów sytuacyjnych na ortoobrazach, z tytułu błędnego pomiaru NMT, są w praktyce zaniedbywane.

Wygenerowane ortoobrazy zachowują kryterium dokładności mapy w skali 1:10 000 dla szczegółów sytuacyjnych położonych do 30 m nad powierzchnią terenu oraz przy kącie wychylenia sensora poniżej 5°. Przy kącie wychylenia sensora wynoszącym 11° wysokość obiektów nie może przekraczać 14 m, zaś przy kącie wychylenia sensora 18° wartość graniczna dla wysokości obiektów wynosi 7 m.

4. OPRACOWANIE DANYCH TESTOWYCH

W procesie generowania ortoobrazów na podstawie wysokorozdzielczych scen satelitarnych QuickBird, zobrazowanych przy różnych kątach wychylenia sensora, uwzględniono wpływ dokładności korekcji geometrycznej scen oraz pomiaru numerycznego modelu rzeźby terenu na dokładność odwzorowania, na ortoobrazie dowolnych obiektów terenowych.

4.1. Metodyka pomiaru NMT

Do pomiaru zbioru punktów siatki NMT wykorzystano modele stereoskopowe zdjęć lotniczych w skali 1:25 000 odpowiadające obszarowo pokryciu sceny QuickBird. Zakładano, że dokładność wygenerowanego produktu nie powinna być gorsza niż 0.6 m. Wobec takiego założenia, do wyznaczenia elementów orientacji zewnętrznej zdjęć zaprojektowano i pomierzono 9 fotopunktów w konfiguracji po dwa w każdym z narożników bloku oraz jeden w centralnej jego części. Dokładność pomiaru i identyfikacji punktów osnowy fotogrametrycznej oszacowano na poziomie 0.30 m dla współrzędnych płaskich oraz 0.25 m dla współrzędnej wysokościowej. Pomiary współrzędnych tłowych wykonano metodą półautomatyczną na stacji fotogrametrycznej ImageStation SSK Pro w środowisku oprogramowania Image Station Automatic Triangulation v.4.1.

Do niezależnej oceny dokładności bloku aerotriangulacji zaprojektowano dodatkowo 64 punkty kontrolne. Terenowe pomiary współrzędnych punktów osnowy fotogrametrycznej wykonano metodą statyczną z wykorzystaniem odbiorników GPS firmy Ashtech. Obliczenia obserwacji GPS wykonano programem Pinnacle. Uzyskane współrzędne geodezyjne BLH przeliczono na układ współrzędnych UTM według algorytmu programu TRANSPOL.

Wyrównanie bloku aerotriangulacji przeprowadzono programem BINGO v.5.1.3 z użyciem parametrów dodatkowych, kompensujących wpływ błędów systematycznych. W procesie wyrównania bloku pomiarowego zdjęć lotniczych uwzględniono obserwacje środków rzutów oraz współrzędne mimośrodów anteny. Dokładność aerotriangulacji opisana błędami średnimi wyznaczenia współrzędnych punktów kontrolnych wynosiła $m_x = 0.22$ m, $m_y = 0.24$ m, $m_z = 0.32$ m.

Pomiar NMT wykonano techniką korelacji obrazów na stacji fotogrametrycznej ImageStation SSK Pro w regularnej siatce o oczku 20 m z wykorzystaniem modułów oprogramowania Image Station Automatic Elevation Collection. Położenie punktów regularnej siatki było korygowane przez obserwatorów na modelach stereoskopowych zdjęć lotniczych przy użyciu narzędzi oprogramowania Image Station Data Collection. Edycji manualnej podlegało średnio 15÷25 % punktów pomierzonych automatycznie.

Ocenę dokładności pomiaru i interpolacji punktów wysokościowych siatki NMT przeprowadzono na podstawie ich porównania z odpowiadającymi im wysokościami profili terenowych, wykorzystując moduły programu MGE Terrain Analyst. Wzdłuż 6 profili terenowych pomierzono techniką GPS łącznie 870 punktów. Błędy średnie modelu m_H obliczone na podstawie różnic wysokości w poszczególnych profilach nie przekroczyły wartości 0.45 m.

4.2. Metodyka korekcji geometrycznej scen QuickBird

Osnowę fotogrametryczną dla poszczególnych scen QuickBird stanowiły te same fotopunkty, które brały udział w wyrównaniu bloku zdjęć lotniczych. Liczbę fotopunktów i ich rozmieszczenie na scenie skonfigurowano dla wariantu korekcji geometrycznej opartej na matematycznym modelu sensora satelity QuickBird, znanego jako model Toutina. Przy udziale narzędzi oprogramowania PCI Geomatica – Ortho Engine v.9.1. pomierzono współrzędne obrazowe 9 fotopunktów rozmieszczonych symetrycznie w granicach badanych scen.

Do oceny dokładności geometrycznej scen wykorzystano te same punkty kontrolne, które brały udział w niezależnej ocenie procesu aerotriangulacji bloku zdjęć. Dokładność identyfikacji fotopunktów i punktów kontrolnych na obrazach Quickbird oszacowano na poziomie 0.4 m dla współrzędnych płaskich oraz 0.3 m dla współrzędnej wysokościowej. Miarą oceny dokładności korekcji geometrycznej scen QuickBird były błędy średnie wyznaczenia położenia punktów kontrolnych $m_{X,Y} = 0.45$ m. Dla badanych kątów wychylenia sensora satelity QuickBird wartość ta była stała.

4.3. Metodyka generowania ortobrazów

W celu uzyskania pełnego materiału badawczego wygenerowane zostały cztery ortobrazy z pikselem 1m, przy czym dla trzech z nich obrazem źródłowym były panchromatyczne sceny QuickBird, pozyskane przy różnych kątach wychylenia sensora od nadiru, czwarty zaś, stanowił ortomozaikę bloku zdjęć lotniczych.

Poza elementami orientacji zewnętrznej obrazów źródłowych do procesu ortorektyfikacji włączono numeryczny model rzeźby terenu wygenerowany na podstawie zdjęć lotniczych w skali 1: 25 000. Zasięg wygenerowanych ortobrazów QuickBird był taki sam jak ortomozaiki zdjęć lotniczych. Do generowania ortobrazów zdjęć lotniczych wykorzystano moduł programu Image Station Ortho Pro firmy Z/I Imaging, do którego zaimportowano elementy orientacji zewnętrznej każdego zdjęcia oraz NMT w formacie TIN. W celu wytworzenia ortomozaiki całego bloku zdjęć poszczególne ortobrazy poddano procesowi mozaikowania z uwzględnieniem podstawowych wymagań

technicznych dla tego zakresu opracowania. Ortoobrazy z danych QuickBird wygenerowano w systemie PCI Geomatica – Ortho Engine v.9.1.

Miarą oceny dokładności poszczególnych procesów ortorektyfikacji były błędy średnie *RMSE* położenia na ortoobrazie terenowych szczegółów sytuacyjnych. Ocena dokładności przeprowadzono na podstawie porównania współrzędnych 64 punktów kontrolnych, odczytanych na ortoobrazie, z odpowiadającymi im współrzędnymi katalogowymi. Analizę dokładności ortoobrazów wykonano za pomocą narzędzi programu Image Station Ortho Pro v.3.2.

Stwierdzono, że błąd średni położenia terenowych szczegółów sytuacyjnych na ortoobrazie wygenerowanym na podstawie zdjęć lotniczych w skali 1: 25 000 z pikselem 1 m, wynosi $m_{X,Y} = 0.30$ m i odpowiada dokładności identyfikacji tych szczegółów w terenie i na zdjęciach lotniczych.

Stwierdzono również, że błąd średni położenia terenowych szczegółów sytuacyjnych na ortoobrazach wygenerowanych na podstawie scen QuickBird pozyskanych przy kątach wychylenia sensora od 5° do 18° jest taki sam i wynosi $m_{X,Y} = 0.56$ m.

5. ANALIZA WYNIKÓW

Analiza dokładności ortoobrazów wygenerowanych na podstawie scen QuickBird pozyskanych przy kątach wychylenia sensora 5°, 11° oraz 18° miała na celu określenie stopnia ich przydatności do aktualizacji treści sytuacyjnej map w skali 1:10 000. W szczególności miała określić warunki procesu ortorektyfikacji panchromatycznych scen QuickBird, dla których ich ortoobrazy można traktować jako *true ortho*.

W przeprowadzonych analizach uwzględniono wpływ: geometrii zobrazowania, dokładności korekcji geometrycznej scen, dokładności pomiaru NMT oraz położenia w stosunku do terenu obrazowanych obiektów na dokładność ich odwzorowania na ortoobrazach. Elementem kontrolnym była mapa numeryczna, zarejestrowana w przestrzeni projektowej MicroStation, której stopień szczegółowości odpowiadał skali mapy 1:10 000.

Miarą oceny dokładności ortorektyfikacji obiektów były błędy średnie liczone na podstawie różnicy ich położenia na ortoobrazie oraz mapie wektorowej. Próbę statystyczną dla każdego wygenerowanego ortoobrazu stanowił zbiór 500 punktów homologicznych pomierzonych z dokładnością 0.1 m. Wartości błędów względnych położenia szczegółów w zależności od ich wysokości nad powierzchnią terenu zestawiono w tabeli 3. Prezentowane wyniki uwzględniają dokładność korekcji geometrycznej scen.

Wyniki zamieszczone w tabeli 4 pokazują, że ortoobrazy wygenerowane na podstawie dowolnych panchromatycznych scen QuickBird nie są w stanie zabezpieczyć kryterium dokładności mapy w skali 1: 10 000 dla każdego jej szczegółu. Wygenerowanie takiego ortoobrazu jest możliwe dla obszarów pokrytych obiektami o wysokości nie przekraczającej 30 m. Jednakże, warunkiem koniecznym jest wykorzystanie w procesie ortorektyfikacji scen QuickBird pozyskanych przy kącie wychylenia sensora obrazującego nie większym niż 5°. Dla obszarów z dominacją obiektów o wysokości poniżej 10 m taki ortoobraz może być wynikiem przetworzenia panchromatycznej sceny QuickBird pozyskanej przy kącie wychylenia sensora do 11°.

Tabela 3. Względne wartości błędów średnich położenia szczegółów sytuacyjnych na ortoobrazach QuickBird

Przedział wysokości [m]	Liczba punktów referencyjnych	Względne wartości błędów średnich położenia szczegółów sytuacyjnych na ortoobrazie QuickBird [m]		
		Kąt wychylenia sensora		
		5°	11°	18°
0-10	56	0.6	1.6	2.9
10-20	57	1.6	3.7	5.8
20-30	66	2.4	5.8	9.7
30-50	72	3.9	9.3	15.4
50-75	53	6.3	13.9	24.4
75-100	64	8.3	18.5	31.6
100-150	61	12.4	27.6	47.3
150-200	71	16.9	37.2	66.8

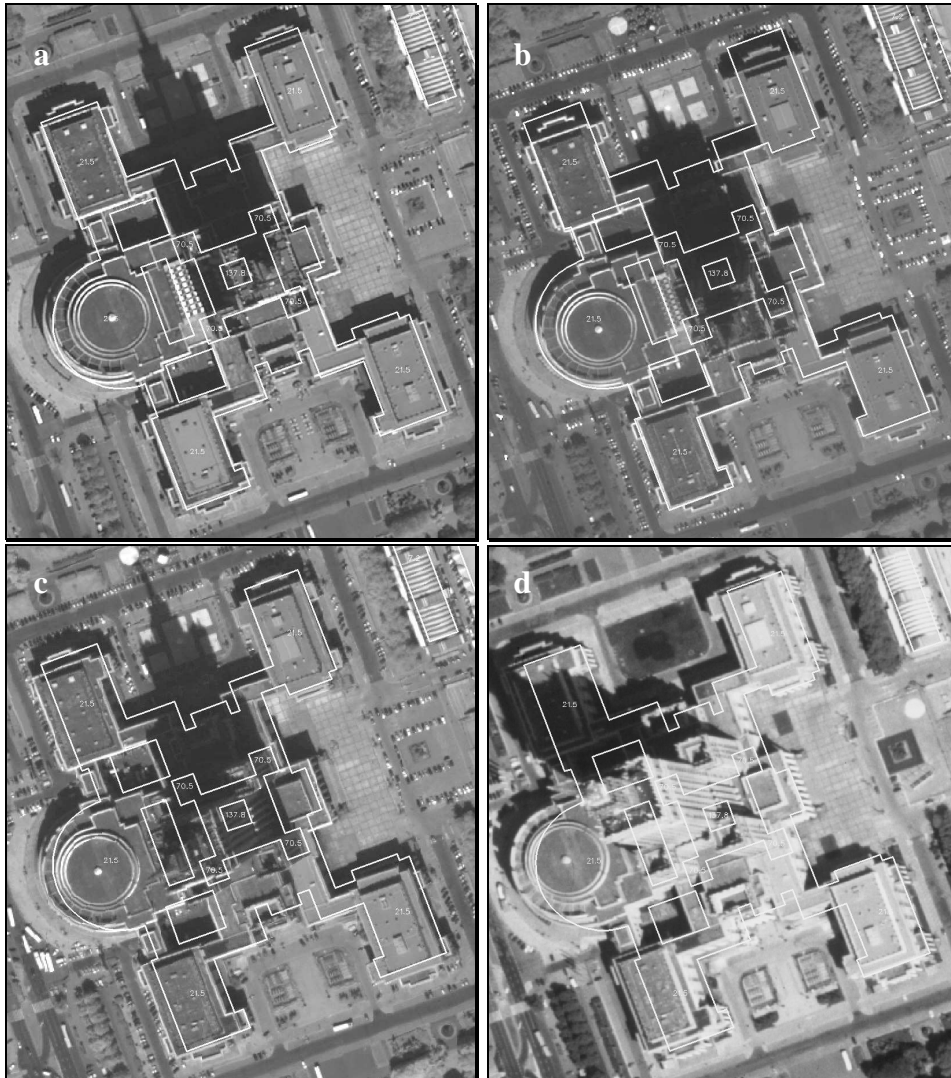
Fragmenty ortoobrazów wraz z nałożoną treścią sytuacyjną wektorowej mapy numerycznej o stopniu szczegółowości w skali 1:10 000 przedstawiono na rysunku 1.

6. WNIOSKI

Zdjęcia lotnicze w skali 1:25 000 wykonane kamerą szerokokątną stanowią materiał źródłowy do generowania *true ortho* w skali 1:10 000 dla obszarów pozbawionych form pokrycia terenu lub pokrytych obiektami o wysokości nie przekraczającej 2.5 m. W powyższym wariancie generowania *true ortho* wysokość terenu należy określić z dokładnością powyżej 1m.

Panchromatyczne sceny satelitarne QuickBird pozyskane przy kącie wychylenia sensora poniżej 5° stanowią materiał źródłowy do generowania *true ortho* w skali 1:10 000 dla obszarów, na których występują formy pokrycia terenu o wysokości nie przekraczającej 30 m. W tym wariancie generowania *true ortho* wysokość terenu należy określić z dokładnością nie gorszą niż 10 m.

Panchromatyczne sceny satelitarne QuickBird pozyskane przy kącie wychylenia sensora powyżej 18° stanowią materiał źródłowy do generowania *true ortho* w takim samym zakresie jak zdjęcia lotnicze w skali 1:25 000. Jednakże, w tym wariancie generowania *true ortho* wysokość terenu wystarczy określić z dokładnością 5 m.



Rys. 1. Ortoobrazy o rozdzielczości 1 m z nałożoną treścią sytuacyjną mapy wygenerowane na podstawie scen panchromatycznych QuickBird pozyskanych przy kącie wychylenia sensora od nadiru 5° (a), 11° (b), 18° (c) oraz ortobraz wygenerowany ze zdjęć lotniczych w skali 1:25 000 (d)

7. LITERATURA

Cheng, P., Toutin, T., 2002. IKONOS and QuickBird orthorectification, ASPRS Congress, Washington.

Ewiak I., Kaczyński R., 2005. Correction of Ikonos and QuickBird data for orthophotomaps generation. The 26th Asian Conference on Remote Sensing, Hanoi, Vietnam, CD.

Ewiak I., Kaczyński R., 2006. The ortho-sat vs. aerial. *Geoconnexion International Magazine*, (5), s. 30.

Jacobsen K., Passini R., 2003. Accuracy of digital orthophotos from High Resolution Sapace *imagery. High Resolution Mapping from Space*, Hanover, Germany.

Kaczyński R., Ewiak I., 2005. Accuracy of orientation of QuickBird and ortho in urban areas. Euroimage Meeting, Roma Eventi Conference Center, Italy.

ALTERNATIVE DATA FOR GENERATION OF TRUE ORTHO

KEY WORDS: digital photogrammetry, aerial photographs, high resolution satellite data, orthorectification, true ortho, digital map

Summary

Alternative satellite data were studied for use in the generation of a true ortho of urban areas. The methodology of the generation of true ortho was elaborated using QuickBird Pan data of the Warsaw area. QuickBird data with different angle of acquisition was tested. The orientation of the scenes was done using RPC data and an additional 9 GCPs and Toutin's model. The accuracy of the orientation of each scene was checked on 64 independent check points (ICPs). The accuracy on GCPs was less than 0.5 pixel of orientation of the QuickBird Pan data.

RMSE on ICPs was less then 0.45 m. Orthorectification of the scenes was performed with the use of a DEM with a 20×20 m grid and RMSE (Z) < 0.6 m. RMSE (XY) = 0.56 m was achieved on the generated orthophotomaps with an output pixel size of 1×1 m for different collection angles of the image data.

The main investigation was done for assessment of the planimetric accuracy of high buildings on the generated orthophotomaps. Digital topographic maps on a scale of 1:10 000 were used for planimetric accuracy assessment. RMSE (XY) < 2.4m for the acquisition angle less then 5° from nadir was achieved. The acquisition angle was 11° from nadir RMSE (XY) = 5.8 m and for 18° RMSE (XY) = 9.7 m . These results have been achieved only for spatial structures less than 30 m high. Panchromatic QuickBird data acquired close to the nadir angle could be used for elaborating the "true ortho" of an urban area.

Dr inż. Ireneusz Ewiak
e-mail: rene@igik.edu.pl
tel. +22 3291985

Prof. dr hab. inż. Romuald Kaczyński
e-mail: rom@igik.edu.pl
tel. +22 3291986