

ACTA SCIENTIARUM POLONORUM

Czasopismo naukowe założone w 2001 roku przez polskie uczelnie rolnicze

Geodesia et Descriptio Terrarum

Geodezja i Kartografia

6(1) 2007



Bydgoszcz Kraków Lublin Olsztyn
Poznań Siedlce Szczecin Warszawa Wrocław

Rada Programowa *Acta Scientiarum Polonorum*

Kazimierz Banasik (Warszawa), Janusz Falkowski (Olsztyn),
Florian Gambuś (Kraków), Franciszek Kluza (Lublin), Edward Niedźwiecki (Szczecin),
Janusz Prusiński (Bydgoszcz), Jerzy Sobota (Wrocław) – przewodniczący,
Stanisław Socha (Siedlce), Waldemar Uchman (Poznań)

Rada Naukowa serii *Geodesia et Descriptio Terrarum*

Bernard Kontny (Wrocław) – sekretarz, Hieronim Olenderek (Warszawa),
Andrzej Świątkiewicz (Wrocław) – przewodniczący, Alojzy Wasilewski (Olsztyn),
Josef Weigel (Brno), Mirosław Żak (Kraków)

Korekta:
Janina Szydłowska
Elżbieta Winiarska-Grabosz

Łamanie
Teresa Alicja Chmura

Projekt okładki
Daniel Morzyński

ISSN 1644–0668

*Wydanie publikacji dofinansowane ze środków Uniwersytetu Przyrodniczego
we Wrocławiu*

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu,
Wrocław 2006

Redaktor naczelny – prof. dr hab. Andrzej Kotecki
ul. Sopocka 23, 50–344 Wrocław, tel./fax (071) 328–12–77
e-mail: wyd@ozi.ar.wroc.pl <http://www.up.wroc.pl>

Nakład 300 + 16 egz. Ark. druk. 5,5
Drukarnia: „MarMar”

ANALIZA PRZEPISÓW POSTĘPOWANIA ADMINISTRACYJNEGO W SPRAWIE ROZGRANICZENIA NIERUCHOMOŚCI

Dariusz Felcenloben¹

Starostwo Powiatowe w Kłodzku

Streszczenie. Celem prezentowanej pracy jest analiza określonego w przepisach ustawy z dnia 17 maja 1989 r. *Prawa geodezyjnego i kartograficznego* (tj. Dz.U. z 2005 r., Nr 240, poz.2027), administracyjno-sądowego modelu postępowania rozgraniczeniowego i ocena jego konstrukcji w kontekście uprawnień strony w postępowaniu umożliwiających jej aktywny udział w procesie tworzenia końcowego rozstrzygnięcia w sprawie, a także wskazanie na takie rozwiązania, które dają takie gwarancje. Badania przeprowadzone zostały metodą analizy z wykorzystaniem wykładni statycznej przepisów prawa z uwzględnieniem dorobku doktryny i orzecznictwa NSA i SN, które zachowało swoją aktualność. W pracy sformułowane zostały wnioski *de lege ferende*, wskazujące na konieczność doprecyzowania obowiązujących zasad postępowania rozgraniczeniowego, celem wyeliminowania powstających w praktyce wątpliwości przy ich stosowaniu.

Słowa kluczowe: rozgraniczanie nieruchomości, ustalanie granic

WSTĘP

Granice nieruchomości wyznaczają w przestrzeni obszar, w którym właściciel z wyłączeniem innych osób może korzystać ze swego prawa. Dlatego też tak ważne jest, aby przebieg linii granicznych określających prawo własności wyznaczony był w taki sposób, aby dawał on każdemu poczucie pewności i stabilizacji, w jakim obszarze przysługujące mu prawo może wykonywać i jednocześnie go chronić. Aby zapewnić każdemu możliwość ochrony swych praw, ustawodawca stworzył określone procedury administracyjne i sądowe, w ramach których uprawniony może domagać się ustalenia przebiegu granic nieruchomości po to, aby wyeliminować poczucie niepewności lub zażegnać istniejący spór graniczny. W sytuacji, kiedy brak jest jednoznacznych danych pozwalających na wznowienie położenia znaków granicznych należy granice te ustalić w trybie

¹ Autor jest Dyrektorem Wydziału Geodezji, Kartografii, Katastru i Gospodarki Nieruchomościami w Starostwie Powiatowym w Kłodzku

określonym przez ustawodawcę w ramach postępowania rozgraniczeniowego, którego zasady określone zostały w ustawie z dnia 17 maja 1989 r., *Prawo geodezyjne i kartograficzne* (zwanej dalej: *Pgik*). Praktyka stosowania obowiązujących zasad określających administracyjno-sądowy model postępowania rozgraniczeniowego wykazuje jednak, iż pojawia się wiele wątpliwości interpretacyjnych dotyczących podejmowanych w jego trakcie czynności procesowych i materialno-technicznych, mających wpływ na końcowe rozstrzygnięcie w sprawie, jak i uprawnienia stron w postępowaniu.

Celem pracy jest analiza instytucji prawnej administracyjnego postępowania rozgraniczeniowego, którego zasady określone zostały w ustawie *Pgik*. Analizą objęto w szczególności: procedury wszczęcia postępowania rozgraniczeniowego, styk postępowania administracyjnego i sądowego oraz zagadnienie kosztów rozgraniczenia. Zakres analizy instytucji postępowania rozgraniczeniowego ograniczono do fazy administracyjnej. Zakresem nie objęto zaś fazy postępowania sądowego.

Podstawowym problemem badawczym pracy uczyniono ocenę prawidłowości konstrukcji, określonego w ustawie *Pgik*, administracyjnego modelu postępowania rozgraniczeniowego przy założeniu potrzeby uwzględnienia:

- ochrony interesu stron w postępowaniu,
- ciągłości postępowania i stabilności zapadłych rozstrzygnięć.

Do realizacji tak określonego problemu badawczego sformułowano tezę, iż określone w ustawie *Pgik* zasady rozgraniczania nieruchomości nie zawierają dostatecznych i jednoznacznie sformułowanych gwarancji procesowych jak i materialno-prawnych zapewniających prawidłowy i szybki przebieg postępowania w sprawie ustalenia granic nieruchomości. Badania przeprowadzone zostały metodą analizy statycznej [Zieliński 2006] przepisów ustawy *Pgik*. Zastosowanie metody analizy statycznej, wykładni obowiązującego prawa, służyć miało wykazaniu, czy obowiązujące normy określające zasady postępowania rozgraniczeniowego zapewniają stronom biorącym w nim udział poczucie „bezpieczeństwa prawnego”. Analiza materiału normatywnego prowadzona była przy wykorzystaniu poglądów będących dorobkiem przedstawicieli doktryny oraz orzecznictwa sądowego (NSA i SN) w kolejności określonej przebiegiem postępowania rozgraniczeniowego – według rozdziału 6 ustawy *Pgik*.

1. Krytyczna analiza wybranych przepisów ustawy *Pgik* określających zasady postępowania rozgraniczeniowego

Postępowanie administracyjne prowadzone w sprawie rozgraniczenia nieruchomości na podstawie przepisów ustawy *Pgik* posiada kilka wadliwych konstrukcji prawnych, które można podważyć na gruncie obowiązujących obecnie zasad tworzenia procedur administracyjnych.

Należą do nich:

1. W procedurze wszczęcia postępowania administracyjnego:

- *Brak możliwości zaskarżenia postanowienia o wszczęciu postępowania rozgraniczeniowego – art. 30 ust. 4 ustawy Pgik.*
- Pozbawienie stron możliwości złożenia zażalenia na wydane postanowienie o wszczęciu postępowania rozgraniczeniowego stanowić może naruszenie tych zasad ogólnych *Kodeksu postępowania administracyjnego* [Ustawa z dnia 14 czerwca 1960], które odwołują się do potrzeby zapewnienia każdemu zainteresowanemu prawa do czynnego udziału w każdym stadium toczą-

cego się w sprawie postępowania (art. 10 *k.p.a.*) jak i konieczności uwzględniania z urzędu słusznego interesu obywateli i dochodzenia prawdy obiektywnej (art. 7 *k.p.a.*) oraz stosowania zasady ekonomii procesowej (art. 12 *k.p.a.*). Przyjęte obecnie rozwiązanie pozbawiające stronę możliwości wniesienia zażalenia na wydane postanowienie o wszczęciu postępowania rozgraniczeniowego, pełni w takiej sytuacji jedynie rolę zawiadomienia o podjęciu przez organ czynności w sprawie. Eliminacja wadliwego postanowienia może, w takiej sytuacji, nastąpić dopiero w postępowaniu odwoławczym od decyzji o umorzeniu postępowania lub w trybie weryfikacji decyzji rozgraniczeniowej.

- *Brak wyraźnego wskazania w ustawie, komu przysługuje przymiot strony w postępowaniu, a co za tym idzie prawo złożenia wniosku o jego wszczęcie.*
- Brak w ustawie *Pgik* zapisu określającego, komu przysługuje przymiot strony w postępowaniu rozgraniczeniowym powoduje konieczność ciągłego odwoływania się do treści art. 28 *k.p.a.* i rozstrzygania, komu oprócz właściciela nieruchomości przysługuje prawo złożenia wniosku o wszczęcie postępowania. W szczególności dotyczy to przypadku zbiegu prawa własności z innymi prawami rzeczowymi ustanowionymi na tej samej nieruchomości. Rodzą się wówczas wątpliwości, kto winien być stroną postępowania i składać oświadczenia do protokołu. Czy stroną w takim przypadku jest jedynie właściciel nieruchomości, czy też w postępowaniu winna uczestniczyć także osoba, której przysługują określone prawa rzeczowe do nieruchomości.
- *Brak jednoznacznego określenia przesłanek uzasadniających możliwość wszczęcia postępowania rozgraniczeniowego z urzędu – art. 30 ust. 2 ustawy *Pgik*.*
- W sytuacji wszczęcia z urzędu postępowania rozgraniczeniowego z powodów innych niż scalenie gruntów, a związanych z potrzebami gospodarki narodowej czy interesem społecznym, mogą nasuwać się spostrzeżenia, co do braku ostrości użytych przez ustawodawcę sformułowań, przy jednoczesnym pozostawieniu na tym etapie postępowania bez ochrony prawnej uprawnionych stron – z uwagi na brak możliwości zaskarżenia postanowienia o jego wszczęciu. Odwołanie się do zdefiniowanego na użytek innych postępowań pojęcia celów publicznych, pozwoliłoby na doprecyzowanie jego znaczenia, a tym samym zawężenia możliwości jego swobodnego stosowania. Pojęcie „cel publiczny”, jakim posługuje się ustawa z dnia 21 sierpnia 1997 r. o gospodarce nieruchomościami (tj. Dz.U. z 2004 r., Nr 261, poz. 2603 ze zm.), nie jest bowiem dowolne i przy jego interpretacji nie można się odwoływać do potocznego jego znaczenia [Durzyńska 2004]. Jest to katalog ściśle określony i zamknięty w tym znaczeniu, że albo wprost definiuje cele publiczne, albo bezpośrednio odwołuje się do określonych celów publicznych w innych ustawach.
- *Brak możliwości odmowy wszczęcia postępowania.*
- W sytuacji, gdy przepis prawa materialnego (art. 30 ust. 4 ustawy *Pgik*) wymaga wydania postanowienia o wszczęciu postępowania rozgraniczeniowego, dopuszczalne powinno być wydanie przez organ administracji publicznej rozstrzygnięcia o odmowie wszczęcia takiego postępowania z powodu braku przymiotu strony osoby składającej wniosek. Z uwagi na fakt, iż

przepisy k.p.a. nie przewidują instytucji odmowy wszczęcia postępowania administracyjnego [Adamiak i Borkowski 2006], należałoby stworzyć taką możliwość w przepisach ustawy *Pgik*. Odmowa wszczęcia postępowania mogłaby nastąpić w formie postanowienia, które podlegałoby zaskarżeniu w trybie zażalenia. Przyjęcie takiego rozwiązania otwierałoby wszystkim stronom możliwość obrony swoich praw, a jednocześnie dawałoby organowi prawo formalnego „odrzućenia” niezasadzonego wniosku o wszczęcie postępowania administracyjnego np. w tych przypadkach kiedy wnioskodawcy nie przysługuje przymiot strony albo zachodzą okoliczności określone w art. 36 lub 39 ustawy *Pgik*, lub w obiegu prawnym pozostaje decyzja administracyjna zatwierdzająca wcześniej ustalone granice nieruchomości, a strona w złożonym wniosku nie żąda jej weryfikacji, lecz wszczęcia kolejnego postępowania w sprawie o rozgraniczenie. Odmienne stanowisko, w tej kwestii, prezentuje Bogusz w głosie krytycznej do wyroku NSA z dnia 21 września 2001 roku, II SA/Ld 1077/97 – twierdząc, że „najwłaściwszym środkiem reakcji na złożenie podania przez podmiot nie będący stroną postępowania jest decyzja o umorzeniu postępowania”.

- *Brak wyraźnego wskazania, w jakiej formie należy upoważnić geodetę do przeprowadzenia czynności ustalenia granic – art. 31 ust.1 ustawy Pgik*
- Ustawodawca określając zasady postępowania rozgraniczeniowego wskazał, iż czynności ustalenia przebiegu granic wykonać może uprawniony geodeta, który uzyska upoważnienie właściwego organu. O ile samo wskazanie osoby właściwej do przeprowadzenia czynności ustalenia przebiegu granic zapisane zostało jednoznacznie, o tyle już przepis ten nie precyzuje formy samego upoważnienia ani też nie określa, w którym momencie postępowania winno być ono udzielone. Brak jednoznacznego ustalenia, w jakim trybie należy udzielić upoważnienia uprawnionemu geodecie, jest w praktyce powodem nadużywania formuły aktu administracyjnego (postanowienia o wszczęciu rozgraniczenia) i prowadzić może do sytuacji, w której uprawniona strona pozbawiona jest możliwości kwestionowania rozstrzygnięcia organu powołując się na okoliczności uzasadniające wykluczenie wskazanego przez organ geodety (art. 28 k.p.a.). Udzielone geodecie przez organ administracji upoważnienie (pełnomocnictwo szczególne) do wykonania czynności ustalenia przebiegu granic nie powinno być częścią składową postanowienia o wszczęciu postępowania rozgraniczeniowego – jest ono bowiem czynnością określoną prawem cywilnym i jako takie nie powinno być udzielane w formie aktu administracyjnego. O konieczności formalnego rozdzielenia wskazanych czynności procesowych świadczyć może także zapis §19 *rozporządzenia w sprawie rozgraniczenia nieruchomości* (Dz.U. z 1999 r., Nr. 45, poz.453), który określając, jakie elementy winna zawierać dokumentacja z rozgraniczenia wymienia oddzielnie w pkt. 1 postanowienie właściwego organu o wszczęciu postępowania rozgraniczeniowego oraz w pkt. 2 upoważnienie geodety do przeprowadzenia czynności ustalenia przebiegu granic – co może w sposób pośredni potwierdzać zaprezentowany pogląd, że winny być to oddzielne dokumenty urzędowe, sporządzone w przepisanej formie przez powołane do tego organy władzy publicznej.

- *Brak wyraźnego wskazania, na kim spoczywa obowiązek zlecenia prac geodezyjnych.*
- Brak wyraźnego określenia procedury wyłonienia (wskazania wykonawcy i zlecenia prac) uprawnionego geodety do przeprowadzenia czynności ustalenia przebiegu granic może być powodem ograniczenia uprawnień stron w postępowaniu administracyjnym i prowadzić w konsekwencji do sytuacji, w których zleceniodawcą prac jest jedna ze stron postępowania, podczas gdy druga pozbawiona jest możliwości współdecydowania o jego wyborze, przy biernej postawie organu, którego rola ogranicza się w takiej sytuacji jedynie do formalnego upoważnienia wskazanego geodety. Utrwalona w tym względzie praktyka [Felcenloben 2006] prowadzić może do sytuacji kwestionowania przez pozostałych uczestników spornego postępowania bezstronności upoważnionego przez organ geodety działającego na zlecenie jednej z zainteresowanych stron.

2. Na etapie formułowania sposobów zakończenia postępowania rozgraniczeniowego:

- *Brak jednoznacznych przepisów nakładających na organ administracyjny obowiązek wydania decyzji rozgraniczeniowej, w sytuacji, kiedy możliwym jest ustalenie granic nieruchomości na podstawie art. 31 ust. 2 i 3 w zw. z art. 33 ust.1 ustawy Pgik.*

Orzecznictwo sądów administracyjnych jak i cywilnych dostarcza wielu przykładów, iż brak jednoznacznych zasad określających bezwzględną kolejność stosowania kryteriów rozgraniczenia jest wielokrotnie bezpośrednim powodem korygowania, przy udziale geodety, istniejących stanów prawnych możliwych do ustalenia na podstawie zebranych dowodów w sprawie (znaków, śladów granicznych, map i innych dokumentów oraz punktów osnowy geodezyjnej – art. 31 ust. 1 ustawy *Pgik*) – przez dokonanie rozgraniczenia na podstawie kolejnych kryteriów. Przy ustalaniu granic nieruchomości istotnym jest, że przyjęte w postępowaniu administracyjnym „kryteria” rozgraniczenia wykluczają się wzajemnie w tym znaczeniu, że dopóki możliwe jest ustalenie przebiegu granic na podstawie istniejących danych (art. 31 ust. 2 *Pgik*), niedopuszczalne jest ich ustalanie na podstawie zgodnego oświadczenia stron (art. 31 ust. 3 *Pgik*), czy też ugody granicznej (art. 31 ust. 4 *Pgik*).

- *Określone w art. 31 ustawy Pgik kryteria rozgraniczenia nie przewidują możliwości powoływania w trakcie postępowania dowodowego świadków.* Przyjęte w ustawie *Pgik* kryteria rozgraniczenia są wyraźnym odstępstwem od ustalonych w postępowaniu administracyjnym i sądowym reguł umożliwiających powołanie świadka w procesie dowodowym. O ile bowiem w postępowaniu rozgraniczeniowym prowadzonym w trybie cywilnym przed sądem powszechnym możliwym jest powołanie świadka, biegłego (postanowienie SN z dnia 28.03.2000 r., II CKN 912/98, Lex 152445), o tyle w postępowaniu administracyjnym zasady określone w art. 31 ustawy *Pgik* wyłączają taką możliwość.
- *Brak jednoznacznego wskazania, w jakich przypadkach strona może żądać przekazania sprawy sądowi, a w jakich wnosić odwołanie od decyzji administracyjnej – art. 33 ust. 3 ustawy Pgik.*

Nieprecyzyjny zapis art. 33 ust. 3 ustawy *Pgik* ograniczający możliwość złożenia żądania przekazania sprawy do rozpatrzenia sądowi jedynie do tych przypadków, w których strona wykaże swoje „niezadowolenie ze sposobu ustalenia granic”, decyduje tym samym, kiedy może nastąpić ograniczenie konstytucyjnej zasady dwuinstancyjności (art. 78 *Konstytucji RP*), a w jakich sytuacjach winno toczyć się postępowanie administracyjne w trybie odwoławczym od wydanej decyzji rozgraniczeniowej. Brak precyzji przy tworzeniu ustawowego wyłączenia prawa do wniesienia odwołania od decyzji administracyjnej stanowi dodatkowe ograniczenie uprawnień strony w postępowaniu.

- *Brak jednoznacznego rozstrzygnięcia co do skutków prawnych wniesienia żądania przekazania sprawy sądowi – jaki jest byt prawny decyzji administracyjnej w sytuacji umorzenia postępowania sądowego.*

Norma wyrażona w art. 33 ust. 3 ustawy *Pgik* dająca stronie roszczenie o przekazanie sprawy sądowi prowadzić może do sytuacji, w której nieokreślony jest jednoznacznie byt prawny decyzji administracyjnej zatwierdzającej ustalone granice nieruchomości. Dotyczyć to może przypadków, kiedy postępowanie sądowe ulegnie umorzeniu z wniosku uprawnionej strony [Durzyńska 2002]. Wówczas mogą się rodzić wątpliwości, czy decyzja administracyjna staje się w takiej sytuacji prawomocna, czy też złożony wniosek (żądanie) o przekazanie sprawy sądowi jest środkiem bezwzględnie anulującym i wywołującym nieodwracalne skutki kasacyjne.

- *Brak określonych zasad ponoszenia przez strony kosztów rozgraniczenia w postępowaniu administracyjnym.*

Ponoszone przez strony w trakcie postępowania rozgraniczeniowego koszty są często w praktyce same w sobie przedmiotem odrębnego spornego postępowania, w ramach którego zainteresowani dochodzą swych racji żądając ich ustalenia w taki sposób, aby adekwatne były one do uzyskanych indywidualnych korzyści w wyniku zakończonego rozgraniczenia. Powodem tych interpretacyjnych nieporozumień i powstających na tym tle sporów jest brak ustanowionych zasad, które jednoznacznie rozstrzygałyby te kwestie, przesądzając tym samym, jakie koszty i w jakiej wysokości winny ponosić strony postępowania, a w jakiej części organ administracji prowadzący rozgraniczenie. W przepisach *Pgik*, brak jest, bowiem jakichkolwiek regulacji prawnych w zakresie sposobu rozliczenia, poniesionych w trakcie postępowania administracyjnego kosztów rozgraniczenia nieruchomości. Brak jest także wyraźnego odesłania i tym samym, upoważnienia organu do stosowania w tym zakresie innych przepisów w szczególności określonych w art. 152 *k.c.*, w którym jako zasadę przyjęto, że „koszty rozgraniczenia oraz koszty urządzenia i utrzymywania stałych znaków granicznych ponoszą strony po połowie”. Zauważyć także należy, że przywołane przepisy ustawy *Pgik* jak i przepisy wykonawcze nie określają ani zryczałtowanych kosztów tego postępowania, ani też nie nakładają obowiązku poniesienia tych kosztów bezpośrednio przez stronę postępowania. Dlatego też mając na uwadze charakter postępowania rozgraniczeniowego, stwierdzić należy w takiej sytuacji, iż podstawą prawną rozpatrywania sprawy rozdziału kosztów pomiędzy stronami postępowania, a samym organem prowadzącym sprawę,

winy stanowić przede wszystkim przepisy art. 262 § 1 *k.p.a.*, w którym ustawodawca określił, jakie koszty postępowania mogą obciążać stronę, a jakie tym samym leżą po stronie organu prowadzącego. Z treści, przywołanego art. 262 § 1 *k.p.a.* wynika, że przedstawione tam wyliczenie ma charakter zamknięty, co oznacza, że stronę mogą obciążać jedynie te koszty, które poniesione zostały z winy strony lub w jej interesie, a nie wynikały z ustawowego obowiązku organu. Rozbieżne orzecznictwo NSA w zakresie pojmowania pojęcia interesu stron w poniesieniu kosztów postępowania rozgraniczeniowego w rozumieniu przepisu art. 262 § 1 pkt 2 *k.p.a.* dodatkowo utrudnia podejmowanie rozstrzygnięć w sprawie. Stąd też zachodzi konieczność doprecyzowania w ustawie *Pgik* tego zagadnienia [6].

- *Brak określonych zasad zakończenia postępowania administracyjnego w przypadku zawarcia przez strony ugody granicznej - obowiązku umorzenia postępowania.*

W sytuacji, kiedy strony postępowania w trakcie rozprawy granicznej zawarły przed upoważnionym geodetą ugody, która kończy postępowanie rozgraniczeniowe, właściwy organ winien umorzyć wszczęte postępowanie w sprawie jako bezprzedmiotowe (art. 105 § 1 *k.p.a.* w zw. z art. 31 ust. 4 *Pgik*). Zawarta ugoda jest bowiem umową cywilną posiadającą moc ugody sądowej i nie wymaga zatwierdzenia przez organ administracji publicznej prowadzący postępowanie rozgraniczeniowe. Wydana decyzja ma w takiej sytuacji charakter deklaratoryjny i wtórny, potwierdzający jedynie fakt zawarcia ugody granicznej kończącej w trybie cywilnym wszczęte postępowanie rozgraniczeniowe. Od wydanej decyzji o umorzeniu postępowania przysługuje stronom prawo złożenia odwołania na zasadach ogólnych, jednakże jej uchylenie w trybie odwoławczym czy w trybach nadzwyczajnych, nie wpływa na merytoryczne zakończenie samego postępowania (Orzeczenie SN z 6 maja 1979 r., III CZP 24/70, OSNCP 12/70, poz. 222). Dokonanie przez strony czynności prawnej eliminującej spór graniczny, nie oznacza tym samym zakończenia trwającego postępowania administracyjnego. Wszczęte z wniosku strony lub urzędu postępowanie administracyjne w sprawie o rozgraniczenie nieruchomości powinno bowiem zakończyć się w jeden ze sposobów określonych administracyjnym prawem procesowym rozstrzygając sprawę co do jej istoty w całości lub części, albo w inny sposób kończyć postępowanie przed organem administracji w danej instancji.

- *Brak jest określonych reguł, w jakim zakresie organ administracji publicznej upoważniony jest do dokonania kontroli ugody granicznej zawartej przed geodetą.*

Brak czytelnych zasad w tym zakresie sprawia, iż pojawiają się wątpliwości interpretacyjne czy ugoda graniczna zawarta w trybie cywilnym przed geodetą, posiadająca moc ugody sądowej, może być poddana jakiegokolwiek kontroli administracyjnej, a jeżeli tak, to w jakim zakresie. Czy organ administracji uprawniony jest wyłącznie do kontroli formalnej zawartej ugody, czy też właściwym jest także do jej merytorycznej oceny i tym samym podejmowania czynności procesowych w sytuacji, kiedy obarczona jest ona wadami prawnymi (np. zawarta została dla pozorów celem dokonania tzw. przewłaszczenia). Ustawodawca nadając ugodzie granicznej moc ugody są-

dowej przesądził, iż winna ona wywoływać zgodnie z dualistyczną koncepcją ugody zarówno skutek materialn-oprawny, jak i procesowy, przy czym każda z tych czynności podlega odrębnej ocenie. Ważność czynności cywilnych oceniana jest, w tym przypadku, jedynie przez uprawnionego geodetę, który składając pod zawartą ugodą swój podpis poświadcza tym samym, że zachodzą przesłanki do jej zawarcia. Przesłanki procesowe oceniane są natomiast według przepisów postępowania administracyjnego przez organ, który postępowanie rozgraniczeniowe prowadził w decyzji o umorzeniu postępowania. Wyjęcie spod kontroli administracyjnej ugody granicznej budzi wiele kontrowersji i wątpliwości szczególnie w tych sytuacjach, kiedy staje się ona parawanem umożliwiającym stronom, przy biernej postawie uprawnionego geodety, obejście istniejących przepisów prawa. Stąd dla zachowania ciągłości postępowania administracyjnego jego jednorodności, jak i potrzeby zapewnienia takich rozwiązań systemowych, które dawałyby gwarancję trwałych i zgodnych z prawem rozwiązań, należy w przekonaniu autora niniejszej pracy dokonać zmiany istniejących przepisów poprzez odwołanie się w postępowaniu rozgraniczeniowym do zasad określających możliwość zawarcia ugody administracyjnej.

ZAKOŃCZENIE I WNIOSKI

Dokonując przeglądu orzecznictwa SN i NSA w sprawie rozgraniczenia nieruchomości należy stwierdzić, że jedynie w części wyjaśnia ono w sposób jednoznaczny nieprecyzyjne zapisy ustawy *Pgik* i stanowić może tym samym wyraźne wskazania interpretacyjne dla organów stosujących prawo. W części poruszanych zagadnień orzeczenia nie są jednak jednolite, a wręcz rozbieżne, co stanowi dodatkowe utrudnienie w stosowaniu prawa.

Biorąc pod uwagę powyższe mankamenty ustawy *Pgik*, uprawnionym jest według autora pracy stwierdzenie, że istnieje potrzeba dokonania istotnych zmian obowiązujących przepisów określających zasady rozgraniczania nieruchomości we wskazanym zakresie. Stwierdzone w trakcie przyjmowania do zasobu geodezyjnego i kartograficznego, liczne wady w dokumentacji z rozgraniczenia, dotyczące zarówno czynności procesowych podejmowanych przez organy administracji publicznej jak i wykazywane uchybienia leżące po stronie geodetów wykonawców prac [Felcenloben 2006], skłaniają do twierdzenia, iż w wielu przypadkach przyczyną ich zaistnienia był brak precyzyjnych norm prawnych określających w sposób jasny i zrozumiały reguły postępowania organu administracji, jak i upoważnionego geodety.

Ponadto nasuwa się generalny wniosek, iż administracyjne postępowanie rozgraniczeniowe oparte na zasadach określonych w ustawie *Pgik*, nie zapewnia stronom biorącym w nim udział należytej gwarancji ochrony ich praw w sposobach rozstrzygania spraw granicznych. Podkreślić bowiem należy, że szereg uprawnień strony w postępowaniu rozgraniczeniowym opartych jest na założeniu prawidłowego działania organów administracji publicznej, podczas gdy wykazana praktyka [Felcenloben 2006] jak i orzecznictwo NSA i SN świadczy, że częstokroć tak nie jest, a istotnym powodem takiego stanu jest brak jednoznacznego prawa w tym zakresie. Podejmowane próby modyfikacji obowiązującego prawa winny, zatem zmierzać do zapewnienia stronom real-

nej możliwości uczestnictwa w postępowaniu, jak i ochrony ich słusznego interesu w procesie na każdym jego etapie.

Poczynione w pracy uwagi i spostrzeżenia stanowiąc mogą podstawę do sformułowania wniosków *de lege ferende* w zakresie:

1. **Potrzeby doprecyzowania procedury wszczęcia postępowania rozgraniczeniowego**, a w tym:
 - a) zasadności poddania kontroli zażaleniowej postanowienia o wszczęciu postępowania rozgraniczeniowego,
 - b) określenia w ustawie przypadków, w których organ administracji winien posiadać możliwość odmowy wszczęcia postępowania rozgraniczeniowego,
 - c) doprecyzowania, zapisanej w art. 30 ust. 2 ustawy *Pgik* możliwości wszczęcia postępowania rozgraniczeniowego z urzędu poprzez odwołanie się wprost do zdefiniowanego w art. 6 ustawy o gospodarce nieruchomościami, katalogu celów publicznych,
 - d) jednoznacznego określenia, iż to na organie administracji ciąży obowiązek wyłonienia i upoważnienia geodety uprawnionego do przeprowadzenia czynności ustalenia przebiegu granic,
 - e) określenia trybu i formy, w jakiej organ winien udzielić upoważnienia do wykonania czynności ustalenia przebiegu rozgraniczanych granic uprawnionemu geodecie.
2. **Potrzeby doprecyzowania sposobów zakończenia postępowania rozgraniczeniowego**, a w tym:
 - a) jednoznacznego określenia zasad regulujących zbieg postępowania administracyjnego i sądowego – m.in. w zakresie zdefiniowania „bytu” prawnego ostatecznej decyzji rozgraniczeniowej w przypadku złożenia przez stronę żądania przekazania sprawy sądowi,
 - b) jednoznacznego określenia w jakich przypadkach stronie służy prawo żądania przekazania sprawy do rozpatrzenia sądowi, a w jakich istnieje możliwość złożenia odwołania w administracyjnym toku instancji,
 - c) jednoznacznego określenia przypadków, w których organ administracji zobowiązany byłby do umorzenia postępowania rozgraniczeniowego w sytuacji, kiedy brak jest przesłanek do merytorycznego rozstrzygnięcia sprawy,
 - d) jednoznacznego ustalenia zasad ponoszenia przez strony kosztów rozgraniczenia nieruchomości.

Zdaniem autora, niezależnie od poczynionych uwag dotyczących istniejącego administracyjno-sądowego modelu rozgraniczania nieruchomości, wydaje się zasadne rozważyć także konieczność **rozdzielenia trybu postępowania administracyjnego od sądowego**. W trybie administracyjnym dwuinstancyjnym winny być rozstrzygane sprawy niesporne, a samo postępowanie powinno kończyć się decyzją rozstrzygającą sprawę co do istoty. Wystąpienie sporu w trakcie postępowania administracyjnego powinno być przesłanką wykluczającą kompetencje organu do prowadzenia postępowania, w sytuacji braku możliwości jego zakończenia w wyniku zawartej ugody administracyjnej. Organ administracji zobowiązany byłby wówczas do umorzenia postępowania z powodu zaistniałego sporu granicznego, bez obowiązku przekazania sprawy do rozpatrzenia sądowi. Postępowanie sądowe inicjowane byłoby w takich przypadkach przez

zainteresowanych w sprawie. Bezpośrednio w postępowaniu sądowym (cywilnym) winny być, zatem rozstrzygane sprawy sporne, uprzednio zakończone ugodą lub decyzją administracyjną – w przypadku wystąpienia sporu granicznego. Sąd winien być właściwy do rozstrzygania sporów o własność – taką bowiem sprawą cywilną jest ustalenie zasięgu granic własności. Przyjęcie proponowanego rozwiązania prowadziłoby z jednej strony do uproszczenia i skrócenia procedury rozgraniczenia bezspornych granic nieruchomości, z drugiej zaś zapewniałoby spójność i kompletność postępowania w fazie administracyjnej. Możliwość zaś bezpośredniego złożenia wniosku o wszczęcie postępowania cywilnego przed sądem powszechnym w spornej sprawie granicznej, bez konieczności wyczerpania trybu administracyjnego, stanowiłoby także element uproszczenia i skrócenia procedury rozgraniczeniowej. Wskazane tryby postępowania zachowałyby zatem status autonomicznych postępowań, których podjęcie uzależnione byłoby jedynie od woli zainteresowanych stron. Podobny pogląd prezentuje Durzyńska [2006]. Konsekwencją przyjęcia proponowanego rozwiązania byłoby także wyeliminowanie możliwości zawarcia przed geodetą ugody granicznej posiadającej moc ugody sądowej i zastąpienie jej w zaistniałej sytuacji ugodą administracyjną.

PIŚMIENNICTWO

- Adamiak B., Borkowski J., 2006. Kodeks postępowania administracyjnego. Komentarz. Wydanie 8, Wydawnictwo C.H. Beck Warszawa 2006.
- Durzyńska M., 2004. Charakter prawny ugody granicznej, Samorząd Terytorialny nr 4, 38-45.
- Durzyńska M., 2002. Decyzja administracyjna o rozgraniczeniu nieruchomości, Przegląd Geodezyjny nr 10/2002, s.16-17, nr 11/2002 s.16-17, nr 12/2002, 10-11.
- Durzyńska M., 2006. Rozgraniczenie nieruchomości – dywagacje na temat modelu postępowania, Przegląd Geodezyjny nr 1/2006, 9-11.
- Felcenloben D., 2006. Czy zmieniać istniejące prawo geodezyjne i kartograficzne w zakresie rozgraniczania nieruchomości? Materiały konferencyjne XII Konferencji w Pogorzeliczy – Prawo w Geodezji, ZGIG Szczecin, 20-36.
- Felcenloben D., 2006. Kto powinien ponosić koszty postępowania rozgraniczeniowego? Magazyn Geoinformacyjny nr 12/2006, 50-52.
- Zieliński M., 2006. Wykładnia prawa. Zasady, reguły, wskazówki. Wydanie 3. Wydawnictwo prawnicze LexisNexis. Warszawa 2006, 243.
- Ustawa z dnia 14 czerwca 1960 r. – Kodeks postępowania administracyjnego (t.j. Dz. U. z 2000 r., Nr 98, poz. 1071, ze zm.) – *k.p.a.*
- Ustawa z dnia 23 kwietnia 1964 r. – Kodeks Cywilny (Dz.U. z 1964 r., Nr 16, poz. 93 ze zm.) – *k.c.*
- Ustawa z dnia 17 maja 1989 r.– Prawo geodezyjne i kartograficzne (tj. Dz. z 2005 r., Nr 240, poz. 2027) – *Pgik*.
- Rozporządzenie Ministrów Spraw Wewnętrznych i Administracji oraz Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 14 kwietnia 1999 r., w sprawie rozgraniczania nieruchomości (Dz.U. z 1999 r., Nr 45, poz. 453).

ANALYSIS OF REGULATIONS REGARDING ADMINISTRATIVE PROCEDURE OF ESTATE

Abstract. The purpose of this work is to analyse administrative-judicial model of demarcation procedure which was specified in bylaws of act from 17th may 1989 *Prawa*

geodezyjnego i kartograficznego (from year 2005, Dz.U. Nr 240, poz.2027) and to rate its construction in context of the party entitlement in procedure that enables its active participation in process of creating final conclusion and to point out solutions that will give such guarantees. Research has been carried applying the method of analysis with the use of static interpretation of legal act and taking under consideration accomplishment of doctrine and jurisdiction from Supreme Administrative Court and Supreme Court which has maintained relevance. In the work, conclusions were formed *de lege ferende*, to point out the necessity of making procedure of property demarcation more accurate, to eliminate doubts emerging at its usage.

Key words: demarcation of property, assessment of borders

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 29.03.2007

ESTYMACJA BŁĘDÓW MODELU POWIERZCHNI OPISANYCH FUNKCJAMI KSZTAŁTU ZA POMOCĄ SIECI NEURONOWYCH

Maria Mrówczyńska

Uniwersytet Zielonogórski

Streszczenie. W artykule przedstawiono zagadnienie estymacji błędów modeli powierzchni określonej na dyskretnym zbiorze punktów o danych wartościach współrzędnych przestrzennych (x, y, z) . Przyjęto, że obiekt opisują funkcje kształtu w postaci płaszczyzny, paraboloidy eliptycznej oraz paraboloidy hiperbolicznej. Realizacja numeryczna zadania polegała na wyznaczeniu błędów modeli określonych za pomocą sieci neuronowych oraz na podstawie rozwiązania zadań wyrównawczych. Modelowanie za pomocą sieci neuronowych zrealizowano za pomocą sieci jednokierunkowych wielowarstwowych z zastosowaniem gradientowych metod optymalizacji oraz algorytmu ResilientbackPropagation (*RPROP*). Wyniki porównano z wynikami aproksymacji wielomianem drugiego i trzeciego stopnia, funkcją sklejaną oraz metodą kriging.

Słowa kluczowe: sieci neuronowe jednokierunkowe, algorytmy gradientowe, aproksymacja powierzchni

WSTĘP

Zagadnienie określania kształtu powierzchni rozpiętej na zadanym zbiorze punktów można rozpatrywać z geodezyjnego punktu widzenia w dwóch przypadkach, a mianowicie [Nowak 2001]:

- punkty P_i ($i = 1, 2, \dots, m$), którym przyporządkowano współrzędne teoretyczne x_i, y_i, z_i ($i = 1, 2, \dots, m$),
- punkty P_i ($i = 1, 2, \dots, m$) o empirycznych współrzędnych x_i, y_i, z_i ($i = 1, 2, \dots, m$).

Stawiając hipotezę, że funkcja kształtu o n parametrach przyjmuje postać

$$F(x, y, z) = 0$$

wówczas dla punktów o współrzędnych teoretycznych, estymacja błędów modelu sprowadza się do rozwiązania zagadnienia minimalizacji

$$\min \sum_{i=1}^m v_{f_i}^2 = \sum_{i=1}^m F^2(x_i, y_i, z_i)$$

gdzie $v_{f_i}; i = 1, 2, \dots, m$ reprezentują różnice między wartością funkcji określoną na podstawie współrzędnych teoretycznych a wartością funkcji uzyskaną w procesie minimalizacji.

Biorąc pod uwagę współrzędne empiryczne punktów będziemy mieli do czynienia z zadaniem wyrównawczym o postaci ogólnej

$$\min \sum_{i=1}^m v_{x_i}^2 + v_{y_i}^2 + v_{z_i}^2$$

przy czym

$$F(x_i^{obs} + v_{x_i}, y_i^{obs} + v_{y_i}, z_i^{obs} + v_{z_i}) = 0 \quad \text{dla } P_1, \dots, P_m.$$

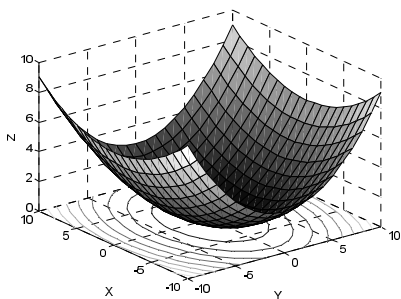
W tym przypadku błędy współrzędnych empirycznych nabierają szczególnego znaczenia w aspekcie dokładności modelowania obiektów.

W celu dokonania analizy estymacji błędów modelu zostały podjęte kroki poszukiwana minimum funkcji rozpiętej na zadanym zbiorze punktów o współrzędnych teoretycznych. Rozpatrywano trzy przypadki estymacji błędów modelu uzyskanych na podstawie rozwiązania zadania wyrównawczego z uwzględnieniem funkcji kształtu w postaci:

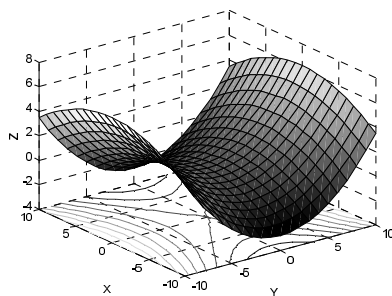
– równania paraboloidy eliptycznej $z = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}$ (rys. 1a),

– równania paraboloidy hiperbolicznej $z = \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2}$ (rys. 1b).

Rozwiązanie tego zagadnienia pozwala na przeprowadzenie krytycznej analizy dokładności odwzorowywania rzeźby terenu za pomocą sieci neuronowych, które stanowią uniwersalny układ aproksymacyjny, odwzorowujący wielowymiarowe zbiory danych oraz nie wymagają formułowania funkcji kształtu. Stosowanie sieci neuronowych wymaga jednak odpowiedniej struktury sieci, odpowiedniej liczby wzorców uczących w odniesieniu do ogólnej liczby punktów oraz doboru właściwej funkcji aktywacji (może być inna w warstwie ukrytej i w warstwie wyjściowej).



Rys. 1a.



Rys. 1b.

Rys. 1. Paraboloida eliptyczna oraz paraboloida hiperboliczna dla $a=4$ i $b=6$
 Fig. 1. The elliptic paraboloid and the hyperbolic paraboloid for $a=4$ and $b=6$

GRADIENTOWE METODY OPTIMALIZACJI

Realizacja zadań za pomocą sieci neuronowych wymaga nauczenia sieci prawidłowego przetwarzania informacji. Uczenie sieci polega na automatycznym wyznaczeniu wag neuronów w taki sposób, żeby na podstawie danych wprowadzonych do obliczeń (wektor wejściowy x) uzyskać taki wektor wyjściowy y , którego współrzędne y_i byłyby pod względem wartości najbliższe współrzędnym $d_i; i=1,2,\dots,M$ wektora zadanego d . Minimalizacja różnic między wartościami sygnałów wyjściowych y_i a wartościami zadanymi d_i odpowiada minimalizacji funkcji błędu E (funkcji celu, funkcji energetycznej), definiowanej z wykorzystaniem metryki euklidesowej jako:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \|y_i - d_i\|^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (y_i^j - d_i^j)^2 \quad (1)$$

gdzie N jest liczbą wektorów wejściowych, M liczbą współrzędnych wektora wyjściowego.

Adaptacja wektora wag (uczenie sieci) przebiega zgodnie z regułą:

$$w^{(k+1)} = w^{(k)} + \eta p(w^{(k)}) \quad (2)$$

gdzie k oznacza numer kolejnej iteracji, η – współczynnik uczenia, $p(w^{(k)})$ jest kierunkiem minimalizacji w przestrzeni wielowymiarowej w .

Metody gradientowe wykorzystują informacje dotyczące gradientu funkcji celu, który wykazuje kierunek największego wzrostu funkcji. Określenie gradientu wymaga rozwinęcia funkcji $E(w)$ w dowolnie bliskim otoczeniu aktualnego rozwiązania

$w = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$ w szereg Taylora

$$E(\mathbf{w} + \mathbf{p}) = E(\mathbf{w}) + [\mathbf{g}(\mathbf{w})]^T \mathbf{p} + \frac{1}{2} \mathbf{p}^T \mathbf{H}(\mathbf{w}) \mathbf{p} + \dots \quad (3)$$

gdzie

$$\mathbf{g}(\mathbf{w}) = \nabla E(\mathbf{w}) = \left[\frac{\partial E}{\partial w_1}, \frac{\partial E}{\partial w_2}, \dots, \frac{\partial E}{\partial w_n} \right]^T \quad \text{-- gradient } \mathbf{w} \text{ kierunku } \mathbf{p}$$

$$\mathbf{H}(\mathbf{w}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 E}{\partial w_1 \partial w_1} & \dots & \frac{\partial^2 E}{\partial w_1 \partial w_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 E}{\partial w_n \partial w_1} & \dots & \frac{\partial^2 E}{\partial w_n \partial w_n} \end{bmatrix} \quad \text{-- hesjan.}$$

Rozwinięcie w szereg Taylora funkcji $E(\mathbf{w})$ z uwzględnieniem składnika drugiego rzędu dostarcza informacji na temat krzywizny funkcji zawartej w hesjanie. Pominięcie tego składnika, jak to ma miejsce w przypadku stosowania metody największego spadku, pozwala jedynie uzyskać zbieżność liniową szczególnie w pobliżu punktu optymalnego. Jeżeli $\mathbf{g}(\mathbf{w})^{(k)} = 0$ oraz hesjan $\mathbf{H}(\mathbf{w})^{(k)}$ jest dodatnio określony, wówczas wartość funkcji celu $E(\mathbf{w})$ w dowolnym punkcie należącym do bliskiego otoczenia punktu $\mathbf{w}^{(k)}$ ma wartość większą niż w punkcie $\mathbf{w}^{(k)}$. Zatem punkt $\mathbf{w}^{(k)}$ jest rozwiązaniem odpowiadającym minimalnej wartości funkcji celu.

Powszechnie stosowanym algorytmem wyboru kierunku minimalizacji jest algorytm największego spadku, który w procesie aktualizacji wag przyjmuje postać

$$w_{ij}^{(k+1)} = w_{ij}^{(k)} - \eta \frac{\partial E}{\partial w_{ij}}. \quad (4)$$

Metoda największego spadku zyskuje uznanie głównie ze względu na prostą realizację numeryczną oraz nie wymagającą zbyt dużej pamięci operacyjnej. W tym miejscu rozpatrywane zagadnienie należy uzupełnić uwagą, że korekta wag następuje w kierunku ujemnego wektora gradientu funkcji celu.

Metoda zmiennej metryki należy do metod quasi-newtonowskich, wykorzystujących w algorytmie informacje na temat krzywizny minimalizowanej funkcji bez konieczności kłopotliwego w realizacji jawnego wyznaczenia macierzy hesjanu. W metodach quasi-newtonowskich macierz hesjanu jest aproksymowana za pomocą różnicy pochodnych pierwszego rzędu. Ten tok postępowania nie wymaga trudnego do spełnienia (w ogólnym przypadku) warunku dodatniej określoności hesjanu w każdej iteracji, co ułatwia praktyczną implementację algorytmu. Zatem, stacjonarny punkt \mathbf{w}^* minimum funkcji celu $E(\mathbf{w})$ będziemy poszukiwać na kierunku

$$\mathbf{p}^{(k)} = -[\mathbf{G}(\mathbf{w})^{(k)}]^{-1} \mathbf{g}(\mathbf{w})^{(k)}, \quad (5)$$

przy czym macierz odwrotna przybliżonego hesjanu $\mathbf{V}^{(k)} = [\mathbf{G}(\mathbf{w}^{(k)})]^{-1}$ jako macierz modyfikowana z poprzedniej iteracji (wartość startowa $\mathbf{V}^0 = \mathbf{I}$) została opisana rekurencyjną zależnością (algorytm Davidona – Fletchera – Powella [Osowski 1996])

$$\mathbf{V}^{(k)} = \mathbf{V}^{(k-1)} + \frac{\mathbf{s}^{(k)}(\mathbf{s}^{(k)})^T}{(\mathbf{s}^{(k)})^T \mathbf{r}^{(k)}} - \frac{\mathbf{V}^{(k-1)} \mathbf{r}^{(k)} (\mathbf{r}^{(k)})^T \mathbf{V}^{(k-1)}}{(\mathbf{r}^{(k)})^T \mathbf{V}^{(k-1)} \mathbf{r}^{(k)}} \quad (6)$$

gdzie $\mathbf{s}^{(k)}$ oraz $\mathbf{r}^{(k)}$ oznaczają odpowiednio przyrost wektora wag \mathbf{w} oraz gradientu $\mathbf{g}(\mathbf{w})$ w dwóch kolejnych iteracjach, tj. $\mathbf{s}^{(k)} = \mathbf{w}^{(k)} - \mathbf{w}^{(k-1)}$, $\mathbf{r}^{(k)} = \mathbf{g}(\mathbf{w})^{(k)} - \mathbf{g}(\mathbf{w})^{(k-1)}$.

Metoda Levenberga-Marquardta jest bardzo zbliżona do metody zmiennej metryki. Jej zaletą jest to, że prawie zawsze jest zbieżna i nie „zwalnia zbieżności”, co często występuje w metodzie największego spadku. Analogicznie jak w metodzie zmiennej metryki wykorzystuje się kwadratowe przybliżenie funkcji celu $E(\mathbf{w})$ oraz aproksymowaną wartość hesjanu $\mathbf{G}(\mathbf{w})$ z uwzględnieniem czynnika regularyzacji $\beta^{(k)} \mathbf{I}$.

Metoda gradientów sprzężonych wykorzystuje model kwadratowy funkcji celu bez konieczności wykonania w każdej iteracji szeregu operacji macierzowych. Kierunki p_1, p_2, \dots, p_n nazywamy kierunkami sprzężenia, które generowane są na podstawie informacji o nowych pochodnych i poprzednich kierunkach. Wektor kierunkowy w k -tej iteracji przyjmuje postać

$$\mathbf{p}^{(k)} = -\mathbf{g}(\mathbf{w})^{(k)} + \beta^{(k-1)} \mathbf{p}^{(k-1)} \quad (7)$$

gdzie: $\mathbf{g}(\mathbf{w})^{(k)}$ - wektor gradientu, $\beta^{(k-1)}$ - współczynnik sprzężenia.

Spśród wielu reguł wyznaczenia współczynnika sprzężenia $\beta^{(k-1)}$, najczęściej stosowane są [Osowski 1996]:

– metoda Polaka – Riebiere’a $\beta^{(k-1)} = \frac{\mathbf{g}(\mathbf{w})^{(k)T} (\mathbf{g}(\mathbf{w})^{(k)} - \mathbf{g}(\mathbf{w})^{(k-1)})}{(\mathbf{g}(\mathbf{w})^{(k-1)T} \mathbf{g}(\mathbf{w})^{(k-1)})}$, (8)

– metoda Fletchera – Reevesa $\beta^{(k-1)} = \frac{\mathbf{g}(\mathbf{w})^{(k)T} (\mathbf{g}(\mathbf{w})^{(k)} - \mathbf{g}(\mathbf{w})^{(k-1)})}{-\mathbf{p}^{(k)T} \mathbf{g}(\mathbf{w})^{(k-1)}}$. (9)

ALGORYTM RPROP

Algorytm *Resilient Backpropagation* (algorytm RPROP) umożliwia przyspieszenie zbieżności i zmniejsza ryzyko zatrzymania procesu w lokalnym minimum. Istota algorytmu polega na aktualizacji wag w zależności od znaku składowych gradientu, zaś

sama jego wartość jest pomijana [Duch i in. 2000, Osowski 1996, Riedmiller i Braun 1992].

Korekta wag przebiega według zależności

$$w^{(k+1)} = w^{(k)} - \eta^{(k)} \operatorname{sgn}(\nabla E(w)^{(k)}), \quad (10)$$

w której współczynnik uczenia η jest zależny od znaku gradientu. Współczynnik η jest dobierany w każdym cyklu dla każdej wagi w indywidualnie. Wzrost wartości tego współczynnika następuje wtedy, gdy znak gradientu w dwóch kolejnych iteracjach jest jednakowy, natomiast w przeciwnym wypadku następuje jego redukcja. W związku z tym

$$\eta^{(k)} = \begin{cases} \min(a\eta^{(k-1)}, \eta_{\min}) & \text{dla } \nabla E(w)^{(k)} \nabla E(w)^{(k-1)} > 0 \\ \max(b\eta^{(k-1)}, \eta_{\max}) & \text{dla } \nabla E(w)^{(k)} \nabla E(w)^{(k-1)} < 0. \\ \eta^{(k-1)} & \text{w innym przypadku} \end{cases} \quad (11)$$

Zawarte we wzorach symbole a i b są stałymi: $a=1.2$, $b=0.5$, natomiast η_{\min} i η_{\max} oznaczają odpowiednio minimalną i maksymalną wartość współczynnika uczenia, równą w algorytmie RPROP odpowiednio 10^{-6} oraz 50 [Duch i in. 2000, Osowski 1996, Riedmiller i Braun 1992].

WYNIKI SYMULACJI NUMERYCZNYCH

Odwzorowanie powierzchni opisanych funkcjami kształtu paraboloidą eliptyczną oraz hiperboliczną przeprowadzono dla zbioru uczącego o liczebności 20 punktów, zbioru testowego o liczebności 440 punktów (rys. 2a i 2b) dla sieci o architekturze 2_10_1 (2 wejścia, 10 neuronów w warstwie ukrytej, 1 wyjście) z wykorzystaniem bipolarnej funkcji aktywacji postaci

$$y = f(\text{net}) = \frac{1 - \exp(-\lambda \text{net})}{1 + \exp(-\lambda \text{net})}, \quad \lambda > 0 \quad (12)$$

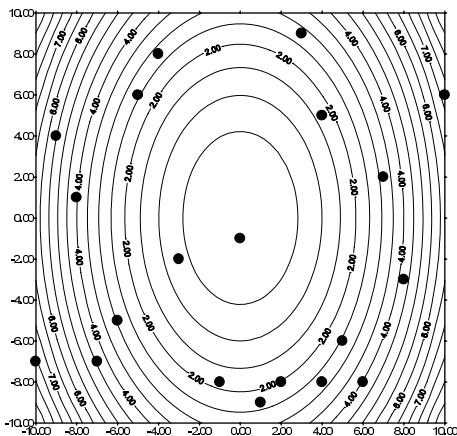
W procesie uczenia jako kryterium zakończenia procesu minimalizacji przyjęto zmianę błędu uczenia w dwóch kolejnych iteracjach wynoszącą $1e-10$ oraz liczbę iteracji na poziomie 25000.

Zastosowana metoda kriginu daje najlepsze rezultaty dla wartości punktowych lub blokowych badanej zmiennej oraz pozwala na osiągnięcie minimalnej wariancji podczas procesu estymacji. Wartości wariancji kriginu zależą od położenia punktów względem szacowanej lokalizacji, od wag przypisanych punktom oraz parametrów modelu semiwariogramu. Wartości funkcji semiwariogramu zostały obliczone na podstawie klasycznej formuły Matherona [Matheron 1962]:

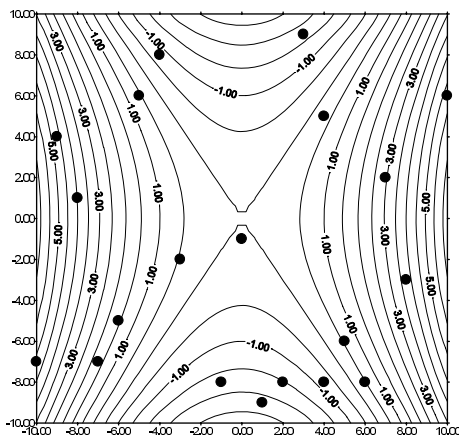
$$\gamma(h) = \frac{1}{2N_h} \sum_{i=1}^n (z_{i+h} - z_i)^2 \quad (13)$$

gdzie $\gamma(h)$ – wartość funkcji semiwariogramu, z_i, z_{i+h} – wysokość w punktach i i $i+h$ odległych o wartość h , N_h – liczba par punktów pomiarowych odległych o wartość h .

W pracy została również zastosowana aproksymacja typu spline wykorzystująca funkcje sklepane złożone z wielomianów 3 stopnia.



Rys. 2a.



Rys. 2b.

Rys. 2. Rozmieszczenie punktów zbioru uczącego – paraboloida eliptyczna (2a) oraz paraboloida hiperboliczna (2b)

Fig. 2. The layout of training set points – the elliptic paraboloid (2a) and the hyperbolic paraboloid (2b)

Wyniki uczenia oraz testowania sieci w postaci błędu średniego

$$RMSE = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\sum_{i=1}^n (d_i - y_i)^2} \quad (14)$$

wraz z wynikami uzyskanymi za pomocą wielomianów, aproksymacji typu spline oraz krigingu zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki odwzorowania modeli powierzchni
Table 1. The results of the area models projection

Metoda odwzorowania The approximation method	Paraboloida eliptyczna błąd $RMSE$ [m] The elliptic paraboloid error $RMSE$ [m]		Paraboloida hiperboliczna błąd $RMSE$ [m] The hyperbolic paraboloid error $RMSE$ [m]	
	zbiór uczący training set	zbiór testowy testing set	zbiór uczący training set	zbiór testowy testing set
	Algorytm <i>RPROP</i>	0.02	0.03	0.05
Metoda Backpropagation	0.68	0.78	0.68	0.76
Gradientów sprzężonych	0.15	0.19	0.22	0.23
Zmiennej metryki	0.00	0.00	0.00	0.00
Levenberga – Marquardta	0.00	0.00	0.00	0.00
Aproksymacja typu spline	0.02	0.03	0.01	0.02
Aproksymacja typu kriging	0.08	0.09	0.07	0.05
Wielomian 2 stopnia	0.00	0.00	0.00	0.00
Wielomian 3 stopnia	0.00	0.00	0.00	0.00

PODSUMOWANIE

Aproksymacja formy kwadratowej trzech liczb rzeczywistych x, y, z (paraboloida eliptyczna i hiperboliczna) za pomocą sieci wielomianów drugiego lub trzeciego stopnia oraz za pomocą sieci jednokierunkowych wielowarstwowych uczonych metodą zmiennej metryki i Levenberga – Marquardta daje jakościowo najlepszy wynik. Niewiele większe błędy uzyskamy stosując algorytm heurystyczny *RPROP* oraz aproksymację typu spline i kriging. W tym miejscu należy dodać, że algorytm *RPROP* wymaga około 10 razy więcej iteracji, aby osiągnąć zbieżność niż podstawowe metody gradientowe. Najmniej korzystne rezultaty osiągnięto stosując metodę największego spadku, ze względu na zbieżność liniową oraz niewielkie postępy minimalizacji w pobliżu punktu optymalnego.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że aproksymacja modeli powierzchni opisanych podstawowymi funkcjami kształtu nie odbiega pod względem dokładności od metod tradycyjnych, takich jak aproksymacja typu spline i kriging. Należy jedynie sprostać wszelkim wymaganiom dotyczącym uzyskania minimum lokalnego, położonego w bliskiej odległości od minimum globalnego.

PIŚMIENNICTWO

- Duch W., Korbicz J., Rutkowski L., Tadeusiewicz R., 2000. Sieci neuronowe, Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, Warszawa.
- Matheron G., 1962. Traite de Geostatistique Appliquee, Memoire du Bureau de Recherche Geologique et Minierem, vol.14, Editions Techniq, Paris.
- Nowak E., Estymacja i weryfikacja numerycznego modelu terenu, 2001. XI Konf. Naukowo-Techniczna „Systemy Informacji Przestrzennej”, Warszawa 28 – 30 maja 2001.
- Nowak E., Wyznaczanie kształtu poprzez estymację błędów pomiaru i modelu, 2001. V Konf. Naukowo-Techniczna „Problemy Automatyzacji w Geodezji Inżynierskiej”, Warszawa 29 – 30 marca 2001.

Osowski S., 1996. Sieci neuronowe w ujęciu algorytmicznym, WNT, Warszawa.

Riedmiller M., Braun H., 1992. A fast adaptive learning algorithm, Technical Report, University Karlsruhe, Germany.

**THE ESTIMATION OF ERRORS
OF AREA MODELS DESCRIBED
BY THE SHAPE FUNCTIONS BY THE MEANS
OF NEURAL NETWORKS**

Abstract. The article deals with the issue of estimation of the area models errors determined on the basis of a discrete points set with the given values of space coordinates (x , y , z). The object was assumed to be described by shape functions in the form of the elliptic paraboloid and the hyperbolic paraboloid. The digital task accomplishment consisted in the statistic verification of errors of the models determined by neural networks and by the accomplishment of adjustment tasks. Modeling by the means of neural networks was carried out by the unidirectional multilayer networks with the application of gradient methods of optimization and by ResilientbackPropagation algorithm (RPROP). The obtained results were compared with the following results of approximation of the second and the third degree of polynomial, the b-spline function and the kriging's method.

Key words: neural networks, gradient methods of optimization, approximation method

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 29.03.2007

OPRACOWANIE MIEJSKIEJ ORTOFOTOMAPY SATELITARNEJ NA PODSTAWIE WYSOKOROZDZIELCZEGO ZOBRAZOWANIA QUICKBIRD-2*

Artur Plichta¹, Ireneusz Wyczalek¹, Elżbieta Wyczalek²,
Zbigniew Zdunek³

¹ Politechnika Poznańska

² Akademia Rolnicza w Poznaniu

³ Fin Skog Geomatics International Sp. z o.o.

Streszczenie. Dynamika rozwoju miast wymaga ciągłej bieżącej aktualizacji lokalnego systemu informacji przestrzennej. To z kolei skłania do poszukiwania efektywnych, niezbyt drogich źródeł danych o zachodzących zmianach. Niezawodnym źródłem informacji topograficznej są obrazy teledetekcyjne, pozyskiwane zarówno z pułapu lotniczego, jak i satelitarne. W Poznaniu rokrocznie gromadzone są zdjęcia lotnicze, na podstawie których aktualizowane są zapisy w bazie mapy miejskiej, a co kilka lat odnawiana jest ortofotomapa. Jest to jednak przedsięwzięcie drogie i pracochłonne, na co nie stać mniejszych społeczności. W ramach prac badawczych realizowanych na Politechnice Poznańskiej, prowadzone są próby oceny możliwości wykorzystania do tego celu wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych. Głównym zaś celem jest wykorzystanie przetworzonego do postaci ortogonalnej obrazu do detekcji zmian obiektów topograficznych zapisanych w bazie danych systemu. O jakości tych prac decyduje przede wszystkim jakość ortofotomapy, zarówno pod względem geometrycznym, jak radiometrycznym. Przedmiotem niniejszej pracy jest przedstawienie wniosków z zastosowanej procedury ortorektifikacji obrazu QuickBird OrthoReady, obejmującej również jego wyostrzenie, generowanie DTM i kontrolę bezwzględnej dokładności wykonania ortofotomapy. Obszarem testowym jest fragment miasta o wymiarach 5×5 km.

Słowa kluczowe: QuickBird, osnowa fotogrametryczna, korekcja obrazu, analiza dokładności ortofotomapy

* Praca została wykonana w ramach grantu indywidualnego KBN nr 4E12T 016 26 realizowanego w latach 2004-2007.

1. WPROWADZENIE

Wykorzystanie obrazów i opracowań teledetekcyjnych do zasilania miejskich systemów informacji przestrzennej jest obecnie zjawiskiem powszechnym i nie budzi obaw o jakość uzyskanych tą drogą danych. Znane są liczne publikacje wskazujące na znaczący wpływ środowisk naukowych na doskonalenie tego źródła danych. Również rywalizacja producentów sensorów, twórców oprogramowania i dostawców pozyskiwanych za ich pomocą obrazów prowadzi do coraz doskonalszych produktów. Wśród nich coraz większego znaczenia nabierają wysokorozdzielcze systemy satelitarne, a szczególnie te, które komercyjnie dostarczają danych – IKONOS (SpaceImaging), QuickBird-2 (DigitalGlobe) i OrbView-3 (OrbImage).

Obrazy satelitarne tej klasy charakteryzują się rozdzielczością terenową poniżej 1 m i składają się z wysokorozdzielczego kanału panchromatycznego (PAN) i czterech mniej szczegółowych kanałów barwnych (R, G, B i NIR), zapisanych z 11-bitową rozdzielczością spektralną. Wiele prac wskazuje na to, że mogą one służyć do generowania map obrazowych w skali większej niż 1:10 000, albo aktualizacji wektorowych baz danych o podobnej szczegółowości i dokładności. Obecnie prowadzone są intensywne prace nad nowymi generacjami sensorów satelitarnych rejestrujących z rozdzielczością $0,41 \pm 0,46$ m i posiadających poszerzony zakres kanałów spektralnych (DigitalGlobe, GeoEye). Obrazy nimi wykonane pozwolą na redakcję map (i aktualizację baz) z przedziału skalowego 1:2000-1:4000. Stworzą też o wiele większe możliwości fotointerpretacyjne. Jednym z potencjalnych zastosowań takich zobrazowań jest ich użycie jako źródła informacji przestrzennej w monitoringu i podejmowaniu decyzji urbanistycznych [Ewiak, Kaczyński 2005; Shackelford, Davis 2005 i in.]. Niezbędne są zatem dalsze intensywne prace nad rozwojem metod efektywnego korzystania z takich obrazów, szczególnie w zakresie zastosowań urbanistycznych. Badania analityczne wysokorozdzielczych sensorów prowadzone są w Polsce przez Kurczyńskiego i Wolniewicza [2002], Wolniewicza [2004] i zespołu Politechniki Warszawskiej [Foller i in. 2005], Ewiaka i Kaczyńskiego [2005], Borowiec [2006] a także przez zespół autorów niniejszej publikacji.

Przedmiotem niniejszego opracowania jest obraz z satelity QuickBird 2 fragmentu Poznania w okrojonym zasięgu 5×5 km (podstawowe dane zamieszczono w tab. 1), zaś celem – sprawdzenie jakości ortofotomapy uzyskanej za pomocą modułu OrthoEngine programu PCI geomatica (wersja 9.1.6) – jednego z najlepiej opracowanych narzędzi fotogrametrycznych, również w odniesieniu do wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych. Zamieszczone w artykule zdjęcia są pomniejszonymi fragmentami badanego obrazu satelitarnego.

Tabela 1. Podstawowe dane analizowanego obrazu

Table 1. Basic data of examined image

Numer obrazu	QuickBird 1010010001F23F01
Format obrazu:	Standard OrthoReady
Data wykonania:	01.06.2003, godz. 9:45
Dostępne kanały spektralne:	Panchromatyczny (450-900 nm), wielkość piksela 0,626 m, resamplowana do 0,6 m; Multispektralny, 4 kanały (450-520 nm, 520-600 nm, 630-690 nm, 760-900 nm), wielkość oryginalnego piksela 2,506 m – resamplowana do 2,4 m.
Format danych:	GeoTIFF, 16-bitowy (przetworzone z oryginalnego formatu 11-bitowego)
Kąt wychylenia od nadiru [°]	7°
Położenie słońca:	wysokość 57.30°, azymut 151.30°
Zachmurzenie	0 %

Format OrthoReady jest postacią obrazu wstępnie przetworzoną, przeznaczoną do wykonania własnej korekty geometrycznej (DigitalGlobe). Posiada on następujące właściwości:

- przeprowadzona korekcja radiometryczna;
- wstępna korekcja geometryczna (usunięcie błędów kamery);
- rzut na wybraną elipsoidę i odwzorowanie (bez użycia DTM);
- piksel panchromatyczny przepróbkowany do wymiaru 0,6 lub 0,7 metra, zaś multispektralne – do 2,4 lub 2,8 metra;
- do obrazu są dołączone metadane niezbędne do rektyfikacji metodami ilorazu wielomianowego oraz fizycznego modelu kamery.

2. PRZEBIEG PRAC BADAWCZYCH

2.1. Zakres opracowania

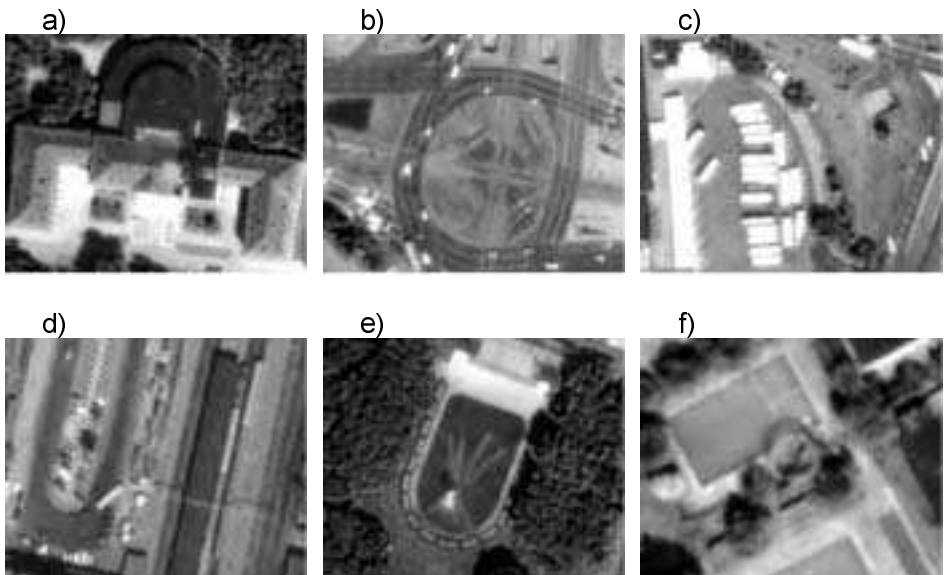
Aby móc wykorzystać obraz satelitarny jako źródło aktualnej informacji przy aktualizacji baz danych, monitoringu obiektów terenowych lub innych zastosowań przestrzennych należy doprowadzić go do postaci rzutu prostopadłego, takiej samej jak mapa danego terenu. Dokładność opracowania ortofotomapy jest jednym z głównych czynników rzutujących na jakość prowadzonych prac. Wynika stąd konieczność szczególnie starannego wykonania tego zadania, poprzedzonego precyzyjną kalibracją obrazu. Podjęto zatem następujące prace:

- 1) analiza czytelności obiektów topograficznych, szczególnie zaś tych, które można by wykorzystać jako fotopunkty,
- 2) pomiar fotopunktów i opracowanie obserwacji,
- 3) korekcja geometryczna obrazu przy wykorzystaniu różnych konfiguracji fotopunktów,
- 4) zdefiniowanie numerycznego modelu terenu,
- 5) ortorektyfikacja, z oceną dokładności *a posteriori*.

Poniżej zostaną omówione pobieżnie poszczególne czynności oraz przedstawione wnioski z przeprowadzonych prac.

2.2. Ocena zdolności interpretacyjnych obrazu

Ocenę możliwości interpretacyjnych obrazu QuickBird wykonano w oparciu o amerykańską skalę interpretacyjności obrazów NIIRS (IRARS, 1996). Określa ona poziomy rozpoznawalności szczegółów na obrazach w zakresie oceny od 1 do 10, które muszą zapewnić rozróżnialność konkretnych grup szczegółów [Wyczalek, Plichta 2005]. W zakresie urbanistycznym interesowały nas trzy kategorie obiektów: zabudowa, transport i zielen. Rysunki 1a-f obrazują wybrane drobne obiekty z wymienionych klas widoczne na analizowanym obrazie. Wyraźnie czytelne są nie tylko elementy zabudowy i infrastruktura drogowa i kolejowa, ale także pojedyncze drzewa, mała architektura i drobne, kontrastowe znaki sygnalizacji poziomej. Uzyskane wyniki pozwalają sklasyfikować obraz na poziomie 6, a niekiedy 7 w skali NIIRS, co odpowiada szczegółowości map w skali 1:5000 lub nieco gorszej. Niemniej czytelna widoczność pasów rozdziału jezdni i innych oznakowań poziomych świadczy o jeszcze większych możliwościach interpretacyjnych.

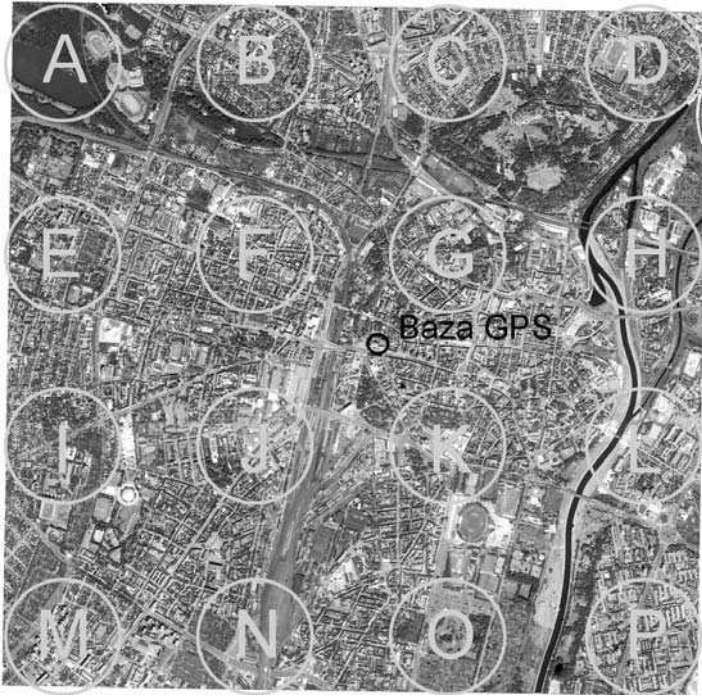


Rys. 1. Czytelność wybranych obiektów urbanistycznych na obrazie QuickBird 2 w postaci OrthoReady: a) budynek, b) ulica, c) parking z pojazdami, d) infrastruktura kolejowa, e) park, f) basen

Fig. 1. Readability of selected urban features in QuickBird 2 OrthoReady Standard Imagery: a) building, b) street, c) parking lot with cars, d) railway infrastructure, e) park, f) swimming pool

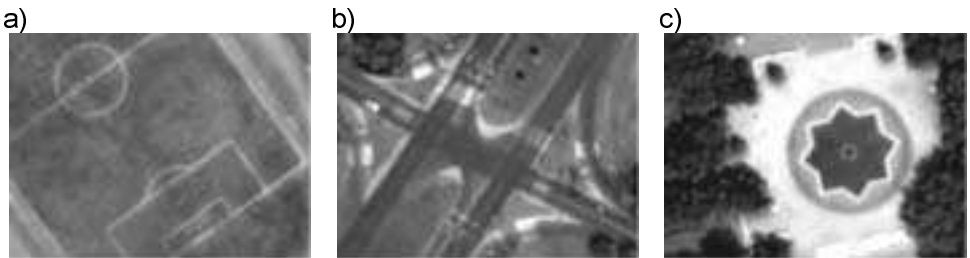
2.3. Dobór, pomiar i opracowanie osnowy fotogrametrycznej

W celu dokładnego określenia parametrów korekcji geometrycznej badanego fragmentu obrazu wydzielono 16 stref, wewnątrz których wybrano szczegóły sytuacyjne z przeznaczeniem na fotopunkty (GCP) i niezależne punkty kontrolne (ICP). Rysunek 2 przedstawia rozmieszczenie stref na obrazie.

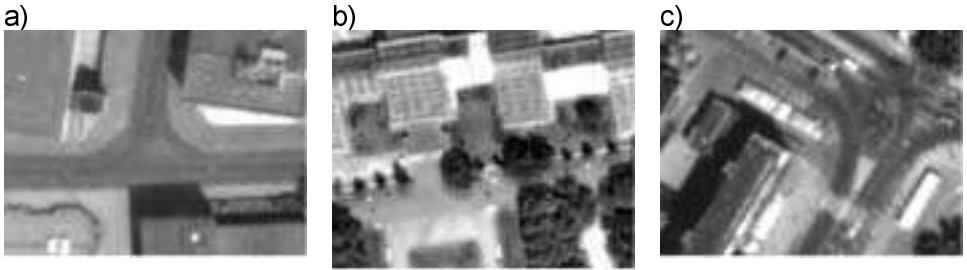


Rys. 2. Rozmieszczenie stref doboru fotopunktów (jasne okręgi) i bazowej stacji GPS-RTK
 Fig. 2. Location of Ground Control Points zones (bright circles) and base station of GPS-RTK

Na etapie doboru fotopunktów oceniano przydatność do tego zadania różnych elementów terenowych. Stwierdzono, że najbardziej nadają się przecięcia kontrastowo oznaczonych szczegółów, a w szczególności – białe oznaczenia linii na boiskach i kortach oraz poziome oznakowanie ulic i placów (rys. 3 a-c). Mniej czytelne są krawężniki, tory (rys. 4 a-c) i tym podobne szczegóły, których położenie można by łatwo odczytać z bazy danych, co uprościłoby prace na etapie przygotowania danych do kalibracji obrazu.



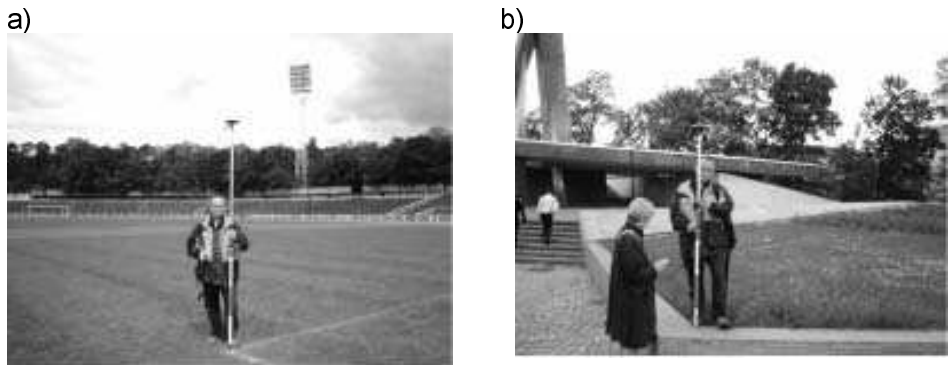
Rys. 3. Szczegóły sytuacyjne wybrane jako fotopunkty (szczególnie czytelne na obrazie)
 Fig. 3. Terrain details selected as Ground Control Points (specially readable in the image)



Rys. 4. Elementy infrastruktury przydatne jako fotopunkty ze względu na znajomość ich położenia (jednak zdecydowanie mniej czytelne na obrazie)

Fig. 4. Details of infrastructure useful as Ground Control Points from the point of view of their known location (but definitely less readable in the image)

Pomiary terenowe wykonano metodą GPS-RTK przy użyciu zestawu Topcon Legacy H, z anteną bazową zlokalizowaną na wieży zamkowej w centrum sceny i zasięgiem do najdalej zlokalizowanych punktów około 3 km. Rysunek 5 ilustruje dobór punktów i sposób pomiaru. Wewnątrz wspomnianych 16 stref (oznaczonych na rys. 2 literami A-P), które obejmują po 1 fotopunkcie i po 1-3 leżących w pobliżu punktów kontrolnych.



Rys. 5. Sposób pomiaru fotopunktów metodą GPS-RTK

Fig. 5. The way of Ground Control Points measurement with the GPS-RTK method

Pomiar opracowano w lokalnym układzie współrzędnych miasta, a następnie przeliczono do układu PUWG 2000, stosując metodę transformacji konforemnej (Helmerta) w oparciu o grupę 8 punktów wspólnych. W celu redukcji wysokości elipsoidalnej do obowiązującego w Poznaniu układu Amsterdam dokonano interpolacji z okolicznych pikiet mapy miejskiej. Rzędne z pomiaru GPS, określone w układzie WGS, przekształcono do układu wysokości normalnych metodą transformacji wielomianowej. Wyznaczono tak współrzędne przestrzenne 40 punktów. Ostateczne wyniki pomiaru są obarczone znikomymi błędami średnimi, wynoszącymi odpowiednio $dx \approx 18$ mm, $dy \approx 15$ mm oraz $dh \approx 45$ mm.

2.4. Korekcja geometryczna obrazu

Do rektyfikacji obrazu wybrano metodę fizycznego modelu kamery (RSM), zalecaną dla sensorów wysokorozdzielczych [Cheng, Toutin i in. 2002]. W opinii jej twórców daje ona szansę na osiągnięcie błędów średnich opracowania nie przekraczających wymiaru jednego piksela. W odróżnieniu od popularnego ilorazu wielomianowego (RPC), model ścisły (RSM) opisuje rzeczywiste relacje pomiędzy terenem i jego obrazem, przez co jest bardziej odporny na nierównomierny rozkład fotopunktów lub ewentualne błędy danych. Metoda ta wymaga co najmniej 6 fotopunktów dla obrazu OrthoReady lub 8 dla formatu podstawowego (Basic). Wyniki własnych analiz potwierdziły intuicyjny wniosek, że rozmieszczenie punktów rzutuje na dokładność opracowania [Zdunek i in. 2005]. W ramach niniejszego opracowania wykonano cykl obliczeń dla 18 równomiernie rozmieszczonych fotopunktów. W tabeli 2 zestawiono parametry dokładnościowe wyników zastosowanego podejścia obliczeniowego.

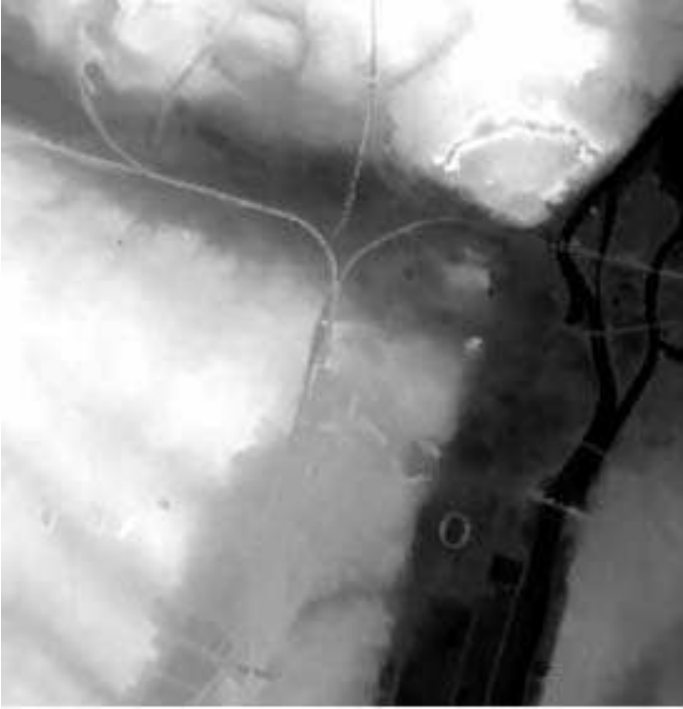
Tabela 2. Dokładności obliczenia korekcji geometrycznej obrazu metodą modelu sensora
Table 2. Accuracy of geometric correction computation of image with the method of rigorous sensor model

Ilość fotopunktów	Ilość punktów kontrolnych	RMS fotopunktów		RMS punktów kontrolnych	
		X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
18	22	0,17	0,30	0,32	0,30

2.5. Numeryczny model terenu dla potrzeb ortofotomapy satelitarnej

W celu przekształcenia pojedynczego obrazu satelitarnego do postaci ortogonalnej niezbędna jest znajomość pionowego ukształtowania terenu. Zgodnie z opinią Borowiec [2006], a także Zdunka [2006] nie ma potrzeby precyzyjnej definicji modelu, zatem dane wysokościowe mogą pochodzić z ogólnodostępnego zbioru DTED-2 lub z wektoryzacji map topograficznych 1:10 000. Dzięki dostępowi do warstwy wysokościowej numerycznej mapy miejskiej, wykorzystano te dane do zdefiniowania modelu.

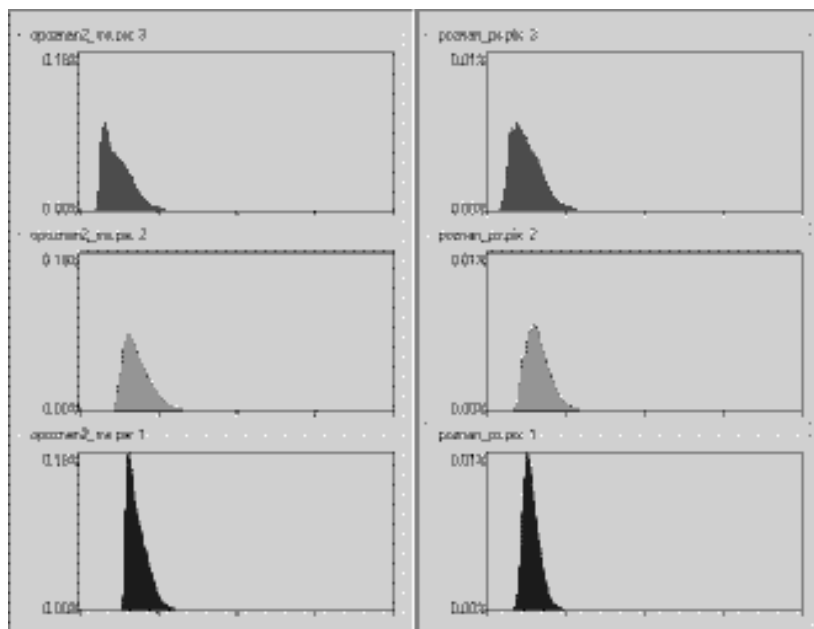
Dane wysokościowe przeliczono również do układu PUWG 2000, korzystając ze współczynników transformacji wyznaczonych podczas obliczeń fotopunktów. W module OrthoEngine programu PCI geomatica wczytano dane punktowe i wygenerowano rastrowy model terenu (GRID). Model zilustrowany jest na rysunku 6.



Rys. 6. Numeryczny Model Terenu wygenerowany w module OrthoEngine programu PCI Geomatica na podstawie rzędnych z numerycznej bazy danych
Fig. 6. DTM generated in module OrthoEngine of PCI geomatica from digital elevation data

2.6. Ortorektyfikacja obrazu

W założeniach pracy było wygenerowanie czterokanałowej (R, G, B, IR) ortofotomapy o rozdzielczości pikela 0,61 metra. Zważywszy, że jako źródło posłużyły rozdzielone kanały tworzące obraz QuickBird: panchromatyczny o rozdzielczości 0,6 metra i 3 multispektralne o rozdzielczości 2,4 metra, pierwszym krokiem było ich połączenie. Do tego celu został użyty moduł PANSHARP z pakietu PCI Geomatica. Dzięki jego zastosowaniu uzyskano zbieżne przebiegi histogramów obrazu: multispektralnego o rozdzielczości 2,44 metra i multispektralnego po przetworzeniu do rozdzielczości 0,61 metra (rys. 7).



Rys. 7. Histogramy częstości dla kanałów RGB (3,2,1) oryginalnego obrazu multispektralnego o rozdzielczości 2,44 m (po lewej) oraz obrazu multispektralnego po przeprowadzonym PanSharpening-u (po prawej)

Fig. 7. Histograms for RGB channels (3,2,1) of source multispectral image in resolution 2,44 m (left) and the image after PanSharpening (right)

Następnym krokiem było przeprowadzenie ortokorekcji obrazu w oparciu o wygenerowany model terenu oraz przygotowane fotopunkty i punkty kontrolne.

Na wstępnym etapie prac został zdefiniowany projekt, a w nim: docelowe odwzorowanie ortofotomapy (PUWG2000), rozmiar piksela wynikowej ortofotomapy (0,61 metra) oraz odwzorowanie, w którym opisane są fotopunkty i punkty kontrolne (PUWG2000). Dzięki zawartym w module OrthoEngine modelom kamer dla m.in. satelity QuickBird zostały sczytane poprawki orbitalne sensora z zestawu metadanych dołączonych do obrazu.

Po wybraniu obrazu i wskazaniu na nim fotopunktów (w module GCP/TP Collection) przeprowadzono jego korekcję geometryczną. W tabeli 3 przedstawiono końcowe parametry generowanej ortofotomapy:

Tabela 3. Bezwzględne błędy średnie obrazu po ortorektyfikacji

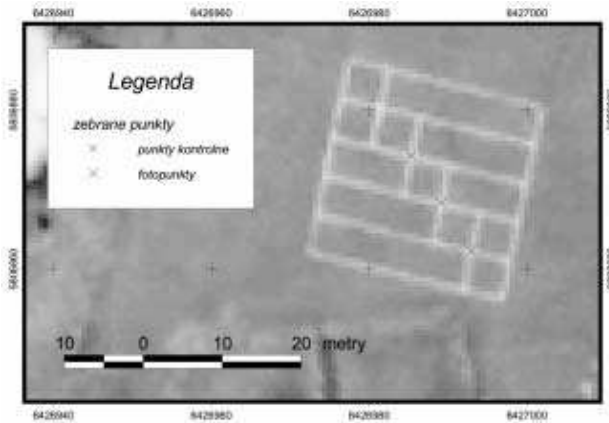
Table 3. Absolute RMS errors of image after ortho-rectification

Ilość punktów	RMS X [m]	RMS Y [m]	RMSE
40	0,26	0,26	0,37

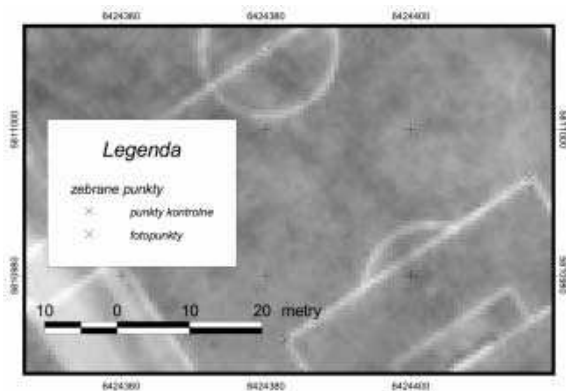
3. ANALIZA WYNIKÓW OPRACOWANIA

Analizowano niezależnie dokładności kalibracji obrazu oraz ortofotomapy. Wyniki zawarte w tabeli 2 dowodzą, że kalibrację wykonano z błędem mniejszym niż wymiar piksela. Uzyskany błąd średni wyrównania przy 16 fotopunktach wynosi $RMSE = \pm 0,34$ m, z czego wartość błędu dla 5% najgorszych wyników równa jest $\pm 1,18$ m ($RMSX = 1,02$ m, $RMSY = 0,61$ m). Także wyniki określone dla niezależnych punktów kontrolnych mają zbliżone wartości. Świadczy to nie tylko o cechach obrazu, ale także o prawidłowej jakości osnowy polowej oraz o dużej precyzji identyfikacji punktów dopasowania na obrazie. Porównując uzyskane wyniki z prezentowanymi przez innych autorów należy stwierdzić, że są one lepsze od uzyskanych przez Chenga i in. [2002], Follera i in. [2005] a porównywalne z wynikami prac Ewiaka i Kaczyńskiego [2005].

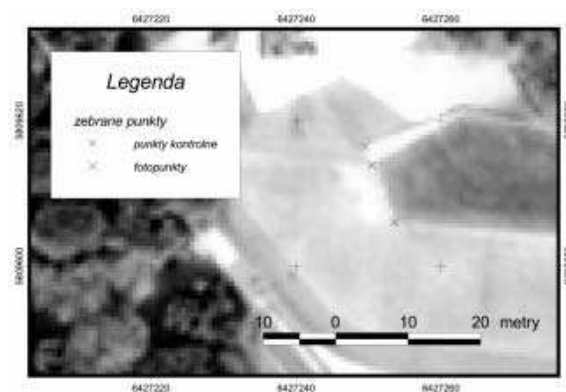
Przystępując do oceny finalnej ortofotomapy należy zwrócić uwagę na kluczowe w tym przypadku dwie wartości: kąt wykonania obrazu (off-nadir) oraz odległość pomiędzy powierzchnią teoretycznego wyrównania wykonanego w oparciu o fotopunkt, a NMT. Obraz, na którym wykonywano prace wykonany był pod kątem 7° , co oznacza, że na każdym metrze różnicy wysokości pomiędzy płaszczyzną wyrównania, a modelem wysokościowym następuje przesunięcie w płaszczyźnie XY o około 12 cm. Biorąc pod uwagę, że NMT został wykonany z dużej liczby punktów pomierzonych w terenie techniką zbliżoną do tej, którą pozyskano fotopunkty i punkty kontrolne, różnice między płaszczyzną wyrównania a NMT powinny być minimalne, a zatem wartość błędu średniego dla całości wyrównania powinna być bardzo bliska wartościom faktycznym. Poniżej przedstawiono tabelę wyliczonych bezwzględnych błędów RMS. Wyliczenia oparto o cały zestaw 40 punktów osnowy fotogrametrycznej. Rysunki 6-10 ilustrują lokalizację punktów odniesienia na obrazie fragmentów ortofotomapy.



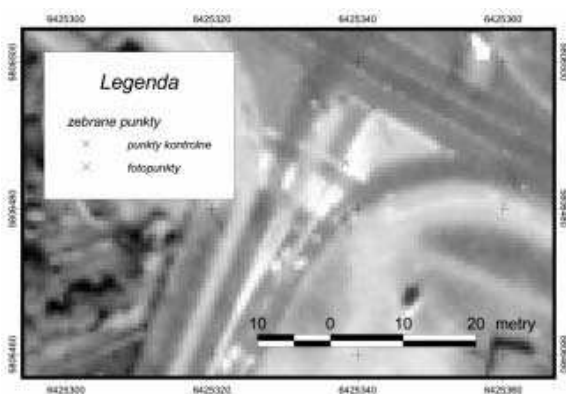
Rys. 8. Fotopunkty i punkty kontrolne ze strefy "O" na wygenerowanej ortofotomapie
 Fig. 8. GCP and two ICP's within "O" zone in generated orthophotomap



Rys. 9. Fotopunkty i punkty kontrolne ze strefy "A" na wygenerowanej ortofotomapie
 Fig. 9. GCP and two ICP's within "A" zone in generated orthophotomap



Rys. 10. Fotopunkty i punkty kontrolne ze strefy "G" na wygenerowanej ortofotomapie
 Fig. 10. GCP and two ICP's within "G" zone in generated orthophotomap



Rys. 11. Fotopunkty i punkty kontrolne ze strefy "N" na wygenerowanej ortofotomapie
 Fig. 11. GCP and ICP within "N" zone in generated orthophotomap

4. WNIOSKI

Praca niniejsza wpisuje się w liczną już grupę opracowań mających na celu określenie faktycznych możliwości dokładnościowych i aplikacyjnych wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych. Przeprowadzona procedura i uzyskane za jej pomocą wyniki wskazują na szczególną łatwość opracowania szczegółowej ortofotomapy satelitarnej w oparciu o dostępne materiały i rutynowe prace terenowe.

Ocena jakości obrazu przed i po rektyfikacji otwiera drogę do jego wykorzystania zarówno jako źródło danych do aktualizacji baz danych SIP, ale także do śledzenia zmian obiektów terenowych w monitoringu i badaniach naukowych.

PIŚMIENNICTWO

- Borowiec N., 2006, Korekcja geometryczna wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych. Półrocznik AGH, Geodezja, 12, 2, Kraków.
- Cheng P., Smith D., Sutton S., 2005, Mapping of QuickBird Images Using the RPC Method. GEO Informatics, June 2005, 50-52.
- Cheng P., Toutin T., Zhang Y., Wood, M., 2002, QuickBird – Geometric Correction, Path and Block Processing and Data Fusion, Earth Observation Magazine, 12, 3, Spring, 24-30.
- Eisenbeiss H., Baltsavias E., Peteraki M., Zhang L., 2004, Potential of IKONOS and QuickBird Imagery for Accurate 3D Point Positioning, Orthoimage and DSM Generation. IAPRS and SIS, XXXV, Part B3, 522-528.
- Ewiak I., Kaczyński R., 2005, Accuracy of orientation of QuickBird and ortho in urban area. Materiały konferencyjne „The Eurimage International Meeting”, Rome.
- Foller S., Jaszczak P., Piskorz M., Wolniewicz W., Zieliński R., 2005, Ortorektyfikacja obrazów satelitarnych o bardzo wysokiej rozdzielczości. Przegląd Geodezyjny z. 2.
- Grodecki J., Dial G., 2003, Block Adjustment of High-Resolution Satellite Images Described by Rational Polynomials. Photogr. Engineering and Remote Sensing, 69 (1), 59-68.
- Kurczyński Z., Wolniewicz W., 2002, Korekcja geometryczna wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych, GEODETA, 11
- Shackelford A.K., Davis C.H., 2005, Automated Processing of High-Resolution Satellite Imagery for Feature Extraction and Mapping of Urban Areas, Earth Observation Magazine, 14, 1, 17-19.
- Toutin T., 2004. Review Paper: Geometric Processing of Remote Sensing Images: Models, Algorithms and Methods. International Journal of Remote Sensing, 25, 1893-1924.
- Wolniewicz W., 2004. Assessment of geometric accuracy of VHR satellite images, IAPRS and SIS, XXXV, part B1, 19-23.

Strony internetowe:

DigitalGlobe, 2006, <http://www.digitalglobe.com>

IRARS, 1996, http://www.fas.org/irp/imint/niirs_c/guide.htm

OrbImage, 2006, http://www.OrbImage.com/corp/OrbImage_system/satellite.html

SpaceImaging, 2006, <http://www.spaceimaging.com/>

REDACTION OF URBAN SATELLITE ORTOPHOTOMAP ON THE BASE OF QUICKBIRD-2 VHR IMAGERY

Abstract. The dynamic of urban development requires continuous and instant updating of domestic spatial information system, e.g. Urban GIS. It inclines to search for effective, not too expensive data sources that show changes of various objects. Reliable sources of topographic information are remote sensing images gained from aerial as well as satellite altitude. Every year aerial photos are gathered in Poznan, which are then used to actualize dates in the city map base. Every couple of years the orthophotomap is also renewed. However, that is an expensive and labor-consuming task, stand on those smallest communities can't afford. Research works conducted in Poznan University of Technology attempt to estimate the capabilities of using very high resolution (VHR) satellite images for this purpose. The main target is usage an ortho-rectified images to detect the changes of topographic objects recorded in Urban GIS database. First of all, quality of the orthophotomap determines quality of these works, as well in geometric as radiometric respect. The aim of this work is to give the answer about usefulness of an employed procedure for the QuickBird image rectification, including pansharpening, DTM generation and assessment of an absolute accuracy of the created orthophotomap. Test area encircles 5x5 km part of a city recorded in QuickBird-2 OrthoReady Standard Imagery.

Key words: QuickBird, GCP/ICP, image rectification, orthophotomap accuracy assessment.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 29.03.2007

SPIS TREŚCI CONTENTS

Dariusz Felcenloben

- Analiza przepisów postępowania administracyjnego
w sprawie rozgraniczenia nieruchomości 3
Analysis of regulations regarding administrative procedure of estate

Maria Mrówczyńska

- Estymacja błędów modelu powierzchni
opisanych funkcjami kształtu za pomocą sieci neuronowych..... 15
The estimation of errors of area models described
by the shape functions by the means of neural networks

Artur Plichta, Ireneusz Wyczalek, Elżbieta Wyczalek, Zbigniew Zdunek

- Opracowanie miejskiej ortofotomapy satelitarnej
na podstawie wysokorozdzielczego zobrazowania QuickBird-2..... 25
Redaction of urban satellite orthophotomap
on the base of QuickBird-2 VHR imagery