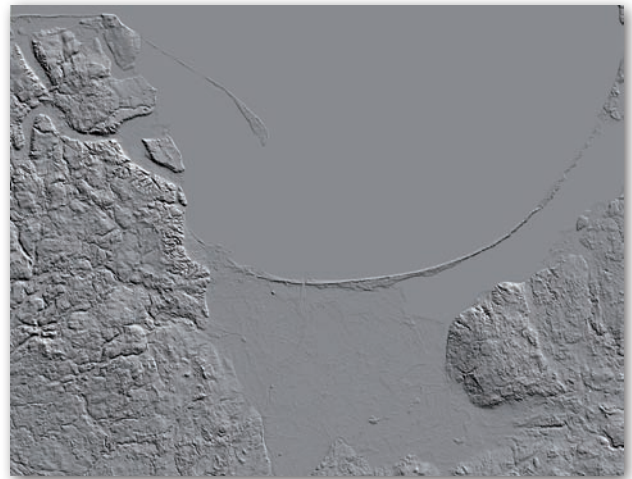


Metoda oceny dokładności cyfrowej aproksymacji powierzchni terenu

TRZECI WYMIAR KATASTRU



Jednym z głównych tematów danych przestrzennych określonych w dyrektywie INSPIRE jest ukształtowanie terenu – cyfrowe modele powierzchni. Przeprowadzone badania wykazały, że zaproponowana przez autora metoda może być rekomendowana w pracach przy ustanawianiu infrastruktury informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej.

JERZY WYSOCKI

Obiekty infrastruktury technicznej (np. sieci uzbrojenia terenu) lokalizowane są najczęściej pod i nad powierzchnią terenu. Nie stanowią one części składowych nieruchomości określonych w katastrze (ewidencji gruntów) w ramach struktury istniejących działek, ale „przecinają” w przestrzeni ich granice, ograniczając w ten sposób prawo własności danej nieruchomości [Wysocki, 2000; 2004; 2008; Wysocki, Kegler, 2000; 2002]. Odnosi się to zarówno do samej budowl, jak i jej stref ochronnych (np. przy sieciach przesyłowych), gdzie występują ograniczenia w zabudowie i zagospodarowaniu. Klasyczny system katastralny zawierający informacje o granicach władania i użytkowania w wymiarze 2D (X, Y) staje się niewystarczający w takich sytuacjach, ponieważ nie pozwala na przestrzenne zlokalizowanie danego obiektu (np. sieci przesyłowej) w stosunku do granic i powierzchni istniejących działek i wymaga w związku z tym uzupełnienia danych katastralnych o trzeci wymiar $Z(H)$. Zagadnienia te zostały ostatnio podjęte, najpierw w krajach Europy Zachod-

niej, pod nazwą „kataster 3D” [Forrai, Kirschner, 2003; Soter, Gorte, 2003].

Szybki rozwój terenów wiejskich w Polsce będzie determinował wzrost znaczenia katastru 3D. Dokładność generowania informacji 3D odniesionej do powierzchni terenu będzie związana w podstawowym stopniu z dokładnością aproksymacji i obrazowania tej powierzchni. Wymaga to posiadania numerycznego modelu danego terenu (NMT) o odpowiedniej dokładności, z możliwością wprowadzenia do pamięci komputera w celu dalszego zautomatyzowanego przetwarzania. Modele takie tworzone są głównie metodami geodezyjnymi – za pomocą tachimetrii elektronicznej, pomiarów GPS, metod fotogrametrycznych, lotniczego skanowania laserowego czy też poprzez digitalizację istniejących map warstwicznych.

Zatem w zagadnieniach projektowych i realizacyjnych związanych z tworzeniem katastru 3D oraz rozwojem terenów niezurbanizowanych duże znaczenie będzie miała dokładność przedstawienia powierzchni terenu za pomocą modeli numerycznych. Użytkownicy tych modeli będą musia-

li korzystać z metod pozwalających na prostą i szybką ocenę ich dokładności, podobnie jak dotychczas użytkownicy map warstwicznych. W przypadku NMT ma miejsce inna geniza aproksymacji powierzchni terenu niż przy opracowywaniu klasycznych map warstwicznych i do niej w związku z tym muszą być dostosowane metody oceny dokładności tej aproksymacji.

Naprzeciw tym potrzebom wychodzą badania prowadzone w Katedrze Geodezji i Fotogrametrii, a następnie w Katedrze Budownictwa i Geodezji SGGW w Warszawie. Wskazały one, że podstawowy wpływ na dokładność przedstawienia powierzchni terenu ma jej chropowatość i spadki oraz gęstość siatki punktów odniesienia (punktów NMT). Dobrym uzupełnieniem i uszczegółowieniem prowadzonych w tym zakresie drogich badań na obiektach naturalnych mogą być dużo tańsze badania na symulowanych modelach powierzchni terenu generowanych za pomocą komputera.

Na podstawie prowadzonych badań oraz podanych w literaturze opracowań zagranicznych autor zaproponował metodę oceny dokładności

ci cyfrowej aproksymacji powierzchni terenu za pomocą siatki punktów NMT, która w postaci ogólnej została zapisana formułą:

$$m_h^2 = p_1 A^2 + p_2 (D \operatorname{tg} \alpha)^2 + C^2 \quad (1),$$

gdzie:

m_h – średni błąd wysokości wyznaczanego (interpolowanego) punktu powierzchni terenu określający również dokładność aproksymacji powierzchni terenu na podstawie punktów odniesienia (punktów NMT),

p_1 – współczynnik zależny od zastosowanej metody interpolacji powierzchniowej,

A – parametr charakteryzujący za pomocą błędu średniego dokładność określenia (pomiaru) wysokości punktów odniesienia (punktów NMT),

p_2 – współczynnik wynikający z wpływu kąta α występującego tutaj jako parametr związany z oddziaływaniem warunków terenowych (chropowatość terenu),

D – przeciętna odległość punktów siatki odniesienia (NMT),

α – przeciętny kąt nachylenia terenu na opracowywanym obszarze,

C – $D \cdot t$ – charakteryzuje za pomocą współczynnika t wpływ chropowatości terenu na dokładność aproksymacji jego powierzchni przy małych (bliskich zera) wartościach kąta nachylenia terenu i różnych wielkościach D .

Wartości współczynników formuły (1) wyznaczono na podstawie badań przeprowadzonych na obiektach naturalnych oraz badań eksperymentalnych na modelach powierzchni terenu generowanych za pomocą komputera z wykorzystaniem założeń teorii fraktali [Wysocki, 2000; 2005; 2010]. Wyznaczone wartości współczynników przedstawiono w formule:

$$m_h^2 = 0,55 A^2 + 0,000015 (D \operatorname{tg} \alpha)^2 + (D \cdot 0,0020)^2 \quad (2).$$

Wyniki porównano z najszerzej znaną metodą oceny dokładności cyfrowego modelu powierzchni terenu opracowaną przez prof. F. Ackermanna [Ackermann, 1996], która została zapisana za pomocą formuły:

$$m_{NMT}^2 = m_z^2 + (\alpha d)^2 \quad (3),$$

gdzie:

m_{NMT} – błąd średni wyznaczenia interpolowanej wysokości punktu terenu na podstawie znanych punktów NMT (dokładność cyfrowej aproksymacji powierzchni terenu),

m_z – błąd średni wyznaczenia (pomiaru) wysokości punktów NMT,

α – parametr opisujący charakter terenu,

d – średnia odległość pomiędzy punktami NMT,

$\alpha_1 = 0,004-0,007$ dla terenów łatwych o gładkich powierzchniach,

$\alpha_2 = 0,010-0,020$ dla terenów o średniej trudności,

$\alpha_3 = 0,022-0,044$ dla terenów trudnych (o nieregularnych i stromych powierzchniach).

Otrzymano dobrą zbieżność wyników, co wskazuje na spójność podstawowych założeń przyjętych przy opracowywaniu tych metod. Należy jednak dodać, że formuła (2) jest bardziej uniwersalna, ponieważ określa charakter terenu poprzez obiektywny parametr, jakim jest kąt nachylenia, zamiast subiektywnego doboru parametru α w formule (3). Formuła (2) posiada również współczynnik zależny od zastosowanej metody interpolacji powierzchniowej. W przeprowadzonych badaniach wykorzystano metodę „funkcji sklejanych” uznawaną za jedną z najlepszych przy tego typu zadaniach interpolacyjnych obejmujących przede wszystkim tereny o spadkach rzędu do 6-8°. Wykonanie powyższych opracowań z wykorzystaniem innych metod interpolacyjnych może dać w takich terenach trochę odmienne (nieco gorsze) wyniki, na co wskazują wstępne badania przeprowadzone przez autora. Przewiduje się kontynuowanie badań w tym zakresie również w Pracowni Geoinformacji i Metod Geodezyjnych powołanej niedawno w Centrum Wodnym SGGW.

Zaproponowana przez autora metoda oceny dokładności cyfrowych modeli powierzchni terenu może znaleźć zastosowanie do:

- prognozowania dokładności numerycznej aproksymacji powierzchni terenu w zależności od dokładności wyznaczenia wysokości punktów NMT, przeciętnej odległości tych punktów oraz nachyleń terenu na rozpatrywanym obszarze,

- pogładowej oceny przez użytkownika dokładności cyfrowej aproksymacji powierzchni terenu, jaką może oszacować na podstawie posiadanej siatki punktów NMT, spełniającej założone, powyższe warunki.

Opracowana metoda spełnia potrzeby generowania cyfrowych modeli terenu dla tworzenia katastru trójwymiarowego (3D).

Przyjęcie dyrektywy INSPIRE oznacza dla naszego kraju terminowe zobowiąza-

nie utworzenia polskiej infrastruktury informacji przestrzennej (PIIP), która będzie stanowiła część infrastruktury europejskiej. Jest to zadanie pilne w związku z wejściem w życie 7 czerwca ustawy o infrastrukturze informacji przestrzennej. Jednym z głównych tematów danych przestrzennych określonych w dyrektywie jest ukształtowanie terenu – cyfrowe modele powierzchni. Przeprowadzone badania wykazały, że proponowana tutaj metoda może być rekomendowana w pracach przy ustanawianiu infrastruktury informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej (INSPIRE).

DR HAB. INŻ. JERZY WYSOCKI, PROF. SGGW
(Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW Warszawa, Katedra Budownictwa i Geodezji, Zakład Geodezji i Fotogrametrii)

Literatura

- Ackermann F., 1996: Technique and strategies for DEM generation. Digital Photogrammetry: an Addendum to the Manual Photogrammetry, ASPRS;
- Forrai I., Kirschner G., 2003: An Interdisciplinary 3D Cadastre Development. Project in Practice, FIG Working Week 2003, Paris, April 13-17;
- Soter E., Gorte B., 2003: Height in the Cadastre – Integrating Point and Parcel Boundaries, FIG Working Week 2003, Paris, April 13-17;
- Wysocki J., Kegler A., 2000: Kataster a system informacji przestrzennej, „Prace Nauk. Instytutu Górnictwa Polit. Wrocławskiej”, nr 90, Wrocław;
- Wysocki J., Kegler A., 2002: Możliwości wykorzystania pomiarów RTK GPS w opracowaniu NMT oraz warstwicy metodą „elektronicznego stolika”. Konf. „Aktualne problemy geodezyjne w inżynierii i katastrze nieruchomości”, AR we Wrocławiu, Wrocław;
- Wysocki J., 2000: Kataster jako baza danych dla Krajowego Systemu Informacji o Terenie, „Przegl. Nauk. Wydz. liKŚ SGGW”, zeszyt 18, Warszawa;
- Wysocki J., 2000: Zagadnienie oceny dokładności aproksymacji powierzchni terenu przy pomocy modelu numerycznego (cyfrowego), „Przegląd Geodezyjny” nr 11, Warszawa;
- Wysocki J., 2004: Zagadnienie katastru trójwymiarowego, „Przegląd Naukowy Inżynierii i Kształtowanie Środowiska”, zeszyt 1(28), Warszawa;
- Wysocki J., 2005: Dokładność aproksymacji powierzchni terenu z wykorzystaniem modeli cyfrowych w aspekcie badań eksperymentalnych, Międzynarodowa Konferencja „Kataster, Fotogrametria, Geoinformatyka”, Kraków, Zeszyty Naukowe Politechniki Lwowskiej „Geodezja, kartografia i aerofotogrametria”. Vyp. 66, Wyd. „Lwowska Politechnika”, Lwów;
- Wysocki J., 2008: Geodezja z fotogrametrią i geomatyką dla inżynierii i ochrony środowiska oraz budownictwa, Wyd. SGGW, Warszawa;
- Wysocki J., 2010: Podstawowa rola geodezji, fotogrametrii-teledektacji oraz geomatyki w tworzeniu infrastruktury informacji przestrzennej w zakresie opisu ukształtowania powierzchni terenu, „Roczniki Geomatyki”, tom VIII, zeszyt 1 (37), Warszawa.