

Ocena przydatności danych SRTM-3 do opracowań kartograficznych

NMT Z SATELITY

Kartografowie z całego świata bardzo szybko polubili opublikowane w 2001 roku dane wysokościowe SRTM-3. Jak jednak pokazuje praktyka kartograficzna, nawet dzisiaj wielu użytkowników jest nieświadomych faktycznej przydatności tych danych do opracowywania map.

JERZY KRÓLIKOWSKI

N umeryczny model terenu jest dla kartografa narzędziem niezwykle przydatnym. Czynności, takie jak generowanie poziomicy, cieniowania i blokdigramów czy przeprowadzanie analiz przestrzennych, można dzięki NMT wykonać w kilka minut, podczas gdy w kartografii analogowej zajmowałyby w najlepszym przypadku wiele godzin. Nie należy się więc dziwić, że zamieszczony w internecie model SRTM-3 bardzo szybko znalazł wiele zastosowań w kartografii. Google, Bing i Yahoo Maps, OpenStreetMap, NASA World Wind, Atlas Eoliczny Hiszpanii, GP Mapa Topo – to tylko kilka z wielu przykładów wykorzystania tych danych w praktyce. W literaturze polskiej i zagranicznej można odnaleźć dziesiątki artykułów poświęconych ocenie dokładności modelu SRTM-3 z punktu widzenia fotogrametrii. Trudno doszukać się jednak publikacji analizujących przydatność tych danych w kartografii.

• SRTM OKIEM FOTOGRAMETRY

Nie licząc bezpłatności, podstawową zaletą modelu SRTM-3 jest homogeniczność danych oraz pokrycie większości obszarów lądowych. Wcześniej warunki te spełniał, co prawda, model GTOPO, ale jego rozdzielczość wynosiła 30" (czyli około 1 km). Do zalet SRTM należy więc zaliczyć także szczegółowość. Mankamentem jest przede wszystkim to, że mamy do czynienia z numerycznym modelem pokrycia terenu – dane obejmują więc budynki oraz roślinność, co jest szczególnie dokuczliwe na obszarach równinnych. Problemem są także

tw. luki danych (*data voids*), czyli obszary, dla których nie zostały zebrane dane wysokościowe. W skrajnych przypadkach mogą one obejmować nawet kilkanaście procent pliku.

Zagadnienie błędów danych SRTM najszerzej podejmuje dokumentacja misji [E. Rodriguez i inni, 2005]. Wykazano w niej m.in., że model ten jest dokładniejszy na wyższych szerokościach geograficznych (dla których pozyskano więcej danych) oraz bliżej oceanów (względem których kalibrowano model). Najważniejszym wnioskiem jest jednak potwierdzenie, że dla całego zobrazowanego obszaru dane spełniają z należytą postawioną im wcześniej wymagania. Jak się okazało, błąd pionowy na poziomie prawdopodobieństwa 90% wynosi od 5,6 m (Afryka) do 9,0 m (Ameryka Południowa), a NASA jeszcze przed misją prognozowała, że będzie to około 16 m.

G.C. Milaresis [2007] wykazał natomiast, że dokładność modelu SRTM jest zależna w sposób liniowy od spadku terenu. O tym, czy błąd jest dodatni, czy ujemny, decyduje zaś ekspozycja. R. Passini i K. Jacobsen [2007] badali z kolei możliwość prostego poprawienia dokładności danych SRTM. Udowodnili, że można tego dokonać poprzez wyznaczenie i uwzględnienie błędu systematycznego (tj. odjęcie go od wartości wszystkich pikseli w pliku) lub dzięki wykorzystaniu prostych filtrów (ten sposób w niektórych przypadkach może jednak pogarszać dokładność modelu). Ciekawe okazały się ponadto efekty badań nad danymi SRTM-1 przeprowadzone przez P. Gutha [2006]. Wykazał on, że faktyczna szczegółowość tych danych wynosi nie 1", tylko około 2". Rozbieżność ta nie charakteryzuje jednak mo-

delu SRTM-3, którego szczegółowość wynosi około 3" i – co ciekawe – jego dokładność okazuje się niekiedy lepsza niż w przypadku danych SRTM-1 (szczególnie dla terenów równinnych).

Dokładność modelu SRTM-3 badana była także w Polsce. A Karwel i I. Ewiak [2006] wykazali m.in., że średni błąd systematyczny tych danych na terenie kraju wynosi +3,7 metra (z wyłączeniem lasów i obszarów zabudowanych). Po jego uwzględnieniu błąd średni kwadratowy (RMSE) na terenach równinnych spada o 1,9 m, a na terenach pagórkowatych i falistych – o 2,7 m. Zależność błędu danych SRTM-3 od pokrycia terenu zbadał z kolei R. Zieliński [2006], porównując je do modelu DTED-2 oraz osnowy wysokościowej I i II klasy. W zależności od spadków i regionu Polski RMSE na obszarach rolniczych wynosił od 1,6 do 5,9 m, leśnych – od 3,7 do 7,2 m, a zabudowanych – od 2,2 do 6,0 m.

• POZIOMICE W PUSZCZY

By ocenić przydatność danych SRTM-3 do generowania poziomicy, porównałem izolinie z map topograficznych w skalach 1:50 000, 1:100 000 i 1:200 000 z tymi wygenerowanymi z badanego modelu. Badanie przeprowadziłem dla obszaru nizinnego (Kotlina Warszawska), wyżynnego (Wyżyna Częstochowska) oraz wysokogórskiego (Tatry Zachodnie).

Pierwszy teren leży w Puszczy Kampinoskiej i charakterystyczne są dla niego dwie formy terenu o przebiegu równoleżnikowym – pas wydm parabolicznych oraz łagodna skarpa o wysokości 15-20 m oddzielająca pradolinę Wisły od Równiny Łowicko-Błońskiej. Okazało się, że we wszystkich trzech skalach obraz poziomicy z badanego modelu jest na tyle znie-



Rys. 1. Porównanie poziomicy z mapy 1:100 000 i modelu SRTM-3 (Kotlina Warszawska) – cięcie: 5 metrów

kształcony, że trudno nawet w przybliżeniu określić jego szczegółowość. Na mapie w skali 1:100 000 (rys. 1) bardzo dobrze widać zarówno pas wydmowy, jak i krawędź pradoliny. Gdy przyjrzymy się wizualizacji danych SRTM-3, z trudnością możemy dostrzec pojedyncze wydmy, a krawędź pradoliny widoczna jest tylko w południowo-zachodniej części mapy. Przyczyną tego stanu rzeczy jest duża leśność analizowanego terenu, szczególnie na wydmach, co generuje błędy dwójakiego rodzaju. Po pierwsze, drzewa zawyżają wysokość terenu średnio o 5 m, a maksymalnie nawet o 25 m! Z drugiej strony warto dodać, że dokładność modelu na obszarach bezleśnych była dobra

i nie przekraczała cięcia poziomicy dla poszczególnych map topograficznych (tj. 2,5 m lub 5 m – zależnie od skali). Kolejny problem związany jest z dominacją w Kotlinie Warszawskiej drzewostanów sosnowych, które charakteryzuje wyrównany poziom koron drzew, nawet na terenie falistym. W rezultacie NMPT nie jest w stanie uchwycić porośniętych przez tę formację roślinną form rzeźby, takich jak wydmy czy łagodne krawędzie dolin. Potwierdza to analiza przebiegu linii szkieletowych w trzech skalach. Okazuje się bowiem, że model SRTM uchwycił wyłącznie ok. 25% linii grzbietów i dolin widocznych wyraźnie na mapach topograficznych.

testowego położonego w Kotlinie Warszawskiej zgodnie z obrazem poziomicy na mapie topograficznej i wizualizacji modelu SRTM-3 jest już na Wyżynie Częstochowskiej wyraźna. Po bliższym przyjrzeniu się mapie 1:50 000 można zauważyć jednak sporo znaczących rozbieżności. Okazuje się bowiem, że model SRTM-3 nie wychwycił wielu obecnych na tym obszarze płytkich dolin (rys. 2). Potwierdza to szczegółowa analiza linii szkieletowych. Na wizualizacji modelu SRTM-3 udało się prześledzić tylko 72% linii szkieletowych wyznaczonych wcześniej na mapie 1:50 000. Dla skali 1:100 000 było to 85%, a dla 1:200 000 – 100%, choć należy podkreślić, że w ostat-

• POZIOMICIE NA WYŻYNIE

Drugi obszar testowy położony jest na Wyżynie Częstochowskiej w okolicach źródeł Pilicy. Teren ten charakteryzują deniwelacje dochodzące do 100 m, a także spora liczba wąwozów, ostańców skalnych oraz niewielkich, płytko wciętych suchych dolin. W przeciwieństwie do obszaru

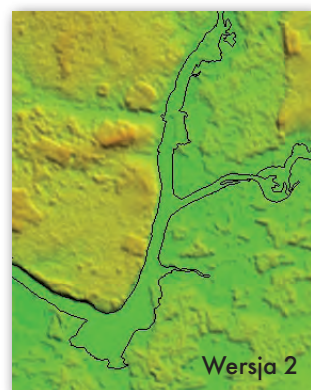
SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION

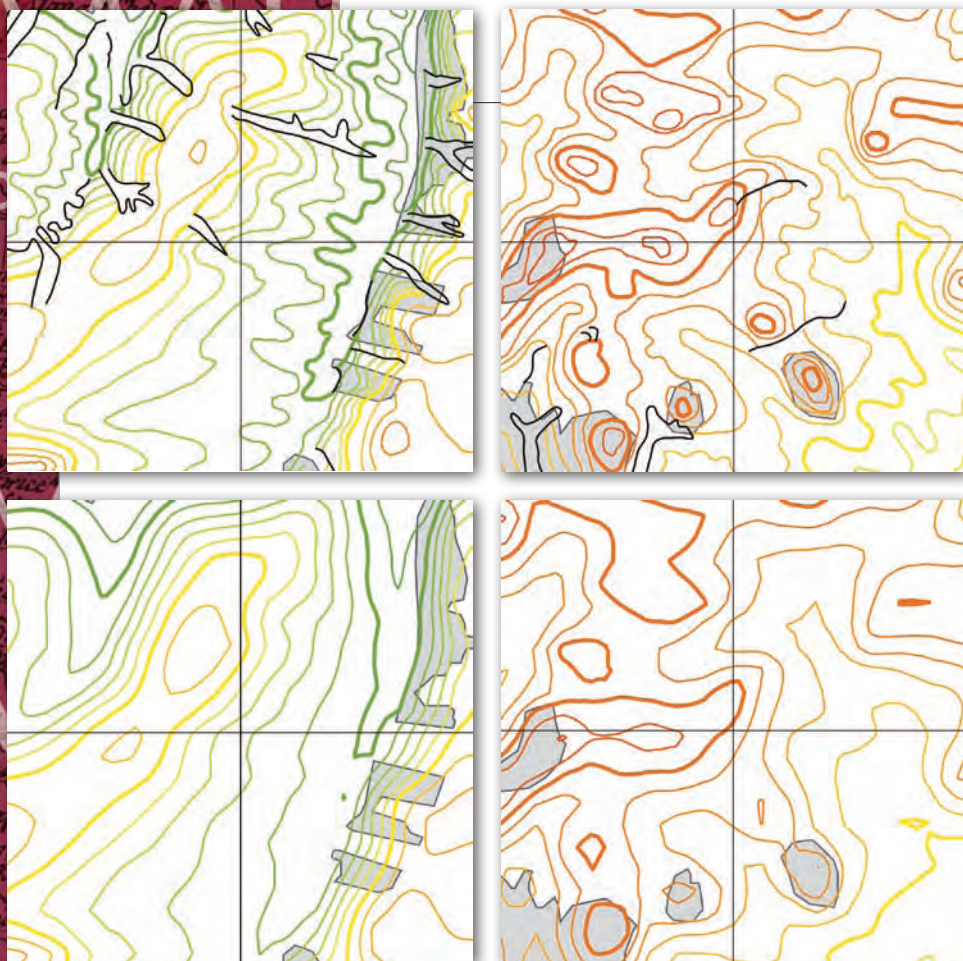
Dziesięć lat temu, 11 lutego 2000 roku, z przylądka Canaveral na Florydzie wystartował prom kosmiczny Endeavour. Przed załogą postawiono bardzo trudne zadanie – zebrać w 10 dni dane wysokościowe o rozdzielczości 1" dla obszaru ograniczonego równoleżnikami 60° N i 56° S. Miały one zostać pomierzone przy wykorzystaniu interferometrii jednoprzębiegowej – metody, która nigdy wcześniej nie była stosowana w kosmosie. Najmniejszy

błąd mógł oznaczać fiasco wartego 220 mln dolarów przedsięwzięcia, które przez 18 miesięcy przygotowywały trzy agencje kosmiczne – amerykańska, niemiecka i włoska. Problemów, na szczęście, udało się uniknąć i prom wraz z 12 TB danych wysokościowych powrócił 22 lutego bezpiecznie na Ziemię. Po przetworzeniu interferogramów pierwszą wersję danych opublikowano w sierpniu 2001 roku. Bezpłatnie udostępniono model o rozdziel-

czości 3" (dla Stanów Zjednoczonych także 1") i 30" zbierany w paśmie C promieniowania mikrofalowego. Dane w rozdzielczości 1" pomierzone w pasmach C i X można zaś nabyć u agencji kosmicznych uczestniczących w misji. Wszystkie modele SRTM zapisano w formacie HGT, w którym wysokości zaokrąglono do wartości całkowitych metrów i odniesiono do elipsoidy EGM-96. Choć bezpłatne modele bardzo szybko zyskały sporą popularność, to zawierały sporo błędów, które najlepiej widoczne były na obszarach górzystych oraz w obrębie większych zbiorników wodnych. Jako że część z nich można było szybko poprawić, NASA zdecydowała się zlecić opracowanie drugiej wersji danych, która opubli-

kowana została w połowie 2004 roku. W nowych plikach usunięto luki danych o wielkości poniżej 16 px, a także wyrównano na podstawie zdjęć satelitarnych powierzchnię mórz, oceanów oraz większych zbiorników wodnych (granice poprawionych obiektów hydrograficznych udostępniono bez zmian w formacie SHP jako zbiór SRTM Water Body Dataset – SWBD). Przykładowo, tylko dla okolic Zalewu Żegrzyńskiego różnice między dwiema wersjami modelu w pionie wynoszą aż 32 m, choć wartość 79% pikseli nie uległa zmianom. Co ważne, w internecie dostępne są także dane SRTM przerobione przez inne instytucje lub firmy, na przykład tzw. wersja czwarta opracowana przez konsorcjum naukowe CGIAR-CSI.





Rys. 2. Porównanie poziomic z mapy 1:50 000 i SRTM-3 (Wyżyna Częstochowska) – cięcie: 10 m

nim przypadku łączna długość tych linii okazała się o niecałe 10% krótsza niż na mapie topograficznej. Innym wskaźnikiem pośrednio informującym o szczegółowości obrazu rzeźby jest łączna długość poziomic. W porównaniu z mapami topograficznymi 1:50 000 i 1:100 000 model SRTM-3 skrócił izolinie o blisko 30%. Względem skali 1:200 000 jest to już jednak niecałe 10%. Dalsza analiza danych SRTM wykazała, że nie wychwyciły one również ostańców skalnych widocznych dobrze na mapie 1:50 000 (rys. 2). Co ciekawe, mimo iż formy te są zależne, dane SRTM-3 zaniżały w miejscu ich występowania wysokość nawet o 15-20 metrów. Na obszarach bardziej płaskich wpływ drzew stawał się już jednak lepiej widoczny i zawyżał rzędną terenu nawet o 23 metry. Przywołane wyniki świadczą o tym, że szczegółowość analizowanych danych jest nieznacznie mniejsza niż 1:200 000.

• POZIOMICIE NA GRANI

Wnioski te potwierdza również analiza obrazu poziomic dla terenu Tatr. W przeciwieństwie do dwóch poprzednich obszarów testowych ten charakteryzuje dominacja głównie dużych form rzeźby. W rezultacie różnice między poziomiami z modelu SRTM-3 a mapą topogra-

ficzną są w tym przypadku najmniejsze. Analiza linii szkieletowych wskazuje, że na podstawie izohips z danych SRTM-3 nie udało się odnaleźć około 20% dolin i grzbietów wyznaczonych na mapach w skali 1:50 000 i 1:100 000. Za to w skali 1:200 000 udało się wyznaczyć już wszystkie linie szkieletowe, a ich łączna długość była bardzo zbliżona do wyników uzyskanych dla mapy topograficznej. Porównanie długości poziomic wypadło podobnie jak w przypadku Wyżyny Częstochowskiej. Względem map 1:100 000 okazały się o niecałe 30% krótsze, a dla skali 1:200 000 – o 10% krótsze.

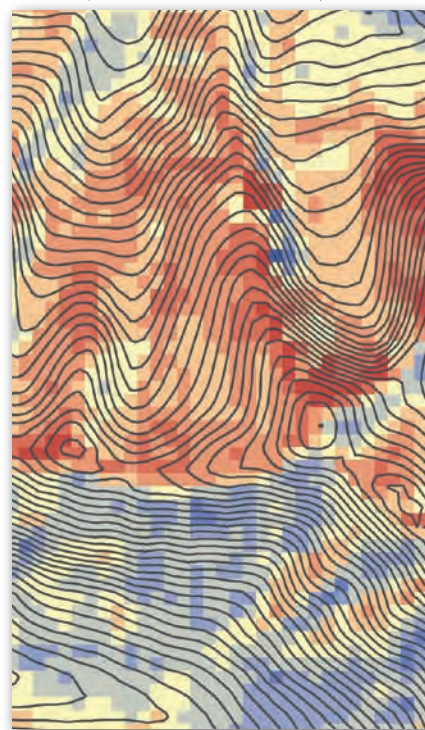
Ciekawie prezentuje się ponadto rozkład błędów wysokości. O ile w przypadku Kotliny Warszawskiej i Wyżyny Częstochowskiej był on zależny przede wszystkim od pokrycia terenu, to w Tatrach znaczenie zyskuje głównie ekspozycja oraz nachylenie terenu (rys. 3). I tak, dodatnie błędy charakteryzują przede wszystkim stoki o ekspozycji południowej i wschodniej, a ujemne – północnej i zachodniej. Jednocześnie im stok jest bardziej stromy, tym wartość bezwzględna błędu jest wyższa. Dla pojedynczych pikseli błąd wysokości modelu SRTM-3 może sięgać nawet blisko 200 metrów. RMSE, w zależności od skali, nie przekracza jednak 13-16 metrów.

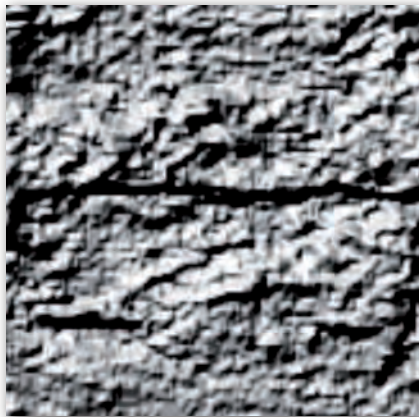
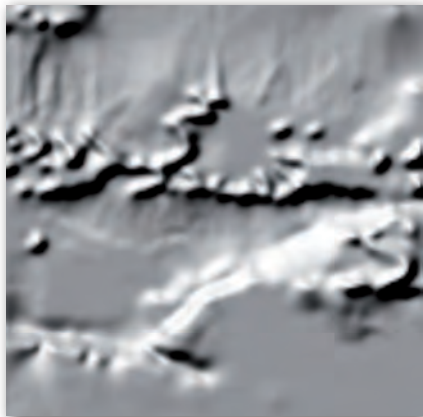
• CIENIOWANIE

Choć cieniowanie rzeźby można łatwo wykonać za pomocą aplikacji GIS, to wciąż jeszcze komputer nie jest w stanie dobrać utalentowanego kartografa. Z tego względu trudno jest obiektywnie oszacować przydatność NMT do generowania tego typu prezentacji. Z pewnością istotnym elementem oceny danych może być rozmiar błędów spadku i ekspozycji. Nic nie zastąpi jednak subiektywnego porównania cieniowania NMT ze wzorcem (w tym przypadku – mapą topograficzną). Gdy przyjrzymy się obszarowi Kotliny Warszawskiej, już na pierwszy rzut oka widać ogromne różnice między dwoma rysunkami (rys. 4). O ile na NMT wygenerowanym na podstawie poziomic z mapy topograficznej 1:100 000 doskonale widać zarówno krawędź pradoliny, jak i poszczególne wydmy, to na wizualizacji modelu SRTM-3 trudno dopatrzeć się nawet tych form, które w miarę dobrze widoczne były na mapie poziomicowej. Gdyby pogrupować wartości ekspozycji w 8 klasach (plus tereny płaskie), okazuje się, że tylko około 15% pikseli z danych SRTM-3 należy do prawidłowej klasy, czyli – w dużym przybliżeniu – jest poprawnie oświetlonych.

Interesująco wypada porównanie dla Wyżyny Częstochowskiej (rys. 5). Różnice między mapą 1:100 000 a danymi SRTM-3 na pierwszy rzut oka są słabo zauważalne. Dopiero po dokładniejszej analizie rysunków widać wpływ pokrycia terenu oraz nieznacznie mniejszą szczegółowość badanego modelu (szczególnie przy słabo wciętych dolinach). Zgodność

Rys. 3. Błędy wysokości modelu SRTM-3 (kolor czerwony – dodatnie, niebieski – ujemne)





Rys. 4. Cieniowanie rzeźby Kotliny Warszawskiej z mapy 1:100 000 i modelu SRTM-3

klas ekspozycji dla skali 1:100 000 wynosi aż 75%. Gdy przyjrzymy się jednak cieniowaniu w skali 1:200 000, od razu zauważamy, że model SRTM-3 jest bardziej szczegółowy niż mapa topograficzna, co zdaje się zaprzeczać wnioskowi płynącemu z analizy poziomic. Rozbieżność tę można jednak dość łatwo wyjaśnić. Kluczem jest cięcie poziomowe, które w skali 1:200 000 wynosi raptem 20 metrów. Szczegółowość modelu SRTM-3, zgodnie z jedną z amerykańskich norm, odpowiada w przybliżeniu cięciu co około 8-10 m (3,25 x RMSE).

Podobnie prezentuje się cieniowanie Tatr. Iluminacja rzeźby z modelu SRTM-3 jest zbliżona do tej z mapy 1:100 000 i wyraźnie lepsza od skali 1:200 000. Nie oznacza to jednak, że dane SRTM-3 nadają się do generowania cieniowania w skali 1:100 000. Gdyby nałożyć je na mapę topograficzną w tej skali, to uchwyciłyby one tylko większe formy rzeźby, a te mniejsze stałyby się niewidoczne.

• BLOKDIAGRAMY

Jako że blokdiagramy są opracowaniem wykorzystywanym głównie w celach poglądowych, także i w tym przypadku trudno jest o obiektywne kryteria oceny przydatności danych do tego typu zastosowań. Bez wątplenia spore znaczenie będzie jednak dokładność przebiegu linii szkieletowych – szczególnie w przypadku, gdy na NMT nakładamy mapę czy zdjęcie satelitarne i nie chcemy, by np. rzeki płynęły pod górę.

Podobnie jak w analizowanych wcześniej zastosowaniach, także i w przypadku blokdiagramu obraz danych SRTM-3 dla Kotliny Warszawskiej wypada relatywnie najgorzej. Jak widać na rys. 6, przebieg grzbietów wydm wyznaczonych na mapie topograficznej (kolor pomarańczowy) jest w bardzo niewielkim stopniu związany z trójwymiarowym obrazem wygenerowanym z danych SRTM-3 (grzbiety z modelu SRTM – kolor fioletowy). Jest to, oczywiście, związane z wpływem pokrywy leśnej. Nieco lepiej widoczna jest jednak niewielka sucha dolina rozcinająca krawędź pradoliny (kolor granatowy – przebieg wg SRTM-3, kolor błękitny – przebieg wg mapy topograficznej).

Zupełnie dobrze wypada natomiast obraz Wyżyny Częstochowskiej. Dane SRTM-3 uchwyciły niemal wszystkie wyraźniejsze grzbiety i doliny, a różnice w ich przebiegu w większości przypadków nie przekraczają 0,5-1,0 mm w skali 1:100 000. Uważna analiza blokdiagramu pozwala jednak dostrzec kilka nieprawidłowości występujących głównie w głęboko wciętych dolinach, gdzie nawet niewielki błąd przebiegu linii szkieletowych może razić. Tam, gdzie rzeźba jest mniej urozmaicona, może na-

tomiast dochodzić do sytuacji, że linie dolin z modelu SRTM-3 przecinają się z grzbietami wyznaczonymi na mapie topograficznej (i na odwrót).

Zdecydowanie najlepiej wypada blokdiagram Tatr, gdzie błędy położenia linii szkieletowych w zdecydowanej większości przypadków nie przekraczają 0,5 mm w skali 1:100 000, nawet w głęboko wciętych dolinach. Choć także i tutaj można znaleźć wyraźnie niezgodności (rys. 6.).

• ANALIZY PRZESTRZENNE

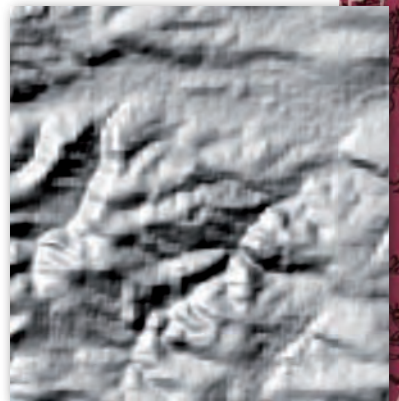
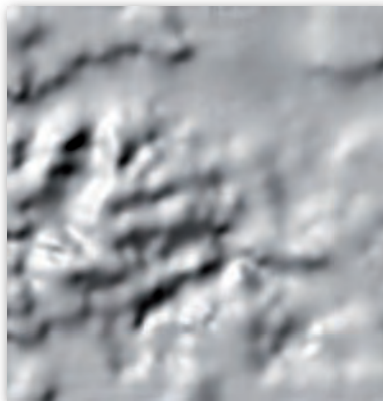
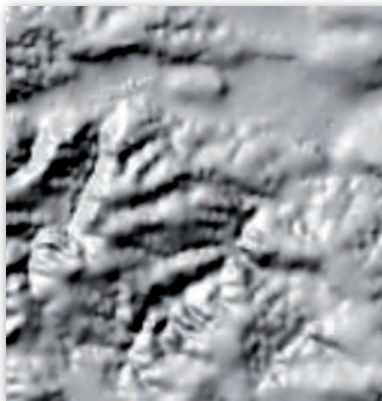
Jeszcze kilkanaście lat temu opracowanie np. mapy deniwelacji, średnich spadków, energii rzeźby czy średnich wysokości dla całego kraju zajęłoby wiele miesięcy żmudnej pracy z mapami topograficznymi. Gdy mamy dobry NMT i oprogramowanie GIS, ta sama czynność zajmuje raptem kilkanaście minut. Czy jednak dane SRTM nadają się do opracowywania tego typu ciekawych map?

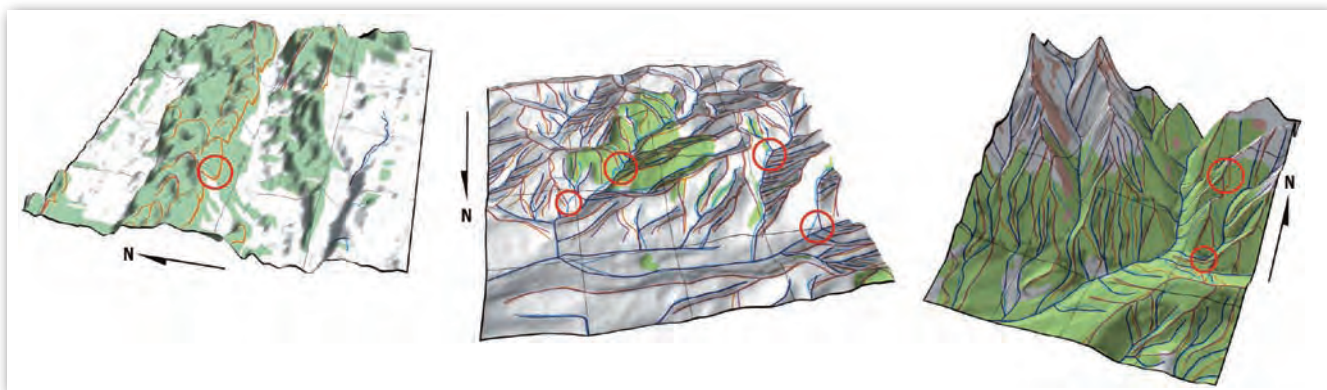
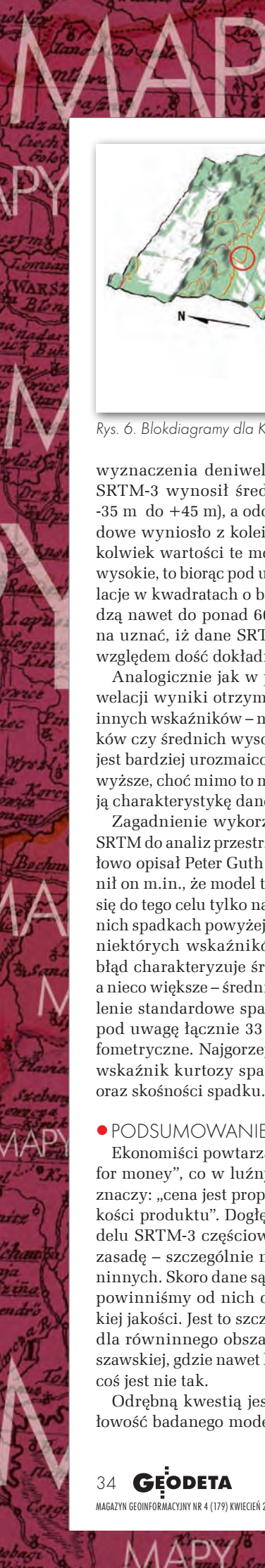
Założmy, że chcemy wykonać mapę deniwelacji obliczonych w kwadratach o boku 1 km (rys. 7). Na analizowanym fragmencie Kotliny Warszawskiej wartości te wyliczone na podstawie mapy topograficznej 1:100 000 w kwadratach o polu 1 km² wynoszą od 5 do 20 metrów. Z kolei model SRTM-3 zawyża deniwelacje średnio o 9 metrów, a maksymalnie aż o 18,5 metra, co jak na teren nizinny należy uznać za błąd dość wysoki.

Na obszarze Wyżyny Częstochowskiej różnice wysokości dochodzą z kolei do 100 metrów. Model SRTM-3 zaniża te wartości średnio o 1,5 metra, a maksymalne błędy wynoszą od -10 do +20 metrów. Biorąc jednak pod uwagę bardziej urozmaiconą od Kotliny Warszawskiej rzeźbę, błędy te należy uznać za zdecydowanie mniej znaczące.

Podobna sytuacja ma miejsce również w analizowanym fragmencie Tatr. Błąd

Rys. 5. Cieniowanie rzeźby Wyżyny Częstochowskiej z mapy 1:100 000, 1:200 000 i modelu SRTM-3





Rys. 6. Blokdiagramy dla Kotł. Warszawskiej, Wyż. Częstochowskiej i Tatr z nałożonymi liniami szkieletowymi z modelu SRTM-3 i mapy 1:100 000

wyznaczenia deniwelacji dla danych SRTM-3 wynosił średnio +1,0 m (od -35 m do +45 m), a odchylenie standardowe wyniosło z kolei 16,6 metra. Jakkolwiek wartości te mogą wydawać się wysokie, to biorąc pod uwagę, że deniwelacje w kwadratach o boku 1 km dochodzą nawet do ponad 600 metrów, można uznać, iż dane SRTM-3 są pod tym względem dość dokładne.

Analogicznie jak w przypadku deniwelacji wyniki otrzymuje się także dla innych wskaźników – np. średnich spadków czy średnich wysokości. Im rzeźba jest bardziej urozmaicona, tym błędy są wyższe, choć mimo to mniej zafałszowują charakterystykę danego terenu.

Zagadnienie wykorzystania danych SRTM do analiz przestrzennych szczegółowo opisał Peter Guth [2006]. Udowodnił on m.in., że model ten dobrze nadaje się do tego celu tylko na terenach o średnich spadkach powyżej 5%, i to tylko dla niektórych wskaźników. Najmniejszy błąd charakteryzuje średnią wysokość, a nieco większe – średnie spadki i odchylenie standardowe spadku. Guth wziął pod uwagę łącznie 33 wskaźniki morfometryczne. Najgorzej wypadły m.in.: wskaźnik kurtozy spadku i wysokości oraz skośności spadku.

• PODSUMOWANIE

Ekonomiści powtarzają często: „value for money”, co w luźnym tłumaczeniu znaczy: „cena jest proporcjonalna do jakości produktu”. Dogłębna analiza modelu SRTM-3 częściowo potwierdza tę zasadę – szczególnie na terenach równinnych. Skoro dane są bezpłatne, to nie powinniśmy od nich oczekiwać wysokiej jakości. Jest to szczególnie wyraźne dla równinnego obszaru Kotliny Warszawskiej, gdzie nawet laik dostrzeże, że coś jest nie tak.

Odrębną kwestią jest to, że szczegółowość badanego modelu – niezależnie

od sposobu jego prezentacji – odpowiada skali nie większej niż 1:200 000. Jak pokazały badania wykonane w Katedrze Kartografii UW [T. Kaliński, 2007], generalizacja rzeźby w tej skali jest znacząca nie tylko dla obszarów, gdzie formy terenu mają niewielkie wymiary (np. wydmy), lecz nawet na terenach wysokogórskich. Nie bez kozery część kartografów uważa przecież, że opracowania 1:200 000 to już mapy bardziej przeglądowe niż topograficzne.

Z drugiej strony, krytykując dane SRTM-3, nie można zapominać o tym, że model ten właściwie jako pierwszy w historii szeroko rozumianej geomatyki pozwolił poznać rzeźbę wielu słabo zbadanych obszarów. Do dziś jest to np. najbardziej szczegółowy NMT dla całego obszaru Turcji – kraju, który ekonomicznie radzi sobie przecież dość dobrze. Nic więc dziwnego, że w projekcie reanimacji tadžyckiej geodezji (GEODETA 9/2009) dane SRTM-3 okazały się nieocenionym źródłem informacji nie tylko przy wykonywaniu mniej szczegółowych opracowań, lecz nawet przy mapach zasadniczych. Tam, gdzie rzeźba jest już bardzo dobrze poznana (np. w Polsce), powinniśmy więc bardzo ostrożnie i krytycznie podchodzić do wykorzystania modelu SRTM-3. Z drugiej strony, jeszcze przez wiele lat będzie on jednym z lepszych źró-

deł informacji o ukształtowaniu terenu dla obszarów, gdzie geodeci nie mieli jeszcze okazji przeprowadzić bardziej szczegółowych pomiarów. A takich miejsc jest na świecie jeszcze wiele.

JERZY KRÓLIKOWSKI

Literatura:

- 1. Guth P.L., 2006: Geomorphometry from SRTM: Comparison to NED, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 72, No. 3;
- 2. Kaliński T., 2006: Sposoby wykorzystania map topograficznych na przykładzie rzeźby terenu – praca magisterska na WGiSR UW, Warszawa;
- 3. Karwel A., Ewiak I., 2006: Ocena przydatności danych wysokościowych z misji SRTM do generowania NMT na obszarze Polski, Prace Instytutu Geodezji i Kartografii, tom III, zeszyt 110;
- 4. Milaresis G.C., 2007: An Upland Object Base Modelling of the Vertical Accuracy of the SRTM-1 Elevation Dataset, Spatial Science, Vol. 52, No. 1;
- 5. Passini, R.; Jacobsen, K., 2007: Accuracy Analysis of SRTM Height Models (w:) ASPRS Annual Conference – Tampa, CD [także: http://www.ipi.uni-hannover.de/uploads/tx_tkpublikationen/RP_KJ_07_SRTM.pdf];
- 6. Rodriguez, E., C.S. Morris, J.E. Belz, E.C. Chapin, J.M. Martin, W.Daffer, S. Hensley, 2005: An assessment of the SRTM topographic products, Technical Report JPL D-31639, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California;
- 7. Zieliński R., 2006: Ocena dokładności danych SRTM-3 dla obszaru Polski (w:) Materiały Sesji Naukowej z okazji 85-lecia Wydziału Geodezji i Kartografii PW, Wydawnictwo PW, Warszawa.

Rys. 7. Mapa deniwelacji Mazowsza opracowana na podstawie danych SRTM-3

