

Wykorzystanie danych SRTM do generowania warstw na potrzeby map topograficznych

Use of SRTM data to generate contour lines for the purpose of topographic maps

STRESZCZENIE

Misja SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) dostarczyła cennych danych wysokościowych o zasięgu globalnym, od 60° szerokości geograficznej północnej do 56° szerokości geograficznej południowej. Na obszarze Polski dane są dostępne w rozdzielczości 3" długości i szerokości geograficznej, pod nazwą SRTM3. Oznacza to, że oczko siatki grid z wysokościami odpowiada prostokątowi równemu około 60 na 90 metrów. W pracy przedstawiono możliwości generowania warstw z wyżej wymienionych danych na przykładzie obszaru gminy Zabierzów oraz miasta Jarosław. Warstwy wygenerowano z surowych danych typu GRID *.hgt jak i z danych po przeprowadzeniu interpolacji rastra wejściowego, sztucznie zwiększającej rozdzielczość. Wynikowe warstwy porównano z warstwami uzyskanymi z wektoryzacji mapy topograficznej w skali 1:10 000 jak i z wysokościami pikiet otrzymanymi z wektoryzacji map zasadniczych. Ocenie poddano dokładność oraz szczegółowość ich generowania. Ostatnim etapem pracy była ocena przydatności danych SRTM3 w procesie tworzenia warstw na potrzeby map topograficznych w różnych skalach oraz przy różnorodnym cięciu warstwowym. Przeanalizowano teoretyczny średni błąd wysokości warstw przyjęty według instrukcji technicznej O-2. Całość analiz przeprowadzono przy pomocy oprogramowania QGIS Desktop wraz z oprogramowaniem GRASS GIS oraz OpenOfficeCalc i Draw.

Słowa kluczowe: SRTM, numeryczny model terenu, QGIS, warstwy

Key words : SRTM, digital terrain model, QGIS, contours

DANE SRTM

Interferometryczne skanowanie powierzchni Ziemi odbyło się w lutym 2000 roku. Zainstalowany na promie *Endeavour* zestaw pomiarowy składał się z sześćdziesięciometrowego masztu na którego końcach zainstalowane były zestawy pomiarowe składające się z interferometrów pracujących w dwóch pasmach X-band i C-band. Na promie zamontowane zostały anteny nadawczo-odbiorcze, pracujące w paśmie C i X, natomiast na końcu masztu antena odbiorcza w paśmie C i X. Dane gromadzone w czasie skanowania zajmowały dużo pamięci, aż 270 mb na każdą sekundę skanowania. Skanowanie nie objęło rejonów okołobiegunowych, zawierało się pomiędzy równoleżnikami 54° S a 60° N. W czasie trwania misji uzyskano interferogramy radarowe pozwalające uzyskać numeryczny model terenu, obejmujący

80% powierzchni kuli ziemskiej (Kurczyński, 2000). Dane opracowane zostały w różnych rozdzielczościach, w postaci regularnej siatki geograficznej i podzielone na dane wysokościowe ITED (*Interferometric Terrain Elevation Data*):

- ITED-2 (NMT na poziomie 2, pasmo X), siatka o oczku 1"x1",
- ITED-2 (NMT na poziomie 2, pasmo C), siatka o oczku 1"x1",
- ITED-1 (NMT na poziomie 1, pasmo C), siatka o oczku 3"x3".

W założeniach błąd wysokości bezwzględnej miał nie przekraczać szesnastu metrów, natomiast dla wysokości względnej - dziesięciu metrów. Dla Polski i całego świata dostępne są nieodpłatnie dane ITED-1 z siatką o oczku 3" x 3". W warunkach Polski rozdzielczość terenowa opracowanego numerycznego modelu terenu wynosi około 60 x 90 metrów (Nering, 2009). Po udostępnieniu danych wykonano szereg ocen dokładności wykonanego modelu. Według Zielińskiego (2004), wartości błędów wysokości podzielone zależnie od rodzaju terenu przedstawiają się następująco:

- dla terenów płaskich dokładność względna zawiera się w przedziale 2.52-3.97 metra, bezwzględna 1.89-5.07 metra,
- dla terenów o umiarkowanym ukształtowaniu dokładność względna zawiera się w przedziale 3.18 – 16.59 metra, natomiast bezwzględna 2.54 - 6.19,
- dla terenów górzystych względna dokładność zawiera się w przedziale 3.86 – 49.03, należy jednak zaznaczyć, że pola testowe leżą w Grecji gdzie dane referencyjne są słabej jakości, bezwzględna dokładność zawiera się w przedziale 5.93 – 27.97.

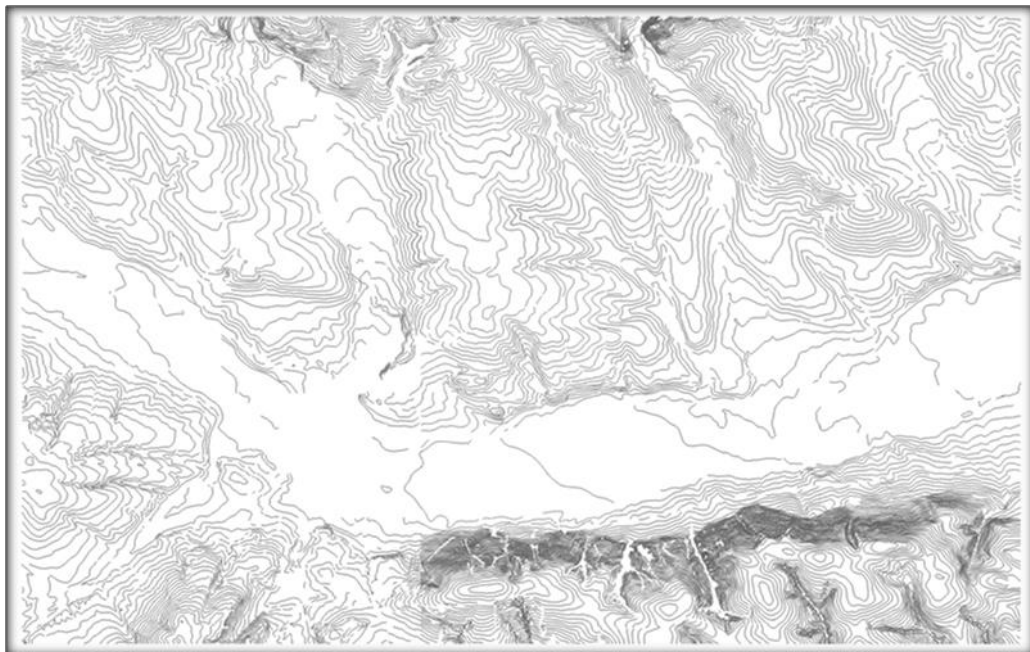
Dane SRTM są udostępniane w postaci arkuszy o rozmiarach geograficznych 1 x 1 stopień długości i szerokości geograficznej, dla łatwiejszej identyfikacji opisywane są właśnie przy pomocy stopni geograficznych w jakich się znajdują. Obszar Polski zawiera się w 57 arkuszach. W niniejszej pracy wykorzystano arkusz o narożniku lewym dolnym 50° N 19°E i arkusz 50° N 22°E.

DANE POZYSKANE Z DIGITALIZACJI

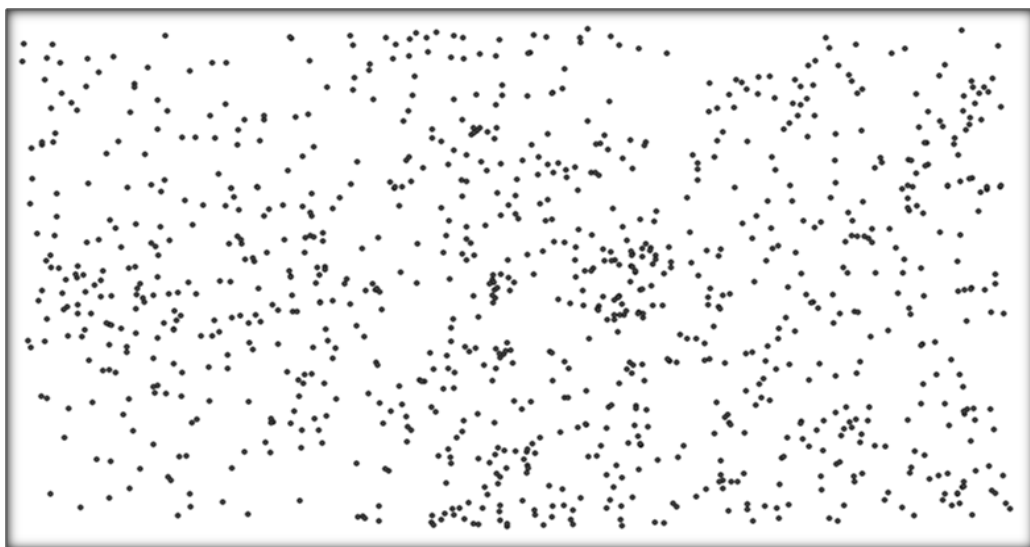
W celu porównania modelu SRTM poddano digitalizacji mapy topograficzne dla obszaru gminy Zabierzów oraz map zasadniczych pokrywających obszar miasta Jarosław. Mapa topograficzna terenów gminy Zabierzów objęła tereny wsi Rudawa i okolic. Została ona sporządzona w skali 1:10 000 z cięciem warstwicowym co 2.5 metra. Teren jakim pokrywa charakteryzuje się dużą różnorodnością ukształtowania. Możemy go zaliczyć do obszarów silnie pagórkowatych. Przeważająca część terenu to pola uprawne i lasy. Niewielką część stanowią obszary zabudowane. Najniższy punkt na mapie charakteryzuje się wysokością 228 metrów, a najwyższy 367 metrów.

Dla drugiego wybranego obszaru w celu zebrania referencyjnych danych wysokościowych posłużono się zeskanowanymi mapami zasadniczymi w skali 1:2000. Posiadają one dużo dokładniejszą informację o wysokości od map topograficznych dzięki licznym punktom wysokościowym i warstwicom. Ze względu na fakt, że przeważający obszar opracowania zajmuje miasto silnie zabudowane, pod uwagę zostały wzięte tylko liczne punkty wysokościowe. Teren charakteryzuje się niewielkimi deniwelacjami, tylko w jednym miejscu na mapie przebiega znaczne obniżenie terenu - skarpa. Najniższy punkt charakteryzuje się wysokością 179 metrów, najwyższy 222

metry. Z obu zestawów danych, to jest dla gminy Zabierzów i miasta Jarosławia, zostały wygenerowane cyfrowe modele terenu. Dla gminy używając jako obiektów wejściowych warstw, natomiast dla miasta punktów rozproszonych. Otrzymano dokładne modele TIN, które następnie zostały zamienione na rastrowe modele GRID.



Rys. 1. Obszar gminy Zabierzów prezentujący zwektoryzowane warstwy wysokościowe (źródło: opracowanie własne autora).



Rys. 2. Punkty wysokościowe leżące na terenie miasta Jarosław (źródło: opracowanie własne autora).

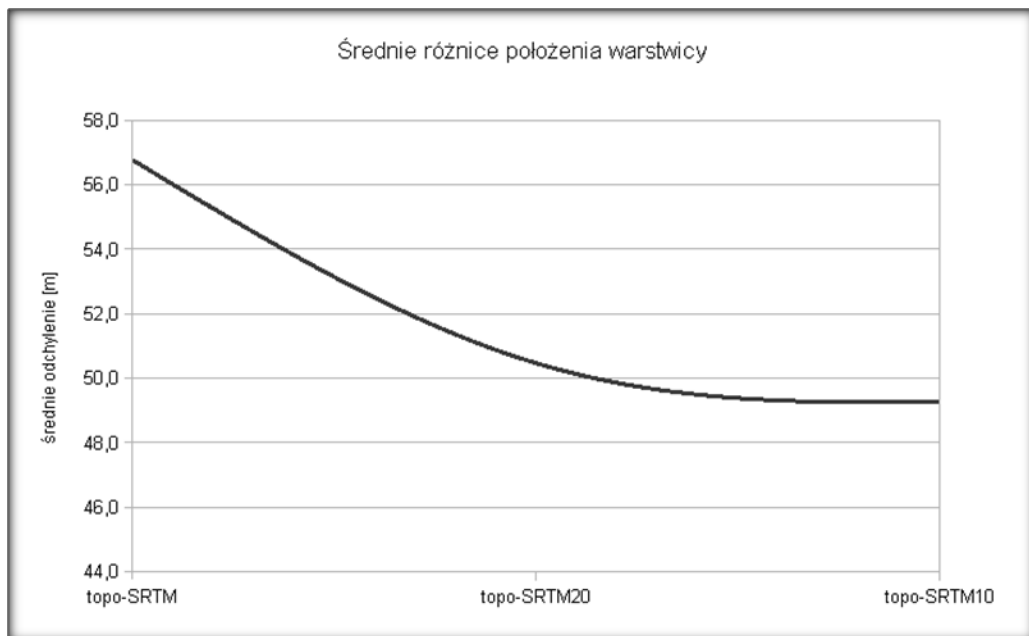
ANALIZA DANYCH

Całość analiz oraz wszelkie operacje przeprowadzono przy pomocy darmowego oprogramowania QGIS z modułem GRASS. Pierwszą częścią analiz była próba odpowiedzi na pytanie czy sztuczne zwiększenie standardowej rozdzielczości SRTM-u będzie miało wpływ na dokładność generowania warstwic. Badanie to przeprowadzono tylko dla terenu gminy Zabierzów. Aby zwiększyć sztucznie rozdzielczość danych SRTM, zamieniono oryginalny grid na dane punktowe. Mając regularną siatkę punktów posiadających atrybuty wysokościowe, przy pomocy interpolacji spline, wygenerowano dwa modele rastrowe NMT o rozdzielczości komórki rastra 20 x 20 metrów oraz jeszcze gęstszy 10 x 10 metrów (Tomaszczyk, 2009). W tym momencie dane SRTM reprezentowane były w trzech różnych rozdzielczościach. Przy ich udziale wbudowaną funkcją geoprocesingu „generuj warstwice” utworzono trzy mapy warstwicowe. Przyglądając się wygenerowanym warstwicom można było zauważyć, że generowane z różnych rozdzielczości rastra, różnią się między sobą. Oprócz subtelnych różnic lepszego wygładzenia przebiegu warstwic, wygenerowanych z wyższej rozdzielczości rastra, były widoczne większe różnice w postaci błędnych interpretacji ale również zwiększenia dokładności w stosunku do warstwic wygenerowanych z oryginalnego modelu SRTM. Warstwice tworzone z oryginalnego SRTM-a o rozdzielczości 60 x 90 metrów nie oddawały dobrze przebiegu po obszarach cieków oraz grzbietów. W dwóch przypadkach sztucznie zagęszczonego SRTM-a, o rozdzielczości piksela terenowego 20 oraz 10 metrów, warstwice były generowane znacznie poprawniej, lecz zdarzały się przypadki artefaktów, w postaci małych wysepek informujących o wzniesieniach, które na danych referencyjnych nie występowały.



Rys. 3. Prezentacja różnic pomiędzy generowanymi warstwicami (źródło: opracowanie własne autora).

Aby sprawdzić dokładność generowania warstwicy metodą analityczną użyto funkcji macierzy odległości. Wyznaczono odległości od oryginalnej warstwicy do warstwicy generowanej. Obliczono średnie wartości bezwzględnych odchyłeń odległości rozpatrywanej warstwicy. Analizy przeprowadzono w programie komputerowym, dlatego otrzymane poziome różnice podano w metrach terenowych. W przypadku porównania wartości pomiędzy warstwicyą zdigitalizowaną z mapy topograficznej a warstwicyą z oryginalnego SRTM, średnie odchylenie wyniosło około 56,5 metra. Różnice dla warstwicy powstałych z sztucznie zagęszczonego modelu SRTM o pikselu terenowym 20 i 10 metrów wyniosły odpowiednio 50,7 i 49,5 metra. Przeliczając te wartości na odległości na mapie w skali 1 : 10 000 możemy oszacować że średnio warstwica przesuwa się w obie strony o około 5 milimetrów. Analizując rycinę 4. można dojść do wniosku że dalsze zagęszczanie pikseli nie miało by sensu, dlatego nie zdecydowano się na dalsze zagęszczanie siatki SRTM. Do dalszych analiz wykorzystano warstwice wygenerowane z SRTM-a o rozdzielczości 10 na 10 metrów. Kolejnym etapem analizy była ocena dokładności wygenerowanych warstwicy, a więc cyfrowego modelu terenu uzyskanego dzięki darmowym danym SRTM. W teście nie użyto wszystkich dostępnych danych. Zostały wybrane odpowiednie wysokościowe przekroje terenu na podstawie warstwicy. Dla terenu gminy Zabierzów wybrano warstwice z rzędnymi wysokościami 250, 270, 300, 340 metrów, które najlepiej oddawały zróżnicowanie rzeźby terenu. Dla terenów obejmujących miasto Jarosław pod uwagę wzięto warstwice 180, 187.5, 197.5 oraz 215 metrów. Warstwice te porównywane były z numerycznym modelem terenu stworzonym z danych referencyjnych, warstwicy z map topograficznych, rozproszonych punktów wysokościowych oraz z rastrem zawierającym mapę nachyleń.

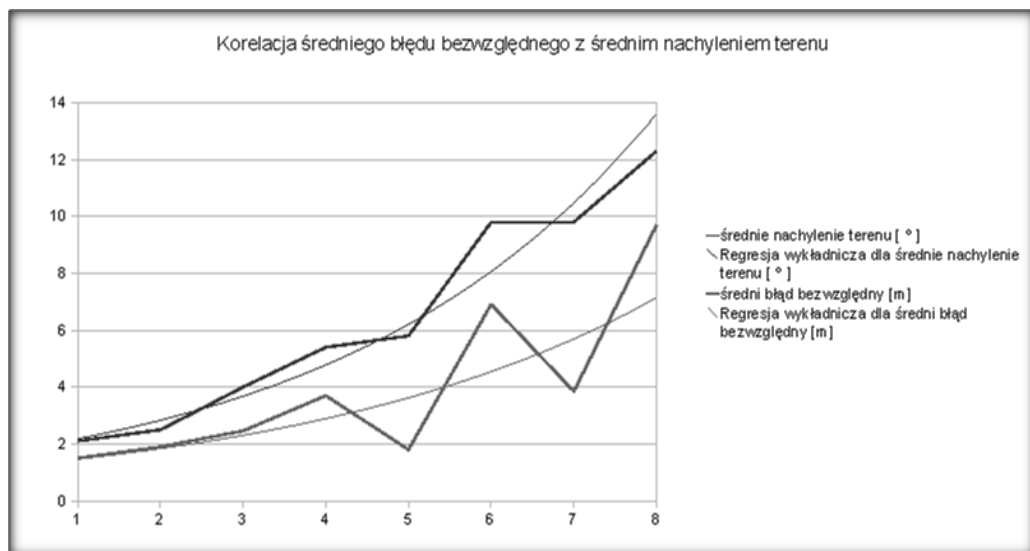


Rys. 4. Wykres prezentujący średnie różnice poziomego położenia warstwicy na mapie (źródło: opracowanie własne autora).

Aby ułatwić analizę, warstwy zostały zamienione na warstwy punktowe. Do zadania użyte zostało narzędzie „Point SamplingTool” pozwalające za jednym razem pobrać wartości atrybutów dla warstwy punktowej z wielu warstw rastrowych. Pobieranie ich odbywało się na zasadzie rzutowania punktów na raster i zbierania informacji z rastra w miejscu przecięcia obrazu punktu. Następnie dane zostały wyeksportowane do pliku CSV i poddane dalszej obróbce statystycznej w programie OpenOffice. Wynik analizy przedstawia tab. 1.

Tab. 1. Ocena dokładności modelu SRTM w punktach wybranych warstw
(źródło: opracowanie własne autora).

LP	Analizowana warstwa, teoretyczna wysokość [m]	Średnia rzutowana wysokość na grid stworzony z warstw topograficznych [m]	Różnica [m]	Odchylenie standardowe średniej wysokości [°]	Średnie nachylenie terenu [m]	Maksymalny błąd bezwzględny [m]	Średni błąd bezwzględny [m]
Z1	250	251.7	-1.7	2.4	4.0	8.8	2.5
Z2	270	270.9	-0.9	4.6	5.4	19.3	3.7
Z3	300	297.2	2.8	9.2	9.8	27.7	6.9
Z4	340	332.0	8.0	8.3	12.3	31.4	9.7
J1	180	182.0	-2.0	3.7	2.5	9.6	1.9
J2	187.5	188.9	-1.4	5.3	9.8	14.9	3.9
J3	197.5	198.3	-0.8	2.2	5.8	7.4	1.8
J4	215	214.6	0.4	2.1	2.1	8.5	1.5



Rys. 5. Wykres korelacji średniego błędu bezwzględnego z średnim nachyleniem terenu
(źródło: opracowanie własne autora).

Warstwy leżące na terenie gminy Zabierzów oznaczone zostały literą Z natomiast warstwy znajdujące się na terenie Jarosławia literą J. Podsumowując, najmniejszy średni błąd bezwzględny uzyskano dla przekroju warstwy J4 215 metrów, natomiast największy bezwzględny błąd uzyskano dla warstwy Z4 340 metrów. Zauważyć można mocną korelację średniego nachylenia terenu z wielkością błędu średniego (warstwa

z najmniejszym średnim błędem = najmniejsze średnie nachylenie terenu wynoszące 2.1°, warstwica z największy błędem = największe nachylenie wynoszące 12.3°).

OCENA DOKŁADNOŚCI

W celu weryfikacji postawionego problemu generowania warstw z ogólnodostępnego modelu danych wysokościowych SRTM na potrzeby map topograficznych, sprawdzono czy błędy modelu mieszczą się w granicach dopuszczalnych zawartych w instrukcji technicznej O-2 (Ciesielski i in., 1999), zawierającej zasady opracowywania map. W pracy został przyjęty sposób obliczania błędu położenia warstw zawarty w instrukcji technicznej K-1.3 (Jaskólski, Partyka, Pawłowska, 1981). Terenowe pomiary kontrolne zastąpiono referencyjnymi danymi pozyskanymi z digitalizacji istniejących map. Wartości do obliczeń uzyskano rzutując punkty z danych przyjętych za bezbłędne (z mapy topograficznej i zasadniczej) na model danych SRTM.

Obliczając wartości błędów uzyskano wyniki:

- +/- 7.24 m dla terenu gminy Zabierzów
- +/- 2.96 m dla obszaru miasta Jarosław

Błąd warstw generowanych z modelu SRTM musiał zostać odniesiony do dopuszczalnego, który jest zależny od skali mapy wynikowej oraz rodzaju prezentowanego obszaru. Wynosi on odpowiednio:

- 1/3 zasadniczego cięcia warstwicowego dla terenów o nachyleniu do 2°
- 2/3 zasadniczego cięcia warstwicowego dla terenów o nachyleniu 2°-6°
- 1 zasadniczego cięcia warstwicowego dla terenów o nachyleniu powyżej 6°

Cięcie zasadnicze jest zależne od skali mapy wynikowej i od średniego nachylenia terenu. Teren gminy Zabierzów został zakwalifikowany do terenu o nachyleniu powyżej 6° natomiast teren miasta Jarosław do terenów mieszczących się w granicach 2°-6°. Szczegółowe dane, przyjęte cięcia warstwicowe dla poszczególnych skali map topograficznych, zostały zaprezentowane w tabeli 2.

Tab. 2. Analiza dokładności warstw (źródło: opracowanie własne autora).

	Mianownik skali mapy	Cięcie [m]	Dopuszczalny błąd [m]	Średni błąd warstwy z danych SRTM [m]	Dopuszczalny błąd warstwy
Teren Zabierzowa, górzysty nachylenie terenu powyżej 6°	Dopuszczalny błąd warstwy równy zasadniczemu cięciu warstwicowemu				
	5000	2,50	2,50	7,24	NIE
	10 000	2,50	2,50		NIE
	25 000	5,00	5,00		NIE
	50 000	10,00	10,00		TAK
	100 000	20,00	20,00		TAK
	200 000	40,00	40,00		TAK
500 000	100,00	100,00	TAK		
Teren Jarosławia zawierający się w przedziale 2° - 6°	Dopuszczalny błąd warstwy 2 / 3 cięcia warstwicowego				
	5000	1,00	0,67	2,96	NIE
	10 000	1,25	0,83		NIE
	25 000	1,25	0,83		NIE
	50 000	2,50	1,67		NIE
	100 000	5,00	3,33		TAK
	200 000	20,00	13,33		TAK
500 000	50,00	33,33	TAK		

WNIOSKI

Stwierdzono, że im większe nachylenie charakteryzuje badany teren tym model SRTM jest mniej dokładny.

Zweryfikowano zasadność wykorzystania darmowych danych SRTM do generowania warstw, które będą przedstawiały rzeźbę terenu na mapach topograficznych. Stwierdzono, że dla skal małych dopuszczalne jest generowanie warstw z SRTM. W rozpatrywanym przypadku dla terenów o sporym zróżnicowaniu wysokościowym dopuszczalne jest generowanie warstw w skali 1:50 000 i mniejszych. Dla obszarów mieszczących się w przedziale nachylenia 2° - 6° nie przekroczymy dopuszczalnego błędu warstwy od skali 1:100 000 i mniejszych.

Być może gdy zostanie udostępniony nieodpłatnie model SRTM o rozdzielczości sekundowej dane pozwolą na generowanie warstw w większych skalach. Należy jednak pamiętać iż rozważania zawarte w pracy opierają się na założeniu że dane pozyskane z istniejących map topograficznych i zasadniczych są bezbłędne. Dopiero pomiar geodezyjny wysokości technikami zapewniającymi osiągnięcie kilkucentymetrowej dokładności może w 100% zweryfikować poziom dokładności modelu SRTM.

Sztuczne zwiększanie rozdzielczości rastra ma znaczenie w procesie generowania warstw. Warstwy generowane z wyższej rozdzielczości rastra są bardziej szczegółowe i dokładniejsze, choć należy je zweryfikować pod kątem występowania anomalii. Zwiększanie rozdzielczości nie wpływa w dużym stopniu na dokładność ich generowania, ale każde nawet najmniejsze zwiększenie dokładności jest cechą pozytywną. Z powodu braku opcji wygładzania warstw w narzędziu QGIS, zwiększenie rozdzielczości rastra powoduje automatycznie zagęszczenie odcinków warstwy na załamaniach, czyli ich wygładzenie.

Podsumowując, darmowe dane wysokościowe SRTM dostępne dla całego świata mogą mieć zastosowanie w generowaniu warstw dla map topograficznych, jak i służyć do różnych innych celów, choćby do analiz powodziowych, cieniowania i wielu innych nie wymagających dużych dokładności.

LITERATURA

Ciesielski, J., Grygorenko, W., Michalik, K., Podlacha, K., Poteralska - Walczyńska, L. (1999). Instrukcja Techniczna O-2. Warszawa.

Jaskólski, M., Partyka, T., Pawłowska, H. (1981). Wytyczne Techniczne K-1.3. Warszawa.

Kurczyński, Z. (2000, sierpień). Radarowa misja topograficzna promu kosmicznego Endeavour - Nowa era geomatyki. *GEODETA Magazyn Geoinformacyjny*, nr 08 (63).

Nering, K. (2009). SRTM - technologia obrazowania powierzchni Ziemi. *Czasopismo Techniczne Środowisko. Zeszyt 1*.

S, G. (2013). *Jak wygenerować warstwy w QGIS*. Pobrano 2013 z lokalizacji Gis i okolice: <http://gisiokolice.blogspot.com/2013/09/jak-wygenerowac-warstwy-w-qgis.html>

Tomaszczyk, M. (2009). *Zastosowanie programów opensource w geologii*. Pobrano wrzesień 2013 z lokalizacji <http://opengeology.pl/>

Zieliński, R. (2004). Dokładność danych radarowych SRTM – teoria i praktyka. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji vol. 14*.

cytacja:

Ilba M. (2013). Wykorzystanie danych SRTM do generowania warstw na potrzeby map topograficznych: *Prace Studenckiego Koła Naukowego Geografów Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie. Darmowe dane i open source w badaniach środowiska. 2*, 54-62.