

Najnowszy numeryczny obraz powierzchni Ziemi

# Model ASTER-2

W połowie października 2011 r. udostępniona została druga wersja (dalej ASTER-2) numerycznego modelu łądów naszej planety znanego jako ASTER GDEM. Posiada ona według twórców cechy przydatne do zastosowań w nauce i w praktyce.

**Kazimierz Bęcek**

**A**STER to akronim nazwy instrumentu (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) zainstalowanego na pokładzie amerykańskiego satelity Terra, którego misja rozpoczęła się w 1999 r. ASTER jest urządzeniem teledetekcyjnym przeznaczonym do zbierania danych o powierzchni naszej planety za pośrednictwem pasma widzialnego i bliskiej podczerwieni. Pozwala również na pozyskiwanie stereopar niezbędnych do opracowania numerycznego modelu terenu (DEM). Obrazy tworzące stereopary wykonywane są z tej samej orbity w podczerwieni w odstępie około 55 sekund. Możliwe jest to dzięki dwóm kamerom z osiami optycznymi zorientowanymi odpo-

wiednio w kierunku nadiru i w stronę przeciwną do kierunku ruchu satelity (rys. 1).

## ● Od ASTER do ASTER GDEM

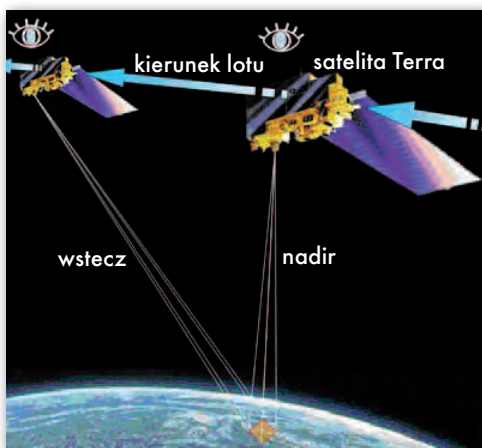
Pierwsza wersja ASTER GDEM została upublicznie-  
na w końcu czerwca 2009 r. Było to niezwykle osiągnięcie, gdyż dane pokrywały łą-  
dy prawie całej planety z roz-  
dzielczością około 30 m, czyli

trzykrotnie lepszą niż w przy-  
padku globalnego DEM zwa-  
nego SRTM [1]. Do sierpnia  
2011 r. specjalistom zajmu-  
jącym się badaniami po-  
wierzchni Ziemi udostępni-  
no przeszło 5,8 mln plików  
ASTER. Niestety, pierwsza  
wersja nie była doskonała  
pod względem dokładności,  
zawierała również wiele  
„pustych” pikseli i przekła-

mań. Podjęto starania mające  
na celu przygotowanie drugiej  
wersji ASTER o znacznie lep-  
szych parametrach. Powołano  
zespół roboczy pod auspicjami  
Ministerstwa Ekonomii,  
Handlu i Przemysłu Japonii  
(METI) oraz amerykańskiej  
Agencji do Badania Przestrzeni  
Kosmicznej (NASA). Wynikiem  
prac rozpoczętych w  
drugiej połowie 2009 r. jest  
właśnie ASTER-2. Nowy model  
powstał z około półtora  
milionu obrazów, które po-  
zyskano od początku misji  
Terra do sierpnia 2010 r. [5].  
Obliczenia przeprowadzono  
przy wykorzystaniu ulepszonego  
algorytmu. Nowa wersja  
w znacznym stopniu pozba-  
wiona została również „gru-  
bych” błędów oraz przekła-  
mań.

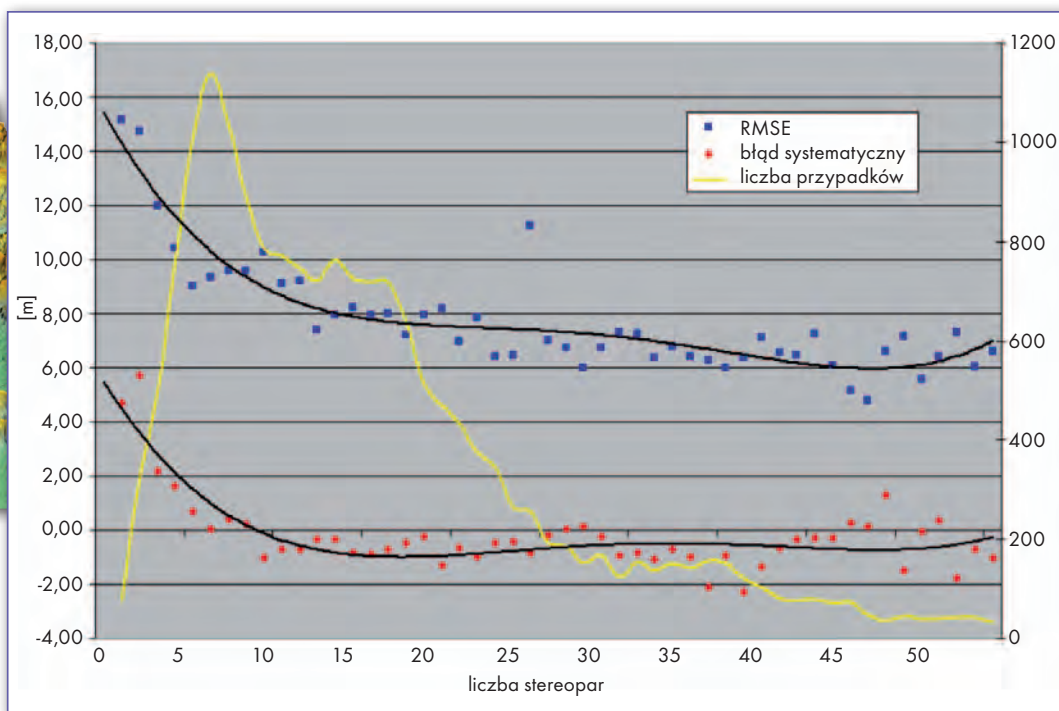
## ● Jednosekundowe piksele

Pliki ASTER-2 są dostęp-  
ne w postaci skompresowa-



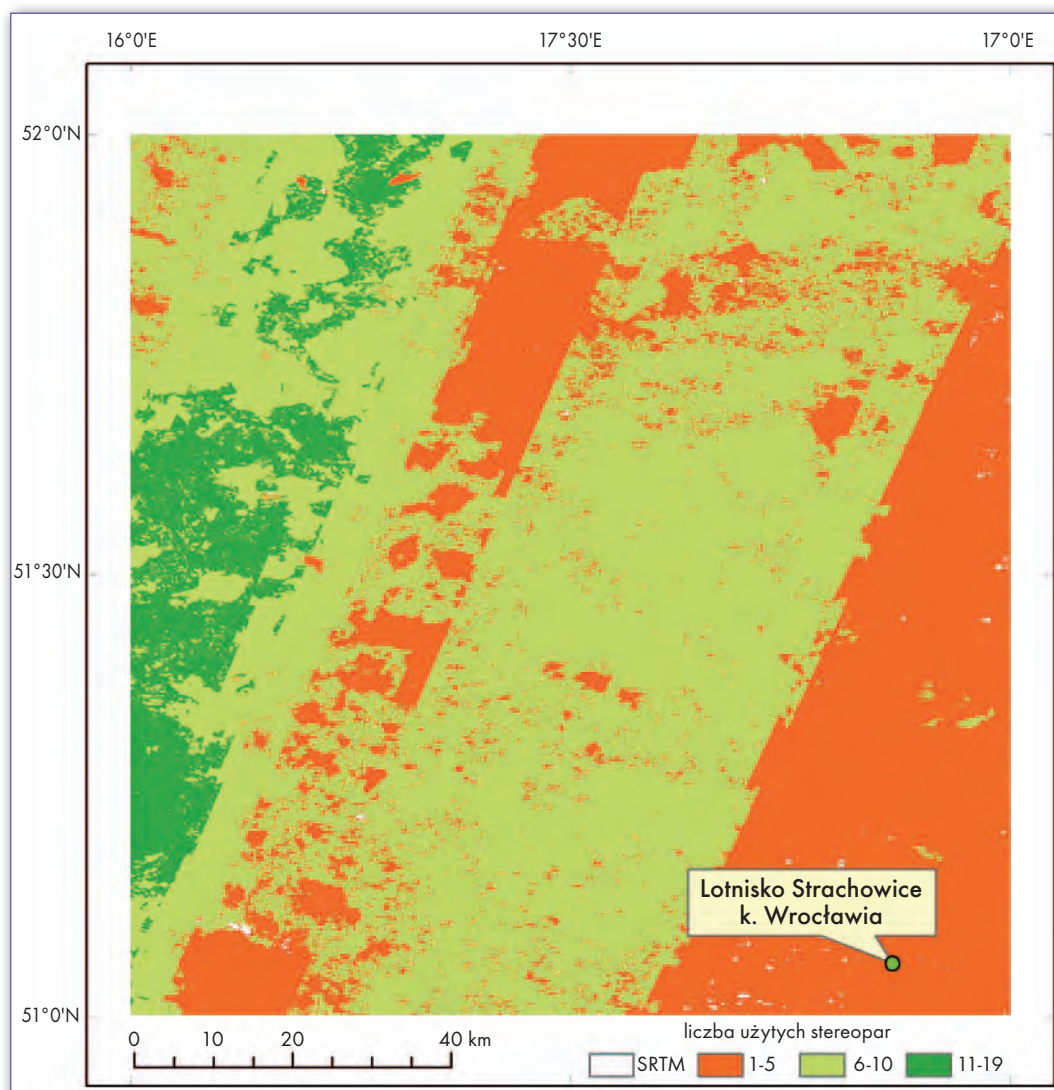
Rys. 1. Pozyskiwanie stereopary z tej samej orbity. Pierwsze zdjęcie wykonane jest z kamery ustawionej w kierunku nadiru, a drugie 55 sekund później z kamery wstecz [4]



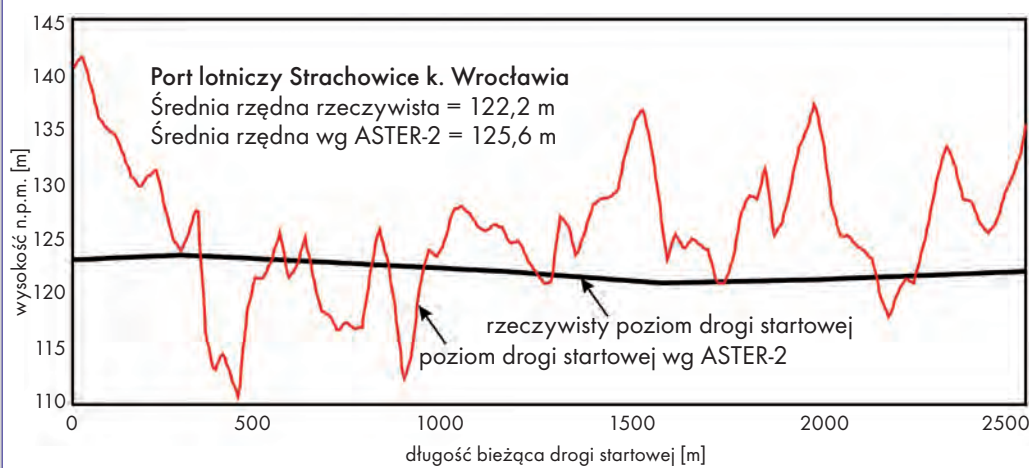


Rys. 2. Wyniki oceny dokładności ASTER-2 GDEM. Na osi poziomej naniesiono liczbę stereopar wykorzystanych do wyznaczenia rzędnej. Na osi pionowej (lewej) naniesiono wielkość błędu średniego (niebieskie znaczki) oraz błędu systematycznego (czerwone znaczki). Czarne krzywe to wynik wielomianowej aproksymacji błędów średniego i systematycznego. Na osi pionowej (prawy) naniesiono liczbę analizowanych przypadków dla każdej liczby stereogramów wykorzystanych do wyznaczenia rzędnej (oś pozioma). Zależność tę reprezentuje żółta krzywa. Źródło: [4]

nej za pośrednictwem internetu (DEM oraz dodatkowy plik rastrowy, który pozwala w sposób przybliżony ocenić dokładność DEM). Każdy plik DEM składa się z 3601 x 3601 pikseli, które reprezentują powierzchnię Ziemi o wymiarach 1° x 1° długości i szerokości geograficznej. Oznacza to, że jeden piksel ma rozmiary 1" x 1", czyli około 30 m x 30 m (na równiku) i jest odpowiednio węższy na wyższych szerokościach geograficznych. Położenie piksela wyrażone jest we współrzędnych geograficznych odniesionych do elipsoidy WGS84. Rzędne zaokrąglono do pełnego metra i odniesiono do geoidy EGM96. Pikselom, dla których nie udało się ustalić rzędnej, przyporządkowano wartość -9999. W ogromnej większości przypadków rzędne dla nich pobrano z innych źródeł, takich jak SRTM czy kanadyjski DEM. Informacje o tym zawiera plik NUM. Pikselom reprezentującym obszary wodne o powierzchni większej niż 1 km<sup>2</sup> nadano wartość 0. Ogółem na ASTER-2 składa się 22 600 plików, które pokrywają powierzchnię lądów naszej planety w pasie pomiędzy 83° szerokości geograficznej pół-



Rys. 3. Mapa liczby stereopar użytych do obliczenia rzędnych ASTER-2 dla pliku położonego na północny zachód od Wrocławia. W ASTER-2 DEM obszar oznaczony kolorem pomarańczowym jest najmniej dokładny. „SRTM” oznacza piksele uzupełnione danymi SRTM [1]



Rys. 4. Porównanie rzeczywistych rzędnych drogi startowej lotniska Strachowice koło Wrocławia z rzędnymi ASTER-2. Błąd systematyczny wynosi 3,4 m, a błąd średni  $\pm 5,9$  m

nocnej i południowej. Wartość pikselu w pliku zapisana jest jako liczba całkowita. Pliki są w formacie GeoTIFF.

ASTER-2 można oglądać za pomocą prostej, bezpłatnej aplikacji ([www.silc.co.jp/download\\_GdemViewer/en/index.html](http://www.silc.co.jp/download_GdemViewer/en/index.html)) przygotowanej przez japońską firmę Sensor Information Laboratory Corp. Do poprawnego działania nie jest wymagane rozpakowanie pliku ASTER-2. Aplikacja ta pozwala na:

- wyświetlenie współrzędnych kursora i wartości (rzędna pikselu),
- interaktywne skalowanie kontrastu,
- interpolację warstwic,
- wykreślanie profili wzdłuż osi X i Y.

## • Błędy modelu

ASTER-2 udostępniono po bardzo dokładnych badaniach jakości danych, które opublikowano w specjalnym raporcie [4]. Z najważniejszych ustaleń tego raportu dowiadujemy się, że:

- błąd systematyczny rzędnej wynosi  $-0,7$  m (rzędne ASTER-2 są za niskie),
- błąd średni rzędnej wynosi  $\pm 7,0$  m,
- poziom błędu średniego zależy od liczby użytych stereogramów,
- błędy są wyższe dla obszarów pokrytych lasami,
- w danych występuje wysoki poziom szumów o wysokiej częstotliwości.

Rysunek 2 przedstawia błąd średni ASTER-2 jako funkcję liczby wykorzystanych stereopar. Należy zwrócić uwagę na fakt gwałtownego wzrostu błędu średniego w przypadku, gdy liczba stereopar jest mniejsza niż sześć. Żółta krzywa pokazuje, że do obliczenia ASTER-2 najczęściej wykorzystywano właśnie sześć stereopar. Dla ilustracji na rysunku 3 przedstawiono mapę tematyczną sporządzoną na podstawie pliku „NUM” dla fragmentu obszaru Polski (na północny zachód od Wrocławia). Kolo-

ry na mapie oznaczają liczbę stereopar użytych do obliczeń rzędnej każdego pikselu. Przeszło 40% obszaru mapy stanowi kolor pomarańczowy oznaczający, że wykorzystano od jednej do pięciu stereopar. Niestety, podobnie sytuacja wygląda w innych częściach Polski.

## • Eksperyment dla Polski

W celu sprawdzenia, jak dokładne są rzędne ASTER-2, przeprowadzono eksperyment według procedury opisanej przez autora w „Geophysical Research

Letters” w 2008 r. w związku z oceną dokładności modelu SRTM [2]. Z ASTER-2 pobrano przekrój pionowy położony wzdłuż drogi startowej lotniska Strachowice koło Wrocławia. Wartość średnia rzędnej przekrój ASTER-2 wyniosła 125,6 m. Wartość średnia rzędnej rzeczywistej wynosi 122,2 m. Oznacza to, że w tym konkretnym przypadku błąd systematyczny ASTER-2 wynosi 3,4 m. Błąd średni wynosi  $\pm 5,9$  m. Omawiany eksperyment został zilustrowany na rysunku 4, na którym wyraźnie widoczny jest szum o wysokiej częstotliwości.

ASTER-2 stanowi ważny wkład japońskich i amerykańskich uczonych do GEOSS [3]. ASTER-2 stał się drugim po SRTM globalnym numerycznym modelem łądów naszej planety. Z uwagi na błędy zawarte w danych ASTER-2 zaleca się daleko posuniętą ostrożność w korzystaniu z tych danych, szczególnie w badaniach o charakterze ilościowym. Mimo wszystko ASTER-2 dostarcza dużo materiału do badań dla naukowców na całym świecie.

**Dr hab. Kazimierz Bęcek**

(pracownik naukowo-dydaktyczny na Uniwersytecie Brunei Darussalam – UBD, w Brunei, zajmuje się geomatyką, w szczególności teledetekcją, geodezją i GIS-em)

Dane ASTER GDEM są własnością METI i NASA

Literatura

- [1] Bęcek, K. 2006: W 10 dni dookoła świata, GEODETA nr 5 (132);
- [2] Bęcek, K. 2008: Investigating error structure of shuttle radar topography mission elevation data product, „Geophys. Res. Lett.”, doi:10.1029/2008GL034592;
- [3] GEO, 2011: Group on Earth Observation. [www.earthobservations.org/geoss.shtml](http://www.earthobservations.org/geoss.shtml);
- [4] NASA LPDAAC & the Joint Japan-US ASTER Science Team, 2011: [www.ersdac.or.jp/GDEM/ver2Validation/Summary\\_GDEM2\\_validation\\_report\\_final.pdf](http://www.ersdac.or.jp/GDEM/ver2Validation/Summary_GDEM2_validation_report_final.pdf);
- [5] METI, 6/2009. Press Release. [www.meti.go.jp/english/press/data/20090626\\_03.html](http://www.meti.go.jp/english/press/data/20090626_03.html).

## Warunki korzystania z ASTER-2

Autorzy ASTER-2 uprzedzają, że zbiór danych – mimo wielu starań – nadal zawiera wiele błędów, i zalecają ostrożność w korzystaniu z niego. Autorzy nie odpowiadają za ewentualne szkody wywołane błędami znajdującymi się w ASTER-2.

Nakładają także obowiązek umieszczenia na publikowanych obrazach wytworzonych z ASTER-2 następującego tekstu: „ASTER GDEM is a product of METI and NASA” (ASTER GDEM został wytworzony przez METI i NASA). Dane ASTER-2 są bezpłatne, jeżeli są wykorzystywane do badań naukowych nad ochroną przed skutkami kataklizmów, ochroną zdrowia, źródłami energii, zmianami klimatycznymi, środowiskiem naturalnym, rolnictwem i różnorodnością biologiczną środowiska naturalnego. Wymienione kierunki zostały określone jako wiodące w programie Globalnego Systemu Systemów Obserwacji Ziemi (Global Earth Observation System of Systems – GEOSS) [3].

ASTER-2 jest dostępny (po zarejestrowaniu się) na następujących serwerach: [www.gdem.aster.ersdac.or.jp](http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp) (Japonia) oraz [www.echo.nasa.gov](http://www.echo.nasa.gov) (kliknij na link Reverb) (USA). Drugi serwer wydaje się sprawniejszy.

Nie zezwala się na umieszczanie oryginalnych plików ASTER-2 na serwerach w celu ich wtórnej dystrybucji.