

REFERENCE3D[®] - BAZA DANYCH TRÓJWYMIAROWYCH O ZASIĘGU GLOBALNYM

Streszczenie. Artykuł dotyczy tworzonej przez Spot Image, w oparciu o dane SPOT 5 HRS bazy Reference3D[®], jej głównych założeń, danych źródłowych, struktury i dokładności.

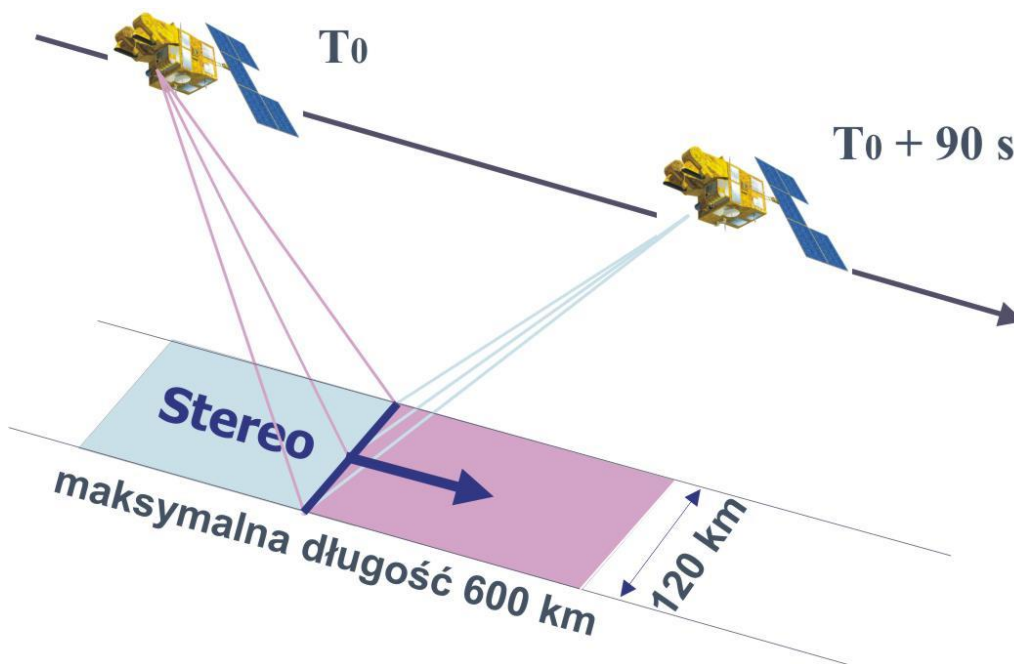
1. Podstawowe informacje

Baza Reference3D[®] powstaje w wyniku współpracy Spot Image i IGN France. Jest to tworzona od 2002 roku baza odniesienia, jak wskazuje nazwa – baza danych trójwymiarowych.

Baza składa się z trzech warstw:

- warstwy DEM,
- warstwy ortoobrazu,
- warstwy jakości i metadanych.

Głównym źródłem danych używanych do tworzenia tej bazy są obrazy rejestrowane przez skaner HRS ze SPOT 5.



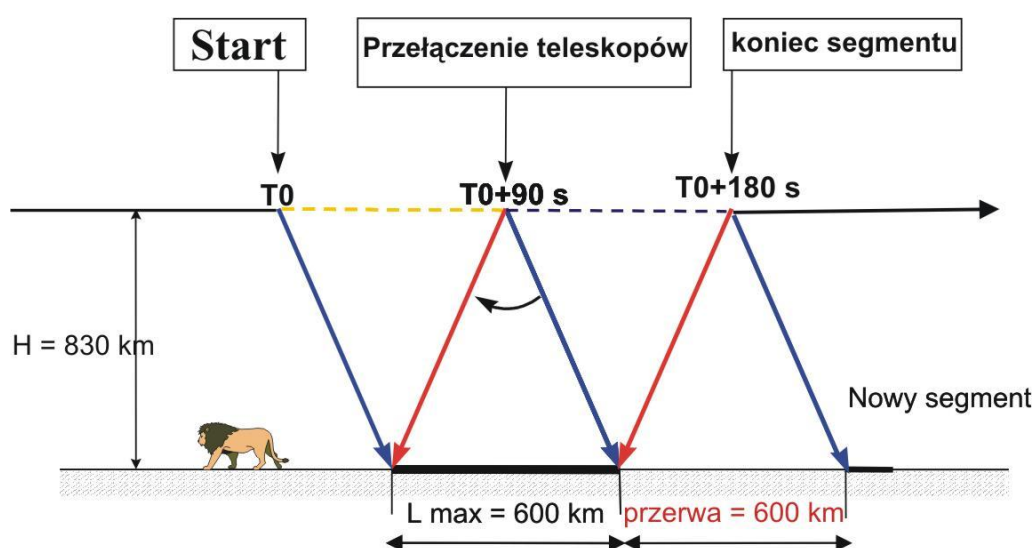
Rys. 1 Satelita SPOT 5 i uproszczony schemat działania skanera HRS

Instrument HRS składa się z dwóch teleskopów działających naprzemiennie. W pierwszej kolejności rejestruje pierwszy teleskop, odchylony w kierunku ruchu satelity. Po zarejestrowaniu obrazu pasa powierzchni Ziemi o długości 600km

następuje przełączenie teleskopów i drugi teleskop rozpoczyna rejestrację tego samego fragmentu powierzchni z tym, że z innej pozycji, dzięki czemu możliwa jest budowa trójwymiarowego modelu tej powierzchni. W związku z tym maksymalna długość segmentu stereo wynosi 600 km, po nim zaś następuje wymuszona przerwa (również o długości 600 km). Schemat pozyskiwania zdjęć SPOT HRS przedstawia rys.2.

Dzięki tej konstrukcji oba zdjęcia pary stereo wykonywane są praktycznie w tych samych warunkach. W przypadku dotychczasowego podejścia, polegającego na pozyskiwaniu zdjęć z różnych orbit dość długi czas pomiędzy pozyskaniem obydwu zdjęć (od kilkunastu godzin do kilku dni) może powodować pewne problemy związane z zachmurzeniem, różnicą oświetlenia a nawet zmianami pokrycia terenu. To z kolei sprawia, że radiometria zdjęć może być na tyle różna by w znacznym stopniu utrudniać stosowanie autokorelacji. W przypadku skanera SPOT HRS, gdzie czas pomiędzy wykonaniem zdjęć wynosi 90 sek., w/w problemy są praktycznie wyeliminowane.

Stosunek bazowy B/H wynosi 0,8.



Rys.2 Schemat naprzemiennego działania dwóch teleskopów skanera HRS

Instrument HRS nie zawsze może zapewnić kompletne dane do stworzenia omawianej bazy. Przyczyną problemów mogą być np. warunki atmosferyczne (chmury), czy warunki krajobrazowe uniemożliwiające korelację obrazów na odpowiednim poziomie dokładności. Mimo to, udział danych HRS w tworzeniu Reference3D[®] wynosi zazwyczaj przynajmniej 90% (o ile w opisie produktu nie zaznaczono, że jest inaczej). Pozostałe dane używane do produkcji Reference3D[®] pochodzą z innych źródeł. W przypadku warstwy DEM mogą to być dane SPOT, ASTER, SRTM lub dla terenów o mało zróżnicowanej rzeźbie terenu GTOPO30. W przypadku warstwy ortoobrazu mogą to być dane SPOT HRG, ASTER a także inne obrazy.

Niezwykle istotne jest, że dzięki jednoczesnemu zastosowaniu urządzenia służącego do wyznaczania pozycji satelity z rejestracji gwiazd i systemu GPS, a także sztywnej konstrukcji instrumentu HRS, baza Reference3D[®] tworzona jest bez użycia punktów dostosowania!

Podczas rejestracji wielkość piksela wynosi 5m (wzdłuż orbity)x 10m (w poprzek orbity). W dalszej kolejności obraz ten jest próbkowany w taki sposób, by jego rozmiar (ok. 5mx5m) odpowiadał wymaganiom technicznym bazy opisanym szerzej w kolejnych rozdziałach.

Oba teleskopy HRS rejestrują w jednym, tym samym zakresie spektralnym 0,48 μ m – 0,70 μ m.

2. Struktura i przeznaczenie bazy

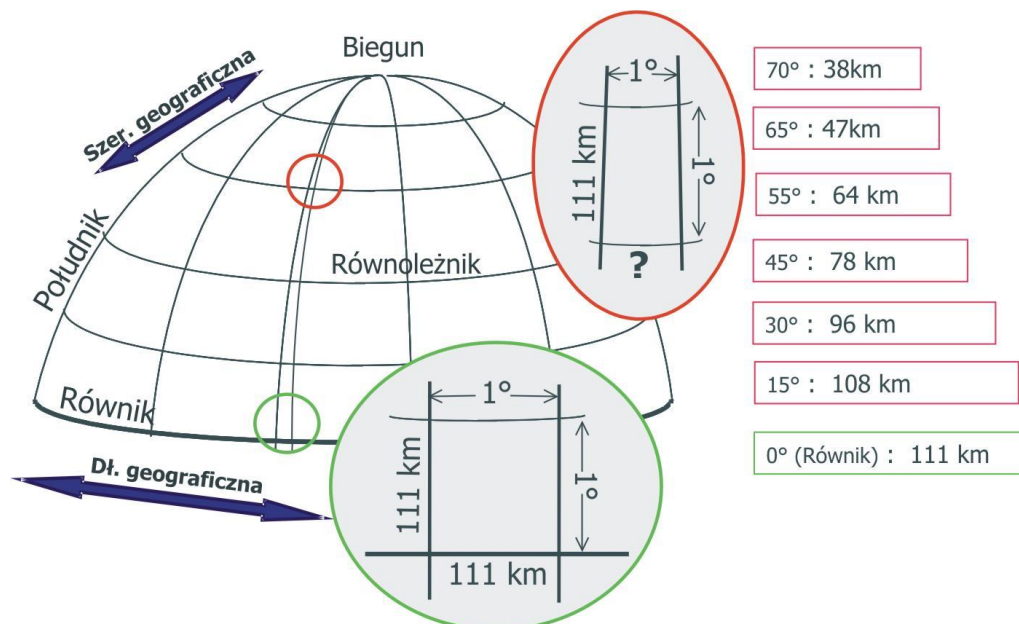
Baza Reference3D[®] składa się z trzech warstw, zapisanych w formacie DIMAP:

- warstwy ortobrazu,
- warstwy Numerycznego Modelu Wysokości Terenu ,
- warstwy jakości i metadanych,

i została zaprojektowana z myślą o wielu różnorodnych zastosowaniach. Najważniejsze z nich to:

- źródło danych odniesienia w procesie ortorektyfikacji zarówno automatycznej (np. programem TARIFA) jak i opartej na ręcznej identyfikacji punktów dostosowania (większość programów fotogrametrycznych),
- wykorzystanie warstwy DEM do różnych zastosowań tematycznych,
- wykorzystanie warstwy ortobrazu w celu tworzenia wektorowych baz danych,
- wykorzystanie warstwy ortobrazu w celu aktualizacji map topograficznych na poziomie skali 1:100 000.

Jednostką bazy Reference3D[®] jest tzw. *dala* (fr. *dalle*). Ma ona wymiary 1°x1°, co daje zmienną wielkość wyrażaną w km – zależną od szerokości geograficznej (rys.3).



Rys.3 Zależność między szerokością geograficzną o rozmiarem dali – jednostki bazy Reference3D®

Identyfikacja poszczególnych dali związana jest również we współrzędnych geograficznych i zbudowana jest na schemacie <N/S>XX<E/W>YYY, gdzie XX to szerokość geograficzna a YYY – długość geograficzna południowo – wschodniego narożnika dali. Np. nazwa dali N50E020 oznacza, że współrzędne południowo – wschodniego narożnika tej dali to 50° szerokości geograficznej północnej i 20° długości geograficznej wschodniej.

3. Warstwa DEM

Warstwa DEM odpowiada DTED (ang. *Digital Terrain Elevation Data*) poziomu 2. Pliki DEM zawierają wartości wysokości terenu w metrach w zapisie 16 bitowym (signed). Wartość -32767 oznaczająca brak danych (wartość „nul”) nie występuje. W jej miejsce wstawiona jest wartość najbardziej prawdopodobna (opatrzone w masce jako współczynnikiem prawdopodobieństwa) oszacowana na podstawie interpolacji bądź innych źródeł danych.

Współrzędne geograficzne tej warstwy są zapisane w systemie WGS84, zaś obowiązujący system wysokości to EGM96.

Jak wspomniano powyżej, rozmiar dali zmienia się wraz z szerokością geograficzną. W celu utrzymania jednakowych parametrów bazy zmienia się również liczba „oczek” warstwy DEM w jednej dali, a co za tym idzie również ich rozmiar wyrażony w jednostkach kątowych, tak, by rozmiar oczka liczony w metrach był w przybliżeniu stały i wynosił 30m. Tę zależność przedstawia Tabela nr 1.

Tabela nr 1

Zależność rozmiaru „oczka” DEM od szerokości geograficznej

Szerokość geograficzna	Rozmiar „oczka” wzdłuż południka	Rozmiar „oczka” wzdłuż równoleżnika	Liczba „oczek” w 1 dali
0° to 50° N lub S	1 sekunda	1 sekunda	3601 * 3601
50° to 70° N lub S	1 sekunda	2 sekundy	3601 * 1801
70° to 75° N lub S	1 sekunda	3 sekundy	3601 * 1201
75° to 80° N lub S	1 sekunda	4 sekundy	3601 * 901
80° to 90° N lub S	1 sekunda	6 sekund	3601 * 601

Liczba „oczek” (np. 3601 * 3601) nie jest okrągła ze względu na „kołnier” w postaci jednego „oczka”

Dokładność pionowa warstwy DEM zależy od kąta nachylenia terenu. Błąd bezwzględny w stosunku do EGM96 (poziom zaufania 90%) wynosi:

- **10m** dla terenu o nachyleniu do 20%,
- **18m** dla terenu o nachyleniu między 20% a 40%,
- **30m** dla terenu o nachyleniu powyżej 40%.

Z kolei błąd względny (poziom zaufania 90%) wynosi:

- **5m** dla terenu o nachyleniu do 20%,
- **15m** dla terenu o nachyleniu między 20% a 40%,
- **28m** dla terenu o nachyleniu powyżej 40%.

Dokładność pozioma bezwzględna (poziom zaufania 90%) wynosi **15m**, natomiast błąd względny (poziom zaufania 90%) wynosi **8m**.

4. Warstwa ortoobrazu

Do tworzenia tej warstwy wykorzystywane są głównie dane SPOT HRS (obraz otrzymany przy użyciu pierwszego z teleskopów).

Pliki tej warstwy zapisane są w 8 bitach w formacie GeoTIFF. System współrzędnych to, podobnie jak w przypadku warstwy DEM WGS84. Ortoobraz stanowi jeden kanał panchromatyczny.

Liniowy rozmiar piksela wynosi szóstą część sekundy kątowej, co na Równiku odpowiada 5m. Podobnie jak w przypadku warstwy DEM, rozmiar piksela warstwy ortoobrazu liczony w sekundach kątowych zmienia się wraz z szerokością geograficzną. Tę zależność przedstawia Tabela nr 2.

Zależność rozmiaru piksela ortoobrazu od szerokości geograficznej

Szerokość geograficzna	Rozmiar piksela wzdłuż południka	Rozmiar piksela wzdłuż równoleżnika	Liczba pikseli
0° to 50° N lub S	1/6 sekundy	1/6 sekundy	21606 * 21606
50° to 70° N lub S	1/6 sekundy	1/3 sekundy	21606 * 10806
70° to 75° N lub S	1/6 sekundy	1/2 sekundy	21606 * 7206
75° to 80° N lub S	1/6 sekundy	2/3 sekundy	21606 * 5406
80° to 90° N lub S	1/6 sekundy	1 sekunda	21606 * 3606

Liczba pikseli (np. 21606 * 21606) nie jest okrągła ze względu na „kołnierzyk” w postaci 6 pikseli.

Dokładność bezwzględna ortoobrazu mierzona w stosunku do WGS84 (poziom zaufania 90%) wynosi **16m**, natomiast dokładność względna (poziom zaufania 90%) wynosi **8m**.

Pokrycie chmurami obrazu stanowiącego omawianą warstwę nie przekracza 10%.

5. Warstwa jakości

Ostatnia warstwa, oprócz opisu danych zawartych w dwóch poprzednich warstwach zawiera również 8 masek jakości (ang. *quality masks*). Są one zarejestrowane w 1-bitowym zapisie, w formacie GeoTIFF. Dotyczą one głównie warstwy DEM, z wyjątkiem maski MCI (maska chmur/śniegu), która dotyczy warstwy ortoobrazu.

Maska wody – MWa (ang. *Water Mask*)

Maska ta zawiera powierzchnie wody występujące na obrazie Reference3D[®]. Jest produkowana ręcznie w oparciu o warstwę ortoobrazu. Ta maska „traci ważność” w miejscach, dla których wartość maski MCI wynosi 0.

- 0. morze lub powierzchnia wody o szerokości większej niż 600m
- 1. brak wody

Maska tworzenia DEM – MMe (ang. *DEM merge mask*)

Maska ta jest tworzona automatycznie

- 0. pojedyncze źródło HRS
- 1. przynajmniej dwa połączone źródła lub brak danych HRS

Maska korelacji – MCo (ang. *correlation mask*)

Jest generowana przez progowanie współczynnika korelacji

- 0. współczynnik korelacji mniejszy niż 50%
- 1. współczynnik korelacji większy niż 50%

Maska chmur/śniegu – MCI (ang. *cloud/snow mask*)

Wskazuje obszary ortoobrazu pokryte przez chmury lub śnieg. Jest tworzona ręcznie w oparciu o ten ortoobraz.

0. chmury lub śnieg
1. brak chmur i śniegu

Maska egzogenezy – MEx (ang. *exogenous mask*)

Przedstawia fragmenty DEM, dla których wartości zostały określone w oparciu o zewnętrzne dane. Jest tworzona ręcznie.

0. dane zewnętrzne
1. brak danych zewnętrznych

Maska regulacji – MRe (ang. *regulation mask*)

Zawiera artefakty DEM poprawione bez udziału danych zewnętrznych. Powierzchnie wody zawarte w masce MWa nie są zawarte w masce MRe

0. artefakty wykryte i poprawione
1. brak artefaktów

Maska kontroli wizualnej – MQu (ang. *visual control mask*)

Jest generowana podczas wizualnej kontroli ostatecznej postaci warstwy DEM. Umieszczane są tu obszary ocenione jako spełniające warunki techniczne.

0. obszary nie spełniające warunków Reference3D[®]
1. obszary spełniające warunki Reference3D[®]

Maska oszacowanych powierzchni – MVa (ang. *validated area mask*)

Zawiera wszystkie powierzchnie ocenione podczas pierwszego etapu tworzenia DEM jako nie satysfakcjonujące. Ta maska jest generowana automatycznie jako połączenie innych masek:

$$MVa = MQu + MRe + MCl + Mex$$

Literatura

Delvit, J-M. Baillarin, S. Boullion, A., 2004, Maquette – TARIFA.

Kupidura P., 2004, Évaluation de la base de données Reference3D[®] pour l'orthorectification des images SPOT, praca dyplomowa DESS wykonana na Uniwersytecie Paris VI.

Spot Image, 2004, ANDORRE: Technical Presentation.

Spot Image, 2004, Reference3D[®] Product Description.

Recenzował: dr inż. Władysław Mierzwa