

# In elf dagen de wereld in beeld

*Henk H.F. Smid  
ribs Space Consultancy & Insurance*

Gedurende de afgelopen vijftien jaren heeft de NASA de Space Shuttle gebruikt om de ruimte en de aarde op een groot aantal manieren te bestuderen. De shuttle zal nu, met een instrument dat een beeldradar wordt genoemd, worden gebruikt om het meest nauwkeurige plaatje van het oppervlak van de aarde te maken. De radar zal vanuit de shuttle energiebundels naar de aarde zenden en de daarvan gereflecteerde energie zal door twee antennegroepen – waarvan een aan boord van de shuttle en de andere aan een mast die 60 meter uit de shuttle steekt – worden opgevangen. Met behulp van op de grond gestationeerde computers wordt van de ontvangen radarsignalen een driedimensionaal beeld gemaakt. Omdat de shuttle over het grootste deel van de aarde vliegt, worden voldoende gegevens verzameld om de meest complete topografische kaart van de aarde te maken.

## Werken aan een gemeenschappelijk doel

De Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) zal deze belangrijke gegevens gedurende een elfdaagse missie verzamelen. De lancering is voorzien voor februari 2000. De missie wordt uitgevoerd in een samenwerkingsverband van NASA en het National Imagery and Mapping Agency (NIMA) van het Amerikaanse Ministerie van Defensie. Bovendien wordt door de Duitse en Italiaanse ruimtevaartagentschappen fors bijgedragen in de vorm van een hoge resolutie beeldradarsysteem. Analisten zullen de SRTM-gegevens gebruiken om er driedimensionale (land)kaarten van te maken die digitale hoogtemodellen worden genoemd. Deze digitale topografische kaarten kunnen met andere gegevens worden gecombineerd en verwacht wordt dat daardoor tot nu toe ongekende mogelijkheden zullen gaan ontstaan.

De SRTM-gegevens zullen ook worden gebruikt om driedimensionale beelden – visualisaties genoemd – te maken van het oppervlak van de aarde. Deze visualisaties zullen door wetenschappers worden gebruikt in studies over veranderingen van de aarde en haar ecosystemen en over klimaatveranderingen. Militaire toepassingen van deze visualisaties kunnen worden gevonden in missie planning en oefening, modelleren en simulaties. Andere mogelijkheden voor het gebruik van deze gegevens zijn bijvoorbeeld het optimaliseren

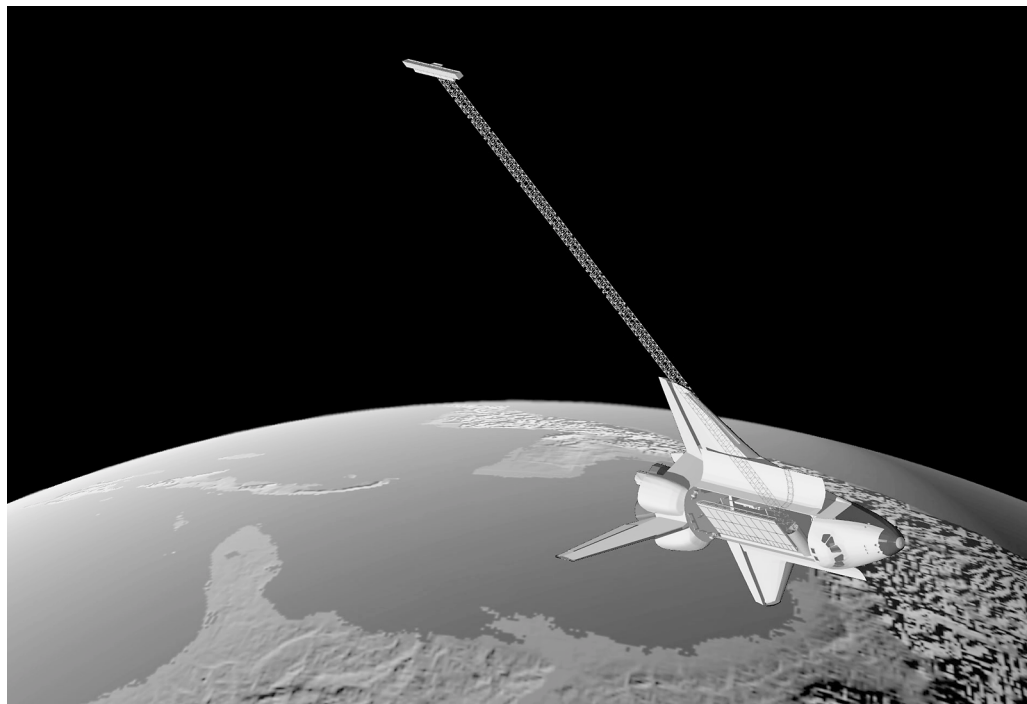
van de locaties voor cellulaire-telefoontorens of het verbeteren van topografische kaarten voor geologen etc., maar ook voor gouvernementele diensten zoals onder meer (bos)-brandweer en jachtopziemers.

SRTM zal de gegevens van een 225 km veegspoorbreedte (de strook op aarde die radars gedurende een overkomst op kunnen nemen) in gegevensblokken naar de aarde zenden. Met de verkregen gegevens zal een digitale topografisch kaart worden geproduceerd die ongeveer 80% van het landoppervlak – alles tussen 60° noorderbreedte en 56° zuiderbreedte – van de aarde zal omvatten. De datapunten bevinden zich op elke boogseconde in zowel lengte- als breedtegraden (ongeveer 30 meter). Bovendien kan met de gegevens een gerectificeerde, voor terrein gecorrigeerde, C-band (5,6 centimeter golflengte) radarbeeld mozaïek worden gemaakt met een resolutie van 30 meter. De verwachting is dat het ruim een jaar zal duren voordat de gegevens van SRTM zullen zijn verwerkt in zogenaamde *Data Sets*.

## Het SRTM-systeem

SRTM bouwt voort op de technologie die is opgedaan gedurende twee eerdere shuttlevluchten. Twee radars, SIR-C (*Shuttle Imaging Radar-C*) en X-SAR (*X-band Synthetic Aperture Radar*), hebben begin negentiger jaren op Shuttle Radar Lab (SRL) missies

*De shuttle vliegt gedurende de SRTM-missie met de staart vooruit (7,5 km/s) en met het laadruim richting aarde gekeerd onder een hoek van 59° zodat de mast onder een hoek van 45° met de loodlijn staat. [NASA]*



gevlogen. Het nu te gebruiken beeldradarsysteem SIR-C/X-SAR is een meervoudige frequentie, multi-polariseerbaar systeem dat voor een aantal wetenschappelijke doelstellingen is ontworpen. SIR-C is door JPL ontworpen. Hij werkt op de frequenties 1,25 en 5,3 GHz (L/C-band) en is volledig polariseerbaar. Bij een veegspoorbreedte van 70 km is de resolutie 8 meter. Bij hogere veegspoorbreedtes, zoals bij de SRTM, wordt de resolutie minder. De Duits-Italiaanse X-SAR daarentegen werkt op één frequentie, namelijk 9,6 GHz, is tweevoudig polariseerbaar en heeft een variabele veegspoorbreedte van 15 tot 45 km. De kijkhoek van deze radar kan van 20° tot 55° vanaf nadir worden gevarieerd en zo is de veegspoorbreedte in te stellen. De resolutie van de X-SAR radarbeelden ligt tussen de 10 en 20 meter. Om van deze twee radars het SRTM-systeem – een vaste basis interferometer – te maken moesten extra onderdelen worden gemaakt: een 60 meter lange uitvouwbare mast, extra C-band en X-band antennes voor aan het einde van de mast (de L-band wordt niet gebruikt in de SRTM) en (vlieg)elektronica voor standregeling en omloopbepaling.

Het SRTM-systeem bestaat uit drie secties: de hoofd radarantennegroep, de mast en de buitenboord radarantennegroep aan het einde van de mast. Het systeem wordt gelanceerd in een

ingepakte, compacte, configuratie. De mast is als een accordeon opgevouwen in een houder die aan de zijkant van de hoofd radarantennegroep is bevestigd. Als de shuttle in zijn ruimtebaan van 233 km hoogte is aangekomen, wordt de mast ontplooid en die creëert zo de 60 meter lange vaste baseline. De hoofd radarantennegroep is bevestigd in het laadruim van de shuttle. Het buitenboord antennecomplex is aan het einde van de mast bevestigd en bestaat feitelijk uit twee radarantennes (C-band en X-band), twee Global Positioning System (GPS) antennes, Light Emitting Diode (LED) doelen en een reflector. De radarantennes kunnen alleen maar ontvangen. Het zenden wordt door de radar in het laadruim van de shuttle gedaan. De GPS-antennes worden gebruikt om de shuttle van accurate positie-informatie te voorzien. De LEDs worden gebruikt om de positie van de radarantennes die zich aan het einde van de mast bevinden nauwkeurig vast te stellen t.o.v. de laadruimradarantennes en met de reflector wordt de uiteindelijk bereikte lengte van de mast tot op 3 mm nauwkeurig vastgesteld.

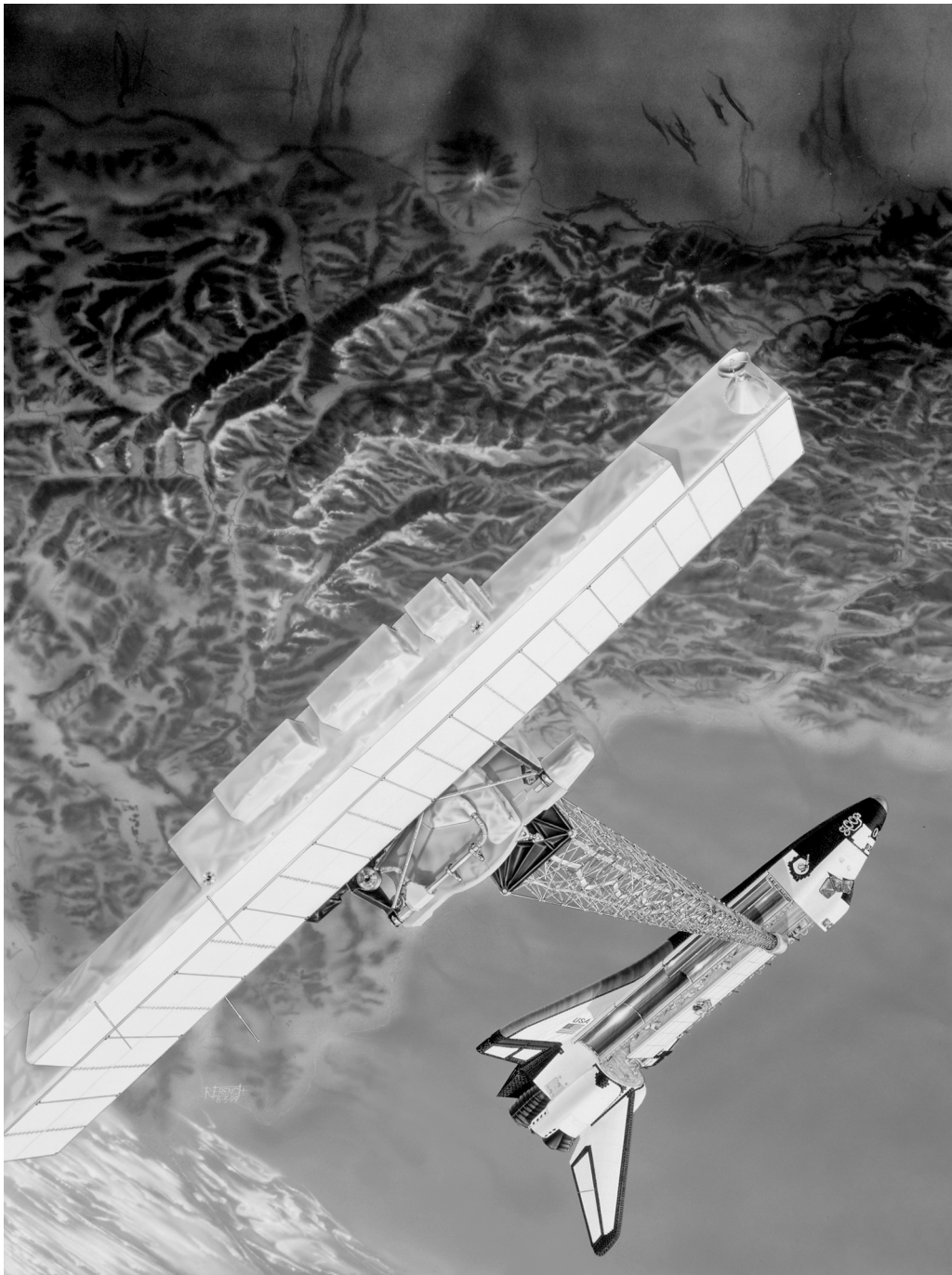
## **De producten**

Met de radargegevens van de SIR-C/X-SAR-combinatie worden een aantal producten gegenereerd.

- *Level-2 Terrain Height Data Sets*. Dit zijn digitale topografische kaarten die worden geproduceerd aan de hand van de gegevens die door de C-band radar gedurende de missie zijn verzameld. Elk gegevensblok in deze Data Sets bevat een hoogtemeting in meters die is gerelateerd aan het WGS84 ellipsoïde oppervlak (een model van de aarde). De te produceren gegevens zijn dus afwijkingen (fouten) t.o.v. het WGS84. De absolute nauwkeurigheid hierbij is 20 meter in het horizontale vlak en 16 meter in het verticale vlak. De Data Sets bestaan uit

bestanden die gebieden van vijf breedte- en lengtegraden omvatten.

- *Random Height Error Data Sets*. Deze Data Sets bevatten de random foutschattingen (in meters) voor de hoogtemetingen uit de hiervoor genoemde Data Sets. De random foutschatting is gedefinieerd als de ongecorrleerde hoogtefout-component tussen verschillende gegevensblokken. Elke *Level-2 Terrain Height Data Set* heeft een corresponderende *Random Height Error Data Set* die dezelfde gebieden bestrijken.



*De buitenboord antennegroep is bevestigd aan het uiteinde van de mast. In het laadruim is deze nog gedeeltelijk opgevouwen. Als de laadruimdeuren zijn geopend, wordt eerst de antennegroep uitgevouwen en dan pas wordt de mast ontplooid. [NASA]*

- *Strip Orthorectified Image Data Sets*. Deze Data Sets worden gegenereerd door de topografieprocessor. Elke Data Set wordt gemaakt van gegevens die door de antenne in de laadruimte worden ontvangen. Een enkel bestand overziet een gebied van ongeveer 450 tot 4500 km (1 tot 10 minuten) en bestaat uit mozaïeken van 15 bij 15 meter.
- *Systematic Height Error Model*. Dit model bevat een schatting van de hoogtefout. Deze schatting wordt verkregen door na de vlucht bepaalde verificatie procedures door te lopen.
- *Final Verification Report and Global Height Error Model*. Het rapport geeft de fout-schatting algoritmen en de wereldomvattende foutkarakteristieken die aan de hand van alle gegevens zijn bepaald. Het *Global Height Error Model* verbeterd het *Systematic Height Error Model* door langegolf lengte fouten te schatten die niet uit de oorspronkelijke gegevens zijn af te leiden.

## Wetenschap in dienst van de aarde

Georuimtelijke informatie ligt aan de basis voor de planning die wordt uitgevoerd voor stedelijke infrastructuur waarbij rekening gehouden moet worden met waterwerken, auto-wegen en het op grote schaal uitvoeren van andere bouwwerkzaamheden. Hierbij wordt, naast de ter beschikking staande visuele beelden van commerciële fotosatellieten, ook gebruik gemaakt van beeldspectroscopie en thermisch infrarood beelden. De toevoeging van de SRTM Data Sets is daarbij van grote waarde. Maar deze informatie is niet alleen geschikt voor stedenbouwers en geologen maar ook voor wetenschappers die zich met de aarde bezighouden. Zij zullen de gegevens gebruiken voor het bestuderen van ecosystemen, overstromingen, erosie, landverschuivingen, aardbevingen, ecologische zones, vegetatie studies, weersverwachtingen en klimaatveranderingen. Hydrologische studies zullen de gegevens gebruiken om te kunnen voorspellen hoe overstromingen zich zullen gedragen. Dezelfde techniek kan worden gebruikt om te voorspellen hoe lavastromen en

modderrivieren na grote regenval zich zullen voortbewegen.

Vijf jaren geleden was radarinterferometrie met een vaste baseline vanuit de ruimte nog iets wat nog nooit was gedaan. Binnen afzienbare tijd weten we wat we met dit soort gegevens kunnen doen en beschikken we over de grootste en nauwkeurigste topografische database die ooit is samengesteld. SRTM brengt ons tevens naar een nieuwe vorm van interferometrie, namelijk naar het waarnemen van topografische veranderingen. De verwachting bestaat dat we hiermee kunnen voorspellen wanneer vulkanen zullen uitbarsten en veranderingen in de aardkorsten kunnen zien waarmee aardbevingen voorspelbaar worden.

### Radar Interferometrie

SRTM maakt gebruik van een technologie die rader interferometrie wordt genoemd. Bij deze technologie worden twee radarbeelden opgenomen van iets verschillende locaties. De afstand tussen deze twee locaties wordt baseline genoemd. De gegevensverschillen van de twee beelden maken het onder meer mogelijk de hoogte van het terrein te berekenen. Om de verschillende opnamelocaties te creëren, maakt SRTM gebruik van een 60 meter lange mast – de langste vaste constructie die ooit in de ruimte gevlogen heeft – die dienst doet als vaste baseline. De radar zendt vanuit de shuttle en de energie wordt zowel door de shuttleradarantennes als door de radarantennes aan het einde van de mast opgevangen. Het grote voordeel van de vaste mast met antennes is dat de opnames in een keer kunnen worden gerealiseerd. [De ESA maakte van radar interferometrie gebruik door ERS-1 en ERS-2 in tandem te laten vliegen waardoor een veel grotere baseline werd gecreëerd.]