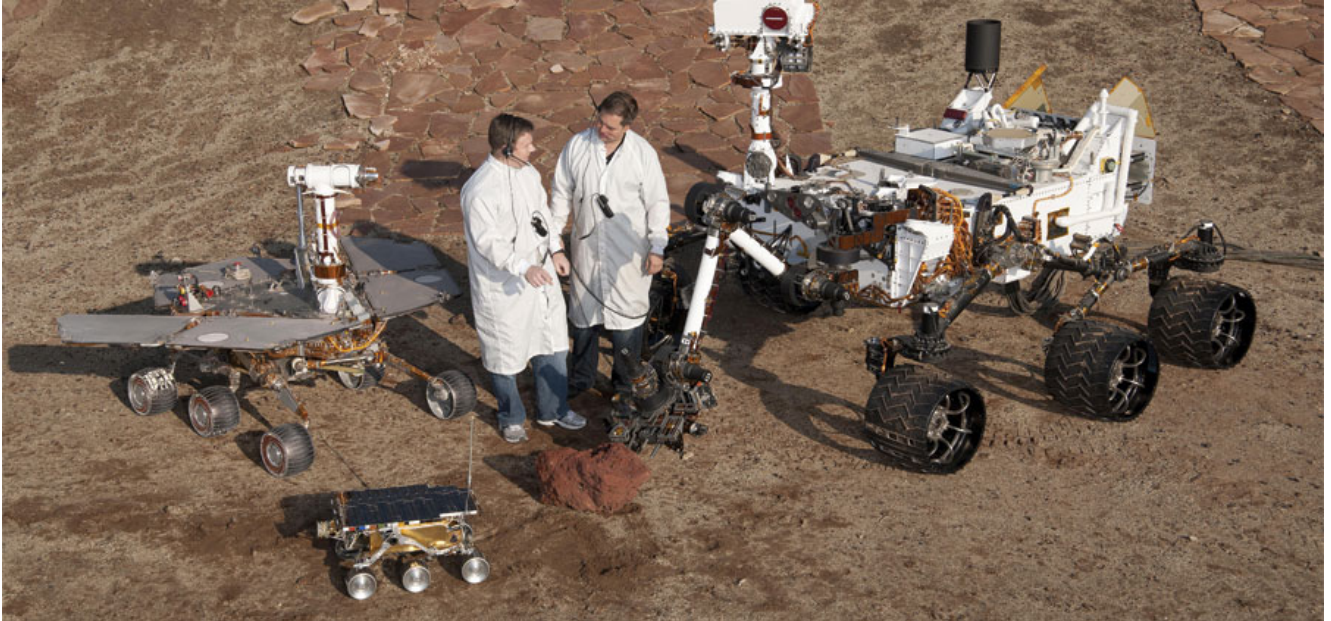


Poszukiwanie najlepszych ścieżek dla ludzi i łazików na Marsie



Rys 1. Istnieje wiele różnych modeli łazików marsjańskich dostosowanych do różnych warunków terenowych i charakteryzujących się najlepszą stabilnością. W lewym dolnym rogu poniższego zdjęcia przedstawiono Sojourner, który działał w 1997 roku. Za nim widać łazik Opportunity, który pozostaje aktywny od 2004 roku. Na podstawie tego samego projektu wykonano łazik Spirit. Curiosity, łazik aktywny od 2012 roku, jest widoczny po prawej stronie zdjęcia.

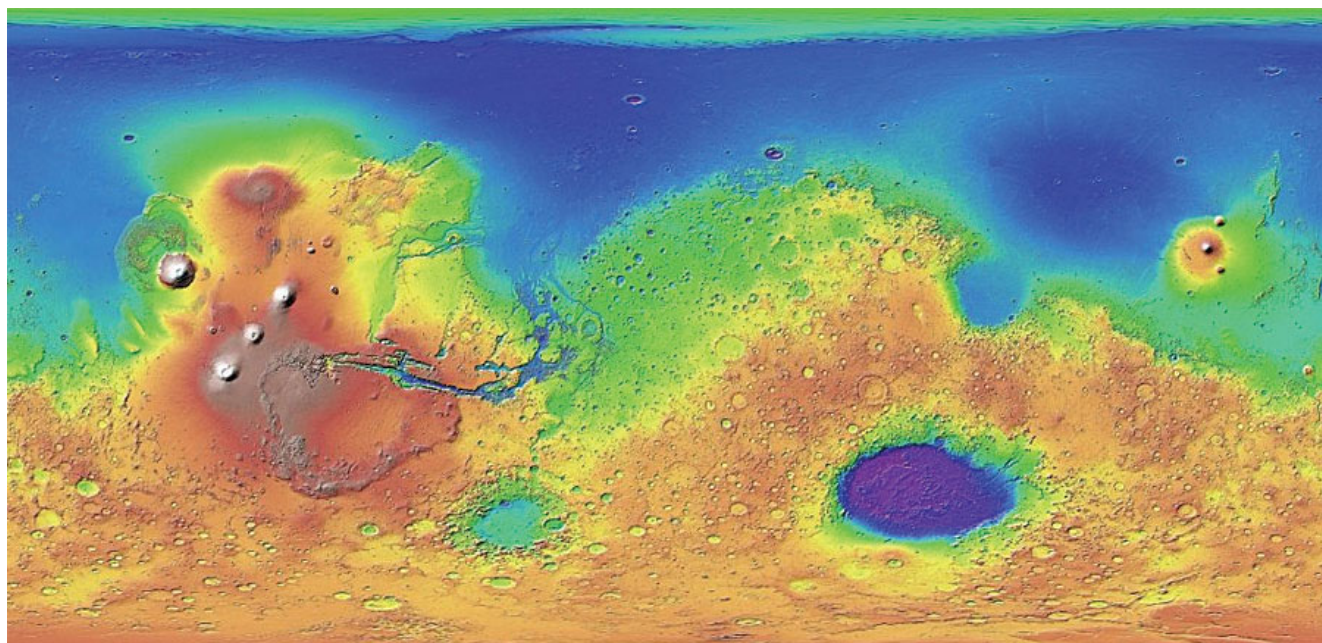
W oczekiwaniu na przyszłe misje na Marsa, techniki GIS wykorzystuje się obecnie do przetwarzania wcześniej zebranych danych wysokościowych planety do wykonywania modeli terenu, wspomagania projektowania łazików, a ostatecznie pomagania ludziom uczestniczącym w wyprawach na Marsa.

Prawdopodobieństwo wypraw na Marsa w niedalekiej przyszłości znacznie wzrosło, gdy z kilku misji marsjańskich pozyskano dowody potwierdzające, że na tej planecie płynęła i być może

wciąż jeszcze płynie woda.

Misje badawcze Marsa stymulowały wyobraźnię ludzi w zakresie podróży międzyplanetarnych, dostarczając jednocześnie ogromu informacji o najbliższym sąsiedztwie Ziemi. Przez ostatnie 20 lat regularnie zbierano szczegółowe informacje na temat powierzchni tej planety. Narodowa Agencja Kosmiczna (NASA) stworzyła cyfrowe modele wysokości terenu (DEM) na podstawie danych dostarczonych przez Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA), który był zainstalowany na statku kosmicznym Mars Global Surveyor (1997-2001). Cyfrowe modele terenu (DTM) zostały utworzone z danych pozyskanych przez kamerę High Resolution Imaging Science Experiment (HiRISE), zainstalowaną na pokładzie Mars Reconnaissance Orbiter, który zbiera dane od 2006 roku.

Jednak wysyłanie załogowych misji stwarza wiele wyzwań, które trzeba przewyżycić; wymaga ono również zastosowania wielu krytycznych technologii, które należy wcześniej rozwinąć. Choć dane MOLA i HiRISE są cenne same w sobie, stwarzają one również możliwość wyodrębnienia z nich znacznie większej ilości informacji.



Rys. 2. Numeryczny model wysokości (DEM) Marsa utworzony na podstawie danych Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA),

zarejestrowanych z rozdzielczością 463 m x 463 m podczas misji Mars Global Surveyor.

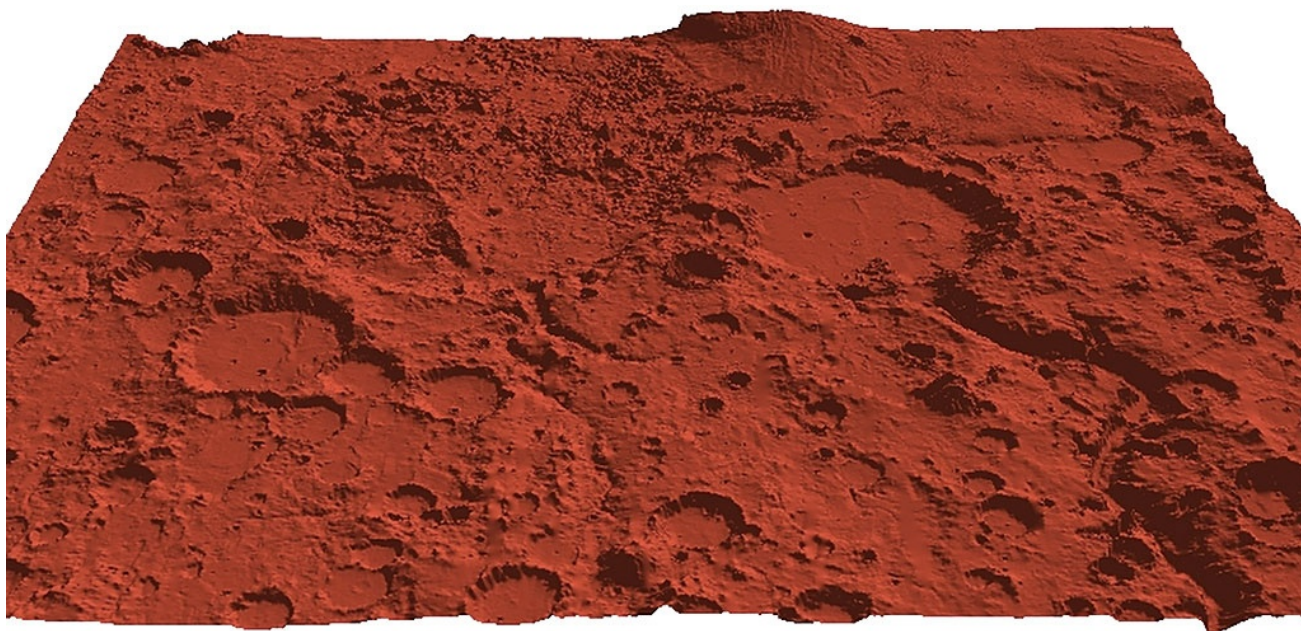
Opracowywanie modeli terenu o wysokiej rozdzielczości

Kilka lat temu François Smith, badacz zajmujący się danymi geoprzestrzennymi w firmie MDA Information Systems LLC w Gaithersburg, w stanie Maryland, zaczął analizować możliwości wykorzystania metod analizy terenu stosowanych na Ziemi do analizowania modeli DEM i DTM powierzchni Marsa. Szczególnie zainteresował się opracowywaniem warstw danych geomorfologicznych o wysokiej rozdzielczości do wykorzystania w modelowaniu mobilności pojazdów, które pozwoliłoby określić najbezpieczniejsze trasy dla łazików – a ostatecznie dla ludzi przemieszczających się po powierzchni Marsa.

„Używamy aplikacji *ModelBuilder* i innych narzędzi, aby zastosować *Terrain Network Tools* (TNT) opracowany przez MDA do przetwarzania danych powierzchniowych, zebranych przez NASA dla Marsa”, powiedział François Smith. „Wyniki są wprowadzane do modelu *Vehicle Mobility* (modelu mobilności pojazdów). Jeden z możliwych sposobów wykorzystania danych terenowych o wysokiej rozdzielczości dotyczy określenia najlepszej trasy dla zbierania danych przez łazik marsjański poruszający się po powierzchni planety. Jednakże analizujemy wiele innych zastosowań tej technologii, ponieważ przygotowujemy się do wszechstronnego badania Marsa. Na przykład, poszukujemy najbezpieczniejszych miejsc do lądowania, najciekawszych miejsc z punktu widzenia badań naukowych; poszukujemy miejsc, w których można znaleźć wodę w postaci płynnej. Co więcej, wszystkie te informacje mogą być wykorzystane do określenia, gdzie powinno mieć miejsce budowanie baz dla ludzi”.

Firma MDA Information Systems opracowała narzędzia do tworzenia złożonych map terenu całej planety o rozdzielczości 1 metra. Technologia ta została przetestowana w różnych miejscach i środowiskach na Marsie, począwszy od starożytnego oceanu po regiony górzyste i kratery. Narzędzia te są również

wykorzystywane do przetwarzania danych z obszarów, dla których łaziki aktualnie zbierają dane.



Rys. 3. Podzbiór danych MOLA DEM pokazany w perspektywie trójwymiarowej.

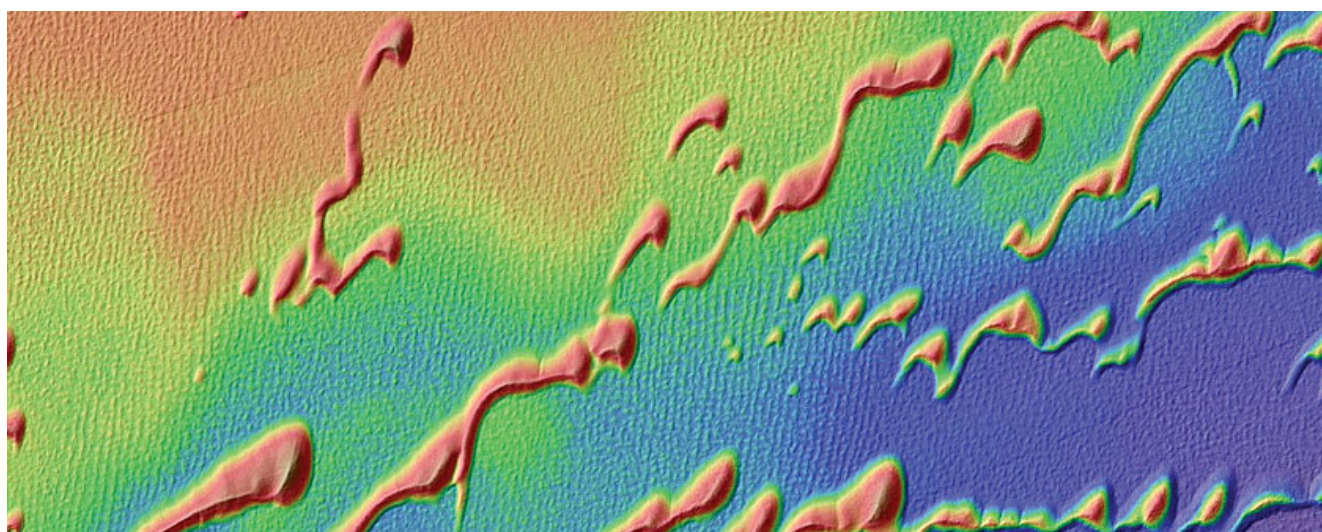
Tworzenie wielu produktów na podstawie danych z DEM

„Podczas opracowywania własnych niestandardowych algorytmów używamy narzędzi pochodzących ze środowiska Esri”, powiedział Smith. „Często używamy *ArcGIS Pro* i *Image Analysis Window* w programie *ArcMap*. Używamy także *ArcPy* – zbioru bibliotek geoprzestrzennych, które włączamy do naszych procedur pracy. Systematycznie stosujemy zaawansowane narzędzia do klasyfikacji obrazów, które zostały niedawno opublikowane, takie jak *Esri Segment Mean Shift* – algorytm segmentacji, używany przez nas w większości przypadków. Równie często używamy zaawansowanych programów Esri do klasyfikacji, takich jak *SVM [Support Vector Machine]* i *Random Forests*. *Random Forests* wykorzystuje drzewa decyzyjne dla próbek pobieranych z dużych zbiorów danych. Wykorzystywane są techniki uśredniania, mające na celu usprawnienie analizy predykcyjnej”.

Zaawansowane narzędzia opracowane przez firmę Esri do klasyfikacji są oparte na koncepcji OBIA (Object-Based Image

Analysis). Obraz jest dzielony na obiekty złożone z grup pikseli uzyskiwanych po przeanalizowaniu charakterystyk kolorów, kształtów i wielkości. Obiekty takie dokładniej opisują i przedstawiają ciągłe rzeczywiste funkcje w obrazie o wysokiej rozdzielczości niż ma to miejsce w przypadku klasyfikacji pikseli. W wyniku pozwala to na lepsze rozpoznawanie i wydobywanie informacji o obiektach.

Jeff Liedtke, inżynier produktu pracujący w zespole zajmującym się danymi rastrowymi w Esri, współpracował z François Smithem. Celem tej współpracy było dokonanie oceny dokładności narzędzi do segmentacji i klasyfikacji. „Dokładność klasyfikacji obiektów jest znacznie większa, gdy uwzględnia się cechy przestrzenne, takie jak kształt i rozmiar obiektów, wraz z informacjami wielospektralnymi i analizuje się je razem wykorzystując zaawansowane klasyfikatory nieparametryczne, takie jak *Random Forest* i *SVM*”, powiedział Liedtke. Ponieważ posiada on wyjątkowe doświadczenie w dziedzinie klasyfikacji i znajomości przestrzeni spektralnej w operacyjnych środowiskach teledetekcyjnych, Liedtke powiedział, że współpraca z MDA w celu sprawdzenia poprawności i przydatności tych narzędzi i przepływów pracy była niezwykle cenna dla użytkowników wykonujących klasyfikację obiektów.



Rys. 4. Na pokładzie Mars Reconnaissance Orbiter zainstalowano kamerę High Resolution Imaging Science Experiment (HiRISE), która pozyskiwała pary zdjęć, wykorzystywane następnie do

stworzenia cyfrowego modelu terenu Marsa o rozdzielczości 1 m x 1 m.

Firma MDA opracowała narzędzia *TNT* do tworzenia produktów pochodnych z DEM, obejmujących wysokości względne, charakterystykę terenu, zróżnicowanie nachylenia terenu, zróżnicowanie kierunków nachylenia terenu i narzędzia do analiz zakresów wysokości. Warstwy te są wykorzystywane do konkretnych zastosowań w różnych kombinacjach.

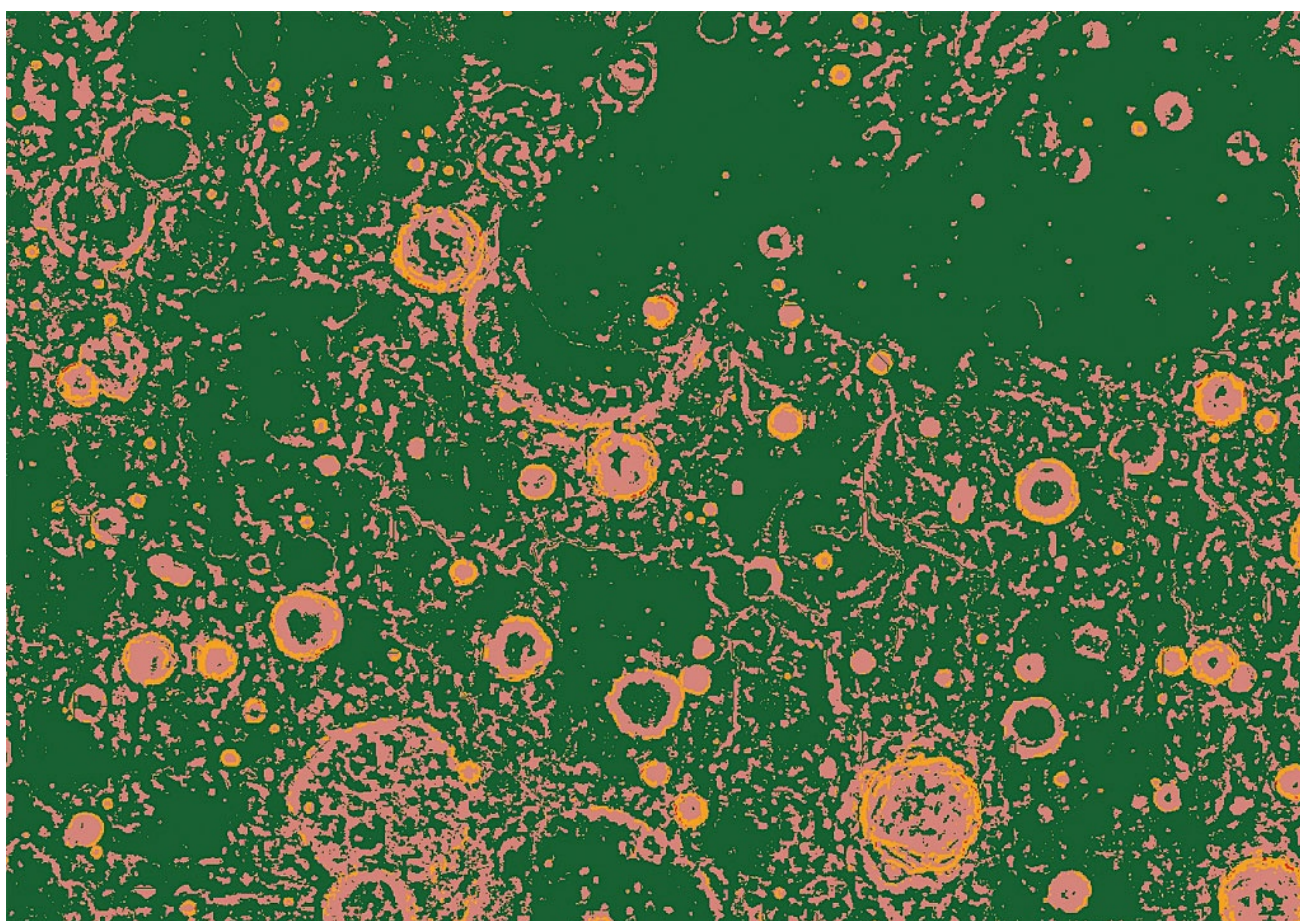
„*TNT* to zestaw narzędzi używanych w środowisku *ModelBuilder*, który umożliwia wykorzystywanie DEM w dowolnym regionie do opracowywania różnorodnych produktów, które dostarczają szczegółowych informacji na temat topografii danego regionu” – powiedział Smith. „*TNT* umożliwia użytkownikom utworzenie wielu zbiorów danych opisujących złożoność terenu, wysokości względne i charakterystykę terenu. Są one wykorzystywane do modelowania specyficznych cech geomorfologicznych krajobrazu, które z kolei mogą być wykorzystane do analizowania przydatności środowiska dla prowadzenia różnych działań. Jest to szczególnie cenne dla planowanych, przyszłych misji na Marsa „.

MDA wykorzystwała *ModelBuilder* i zestaw narzędzi *TNT* w hierarchicznej strukturze modelu, w oddzielnych modułach, do opracowania modelu mobilności pojazdów. Utworzono serię modeli zapewniających modularny proces pracy. Wyniki działania każdego z tych modeli były integrowane z kolejnymi modelami.

Dynamiczne wykorzystanie Big Data

Smith zauważył, że Big Data umożliwiają MDA tworzenie dokładniejszych i bardziej efektywnych produktów i generują rozwiązania dla większej liczby zastosowań. Zawierają także komponenty czasowe, które pozwalają analizować, w jaki sposób dane zmieniają się w czasie. „Ten dynamiczny aspekt danych jest kluczowy dla ich głębszej analizy, a zapewniając dostęp do większej ilości danych, pozwala nam szerzej wykorzystywać

aspekt czasowy. Dane te wykorzystujemy nie tylko do analizy czasowej. Używamy ich również do potwierdzenia poprawności innych zestawów danych. Korzystanie z wielu źródeł danych jest bardzo przydatne; dzięki temu możliwe jest wielowymiarowe, bardziej efektywne i dokładniejsze przetwarzanie danych”- powiedział Smith.



Rys. 5. Warstwę Mobilności Pojazdów, opartą na analizie wielu warstw, takich jak złożoność terenu, nachylenie, różnice wysokości (min-max), można wykorzystać w celu określenia najmniej ryzykownej trasy dla łazika. W tym przykładzie kolor zielony przedstawia obszary bezpieczne, różowy – obszary zagrożone, żółty – obszary, których należy unikać, a czerwony – obszary nieprzejezdne.

„Ponadto, łącząc dane z różnych źródeł i integrując uzyskane dane z naszymi geobazami, Big Data dostarczają nam więcej informacji geoprzestrzennych w czasie rzeczywistym, zwiększając elastyczność naszych działań” – powiedział Smith.

„Dla niektórych projektów, zestawy danych są tak duże, a ich przetwarzanie tak skomplikowane, że dla wdrożenia naszych rozwiązań potrzebna jest strategia obliczeń wykorzystująca chmurę „.

Przyszłość międzyplanetarnych systemów GIS

Wraz z pozyskiwaniem coraz większej ilości danych geoprzestrzennych dotyczących Marsa i innych planet, MDA będzie w stanie oferować dokładniejsze, bardziej wyrafinowane produkty i usługi. Zdobycie większej wiedzy o planetach pozwoli MDA dostosować projektowanie sensorów i procesów przetwarzania danych do bardziej szczegółowych, ukierunkowanych zastosowań.

„Wiedza na temat planet w naszym Układzie Słonecznym, jak również planet pozasłonecznych zacznie wzrastać wykładniczo. Jednocześnie, tam, gdzie będzie to przydatne, będziemy stosowali do badania środowisk innych planet techniki teledetekcyjne i GIS obecnie wykorzystywane w odniesieniu do Ziemi, ” powiedział Smith. „Szczególnie w przypadku takiej planety, jak Mars, gdzie prawdopodobnie w ciągu najbliższych 15-20 lat ludzie będą musieli przeprowadzić badania terenowe, powstanie wyjątkowa okazja do weryfikacji danych. Pozwoli to nam lepiej interpretować pozyskiwane zdjęcia i doskonalić modele geoprzestrzenne, które tworzymy dla badań międzyplanetarnych. Sądzę, że jest to bardzo ekscytujące „.