



Spirit a Opportunity dobývajú Mars

Ludstvo charakterizuje od jeho počiatkov vrodená zvedavosť a neutíchajúca túžba po spoznávaní neznámeho. Potvrdil to aj Krištof Kolumbus, ktorý neoblomne veril, že musí existovať ešte nejaký svetadiel. Od čias tohto slávneho moreplavca ubehlo viac ako poltisícročie a ľudské objavy už dávno prekročili hranice našej planéty. Obrovským rozmachom techniky ľudia odvtedy poslali sondy do vesmíru, pristáli na Mesiaci a prostredníctvom robotických vozidiel sa pozreli aj na povrch Marsu. Práve na tejto červenej planéte ešte stále prebieha misia Mars Exploration Rover, ktorá pomocou dvoch robotických vozidiel Spirit a Opportunity vytrvalo zásobuje vedcov na Zemi novými fotografiami a informáciami.

Mars Exploration Rover

Mars Exploration Rover (MER) je stále prebiehajúca kozmická robotická misia dvoch identických sond (MER-A a MER-B) americkej agentúry NASA, nesúcich mobilné robotické vozidlá na prieskum planéty Mars. Vozidlá dostali mená Spirit a Opportunity. Spirit vypustili 10. júna 2003 a na Marse pristál 4. januára 2004. Opportunity odštartoval krátko nato 7. júla 2003 a pristál 25. januára 2004. Hlavným cieľom misie je hľadať kamene a pôdu, ktoré by dokazovali výskyt vody na Marse v minulosti. Obe sondy pristáli na opačných stranách planéty na miestach, o ktorých sa predpokladalo, že mohli byť v minulosti vystavené pôsobeniu vody. Jedným miestom bol kráter Gusev (Spirit) a možno bývalé jazero na dne tohto kráteru, ktorý vznikol po dopade vesmírneho telesa. Druhým miestom bola planina Meridiani (Opportunity), kde možnú prítomnosť vody naznačuje zloženie hornín (hematit).

Behom svojej doterajšej päťročnej misie vozidlá spravili tisíce snímok a vedeckých meraní predtým nevidaného rozsahu a kvality. Hoci ich plánovaná životnosť bola iba 90 martánskych dní (1 martánsky deň = 24 hodín, 39 minút a 35,244 sekundy), skutočnosť ďaleko prevýšila očakávania a obe vozidlá napriek čiastočným ťažkostiam a s určitými obmedzeniami fungujú dodnes.

Ciele

NASA si stanovila sedem vedeckých cieľov, ktoré chce prostredníctvom misie MER dosiahnuť:

1. Hľadanie kameňov a pôdy, ktoré by niesli známky aktivity vody. Hľadajú sa najmä vzorky obsahujúce minerály, ktoré vznikli vplyvom procesov na báze vody, ako sú zrážky, odparovanie, sedimentácia a hydrotermálne procesy.
2. Určenie rozmiestnenia a zloženia minerálov, skál a pôdy v okolí miesta pristátia.
3. Určenie geologických procesov, ktoré formovali okolitý terén, ako aj jeho chemické zloženie. Medzi tieto procesy by mohli patriť vodná a vzdušná erózia, sedimentácia, hydrotermálne mechanizmy, sopečná činnosť alebo tvorba kráterov.
4. Vykonanie kalibrácie a validácie pozorovaní povrchu planéty, ktoré sa uskutočnili prostredníctvom prístrojov sond na obežnej dráhe Marsu. Na základe toho možno určiť presnosť a účinnosť týchto prístrojov.
5. Hľadanie železitých minerálov, identifikácia a kvantifikácia relatívneho podielu typov minerálov, ktoré obsahujú vodu alebo sa vo vode formovali, ako napríklad železité uhličitan.
6. Charakteristika mineralógie a povrchovej štruktúry kameňov a pôdy a určenie procesov, ktoré na ne vplývali.
7. Hľadanie geologických náznakov v okolitom prostredí, ktoré existovali, keď sa na povrchu nachádzala tečúca voda. Posúdenie toho, či by toto prostredie mohlo prispieť k zrodu života.

Popis sondy

Sondu Mars Exploration Rover navrhli tak, aby ju bolo možné v zloženej tvare umiestniť pod ochranný kryt nosnej rakety Delta II. Každá sonda sa skladala z niekoľkých hlavných častí:



Vizualizácia robotického vozidla misie MES

- pohyblivé vozidlo: 185 kg,
 - plošina na mäkké pristátie: 348 kg,
 - padák a kryt: 209 kg,
 - tepelný štít: 78 kg,
 - preletový medziplanetárny stupeň: 193 kg,
 - pohonné látky: 50 kg.
- Celková hmotnosť dosahovala 1 063 kg.

Plošina na mäkké pristátie

Jednou zo zaujímavých zložiek konštrukcie sondy je práve táto plošina. Ide o akúsi kapsulu ukrývajúcu robotické vozidlo, ktorá je pri dopade na povrch Marsu chránená pomocou vzduchových vankúšov. Základná platforma plošiny má trojuholníkový tvar a osadená je tromi „kvetinovitými listami“ dodávajúcimi plošine formu štvorstenu. Robotické vozidlo bolo vnútri upevnené prostredníctvom skrutiek, ktoré uvoľnila po pristátí malá nálož. Platforma je spojená s listami pomocou kĺbov. Každý kĺb je vybavený samostatným motorom dostatočne silným na to, aby zdvihol celú plošinu. Tým sa docielilo, že robotické vozidlo sa po pristátí mohlo narovnať do horizontálnej polohy bez ohľadu na to, na ktorej strane zostala plošina stáť po mnohých dopadoch a otočeniach na povrchu planéty. Vozidlo obsahuje senzor, ktorým na základe gravitácie zistilo správnu orientáciu a vďaka tomu sa narovnal do potrebnej vodorovnej polohy.

Konštrukcia robotického vozidla

Vozidlo váži 185 kg, vysoké je 150 cm, široké 230 cm a dlhé 160 cm. Na rozdiel od predchodcu vozidla Pathfinder nemá pevnú stanicu, preto sú všetky funkcie integrované priamo v ňom. Podľa špecifikácie malo byť vozidlo schopné v závislosti od podmienok na povrchu Marsu denne prejsť okolo 100 m, dohromady teda približne 3 km. Vozidlo sama NASA označila ako robota geológa.



Pohon

Vozidlo je osadené šiestimi hliníkovými kolesami s priemerom 26 cm. Špeciálne vyvinutý podvozok rocker-bogie je bez tlmičov a umožňuje prechádzať bez straty rovnováhy aj po kameňoch väčších ako priemer kolesa. Ťažisko vozidla leží presne na osi podvozku, čo umožňuje jeho sklon až do uhla 45°, hoci softvér z bezpečnostných dôvodov obmedzuje polohu maximálne do 30°. Dodatočný merací systém sprostredkúva aktuálny sklon vozidla a zároveň pomáha vykonávať precízne pohyby. Každé koleso má svoj vlastný motor. Dve predné a dve zadné kolesá majú individuálne riadiace motory, ktoré umožňujú otočenie na mieste, vybočenie a zmenu smeru. Jedno z predných kolies sa môže krútiť na mieste, čo sa využíva pri hĺbení pôdy Marsu. Vozidlo je schopné dosiahnuť na rovnom povrchu maximálnu rýchlosť 5 cm/s. Z dôvodu bezpečnej jazdy softvér predchádzania nebezpečenstva zastavuje vozidlo každých desať sekúnd, mapuje okolitý terén ďalších dvadsať sekúnd a potom sa opäť pohybuje desať sekúnd. Týmto spôsobom sa dosahuje priemerná rýchlosť približne 1 cm/s. Pôvodné zámery predpokladali, že za 90 martánskych dní ubehne vozidlo od 600 do 1 000 metrov. Opportunity sa po 90 dňoch dostalo na číslo 811 metrov, jeho dvojča Spirit niečo cez 600 metrov. Rekordnú trasu ubehlo Opportunity 20. marca 2005 (220 m). Až do septembra 2008 prešiel Spirit dráhu s dĺžkou 7 528 m, Opportunity až 11 796 m.

Napájanie

Napájanie je zabezpečované prostredníctvom solárnych panelov pokrývajúcich celú vrchnú časť vozidla s plochou 1,3 m². Jednotlivé bunky panelov sú vyrobené z polovodiča gáliumarzenid v troch vrstvách, aby optimalizovali energetickú účinnosť. Dodávajú elektrickú energiu na úrovni 900 wattodín za jeden martánsky deň. Na pohyb potrebuje vozidlo 100 wattov. Jeho napájací systém zahŕňa aj dve nabíjateľné Li-Io batérie každú s hmotnosťou 7,15 kg a súhrnnou kapacitou 8 Ah. Na konci pôvodne zamýšľanej misie mali panely generovať len 600 wattov v dôsledku usadzovania sa prachu a zmeny ročného obdobia. Tieto predpoklady vychádzali zo skúseností misie Pathfinder. Na miestach, kde obe sondy s vozidlami pristáli, však atmosféra nie je natolko prašná, ako sa predpokladalo, a solárne bunky nečakane očisťovali aj prašné víry a porvyvy vetra. Vďaka tomu sa generuje takmer rovnaké množstvo energie ako na začiatku misie.

Vedecké prístroje

Vozidlo je vybavené prístrojmi, ktoré mu umožňujú hľadať a skúmať zaujímavé kamene a pôdu a zisťovať ich štruktúru a zloženie.

Tri prístroje sú namontované na sťažni. Sú to:

- panoramatická kamera (PanCam) na určenie povrchu, farby, mineralógie a štruktúry okolitého terénu,
- navigačné kamery (Navcam) majú vďaka polohe na vrchu stožiaru výborný výhľad, ale zase nižšie rozlíšenie; určené sú na navigáciu a jazdu,
- miniatúrny infračervený spektrometer tepelných emisií (mini-TES), ktorý identifikuje slubné skaly a pôdu na bližšie skúmanie a určuje procesy, ktoré ich formovali; zostrojila ho Arizonská štátna univerzita.

Kamery sú namontované vo výške 1,5 m na stožiar vozidla. Jeden motor otáča stožiar horizontálne o celú otáčku. Druhý zaciľuje kamery vertikálne. Tretí motor polohuje celý mini-TES do 30° nad horizontom a do 50° pod horizontom. Stožiar zostrojila spoločnosť Ball Aerospace & Technologies z Colorada.

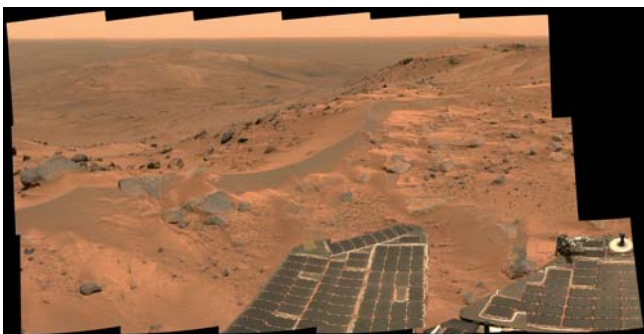
Na robotickej ruke (vyvinuté americkou firmou Alliance Spacesystems) vozidla sa nachádzajú tieto prístroje:

- Mössbauerov spektrometer vyvinutý Dr. Göstarom Klingelhöferom na univerzite Johannes Gutenberg v nemeckom Mainzi. Určený je na bližšie skúmanie minerálov železitých skál a pôdy.
- Spektrometer röntgenového žiarenia a alfa žiarenia (APXS) vyvinutý Chemickým inštitútom Maxa Plancka v Mainzi. Služi na analýzu zaslúpenia prvkov v zložení skál a pôdy.
- Magnety na zachytávanie častíc prachu vyvinuté skupinou Jensa Martina Knudsen na inštitúte Nielsa Bohra v Kodani.

- Mikroskopický zobrazovač (IM) na detailné snímky hornín. Vývoj viedol tím Kena Herkenhoffsa z programu USGS Astrogeology Research.
- Brúska (Rock Abrasion Tool – RAT) na obrusovanie a čistenie povrchu kameňov na ich skúmania ďalšími prístrojmi na vozidle, vyvinutá americkou firmou Honeybee Robotics.

Panoramatická kamera

Táto stereo kamera s vysokým rozlíšením zobrazuje okolitý terén každého nového miesta, kam vozidlo dorazí. Oba objektívy kamery sú od seba vzdialené 30 cm a nachádzajú sa na stožiaroch vo výške 1,5 metra. Celý prístroj disponuje štrnástimi rôznymi filtermi, s ktorými sa nesnímajú len farebné zábery, ale sa vykonáva aj spektrálna analýza minerálov a atmosféry. Obrázky z kamery pomáhajú vybrať vhodné kamene a pôdu na bližšie skúmanie a takisto definovať nové ciele jazdy. Na kalibráciu kamery slúži prístroj podobný slnečným hodinám, namontovaný na vrchnej strane vozidla. Používa sa na korektúry nasnímaných záberov. V rohoch slnečných hodín sú farebné plochy, ktorými sa kalibrujú farby záberov z Marsu.



Výhľad z vozidla Spirit po vylezení na kopec Husband Hill

Navigačné kamery

Prostredníctvom týchto kamier na vrchu sťažňa sa vytvára trojdimenzionálna snímka okolitého terénu. Ide o dve kamery s odstupom 30 cm s rovnakým zorným uhlom 45°. Vďaka ich obrázkom môžu inžinieri na Zemi vypracúvať plánovanie navigácie vozidla. Tieto kamery spolupracujú s kamerami obchádzania prekážok (HazCams) tak, že poskytujú dodatočný výhľad na okolitý terén.

Kamery obchádzania prekážok (HazCams)

Tieto kamery sú umiestnené v pároch na prednej a zadnej strane vozidla (dovedna štyri). Pomocou týchto monochromatických čiernobielych kamier sa vytvára trojdimenzionálny obraz okolia. Vďaka tomu sa vozidlo dokáže v spolupráci so softvérom vyhýbať prípadným prekážkam. Kamery majú zorný uhol 120° a možno nimi monitorovať terén do vzdialenosti troch metrov od vozidla.

Infračervený spektrometer (mini-TES)

Mini-TES zobrazuje okolie v infračervenej oblasti a slúži na identifikáciu minerálov priamo na mieste. Vďaka prieskumu v infračervenom pásme možno aj napriek všadeprítomnému prachu na povrchu planéty rozpoznať uhličitany, kremičitany, organické molekuly a minerály, ktoré vznikli vo vode. Takisto sa dá pomerne presne odhadnúť, ako dokážu kamene a pôda uchovávať teplo počas martánskeho dňa. Cieľom je hľadanie charakteristických minerálov, ktoré vznikli pôsobením vody. Dáta tohto prístroja a panoramatickej kamery sa používajú na vyhľadávanie vedeckých cieľov a prieskum nových regiónov. Okrem toho sa spektrometer používa aj určenie teplotného profilu atmosféry Marsu vo vysokom rozlíšení. Tieto údaje dopĺňajú dáta, ktoré pochádzajú zo sondy Mars Global Surveyor Orbiter na obežnej dráhe Marsu.

Mössbauerov spektrometer

Spektrometer je určený na identifikáciu minerálov s obsahom železa. Je umiestnený na robotickú ruku a počas činnosti sa pridrža na kameňoch alebo povrchu planéty. Identifikácia takýchto minerálov pomáha vedcom zistiť, akú rolu hrala voda pri vzniku skúmaných objektov

a do akej miery sú kamene zvetrané. Navyše sa ním môžu identifikovať minerály, ktoré vznikli v horúcom vodnom prostredí a môžu tak uchovávať stopy po niekdajšom živote na planéte. Prístroj používa dva kobaltové zdroje na kalibráciu svojich meraní. Ide v podstate o zmenšenú verziu spektrometra, ktorý geológovia používajú na skúmanie skál a pôdy na Zemi. Spektrometer je schopný skúmať aj magnetické vlastnosti povrchu.

Spektrometer röntgenového žiarenia a alfažiarenia (APXS)

Určuje sa ním zloženie skál. Prístroj je vylepšenou verziou toho použitého na vozidle Sojourner misie Pathfinder. Jeho konštrukcia je podobná prístrojom v geologických laboratóriách na Zemi. Prístroj využíva chemický prvok curium na meranie koncentrácie najdôležitejších zložiek (okrem vody), z ktorých sa skladajú kamene a pôda. Tým možno stanoviť pôvod vzoriek a akým spôsobom sa zmenili v priebehu svojej existencie.

Magnety na zachytávanie častí prachu

Prach na Marse je silno magnetický. Zachytávajú ho špeciálne magnetické plochy. Magnetické minerály v jadrách prachu môžu byť sublimčne vysušené zvyšky v minulosti Marsu charakteristickej bohatým výskytom vody na povrchu. Periodické skúmanie týchto častí a ich vytvorených vzorov na magnetoch poskytujú solídne informácie o ich zložení. Svoje vlastné magnety má aj brúska (RAT) na zachytávanie prachu z povrchu kameňov a ich ďalšie štúdium. Druhý súbor magnetov sa nachádza na prednej strane vozidla. Zbiera sa nimi okolo letiaci prach a následne sa analyzuje Mössbauerovým spektrometrom a APXS. Tretí magnet je umiestnený na hornej strane vozidla, aby ho dokázala nasnímať panoramatická kamera.

Mikroskopický zobrazovač (IM)

Tento prístroj je schopný vyhotoviť extrémne blízke zábery objektov s rozlíšením niekoľkých stoviek mikrometrov. Ponúka tým kontext na interpretáciu dát o mineráloch a elementoch. Pomocou neho možno skúmať jemné štruktúry kameňov a pôdy, ktoré poskytujú dôležité informácie o tom, ako sa tieto kamene a pôda formovali. Veľkosť a usporiadanie častíc v sedimentoch napríklad výrazne vypovedajú o tom, ako sa premiestňovali a uskladňovali. Zobrazovač poskytuje veľké snímky, vďaka čomu sa tieto procesy môžu bližšie skúmať.

Brúska (RAT)

Tento nástroj je akýmsi geologickým kladivom vozidla, pretože pomocou neho sa dá odstrániť niekoľko milimetrov zvetraného povrchu kameňov a potom skúmať pod tým ležiace vrstvy. Nástroj môže odkryť plochu s priemerom 4,5 cm a zaboriť sa do hĺbky päť milimetrov. Zaujímavosťou je, že súčasťou brúsky je poklop, ktorý pochádza z trosiek zrútených dvojčiek World Trade Center v New Yorku.

Komunikácia

Vozidlo je vybavené nízko a vysoko ziskovou anténou. Nízko zisková anténa je všesmerová a prenáša dáta nízkou rýchlosťou k anténe Deep Space Network na Zemi. Obe tieto antény sa takisto používajú na komunikáciu so sondami na obežnej dráhe Marsu, ako sú Mars Odyssey a Mars Global Surveyor (až do jej výpadku). Vysoko zisková anténa je smerová, ovládateľná a prenáša dáta na Zem vyššou rýchlosťou. Komunikácia môže prebiehať aj so sondami na obežnej dráhe Mars Express Orbiter (sonda Európskej vesmírnej agentúry) a Mars Reconnaissance Orbiter (sonda NASA). Sondy preposielajú dáta ďalej na Zem. Komunikácia väčšinou prebieha prostredníctvom sondy Odyssey.

Prenos cez sondy má tú výhodu, že k anténam na vozidle sú bližšie ako Zem, čím sa na prenos spotrebuje menej energie. Sondy sú navyše dlhší čas vo viditeľnej vzdialenosti Zeme ako vozidlá na Marse. Sondy komunikujú s vozidlami pomocou UHF antén, ktoré majú menší dosah ako nízko a vysoko ziskové antény. Počas priamej komunikácie so Zemou sa prenosová rýchlosť pohybuje v rozmedzí 3 500 až 12 000 bitov za sekundu. Prenosová rýchlosť k sondám má konštantných



128 000 bitov za sekundu. Sonda je počas preletu vo viditeľnosti vozidla približne na osem minút v priebehu jedného martánskeho dňa. Počas tohto úseku sa preniesie 60 Mbitov dát. Pri priamej komunikácii so Zemou by prenos tohto množstva dát trval od 1,5 do 5 hodín. Vozidlá môžu z dôvodu obmedzení energetického napájania vyslať na Zem dáta iba necelé tri hodiny.

Každé vozidlo má dovedna deväť kamier, ktoré produkujú obrázky s veľkosťou 1 024 x 1 024 bodov rozlíšením 12 bitov na bod, ale väčšina obrázkov je orezaná na osem bitov na bod. Obrázky sú potom komprimované algoritmom ICER a posielané na Zem. Zábery navigácie, miniatúry a mnohé ďalšie obrázky sú komprimované na jeden bit na pixel. Nižšia miera kompresie (menej ako 0,5 bitu na bod) sa používa pre isté vlnové dĺžky alebo viacfarebné panoramatické obrázky.

ICER je založený na vlnkových funkciách a vyvinutý bol špeciálne pre vesmírne aplikácie. Produkuje progresívnu kompresiu, stratovú aj bezstratovú a zahŕňa schému kontroly chýb na obmedzenie efektu straty dát v prenosovom kanáli. Prekonáva známy stratový formát JPEG.

Kontrola teploty

Počas jedného martánskeho dňa môže teplota na povrchu planéty kolísť v rozpätí do 113 °C. Elektronika vozidla však pracuje správne iba v teplotnom rozsahu od -40 do 40 °C. Z tohto dôvodu sú najdôležitejšie časti, ako batérie, elektronika a počítač, umiestnené v špeciálnom boxe (Warm Electronic Box – WEB). Vnútro vozidla sa udržuje v teplotnej tolerancii pomocou vrstvy zlata nanesej na vonkajšej strane vozidla, izoláciou z aerogelu a vyhrievacími prvkami. Prebytočné teplo sa odvádza radiátormi. Základné zásobovanie teplom preberá osem vyhrievacích elementov na báze rádioizotopov. Každý element vyrába teplo s výkonom 1 Watt a obsahuje 2,7 gramu dioxidu plutónia v jednej malej kapsule. Tieto komponenty zabezpečujú, aby vozidlo nezamrzlo v studenej klíme Marsu.

Softvér

Počítač každého vozidla disponuje 32-bitovým mikroprocesorom RAD 6000, verzie Power PC čipu, ktorý sa používa na niektorých počítačoch Macintosh. Táto verzia je špeciálne odolná proti žiareniu a bola nasadená už v mnohých kozmických misiách. Procesor pracuje s frekvenciou 20 MHz. Pamäť počítača tvorí 128 MB DRAM s korekciou chýb a 3 MB pamäte EEPROM. Dátový disk tvorí pamäť flash s kapacitou 256 MB. K tomu sú ešte k dispozícii malé sektory energeticky nezávislej pamäte, aby bolo možné dáta pre systém ukladať aj bez napájania. Počítač beží na operačnom systéme reálneho času VxWorks od firmy WindRiver, ktorý zaberá v pamäti 2 MB. Zvyšný riadiaci softvér obsadzuje 30 MB. Softvér sa pravidelne vyvíja ďalej, aby sa odstránili zistené chyby a zdokonalila sa autonómnosť vozidla počas jazdy.

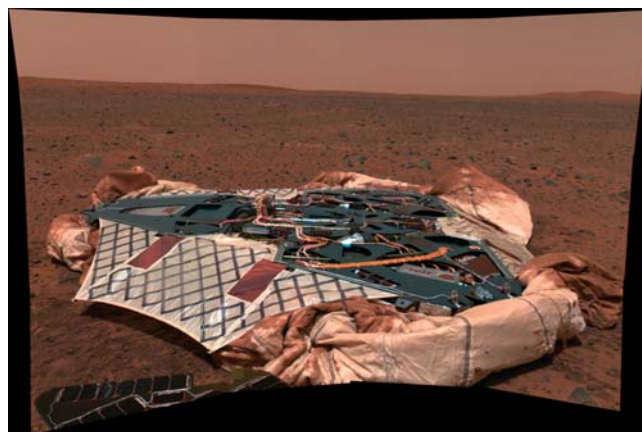
Počítač je takisto zodpovedný za spracovanie obrázkov. Vysoko kvalitné fotky panoramatickej kamery sa musia pre potreby dátového prenosu komprimovať. Algoritmus ICER dokáže pôvodne 12 Mbit veľkú fotku zmenšiť len na jeden Mbit. Záber sa navyše rozdelí do tridsiatich nezávislých častí. Tým sa zníži riziko straty celého obrázku počas prenosu na Zem.

Prevádzka vozidla

Signál zo Zeme na Mars a opačne sa v dôsledku veľkej vzdialenosti plánet prenáša priemerne 20 minút. Z tohto dôvodu je bezprostredné ovládanie vozidla nemožné, preto sa každá akcia s vozidlom dopredu starostlivo plánuje. Na Zemi sa pre tieto potreby nasadili simulačné a plánovacie softvéry. Navyše existujú na Zemi dve identické vozidlá ako na Marse, na ktorých sa zamýšľané operácie bezpečne testujú skôr, než sa vykonajú naostro na Marse. Osvedčilo sa to napríklad v situácii, keď vozidlo Opportunity uviazlo na Marse v pieskovej dune a bolo ho potrebné odtiaľ vyslobodiť.

Plánovanie operácií

Inžinieri a vedci najskôr vyhodnocujú výsledky predchádzajúcich úloh vozidla. Pritom sa overuje, či vozidlo vykonalo všetky požadované ope-



Záber na plošinu na mäkké pristátie z vozidla Spirit v 16. deň po pristáti na Marse

rácie, prípadne z akých dôvodov sa mu to nepodarilo. Na základe nasnímaných záberov sa vytvárajú 3D modely, ktoré zobrazujú okolitý terén do takej veľkej vzdialenosti, ako to je len možné. Pomocnú ruku v tomto prípade podáva softvér Science Activity Planner. Ten automaticky zhotovuje panorámy okolia, ponúka trojdimenzionálnu reprezentáciu vozidla v jeho prostredí a vyhodnotenie zaznamenaných spektier. Dôležitá je aj rýchlosť, ktorou sú pripravené dáta k dispozícii, pretože ďalší plán musí byť pripravený už o niekoľko hodín. Nápomocné sú pritom aj fotky s vysokým rozlíšením zo sond na obežnej dráhe Marsu, prostredníctvom ktorých možno vytvoriť 3D model terénu.

Výsledky vyhodnocuje vedecká skupina Science Operating Working Group, ktorá potom definuje nové ciele. Pri plánovaní aktivít a pozorovaní počas ďalšieho martánskeho dňa treba zohľadniť aj stav vozidla, napr. stav nabitia batérií, energetickú náročnosť každej operácie, pozíciu slnka či uvažovanie času prenosu dát cez sondy na obežnej dráhe.

Plánovať sa musí aj dráha vozidla k ďalšiemu cieľu. Existuje tu viac možností, ako vozidlo navigovať. Pri riadení jazdy je dráha stanovená vopred a v súlade s tým sú presne riadené aj motory. Metódou Visual odometry sa skúmaná dráha na základe meraných otáčok kolesa porovnáva s vyhotovenými zábermi na Marse a zisťuje sa skutočný pohyb vpred. Tento spôsob je účinný najmä na piesčitých povrchoch, keď sa vozidlo šmyka na podloží. Na základe nasnímaných fotiek vozidlo samostatne rozpoznáva ubehnutú trasu. Metódou výberu lokálnej cesty rozpoznáva tiež prekážky na trase, určuje vyhýbacie manévry a autonómne obchádza objekty. Definované sú špeciálne zóny, do ktorých sa vozidlo nesmie navádzať. Dlhé trasy nad 100 metrov za deň možno riešiť iba pomocou inteligentného softvéru, pretože plánovanie na Zemi podľa stereo obrázkov sa nerealizuje až v takom veľkom rozsahu. Inteligentným riadením zvládlo napríklad vozidlo Spirit svoju cestu ku Columbia Hills o 50% rýchlejšie, ako by to bolo iba pomocou riadenej trasy.

Vozidlo dostáva podporu aj od Slnka. Na základe jeho pozície určuje svoju aktuálnu orientáciu a polohu. Uskutočňuje sa to tak, že pri predpokladanej polohe Slnka zhotoví jeho fotku a po následnej analýze stanovuje jeho skutočnú pozíciu.

Náklady misie

Náklady na primárnu misiu sa vyšplhali na 820 miliónov amerických dolárov. Z toho 645 miliónov pripadlo na vývoj sond, vozidiel a vedeckých prístrojov. Štart rakety vyšiel na 100 miliónov dolárov, 75 miliónov išlo na riadenie misie a vedecké analýzy. Prevádzkové náklady na vozidlá sa pohybujú približne na úrovni 20 miliónov dolárov ročne.

Zdroje

http://en.wikipedia.org/wiki/Mars_Exploration_Rover

http://de.wikipedia.org/wiki/Mars_Exploration_Rover

http://cs.wikipedia.org/wiki/Mars_Exploration_Rover

-bb-