

Folytatódik a Hold ostroma

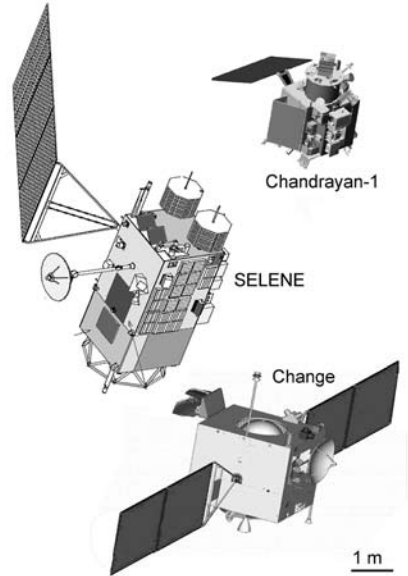
Távol-keleti Hold-verseny

Az utóbbi időben három távol-keleti ország is bekapcsolódott a Hold ostromába. A japán SELENE (Kaguya), a kínai Chang'e-1, és az indiai Chandrayan hasonló céllal indított, hasonló űreszközök. Pályájuk fokozatos módosításával érték el kísérőnket, majd körülötte poláris útvonalra álltak. Utóbbi körülmény a sarkvidéki területek miatt fontos, ahol vízjég is elképzelhető a kráterekben, és a tervek alapján ott állítanak majd fel az emberes holdbázist. A programokban talán a legfontosabb a hasonló motiváció: a három állam technikai képességeit kívánja demonstrálni a világ előtt, amire egy-egy sikeres holdszonda látványos bizonyíték lehet. Ezen a téren főleg Indiának és Kínának van pótolnivalója.

SELENE (Kaguya) – a japán holdszonda

Japán 2007. szeptember 14-én egy H-2A jelű hordozórakétával indította SELENE nevű holdszondáját a Tanegashima űrközpontból. A közel 3 tonnás, 2,1x2,1x5,8 méteres, eredetileg Kaguya elnevezésű űreszközt a sikeres start után keresztelték Selenére. Utóbbi a Selenological and ENgineering Explorer angol elnevezésből képzett mozaikszó, amely jelzi, hogy a küldetés műszaki kísérletnek is tekinthető. (Ugyanakkor utalás is a görög mitológia Szeléné holdistennőjére.) A szonda két „mikroműholdat” is kibocsátott magából, amelyek 50 kg-os, 1x1x0,65 m átmérőjű egységek, és szintén a Hold körül keringenek. Az egyik a töltött részecskék jellemzőit és a mágneses teret tanulmányozza, míg a másik átjátszóállomásként szerepet tölt be a fő egység és a Föld között. A SELENE műszerei és azok feladatai:

- Röntgenspektrométer (X-ray Spectrometer, XRS): a holdfelszínen előforduló külön-



A három távol-keleti holdszonda méretaránya

böző elemek (főleg Mg, Al, Si, Ca, Ti, Fe) gyakoriságának mérésére 20 km-es felbontással.

- Több hullámsávú képfelvévő (Multiband Imager, MI) 0,4 és 1,6 mikrométer közötti tartományban hullámhossz szerint 20–30 nanométeres felbontással, térben 20 m felbontással rögzíti a felszínről érkező sugárzást.

- Terepkamera (Terrain Camera, TC): a felszín folyamatosan pásztázza és 10 méteres felbontással rögzíti azt, sztereóképei alapján a domborzat is vizsgálható.

- Spektroszkóp (Spectral Profiler, SP): 0,5–2,6 mikrométer között 6–8 nanométeres felbontással méri a sugárzás intenzitását, amivel a felszín összetétele közelíthető 500 m területi felbontással.

- Lézeres magasságmérő (Laser Altimeter, LALT): minden korábbinál pontosabb

domborzati térképet alkot a Hold felszínéről. Közel 20 nanomásodperc hosszú, 10 mJ energiájú lézerpulzusokat bocsát ki, amely 100 km magas keringés esetén közel 40 m átmérőjű folt területén világítja meg a felszínt, és ebből 1,6 km-es területi felbontással rekonstruálják a domborzatot.

- Töltöttrészecske-spektrométer (CPS) és gammaspektrométer (GRS): a galaktikus kozmikus sugarak által gerjesztett felszíni anyagoktól kiinduló gamma sugárzást és neutronokat elemezve ad információt az összetételéről.

- Rádiótudományi kísérlet (Radio Science, RS): a két forgásstabilizált mikroműhold (RSTAR (Okina), és VSTAR (Ouna)), valamint az ezeken elhelyezett VRAD-1 és -2 detektorok segítségével végzett mérések tartoznak ide, amelyek révén megállapítható, hogy a Hold körül van-e a földi ionoszférához hasonló, annál sokkal ritkább, töltött részecskékből álló felhő.

- Doppler-mérések rádióadó (Relay Satellite Transponder, RSAT): a fő műhold és a két mikroműhold rádióadásai, valamint átjátszó-állomás funkciója nem csak kommunikációra használható. Segítségükkel azok mozgása, térbeli helyzete akár 20 cm-es pontossággal megállapítható, abból pedig a Hold gravitációs tere részletesen feltérképezhető. Utóbbira nagy felbontással csak a látható oldalon került sor, de az átjátszó mikroműhold segítségével ez Doppler-módszerrel a túloldalon is lehetséges. Az RSAT a tervek alapján 2009-ben a Hold túloldalán becsapódik.

- Hosszú bázisvonalú rádióforrás (Differential VLBI Radio Source, VRAD): S hullámsávú (2212, 2218 és 2287 MHz), valamint X hullámsávú (8456 MHz) rádióadások vételére és kibocsátására.

- Nagyfelbontású televíziós kamera (HDTV): kifejezetten a földkelték és földnyugták megfigyelésére elhelyezett műszer, amely bolygónkat rögzíti, amint a SELENE keringése során a Föld a Hold látóhatára fölé emelkedik.

- Radarszondázó (Lunar Radar Sounder, LRS): 5 MHz frekvenciájú radarhullámokkal a felszín alatti régiókat vizsgálja, maximá-

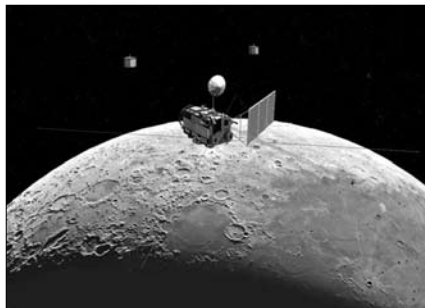
lisan néhány km mélységig kb. 75 méteres felbontással.

- Magnetométer (Lunar Magnetometer, LMAG): a mágnesezett felszíni területeket tanulmányozza.

- Plazmadetektor (Plasma Analyzer, PACE): a felszínről elszakadó, 5 eV és 28 keV közötti energiájú ionokat vizsgálja.

- Felsőléggör- és plazma-képkalkoló (Upper atmosphere Plasma Imager, UPI): a földi felsőléggöri ionok eloszlását és jellemzőit örökíti meg 10 percenként az ultraibolya és a vizuális tartományban.

A SELENE több mint egy éven keresztül tanulmányozza kísérőnkét, miközben poláris pályán mozog 100 km-re a felszín felett. Működése nyomán kb. 10 méteres felbontással fogjuk a felszín összetételét és domborzatát megismerni. Radarhullámai néhány km mélységből, a holdbeli bazalttengerek alól nyújtanak adatokat.



Fantáziarajz a SELENE szondáról és az általa kibocsátott két mikroműholdról

A SELENE 2007. október 3-án, magyar idő szerint 23:20-kor állt igen elnyúlt Hold körüli pályára, a felszíntől mért távolsága 101 és 11 741 km között változott. Pályáját fokozatosan közelítette a kör alakhoz, amit 2008. október 19-én ért el. Ekkor bocsátotta ki első, majd 12-én a második kis műholdját. A 480 millió dollárba kerülő szonda videokamerájával a nagyközönség számára is megörökítette, amint bolygónk a Hold pereme fölé emelkedik. Ilyen felvételek az Apollo-program óta nem készültek. A küldetés népszerűsítését szolgálta a szondán

elhelyezett DVD-re írt 412 627 név, valamint különböző üdvözlések és jókívánságok.

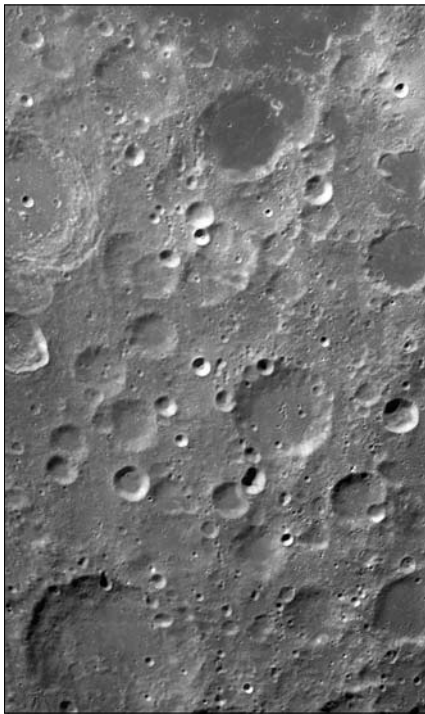
E sorok írásáig kevés SELENE-eredmény látott napvilágot. Ezek között említhető, hogy a Lichtenberger-kráter körüli viszonylag fiatal, 1,7 milliárd éves bazalttakaró vastagságára 7–10 m közötti érték adódott a TC 10 m felbontású képei alapján. A Hold túloldalán lévő Moszkva-tenger és a Déli pólus Aitkenmedence területén végzett kráterszámlálás alapján néhány helyen 2,5 milliárd évvel ezelőtt is történtek lávaömlések. A sarkvidéki Shackleton-kráter megfigyelése alapján annak felszínén nem mutatkozott vízjég.

A SELENE a tervek szerint június 10-én fog a Holdba csapódni.

Chang'e-1: az első kínai holdszonda

A Chang'e-1 a kínai mondák alapján a Holdba repülő istenségről kapta a nevét. A 2400 kg-os Chang'e-1 2008. október 25-én indult a Kína délnyugati részén lévő Xichang Űrközpontból, egy Hosszú Mene-telés 3A hordozórakétával. Az emelkedés vonalában lakókat a kérdéses időszakra evakuálták, elkerülendő a visszahulló darabok miatti esetleges balesetet. A Chang'e-1 2008. november 5-én állt Hold körüli poláris pályára. Elyúlt útvonalan 8600 km-re is eltávolodott a Holdtól, majd annak alakját fokozatosan közelítette a körhöz, míg elérte végső, 127 perc keringési idejű térképezési pályáját 200 km-rel a felszín felett. A 170 millió dollár költségvetésű program keretében a Chang'e-1 legalább egy évig fog üzemelni.

A Chang'e-1 négy fő tudományos célkitűzése: a felszín térképezése és domborzatmodell készítése, a kémiai elemek eloszlásának megfigyelése, a regolit jellemzőinek és szerkezetének, valamint a holdi környezetnek a vizsgálata. A Chang'e-1 a tudományos célok mellett természetesen Kína technológiai potenciálját is demonstrálja. Kína előre bejelentette, hogy mikor indítja a szondát, és a startot az interneten élőben is közvetítette. Talán ez is része a stratégiának, amelyben a kibontakozni látszó távol-keleti űr- és gazdasági versenyben bizonyítani akarja képessé-

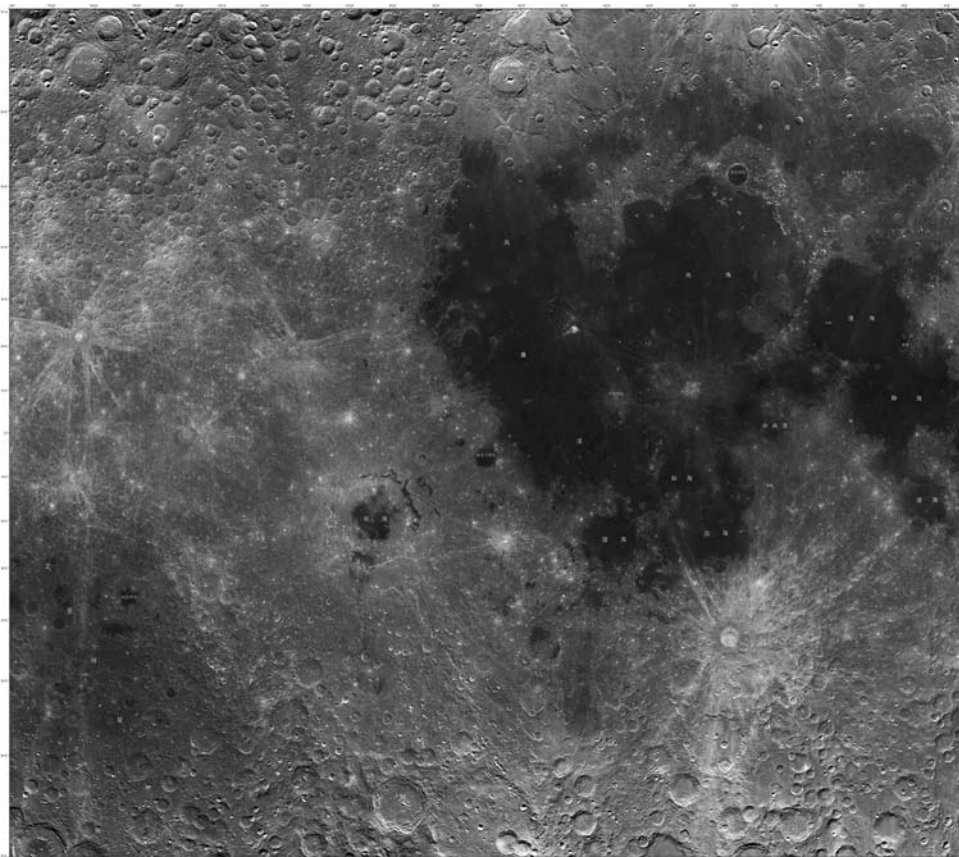


A Chang'e-1-szonda elsőként közzétett felvétele, amely a Holdnak egy 360x280 km-es területét mutatja, 2007. november 20-án és 21-én rögzített, 19 képből összeállított mozaikon (d. sz. 54-70 k. h. 57-83)

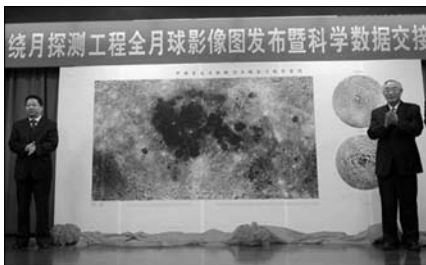
geit. A start válaszként is felfogható a japán SELENE-szonda közel egy hónappal korábbi indítására.

A Chang'e-1 összesen 24 érzékelőt vitt magával, melyek együttes tömege 130 kg volt:

- Sztereo CCD-kamera: egyszerre 60 km széles sávban, 160 m felbontással fotózza a felszínt és térképezi a domborzatot.
- Képfelvető spektrométer a felszín összetételének megfigyelésére.
- Lézeres magasságmérő a domborzat vizsgálatára.
- Röntgen- és gammaspektrométer: a felszín összetételéről (főleg U, Th, K, Na, S, Ni, Fe, Ti, Al és Mg eloszlásáról), valamint az azt borító por jellemzőiről szolgál új ismeretekkel.



A Chang'e felvételei alapján készült Hold-térképet látványos külsőségek között mutatták be a média számára 2008 novemberében. A Hold teljes felszínét lefedő térkép 140 m-es felbontással mutatja égi kísérőnk felszínét



- Mikrohullámú mérőberendezés, amelynek adatai alapján a regolit vastagságára is következtethetnek, maximum kb. 30 m mélységig; emellett a napszélben áramló részecskék vizsgálatára szolgál.

A Chang'e-1 2009. március 1-jén a terveknek megfelelően becsapódott a Hold felszínébe, a Mare Fecunditatis vidékén (déli szélesség 1,5 fok, keleti hosszúság 52 fok),

工程全月球影像图



nem messze a Messier J krátertől.

Kína Holddal kapcsolatos további céljai között 2012-ig sima leszállás, 2017-ig pedig mintagyűjtés szerepel, amelyeket idővel akár emberes expedíció is követhet.

A Chandrayan-1, India holdszondája

Az 525 kg-os, 1,5 m átmérőjű Chandrayan-1 az első indiai holdszonda. A 89 millió dolláros program keretében megvalósult űreszköz egyben India első szondája, amely

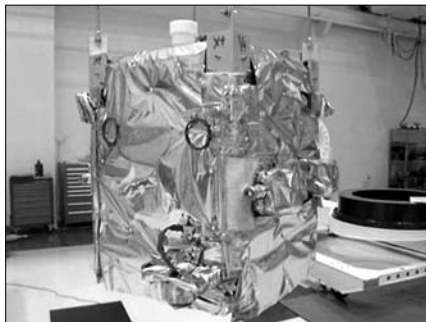
elhagyta a Föld közvetlen környezetét. A Chandrayan-1-et egy módosított, szintén indiai készítésű PSVL C5 (Polar Satellite Launch Vehicle) hordozórakéta állította pályára. Energiaellátását közel 4 m² felületű napelemtáblái biztosítják, átlagosan 700 W-ot termelve.

A Chandrayan-1 a tervek alapján két éven keresztül működik égi kísérőnk körül, közel 100 km magasságban húzódó poláris pályán. Egy 150 kg-os becsapódó szondát (Moon Impactor Probe, MIP) is kibocsát magából,

amely a Hold felszínével ütközik, de előtte méréseket is végez. A Chandrayan-1 55 kg-nyi tudományos műszereinek többségét öt indiai érzékelő teszi ki, és közel 10 kg-ot külföldi berendezések adnak. Nemzetközi együttműködések keretében két amerikai, három európai, továbbá egy bolgár műszer is helyet kapott a szondán. A Chandrayan-1 műszerei:

- Térképező kamera (Terrain Mapping Camera, TMC): 40 kilométer széles sávban 5 méteres felbontással örökíti meg a felszínt.

- Hiperspektrális képfelvévő (Hyper Spectral Imager, HSI): ásványtani térképezést végez 400 és 900 nanométer közötti tartományban 15 nanométeres felbontással, a



Az indiai becsapódó egység

felszínen 80 méteres részleteket elkülönítve.

- LLRI (Lunar Laser Ranging Experiment): a domborzatot letapogató lézerberendezés.

- Röntgenfluoreszcens spektrométer (X-ray fluorescence spectrometer, CIXS): 1 és 10 keV közötti energiatartományban 25 kilométer felbontással térképezi a felszínt, elsősorban néhány elem (Mn, Al, Si, Ca, Ti és Fe) eloszlását vizsgálva, emellett a Napból származó röntgensugarakat is detektálja.

- SXM (Solar X-ray Monitor): szintén az 1 és a 10 keV közötti tartományra érzékeny detektor, amely a Napból származó röntgensugarakat elemzi.

- HEX (Hight Energy X-ray/gamma-ray spectrometer): 30 és 200 keV közötti hullámhosszakon 40 km-es felbontással vizsgálja a felszínt, különféle radioaktív izotópok (pl. U,

Pb, Th, Rn) eloszlását, illetve ezek kigázolgasának nyomait keresi.

- MIP (Moon Impactor Probe): becsapódó egység, amely 100 km magasból válik el a fő szondáról, és kb. 15 perc múlva ütközik a felszínnel. Zuhanás közben kamerájával, magasságmérőjével, nagy felbontású tömegspektrométerével tanulmányozza a Holdat, és továbbítja azonnal méréseit.

- SARA (Sub-keV Atom Reflecting Analyzer): az ESA műszere, amely a felszínről szóródó, alacsony energiájú, semleges atomokat elemzi.

- M3 (Moon Mineralogy Mapper): a NASA által készített képfelvévő spektrométer, amely a felszín ásványi összetételét vizsgálja.

- SIR-2 (Near Infrared Spectrometer): az ESA berendezése, amely a SMART-1-szondán repült detektorhoz hasonlít, és az infravörös tartományban rögzített színeképek alapján határozza meg a felszín összetételét.

- MiniSAR (Miniature Synthetic Aperture Radar): S hullámsávú antenna, amely 2,5 GHz-es radarhullámaival 75 méteres felbontással vizsgálja a felszínről visszavert polarizált rádiósugárzást, részben vízjeget keresve. Radarhullámai maximum néhány méter mélységig hatolnak be a felszín alá.

- RADOM-7 (Radiation Dose Monitor): bolgár műszer, a Holdhoz közeli tartományban jellemző sugárzások vizsgálatára.

Mint az a műszerpark beszállítóinál is látható, India szeretne minél több nemzetközi együttműködést elindítani a Chandrayan-1 kapcsán. A szonda eredményeit a NASA a tervezett holdbázis helyszínének kijelöléséhez is fel kívánja használni.

A becsapódó egység 2008. november 14-én levált a fő szondáról, majd biztonságos távolságba jutva bekapcsolta fékezőhajtóművét. A 35 kg-os, 38x38x47 cm-es berendezés radaros magasságmérővel, a töltött részecskék jellemzőit vizsgáló tömegspektrométerrel és fotókat készítő kamerával volt felszerelve. Közel 25 percnyi szabadesés után érte el a Holdat, miközben 15 ezer felvételt (másodpercenként közel tíz fotót) készített és továbbított. Az ütközés fontos lépésnek

tekinthető a következő indiai holdszondával, a Chandrayan-2-vel 2011-re tervezett sima leszállás felé.



A Chandrayan-1 becsapódó egységének két felvétele

Miért érdemes a Holdra menni?

Az 1960-as években a Hold „meghódításáért” folytatott versenyt elsősorban politikai okok motiválták. Napjainkban ismét élénkül az érdeklődés kísérőnk iránt – de egyelőre nehéz eldönteni, nevezhetjük-e ezt újabb, esetleg korlátozott űrversenynek. Egyre több állam szeretné „meghódítani” a Holdat, különösen a Távols-Kelet gyorsan fejlődő országai közül.

Kísérőnk azonban nem csupán tudományos szempontból érdekes, fontos a cél eléréséhez kifejlesztett technológia birtoklása, valamint annak látványos bemutatása is (amint azt most, a kínaiak holdtérképének bemutatásakor láthattuk). A Hold elérése és vizsgálata

olyan módszerek kifejlesztését igényli, amelyek a gazdaság sok egyéb területén (elektronika, számítástechnika, anyagtechnológia stb.) hasznosíthatók. Perspektivikusabb is a befektetőknek egy olyan feltörekvő gazdaságba investálni, amely képességeit egy sikeres holdszondával látványosan bizonyította.

Végül pedig, mint távlati cél, a Hold gazdasági hasznosítása is felmerülhet. Napjainkban ez még csak érdekes elméleti lehetőség, azonban várható, hogy néhány évtized múlva a gyakorlatban is megjelenik – az ilyen esetekben már „megszokott” környezetvédelmi problémákkal együtt.

A Hold erőforrásai között említhetők a Föld felszínén ritka ásványi nyersanyagok, főleg különböző fémek. A regolitban 3-as tömegszámú héliumizotóp is található, amely a napszélből épül be, és a jövő fúziós reaktorokban lenne alkalmazható. Ez nem csak a helyszínen hasznosítható, hanem a Földre is szállítható, amit a belőle nyerhető hatalmas energia tesz kifizetődővé.

Ugyancsak fontos a feltételezések alapján a sarki kráterekben lévő vízjég. Ez nemcsak az űrhajósoknak szolgálhat ivóvízként vagy oxigénforrásként, de ipari folyamatokban is felhasználható. Ha a távoli jövőben vizet igénylő termelési folyamatok indulnak bolygónk körül, fontos lehet, hogy oda olcsóbb lesz vizet szállítani a Hold felszínéről, mint a Földről.

Japán, Kína és India fent vázolt sikerei jó példával szolgálhat további államoknak. Nemrég Dél-Korea is bejelentette, hogy 2017-ig saját hordozórakétát fejleszt ki, és 2020 táján holdszondát indít. Az ország eddig már 11 mesterséges holdat bocsátott fel más állam hordozórakétáival. Mindezek után pedig 2025-ben egy dél-koreai leszállóegység is landolna a Holdon. Egyelőre nehéz előre jelezni, hogy a következő évtizedekben milyen szerephez jutnak a távol-keleti államok, de annyi állítható, hogy munkájuk színesíteni és gazdagítani fogja az űrtevékenységet.

Kereszturi Ákos