

BOZSÓ ISTVÁN\*

# A MŰHOLDAS FÖLDMEGFIGYELÉS TÖRTÉNELMI ÉS TECHNIKAI HÁTTERE

## BEVEZETÉS A TÁVÉRZÉKELÉSBE

A műholdas földmegfigyelés<sup>1</sup> történetének tárgyalása előtt érdemes megismerni a távérzékelés<sup>2</sup> alapfogalmával, és a mögötte álló történelmi kontextussal. Képzeljük el, hogy van egy céltárgy vagy felület (épület, híd, óceáni aljzat, repülőgép) aminek valamilyen tulajdonságát szeretnénk meghatározni, magához a céltárgyhoz azonban valamilyen ok miatt nem tudunk közvetlenül hozzáférni. Ha kibocsátunk egy hullámcsomagot, amely a világűrben, illetve valamilyen közegben (a Föld atmoszférája, víz, a szilárd Föld) terjedve eléri a céltárgyat, és a céltárgyról visszaverődve eléri a kibocsátás pontjához, a visszavert hullámcsomagot regisztrálva következtetni tudunk a céltárgy távolságára, sebességére és elektromágneses visszaverő képességére.

Konkrét példaként tekintsük egy repülőgép távolságának és sebesség-

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A műholdas földmegfigyelés olyan távérzékelési technika, amely rendkívül jó felbontással képes bolygónk felszínének térképezését elvégezni, illetve a felszínen bekövetkezett változásokat nyomon követni. A műholdas felvételek elkészítése, feldolgozása és elemzése mára az emberiség egyik alaptervekenységének tekinthető, amely nagy mennyiségű adatot szolgáltat polgári (alapkutatói, ipari) és katonai felderítési tevékenységek elvégzéséhez. A szerző ennek a technológiának a történelmi és technikai hátterébe kívánja bevezetni az olvasót.

**KULCSSZAVAK:** távérzékelés, űrtechnológia, történelem, műholdak, földmegfigyelés

**ABSTRACT:** Satellite earth observation is a remote sensing technique that is capable of mapping the surface of our planet and tracking the changes that occur on the surface with very high resolution. Today the acquisition, processing and analyzing of satellite images became one of the fundamental activities of humanity that supplies and augments civil (basic research, industry) and military intelligence activities with large volumes of data. The author wishes to introduce the reader to the historical and technical background of this technique.

**KEY WORDS:** remote sensing, space technology, history, satellites, earth observation

ének meghatározását valamilyen földi radarállomás felhasználásával. Ebben az esetben egy antenna által kibocsátott elektromágneses hullámcsomag terjed a céltárgy felé, ami jelen esetben egy személyszállító repü-

lőgép. A kibocsátott elektromágneses hullámcsomag eléri a repülőhöz, amellyel valamilyen módon kölcsönhatásba lép. Ritkább esetben a céltárgy a hullámcsomag szempontjából egy tökéletesen visszaverő felület,

\* MSc, tudományos segédmunkatárs, Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, HUN-REN. ORCID: 0000-0001-8254-1828

<sup>1</sup> A szakirodalomban: satellite Earth observation.

<sup>2</sup> A szakirodalomban: remote sensing.

Alkalmazási terület	Közeg és a terjedő hullámfajta	A távérzékelési módszer leírása
Az óceán / tengerfenék topográfiájának meghatározása [2]	A tenger, illetve az óceán vize és a benne terjedő nyomáshullámok (hanghullámok).	Az óceáni, illetve a tengeri aljzat és a felmérést végző vízi jármű (hajó, drón) távolságának meghatározása, és a meghatározott távolságok segítségével az aljzat domborzatának térképezése.
Földradar <sup>4</sup> [3]	A Föld kérge, és a benne terjedő elektromágneses hullámok.	A földkéreg szerkezetének vizsgálata a földfelszínen mozgó eszköz által kibocsájtott mikrohullámokkal. Behatolási mélység: néhány méter.
LiDAR (Light Detection and Ranging) [4]	A Föld légkörében terjedő optikai (lézer) jelek (hullámok).	A Föld felszíne felett 10-500 méter magasságban repülő platform (repülőgép, UAV) lézerpulzusokat bocsát ki. A felszíni tárgyakról (lombkorona, épület, domborzat) visszaverődött lézerpulzus detektálásával létrehozható a földfelszín modellje.
Orvosi képalkotás	A levegőn és a páciens testén áthaladó röntgensugárzás vagy ultrahanghullámok.	A páciens testét röntgensugárzással több szögből és magasságból átvilágítva, képalkotó módszerrel 3D-s modell alkotható az átvilágított testrész szerkezetéről. Az emberi testen belül ultrahang alkalmazásával „üregek” felderítése, illetve a különböző szervrendszerekről képalkotás lehetséges.

ekkor a hullámcsomag a céltárgyról visszaverődve visszaérkezik az antennához. Általános esetben a céltárgy a beérkező hullámcsomag energiájának csak egy részét fogja visszaverni az antenna felé, a fennmaradó energiának egy részét elnyeli, egy másik részét más irányokba szórja. Az antennába visszaérkező hullámcsomagot regisztrálva, és a regisztrált jelet feldolgozva tudunk következtetni a céltárgy különböző tulajdonságaira. Ha ismerjük a hullámterjedés sebességét, akkor a hullámcsomag ún. kétutas futási idejéből<sup>3</sup> ki tudjuk számolni a repülő és az antenna távolságát. Mozgó céltárgy esetén a hullámcsomag frekvenciája, a Doppler-effektus hatására [1], változni fog a visszaverődés során. A frekvencia-változás mértékéből következtetni lehet a céltárgy antennához viszonyított sebességére. Ismerve az általunk kibocsátott hullámcsomag energiáját, és megmérve a visszavert hullámcsomag energiáját, a két energia hányadosából következtethetünk a repülő elektromágneses visszaverő képességére.

A terjedő hullám forrása szerint beszélhetünk aktív és passzív távérzékelésről. Aktív távérzékelés esetén a hullámcsomagot mesterségesen állítjuk elő (pl. radarantenna), míg a passzív esetben valamilyen természetes hullámforrás által generált és a céltárgyról visszaverődött hullámokat érzékelünk (pl. a Nap által kibocsátott elektromágneses hullámok, amik a Föld felszínéről verődnek vissza).

A repülőgépek és egyéb tárgyak azonosítására alkalmazott radartechnika csak egy példája a távérzékelésnek. A távérzékelés fenti leírásának legtágabb értelemben vett értelmezése szerint további néhány példa található az 1. táblázatban.

### ATMOSZFÉRIKUS „ABLAKOK”

Mielőtt röviden ismertetnénk a műholdas földmegfigyelés történetét, érdemes megvizsgálunk azt a kérdést, hogy egyáltalán miért lehetséges az űrből a Föld felszínének és atmoszférájának vizsgálata. A kérdés sokkal kevésbé triviális, mint azt elsőre gondolnánk, ugyanis hullámhosszától függően, a Föld légköre képes részlegesen vagy teljesen elnyelni az elektromágneses sugárzás energiáját. Hogy az adott hullámhosszon a beérkező elektromágneses sugárzás energiáját milyen mértékben nyeli el a Föld légköre, az ún. atmoszférikus átlátszatlansággal (más néven: légköri opacitás<sup>5</sup>) jellemezhetjük. Az atmoszférikus átlátszatlanság értéke 0 és 1 között változhat, amelyet százalékban is kifejezhetünk. Ha egy adott hullámhosszon az atmoszférikus átlátszatlanság 100%, akkor a légkör a beérkező elektromágneses sugárzás energiáját teljes mértékben elnyeli (abszorpció), ha 0%, akkor a légkör az elektromágneses sugárzás energiáját gyakorlatilag nem nyeli el. Amennyiben pl. 20%, akkor a beérkező energia kb. 1/5-ét nyeli el a légkör. Azon hullámhossz-tartományokat,

ahol az atmoszférikus átlátszatlanság értéke kb. 0–20%, légköri vagy atmoszférikus „ablakoknak”<sup>6</sup> nevezzük. Ezek a hullámhossz-tartományok a Nap és más ember által készített berendezések (Föld – űrhajó kommunikáció) elektromágneses sugárzása számottevő elnyelődés nélkül képes áthalolni a Föld légkörén, és a Föld felszínéről visszaverődve a világűr irányába terjedni, és a visszavert sugárzás érzékelhető valamilyen űreszközökkel. Az 1. ábra szemlélteti a légköri ablakoknak tekinthető hullámhossz-tartományokat.

### A FÖLDMEGFIGYELÉS RŐL

Földmegfigyelés alatt, legáltalánosabban olyan tevékenységek halmozását értjük, amelyek célja adatok gyűjtése a Föld légkörében, felszínén és belsejében zajló fizikai, kémiai, és biológiai folyamatok állapotáról és dinamikájáról annak érdekében, hogy ezeket a folyamatokat jobban megértsük. Az adatgyűjtési folyamat a legtöbb esetben műholdra felszerelt távérzékelési eszközökkel zajlik, földmegfigyelési tevékenységként szokás kategorizálni, azonban számos in situ<sup>7</sup> végzett meghatározását különböző paramétereknek (pl. felszíni meteorológiai állomások által mért csapadékmennyiség, hőmérséklet, páratartalom).

Amennyiben a fenti legáltalánosabb definíciót alkalmazzuk azt mondhatjuk, hogy a földmegfigyelés kezdete a 17. századra datálható. 1643-

1. TÁBLÁZAT. Néhány példa a távérzékelés különböző alkalmazási területeire

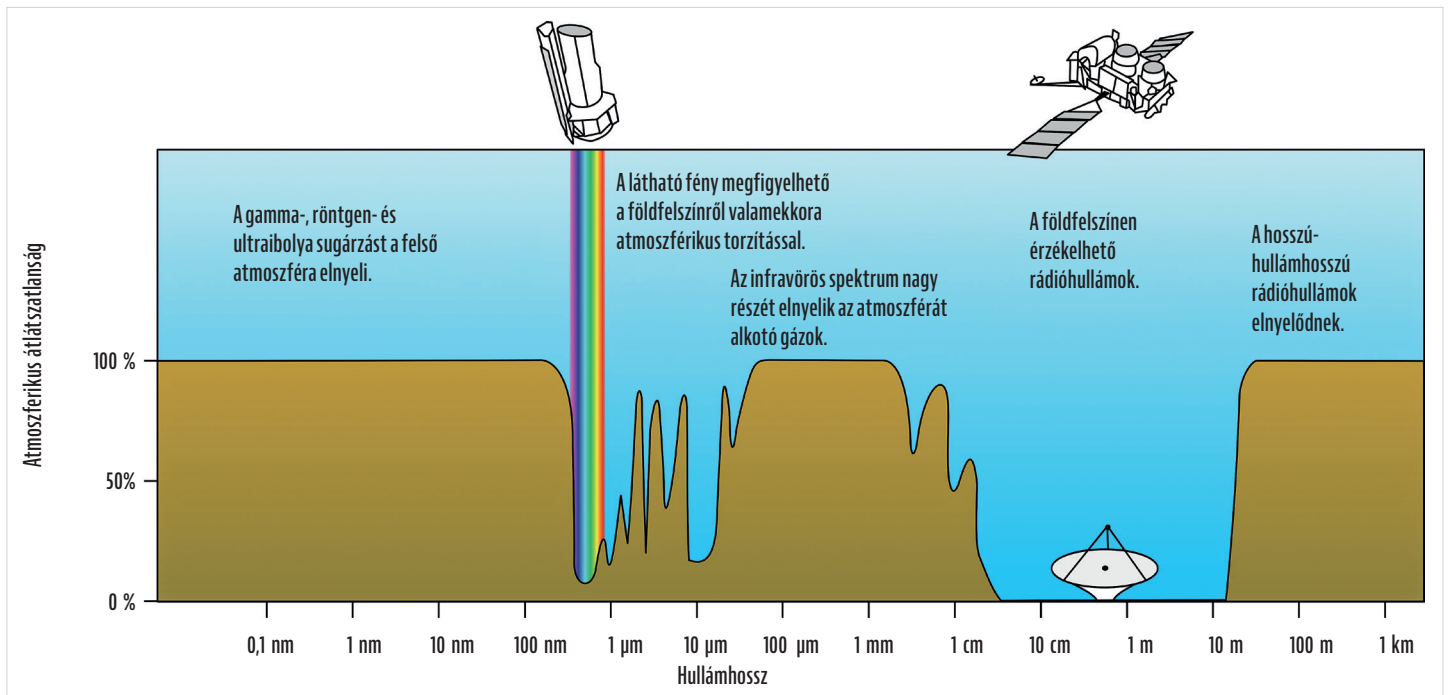
<sup>3</sup> A kétutas futási idő alatt azt az időtartamot értjük, ami alatt a hullámcsomag eléri a céltárgyat, és visszaérkezik a vevőkészülékbe.

<sup>4</sup> A szakirodalomban: Ground Penetrating Radar.

<sup>5</sup> A szakirodalomban: atmospheric opacity.

<sup>6</sup> A szakirodalomban: atmospheric window.

<sup>7</sup> Az *in situ* latin kifejezés, szó szerinti jelentése (adott) pozícióban, (adott) helyen. Olyan mérési technikákat jellemez, amelyek a vizsgált jelenség közvetlen közelében képesek információt szolgáltatni a jelenség paramétereiről. Bizonyos értelemben a távérzékelés „ellentettje”.



1. ÁBRA. A Föld légkörének ún. atmoszferikus átlátszatlansága az elektromágneses sugárzás hullámhosszának függvényében (Forrás: a szerző szerkesztése az [5] alapján)

ban készítette el ugyanis Evangelista Torricelli<sup>8</sup> olasz természettudós az első barométert, amellyel megfigyelhette a légnyomásváltozásokat. Torricelli eszköze az első in situ mérése volt a Föld atmoszféra egyik paraméterének, így az egyik első földmegfigyelési eszköznek is tekinthető.

**FÖLDMEGFIGYELÉS A KEZDETEKTŐL NAPJAINKIG**

A távérzékelésen alapuló földmegfigyelés kezdete a légi fotózás kezdetével hozható kapcsolatba. Az első légi fotó elkészítése Gaspard-Félix Tournachon<sup>9</sup> francia léghajós nevéhez fűződik, aki elsőként készített Párizsról légi fotókat 1858-ban. A légi fotózás elterjedése és fejlődése az I. világháború idejére tehető, ugyanis a háború végéhez közeledve az összes harcban álló fél rendszeresen alkalmazott felderítő repülőgépekre erősített kamerákat az ellenség állásainak és hadműveletinek felderítésére. A II. világháború idejére a légi fotózáson alapuló felderítés a katonai hírszerzés elemi részévé vált. Ezután a technikai újítások célja a felderítő gépek repülési magasságának és sebességének növelése volt annak érdekében, hogy elkerüljék az ellenség általi detektálást és elfogást. Ezek

a fejlesztések az Amerikai Egyesült Államok légereje által használt SR-71 Blackbird kémrepülőgépben (2. ábra) csúcsosodtak ki, amely kb. 25 kilométeres magasságban, a hang 3,2-szeres sebességével volt képes repülni, valamint fénykép- illetve radarfelvételeket készített ellenséges stratégiai célpontokról. Az első Blackbird egység 1968-ban, Vietnám felett végzett katonai felderítést, otthona a Japánban található Kadena légi bázis volt. Az ezt követő 30 évben a Blackbird kémrepülőök több mint 3551 felderítő missziót teljesítettek a Közel-Kelet, Európa és Ázsia felett, egészen 1998-ig. Akkorra a kémrepülőök működtetése túl költségesnek bizonyult, miközben a kéműholdak és a felderítő drónok költséghatékonyan voltak képesek elvégezni a szükséges katonai felderítési feladatokat. [6]

**AZ ŰRKORSZAK**

A 20. század azonban nem csak a repüléstechnikában hozott forradalmi újításokat. A II. világháború után kialakult kétpólusú világban a két szuperhatalom, az Amerikai Egyesült Államok és a Szovjetunió hatalmas erőforrásokat mozgósított rakéta- és űrtechnológiai áttörések elérése érdekében. Az ún. űrverseny első mérföldkövének

a Szputnyik-1 űrszonda Szovjetunió által történt pályára állítása tekinthető. A szondát (3. ábra) – amelynek egyetlen funkciója egy rádiójel folyamatos sugárzása volt a 3 hónapos élettartama alatt –, a szovjetek 1957. október 4-én állították pályára. [7] [8; 749-750. o.] Nem sokkal a Szputnyik fellövése előtt, 1957. augusztus 21-én, a szovjetek a világ első interkontinentális ballisztikus rakétáját is sikeresen tesztelték (Intercontinental Ballistic Missile – ICBM). Az a tény, hogy a szovjetek képesek voltak az Egyesült Államok előtt kifejleszteni és tesztelni egy interkontinentális ballisztikus rakétát, valamint pályára állítani egy műholdat, megráztta a nyugati világot. A két sikeres kísérlet ténye nemcsak azt jelentette, hogy a műhold- és rakéatechnológiában a szovjetek előrébb tartanak, hanem azt is, hogy képesek ICBM-mel a világ bármely pontján atomfegyvert bevetni. Válaszul az amerikaiak 1958-ban kifejlesztették a saját interkontinentális ballisztikus rakétájukat, illetve akkor már folyamatban volt a második és a harmadik generációs ICBM-ek kifejlesztése is. Az USA 1958. február 1-én pályára állította az első műholdját, az Explorer-1-et, amely az első ku-

<sup>8</sup> Evangelista Torricelli (Faenza, 1608. október 15. – Firenze, 1647. október 25.) itáliai fizikus és matematikus. Felfedezte, hogy a vákuumos vízszivattyúban a folyadék a levegőoszlop súlyának nyomására emelkedik fel, ez alapján készítette el az első higanyos barométert, amivel elsőként mérte meg a levegő nyomását.  
<sup>9</sup> Gaspard-Félix Tournachon (1820. április 5. – 1910. március 20.), álnévén Nadar, francia fotós, karikaturista, újságíró, író, léghajós.

tatóműszerekkel ellátott műhold volt, [8; 160–162. o.] majd ugyanazon év október 1-én létrehozta a Nemzeti Űrhajózási és Repülési Hivatalt (National Aeronautics and Space Administration – NASA). Ezzel a döntéssel leválasztották a polgári űrrepülési programok kezelését a Védelmi Minisztériumtól (Department of Defense). Valójában ekkor indult el az űrverseny az Egyesült Államok és a Szovjetunió között.

Fontos megjegyezni, hogy a tanulmány eddigi részében elsősorban a földmegfigyeléssel kapcsolatos technikai eszközök katonai alkalmazásait hangsúlyoztuk, mivel az esetek többségében a technológiai áttöréseket a hadászati alkalmazások motiválták. Természetesen az említett technikai fejlesztések polgári alkalmazása is elkezdődött, általában nem sokkal a haditechnikai alkalmazások elterjedését követően.

A műholdas földmegfigyelés kezdete az űrverseny kezdetével hozható összefüggésbe. A rakéatechnika fejlődésével egyre gazdaságosabban, és megbízhatóbban lehetett különböző műholdakat föld körüli pályára állítani. Természetesen a rakéta- és műholdtechnika fejlődését szintén a katonai alkalmazások motiválták. Kéműholdak segítségével lehetségessé vált olyan stratégiai célpontok megfigyelése, mint az ICBM-ek kilövésére szolgáló infrastruktúra, a fegyverraktárak, az atomerőművek vagy a logisztikai központok. A kéműholdak, amelyek élettartama az alacsony pálya miatti légköri súrlódás következtében csak hónapokban volt mérhető, sok szempontból előnyösebbek voltak a kémrepülőgépeknél, mivel sokkal kisebb volt az elfogás kockázata, illetve önműködő eszközök lévén, nem volt szükség tapasztalt pilóták életének kockáztatására.

Nem váratott magára sokáig azonban a békés, polgári alkalmazásokat célzó műholdak megjelenése. Az első meteorológiai műhold a NASA által tervezett és pályára állított TIROS-1 hold volt (Television and Infrared Observation Satellite), amelyet 1960. április 1-én bocsátottak fel. [8; 769–771. o., 9] A TIROS-1 műholdat tv-kamerákkal és infravörös érzékelőkkel szerelték fel, amelyekkel



képes volt a Föld légkörében zajló folyamatok (pl. ciklonok kialakulása és mozgása) megfigyelésére. A műhold sugározta le az első, világűrből készített fényképet bolygónkról (5. ábra), amely meggyőzően demonstrálta a műholdas távérzékelés hasznosságát a meteorológiai és földmegfigyelési alkalmazások területén. A TIROS-1 műholdat további műholdak követték, 1960 és 1966 között összesen 13 TIROS típusú műholdat állítottak pályára. [8; 769–771. o.]

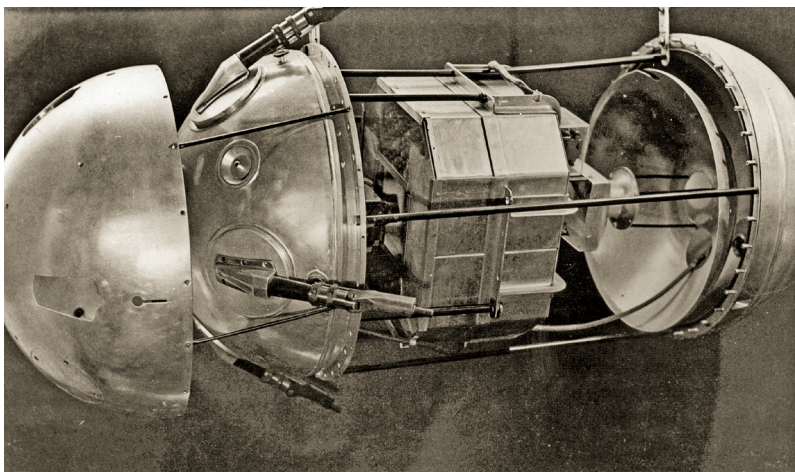
A TIROS műholdsorozatra a Szovjetunió válasza a Kosmosz elnevezésű program volt, amelynek keretében 16 év alatt (1962–1978) mintegy 1000 db műholdat állítottak Föld körüli pályára. A műholdak által szolgáltatott adatok felhasználásával vizsgálni lehetett a Föld felső, ionizált légkörét, az ún. ionoszférát, és a Föld mágneses tere által kialakított sugárzási öveket, illetve lehetőség nyílt napmegfigyelésre is. A Kosmosz-program eredményeként továbbá rengeteg geofizikai (a Föld mágneses terének és sugárzási öveinek vizsgálata), geodéziai (navigációs kísérletek), biológiai (élő szervezetek viselkedése súlytalanságban) és csillagászati ( kozmikus objektumok sugárzásának vizsgálata) tanulmány született, de a program keretét biztosított új, addig nem tesztelt, űrtechnológiák kipróbálására is, valamint, a tapasztalatok alapján azok továbbfejlesztésére. [8; 350–370. o.]

A földmegfigyelő műholdak azonban nem csak az említett alapkutatási tevékenységeket képesek kiszolgálni nagy mennyiségű adattal. A NASA és az Egyesült Államok Geológiai Szolgálatának (United States Geological Survey – USGS) kollaborációjában útjára indított Landsat (eredeti nevén Erőforrás Kutató Műhold, Earth Resources Technology Satellite – ERTS) földmegfigyelő programjának első műholdját 1972. július 23-án állították pályára. A program célja a Föld felszínének vizsgálata, és a földi erőforrások felkutatása. A Landsat műholdak a Föld ugyanazon területéről 18 naponként készítettek felvételt a zöld (0,47–0,575  $\mu\text{m}$ ), a sárgászöld (0,58–0,69  $\mu\text{m}$ ) optikai, és közeli infravörös (0,69–0,83  $\mu\text{m}$ ) hullámhosszakon, hullámhossztól függően 40–80 méteres felszíni felbontással. [8; 380–381. o.] A műholdak által szolgáltatott felvételek segítségével kiválóan vizsgálhatók voltak pl. a szonnövények fejlődési fázisai, az erdőtüzek terjedési irányai, valamint az árvizek és egyéb természeti katasztrófák lefolyása. A Landsat-program napjainkban is tart, jelenleg két Landsat műhold (Landsat-8, Landsat-9) készít a Föld felszínéről felvételeket. (6. ábra)

A TIROS-, a Kosmosz- és a Landsat-program úttörőnek számított a műholdas földmegfigyelés szempontjából. A kezdeményezések bebizonyították, hogy bolygónk és

**2. ÁBRA.**  
Az Amerikai Egyesült Államok légereje által alkalmazott SR-71 Blackbird kémrepülőgép [6]

3. ÁBRA.  
A Szputnyik-1 műhold  
belső felépítése.  
A Szputnyik-1  
sikeres felbocsátásával  
és műholdpályára  
állításával elkezdődött  
az űrkorszak, és  
az űrverseny a Szovjetunió  
és az Amerikai Egyesült  
Államok között [7]



kozmosz környezetünk megismeréséhez rendkívül nagy mértékben képesek ezen űreszközök hozzájárulni. Az 1960–70-es évek földmegfigyelő műholdprogramjait számos további program követte, amelyek egyre fejlettebb és fejlettebb műholdas, felvételezési és kommunikációs technikai megoldásokat alkalmaztak, növelve a műholdképek felszíni felbontását. Az egyre fejlettebb felvételezési műszerekkel lehetségessé vált a képpalkotás az optikai és az infravörös spektrum további hullámhossztartományain is. A rakéatechnológia fejlődésével egyre gazdaságosabbá vált a műholdak Föld körüli pályára állítása, így idővel a földmegfigyelő műholdak száma is növekedésnek indult. Mára már kb. 1000 db-ra tehető a Föld körül keringő földmegfigyelő

műholdak száma, ha ideszámítjuk az ún. CubeSat<sup>10</sup> típusú műholdakat is. Az Európai Bizottság által felügyelt és az Európai Unió tagállamok, illetve az Európai Űrügynökség (European Space Agency – ESA) által megvalósított Kopernikusz (Copernicus) program a modern földmegfigyelés egyik legsikeresebb kezdeményezése. [11] A Kopernikusz programban pályára állított Sentinel elnevezésű műholdak adatai teljesen szabadon hozzáférhetőek bárki számára. A Sentinel műholdcsalád által szolgáltatott gigászi adatmennyiség (naponta 12 terabyte adat keletkezik) nagymértékben elősegíti a különböző alaputatásokat, továbbá számos startup és hagyományos földmegfigyelési adatokra támaszkodó cég szükségleteit szolgálja ki.

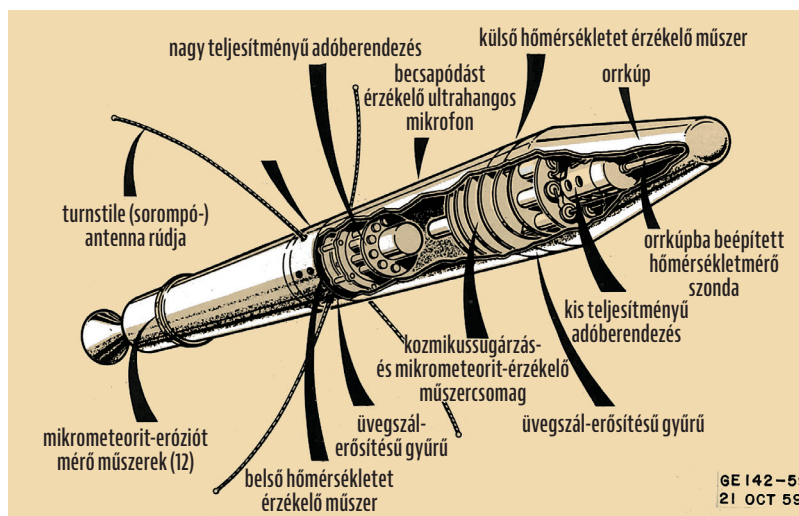
## MAGYAR TÁVÉRZÉKELÉSI ÉS ŰRTECHNIKAI FEJLESZTÉSEK

Tanulmányunk további részében azokat a távérzékelés és űrtechnológia történetéhez kapcsolódó magyar tudományos kutatásokat és technikai fejlesztéseket mutatjuk be, amelyek nem kapcsolódnak közvetlenül a földmegfigyelés történetéhez.

A magyar távérzékelés egyik legkiemelkedőbb eseménye a Bay Zoltán vezetésével végrehajtott első sikeres európai holdradarkíséret volt. 1946. február 6-án a Bay Zoltán által vezetett kutatócsoport saját fejlesztésű radarberendezéssel rádióhullámokat bocsátott ki a Hold felé. Az égitestről visszaverődött hullámokat regisztrálva és a kétutas futási időt kiszámítva meghatározták a Föld–Hold távolságot. [12] Ez a sikeres kísérlet tekinthető a magyar űrtevékenység kezdetének. Ugyanezt a kísérletet – a Föld és a Hold közötti távolság megmérése – sikeresen megismételte a HM Technológiai Hivatal elektronikai fejlesztési osztálya – Balajti István mk. alezredes javaslatára – egy P–18 típusú lokátorral, Bay Zoltán születésének századik, és a Haditechnikai Intézet (MH HTI) megalakulásának nyolcvanadik évfordulója alkalmából, 2000. október 12-én, Budapesten. [13]

1957-ben, Almár Iván vezetésével összesen négy optikai megfigyelő-állomás létesült Magyarországon (Baján, Budapesten, Miskolcon és Szombathelyen) a mesterséges holdak (szputnyikok) pályájának megfigyelése érdekében. Ezzel párhuzamosan a Budapesti Műszaki Egyetemen (BME) is elkezdődött a műholdak rádiós megfigyelése. 1961-ben Ferenc Csaba vezetésével megalakult a BME hallgatókból álló Rakéatechnikai Tudományos Diákkör (TDK). A TDK tagjai (Bechtold Béla, Beöthy Mihály, Drahos Dezső, Ferenc Csaba, Gschwindt András, Horváth Ferenc, Major László, Pap László, Pápay Zsolt, Tarcsai György, Tarkovics Sándor) rakétakíséreleteket hajtottak végre, és aktívan vettek részt űreszközök tervezésében, a műholdak rádiós megfigyelésében. 1966-ban saját fejlesztésű vevőműszerrel

4. ÁBRA.  
Az első sikeres amerikai  
műhold, az Explorer-1  
szerkezeti ábrája  
(A szerző szerkesztése  
a [16] alapján)

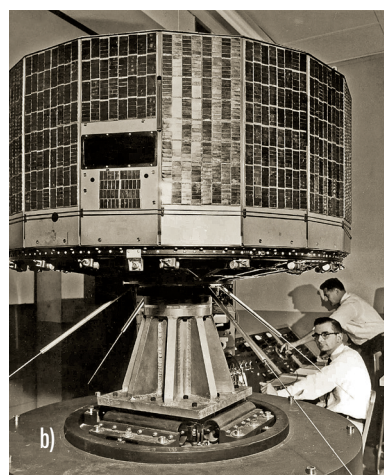
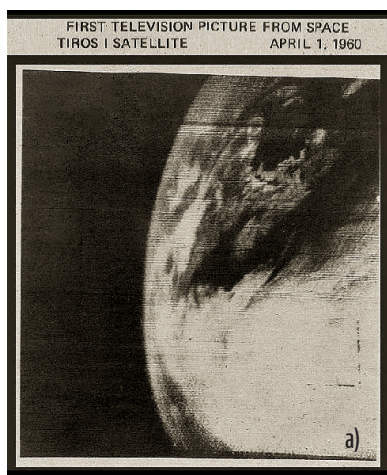


## EXPLORER I

<sup>10</sup> Cubesat: Kis méretű (10 cm élhosszúságú) kocka alakú, rendkívül olcsón elkészíthető műhold, amelyet nagy számban lehet pályára állítani.

kezdtek el fogni és feldolgozni a meteorológiai műholdak képeit, útjára indítva a magyar műholdas meteorológiát. [14]

Magyarország 1967-ben írta alá a szerződést, amely biztosította a magyar mérnökök és kutatók részvételét a szocialista országok összefogásával létrejövő Interkozmosz programban, amelyben a Magyar Tudományos Akadémia több intézete is részt vett. A program keretében 1979-ben megkezdődött Magyarország egyes területeinek űreszközökkel és repülőgépekkel történő megfigyelése is. [15]



5. ÁBRA.  
1960. április 1-én a TIROS-1 műhold által készített felvétel a Földről a) és a TIROS-1 műhold a laborban b) [9]

### ÖSSZEFOGLALÁS

A műholdas földmegfigyelés történetének főbb mérföldköveinek és technikai hátterének összefoglalása során talán sikerült rávilágítanom arra, hogy ezen távérzékelési technikával alapvető információhoz juthatunk az emberiség bolygónkon végzett számtalan tevékenységéről. A műholdas képek alapján becslés adható egy adott

termőterület várható hozamára, azonosítható egy erdő valamilyen betegséggel sújtott területe, vizsgálhatók a bányászat miatt végbemenő felszíni folyamatok. A műholdas földmegfigyelés lehetőséget nyújt továbbá a Földön végbemenő folyamatok mélyebb megismerésére is, segítségével pontosabban előrejelezhető az időjárás, de vizsgálható a Föld élővilága is,

pl. megbecsülhető az óceánban vagy tengerben élő fitoplanktonok tömege. A 20. század (űr)technológiájának és technikai fejlesztéseinek köszönhetően a 21. századra a műholdas földmegfigyelés az emberiség egyik alaptevékenységévé vált, amely alapvető – és adott esetben rendkívül részletes – adatokat szolgáltat a bolygónkról és a civilizációnkról.

6. ÁBRA.  
Budapestről készült Landsat-8 hamis színezésű kompozit kép [10]

### HIVATKOZÁSOK

- [1] Skolnik, M. I. (1962). Radar handbook;
- [2] „Az óceánfenék megismerése és térképezése.” 2008.09.14., [ishm.elte.hu/hun/dolgozo/marton/tervil/tevil.htm](http://ishm.elte.hu/hun/dolgozo/marton/tervil/tevil.htm) (Letöltve: 2023.11.21.);
- [3] „Ground Penetrating Radar (GPR).” US EPA. 2023.05.30., [www.epa.gov/environmental-geophysics/ground-penetrating-radar-gpr](http://www.epa.gov/environmental-geophysics/ground-penetrating-radar-gpr). (Letöltve: 2023.11.21.);
- [4] Verőné Wojtaszek, Malgorzata. Fotointerpretáció és távérzékelés 3. A lézer alapú távérzékelés. Nyugat-magyarországi Egyetem (2010);
- [5] Forrás: „Radio window – Wikipedia.” [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Radio\\_window&oldid=1183265195](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Radio_window&oldid=1183265195) (Letöltve: 2023.11.23.);
- [6] „The SR-71 Blackbird: The Super Spy Plane That Outran Missiles.” 2016.10.21. <https://nationalinterest.org/blog/the-sr-71-blackbird-the-super-spy-plane-outran-missiles-18142> (Letöltve: 2023.11.22.);
- [7] A Szputnyik-1 műhold belső felépítése. „How Sputnik 1 launched the space age.” Cosmos, 2021.04.20., [www.cosmosmagazine.com/space/how-sputnik-1-launched-the-space-age](http://www.cosmosmagazine.com/space/how-sputnik-1-launched-the-space-age) (Letöltve: 2023.11.21.);
- [8] Almár Iván, Horváth András (1981) Űrhajózási lexikon. Akadémiai Kiadó, Budapest (1981). ISBN 963-05-2348-5;
- [9] A TIROS-1 műhold által készített felvétel a Földről (balra) és a TIROS-1 műhold a laborban (jobbra) 1960. április 1-én. „Observing Weather From Space | METEO 3: Introductory Meteorology.” [www.e-education.psu.edu/meteo3/15\\_p2.html](http://www.e-education.psu.edu/meteo3/15_p2.html). (Letöltve: 2023.11.21.);
- [10] „Budapest, Hungary - Image of the Week - Earth Watching.” <https://earth.esa.int/web/earth-watching/image-of-the-week/content/-/article/budapest-hungary> (Letöltve: 2023.12.18.);
- [11] „Copernicus Programme - SentiWiki - Confluence” <https://omcs.atlassian.net/wiki/spaces/CSWK/pages/407404661/Copernicus+Programme> (Letöltve: 2023.11.24.);
- [12] Péter N. (2021) 75 éve végezte Bay Zoltán holdradarkísérlését – a magyar űrtevékenység kezdetei és jelene. Ludovika Egyetemi Kiadó. <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/handle/20.500.12944/18544> (Letöltve: 2023.11.22.);
- [13] Prokob Tibor – Buza Tibor. A Föld-Hold-távolság megmérése: Bay Zoltán születésének 100. és a HTI megalakulásának 80. évfordulójára – Az 1946-os Holdradar-kísérlés megismétlése mai eszközökkel. Fizikai Szemle, LI. évf. 2001/3. pp. 94–96.;
- [14] „A magyar űrkutatás kezdetei.” <https://mek.oszk.hu/02100/02185/html/630.html> (Letöltve: 2023.11.23.);
- [15] „Magyar részvétel az Interkozmosz programban, a fontosabb magyar kutatási eredmények.” <https://mek.oszk.hu/02100/02185/html/631.html> (Letöltve: 2023.11.27.);
- [16] Forrás: NASA/Marshall Space Flight Center gyűjtemény. <https://www.nasa.gov/history/stories-of-missions-past-early-explorers/> (Letöltve: 2023.11.27.).

