

Barna Róbert

Térinformatika

Általános elméleti alapismeretek

Térinformatika

Általános elméleti alapismeretek

Barna Róbert

Térinformatika

Általános elméleti alapismeretek

Kaposvári Egyetem Gazdaságtudományi Kar

Kaposvár, 2020

Szerző

Barna Róbert, PhD

Lektorok

Busznyák János, PhD

Varjú Viktor, PhD

Olvasószerkesztő

G. Szabó Sára

Tördelés, grafika

Dia-Color Bt.

Címlapfotó

[Bobiphotoz](#)

Hátsó borító képei a Kaposvári Egyetemről:

Google Maps,

Somogy Megyei Tájéfutó Szövetség tájfutótérképe,

Copernicus Land Monitoring Service, EU-DEM,

Drónfelméréssel készült ortofotó,

Copernicus Land Monitoring Service, Street Tree Layer (STL) 2018,

Sentinel-2 adataiból előállított NDVI-térkép

Kiadja

Kaposvári Egyetem Gazdaságtudományi Kar

7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

Felelős Kiadó

Szigeti Orsolya, PhD

dékan

ISBN 978-615-5599-82-8 (pdf)

© Szerző, 2020

A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik: [CC-BY-NC-ND-4.0](#). Ennek értelmében a mű szabadon másolható, terjeszthető, bemutatható és előadható, azonban nem használható fel kereskedelmi célokra (NC), továbbá nem módosítható és nem készíthető belőle átdolgozás, származékos mű (ND). A licenc alapján a szerző vagy a jogosult által meghatározott módon fel kell tüntetni a szerző nevét és a szerzői mű címét (BY).



TARTALOMJEGYZÉK

Előszó	7
Bevezetés	9
1. A térinformatika kialakulása, definíciója	11
1.1. Út a térinformatikáig	11
1.2. A térinformatika definíciója	14
1.3. Térinformatikai rendszerek csoportosítása	15
2. Térképészeti alapismeretek	17
2.1. Térképek alapvető jellemzői	17
2.2. Térképtípusok	18
2.3. A Föld alakja és az azt helyettesítő elméleti alakok	21
2.4. Geodéziai dátum	23
2.5. Térképi vetületek	27
2.5.1. Vetületi rendszerek	30
2.5.2. Térképi vetületek, szelvényezés	30
2.6. Globális vetületi rendszerek	31
2.6.1. Gauss–Krüger-vetületi rendszer	31
2.6.2. Universal Transverse Mercator (UTM)	34
2.6.3. Spherical Mercator-vetület [EPSG: 3857]	40
2.6.4. Négyzetes hengervetület [EPSG: 32662]	44
2.7. Helyi rendszerek	45
2.7.1. Egységes Országos Vetület (EOV) [EPSG:23700]	45
3. Adatmodellek, térbeli és leíró adatok	49
3.1. Modellezés	49
3.1.1. Adatmodell	49
3.1.2. A térinformatikai adatbázis	50
3.2. Leíró adatok	52
3.2.1. Hierarchikus adatmodell	52
3.2.2. Hálós adatmodell	53
3.2.3. Relációs adatmodell	53
3.2.4. Objektumorientált adatmodell	54
3.2.5. SQL	54
3.3. Térbeli adatmodellek	55
3.3.1. Raszteres adatmodellek	55
3.3.2. Vektoros adatmodellek	56
3.3.3. Hibrid modellek	57
3.3.4. Topológia	58
3.3.5. Térbeli adatmodellek használata	59
3.4. Adatgyűjtés	61
3.4.1. Projektszervezés	61
3.4.2. Adatgyűjtési eljárások	64
4. Földi adatgyűjtési eljárások	67
4.1. Kézi mérések	67
4.2. Geodéziai műszerek	67
4.3. Szkennelés és digitalizálás	70
4.3.1. Szkennelés	71
4.3.2. Digitalizálás	72

5. Távérzékelés.....	75
5.1. Az optikai távérzékelés fizikai alapjai	75
5.2. Légköri ablakok	77
5.3. A távérzékelés munkafolyamata	78
5.4. Távérzékelés rendszerezése	80
5.5. Felhasználási területek	84
6. Passzív távérzékelés	87
6.1. Légi fotó.....	87
6.2. Űrfotó.....	91
6.3. A Landsat-rendszer	93
6.4. A SPOT-rendszer	98
6.5. Ikonos.....	104
7. Aktív távérzékelés	107
7.1. RADAR.....	107
7.1.1. Nem képképző radar	107
7.1.2. Képképző radar	109
7.2. LIDAR	116
8. Kopernikusz-program.....	123
8.1. Sentinel-misszió	123
8.1.1. A Sentinel-műholdak érzékelői	124
8.1.2. Hozzáférés a nyers Sentinel-adatokhoz	126
8.1.3. Szárazföld-monitoring	127
9. Globális Navigációs MűholdRendszerek	131
9.1. A GPS	131
9.1.1. A műholdas helymeghatározás geometriai alapelve	131
9.1.2. A műholdrendszer (<i>Space Segment</i>).....	132
9.1.3. A földi kontrollállomások rendszere (<i>Operational Control Segment</i>)	136
9.1.4. GPS-vevők, -felhasználók alrendszere (<i>User Segment</i>)	138
9.1.5. A mérés eredménye	138
9.1.6. A GPS felhasználása.....	150
9.1.7. A GPS-műholdak fejlődése	151
9.2. Galileo navigációs rendszer	152
9.2.1. Űrszegmens	153
9.2.2. Földi kontrollszegmens.....	155
9.2.3. Felhasználói szegmens	156
Felhasznált irodalom	157
Táblázatok jegyzéke	164
Táblázatokban hivatkozott internetes források	165
Ábrajegyzék	166
Internetről származó ábrák forrásai	170

ELŐSZÓ

Szerencsés helyzetben van az előszó írója, mert nem kell részletesen, és figyelemfelkeltően írnia a térinformatika ismeretköreiről, nem szükséges az érdeklődést valamilyen frappáns felvezetéssel felkelteni. Mindezeket megteszi a szerző rögtön a könyv első fejezetében, amely egyrészt hasznos, ráhangoló bevezetés, és egyben érdekes kísérlet az olvasó megszólítására valós alkalmazások bemutatásával. Jól összeválogatott példákon keresztül vezeti végig a térinformatikai eszköztár kialakulásának kezdeti lépésein az olvasót. A továbbiakban pedig a könyv, ahogy a szerző leírja „olyan általános ismeretanyagot tartalmaz, amely szükséges a térinformatika eszköztárának gyakorlati felhasználásához. Összegyűjti és rendszerezi a térinformatika építőköveit”.

A térinformatika napjainkban azt a korszakát éli, amikor néhány év alatt is jelentős változások történnek a tudományterületen. A gyakorlati felhasználás változásai pedig hónapról hónapra új trendeket nyitnak. Pillanatnyilag a globális helymeghatározáshoz és 3D fejlesztésekhez köthető alkalmazások mellett, és azokhoz kapcsolódóan leginkább a távérzékelési technológiák robbanására érdemes figyelni. Ezeket a gyors változásokat is hatékonyan követi művében a szerző. További fontos indok a könyv megjelentetése mellett, hogy a térinformatikai ismeretek „társadalmasítása” hasonló utat jár be a kétezres évek első két évtizedében, mint a számítástechnikai alkalmazások terjedése a múlt század 80-as, 90-es éveiben, ahogy a klasszikus marketingvonalakat részben követi. Először csak a „hozzáértők” használják, fejlesztik (térképészek, földmérők, térinformatikusok). Ezt követően a társadalom minden szegmensében rohamosan terjed a használata. A használat megkezdéséhez szükséges tudásanyag rohamosan csökken, megindul a szakterületi alkalmazások elkülönülése. A szakterületeken újra kezd felépülni egy tudásbázis a szakterületi „hozzáértők” által. Fontos, és egyre fontosabb ez az interdiszciplináris megközelítés. Kell, hogy a térinformatika és más, akár nagyon távolinak tűnő szakterületek művelői egy személyben jelenjenek meg, és alkalmazzák a térinformatikai szakismeretköröket a saját tudományterületükön.

A fenti szempontok alapján ajánlható a könyv általában a térinformatika iránt érdeklődőknek. És természetesen azoknak is, akik még nem tudják, hogy „érdeklődnek”, de szükségük van rá, vagy hasznosnak ítélik a téradatok elemzését, vizualizációját. Különösen hasznos lehet a könyv forgatása graduális vagy posztgraduális képzésben résztvevők számára.

Keszthely, 2020 július 20.

Busznyák János

BEVEZETÉS

Szinte észrevétlenül épült be a hétköznapi életbe – köztudatba – a térinformatika. A térképes időjárásjelentés óta egyre bővült az alkalmazási kör, miközben a felhasználók általában nincsenek tudatában annak, hogy a térinformatika eszközszerét használják. Gondoljunk csak az autók műholdas navigációs eszközeire vagy akár a nemrégiben oly népszerűvé vált Pokémon Go játékra.

A térinformatika képes összekapcsolni adatainkat a hellyel, amelyre vonatkoznak, az adatbázisból így „téradatbázishoz” jutunk. Ez lehetővé teszi az adatok térképi megjelenítését, ami már maga is segítheti egy probléma megértését. Ezenkívül elérhetővé válik a folyamatosan bővülő térinformatikai elemzési, modellezési módszerek használata is, amellyel olyan következtetésekre juthatunk, amit a hagyományos statisztikai eljárások nem tesznek lehetővé. A térinformatika a hagyományos térképi ábrázoláson túl rengeteg módot kínál az elemzések eredményeinek szemléletes megjelenítésére.

A térinformatikai eszköztár nagy lépésekben fejlődik, ezért a jövő szakembereinek ismerniük kell, hogy a gyakorlatban eredményesen használhassák azt.

Ez a könyv olyan általános ismeretanyagot tartalmaz, amely szükséges a térinformatika eszköztárának gyakorlati felhasználásához. Összegegyíti és rendszerezi a térinformatika építőköveit. Alapszinten ismerteti a szükséges, kapcsolódó, speciális szakismereteket (térképészeti, földmérési stb.) is, ezáltal eredményesen használhatják a földrajztudományban járatlan olvasók is.

1. A TÉRINFORMATIKA KIALAKULÁSA, DEFINÍCIÓJA

A térinformatika fiatal tudományág. Kialakulása több tudományterület összeolvadásának következménye. A földrajzi felfedezők, térképészek a természettudományokban teremtették meg az alapokat, majd a műszaki tudományok közül az informatikai rendszerek fejlődése tette lehetővé kialakulását és elterjedését. A társadalomtudományokban a városszociológia klasszikus kutatói vezették be a térbeliséget a társadalom szerkezetének kutatásába.

1.1. Út a térinformatikáig

A térinformatika nem létezik térkép nélkül. A térképkészítés együtt fejlődött az emberiséggel, az emberi kultúra integráns része, a térkép története az emberiség története is. Már a korai történelmi időkben megjelenik a térképi ábrázolás. Az ókorban már foglalkozásszerűen, matematikai alapokon, mérnöki módszerekkel készítettek térképeket. A középkori megtorpanás után folyamatos volt a fejlődés. A XIX. századra pontos és részletes térképek, megbízható földmérési és navigációs eszközök álltak rendelkezésre. Ez az eszközrendszer olyan alap volt, amelynek felhasználásával lépéseket tehetek a térinformatika felé. (Zentai, 2004)

Az alábbi példák olyan eseteket mutatnak be, amelyekben nem földrajzi feladathoz újító módon kapcsolták hozzá a térbeliséget.

Elbridge Gerry Massachusetts kormányzója volt 1812-ben, amikor pártja a választásokra készülve Bostontól északkeletre kialakított egy furcsa, szalamandra alakú választási körzetet, amivel választási esélyeiket akarta növelni (1. ábra). Gerry aláírta az erről szóló törvényjavaslatot. „Noha az így kialakított körzetben lezajlott választás tényleges eredményeit elmosta a történelem, Gerry neve és ravaszdisága – különösen késői követői miatt – fogalommá vált. Rá emlékezve „gerrymandering¹”-nek nevezik azt a földrajzi trükköt, amikor a választási körzeteket úgy határolják le, hogy ezzel az egyik párt nagyobb esélyeket kapjon a győzelemre, mintha a körzetek határait tisztességes szempontok szerint képeznék.” (Cséfalvay, 1994: 18)

1. ábra: A Boston Centinel lap karikatúrája a bizarr formájú választókörzetről



Forrás: Wikimedia.org <[URL](#)>

¹ Gerrymandering = Gerry + salamander („szalamandra”)

Dr. John Snow 1854-ben a londoni kolerajárvány idején javasolta, hogy szereljék le a Broad Streeten lévő közkút karját, ezáltal abból nem lehetett tovább vizet venni. Az elsőre furcsának tűnő intézkedéssel sikerült megfékezni a járványt. A doktor – akit elsősorban mint az első aneszteziológust (altatóorvost) ismeri az utókor – arra a következtetésre jutott, hogy a betegség terjesztésében az akkor elfogadott felfogással ellentétben nem a levegő, hanem az ivóvíz játszik szerepet. Az elhalálozottak lakhelyét és a közkutakat bejelölte egy térképen (2. ábra), amiből kiderült, hogy valamennyien a Broad Street közelében, a kúttól mért körülbelül 250 méter sugarú körön belül laktak. Ez után vízmintát vettek a kútból, és bizonyítható volt, hogy az fertőzött. A doktor ekkor javasolta, hogy a kutat mint a fertőzés forrását zárják le. A járvány három nap múlva megszűnt. (Kollányi és Prajczner, 1995)

2. ábra: Dr. John Snow koleratérképe



Forrás: [Wikimedia.org <URL>](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:John_Snow's_cholera_map)

Az Amerikai Egyesült Államokban 1875-ben készítettek egy térképet (3. ábra), amelyen az akkori amerikai kormányzat ábrázolta az összegyűjtött szifiliszadatokat a polgárháború időszakából (Index.hu, 2013).

Florence Kelley-t 1893-ban megbízták egy államilag finanszírozott kutatás vezetésével, hogy felmérje városi szegénységet Chicagóban. Ennek során megkérdezték a Hull House környékén élő lakosokat, hogy bérelt házban, bérelt szobában vagy saját otthonukban élnek-e. Kelley az eredmények alapján elkészítette a „Nagyvárosok slumjai²” térképet, azon szemléltetve a szegény területeket (4. ábra). „Ez a térbeli elemző technikák egyik legelső alkalmazása volt a szociális egyenlőtlenségek kutatásában, bár még a GIS segítségével.” (Csizmady, 2013)

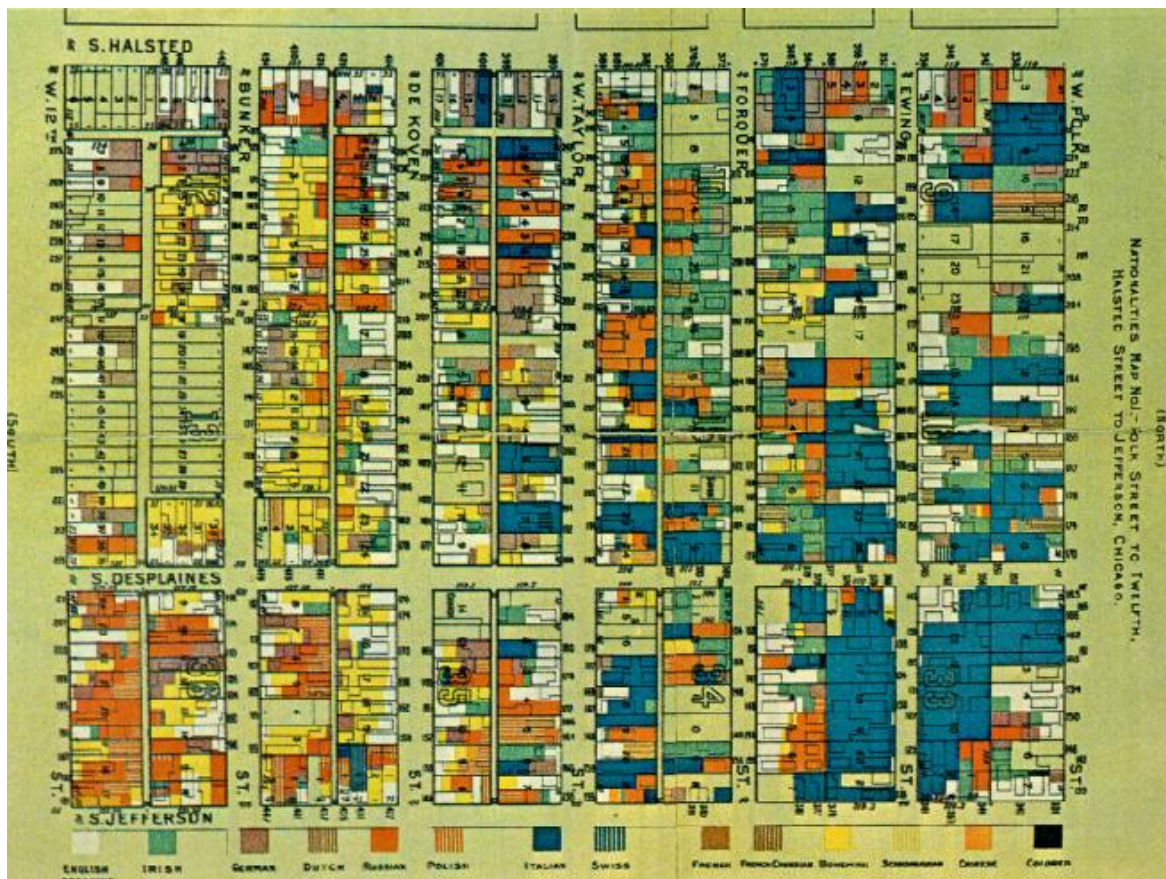
² Slum: nyomorúságos városrész, nyomorúságos lakótelep, túlszűfolt egészségtelen nagyvárosi szegény-negyed, proletárnegyed, piszkos utca. (Forrás: [Topszótár <URL>](https://topszotar.hu/angolmagyar/slum): <https://topszotar.hu/angolmagyar/slum> [2020. 07. 18.]

3. ábra: Szifiliszterkép



Forrás: Index.hu <URL>

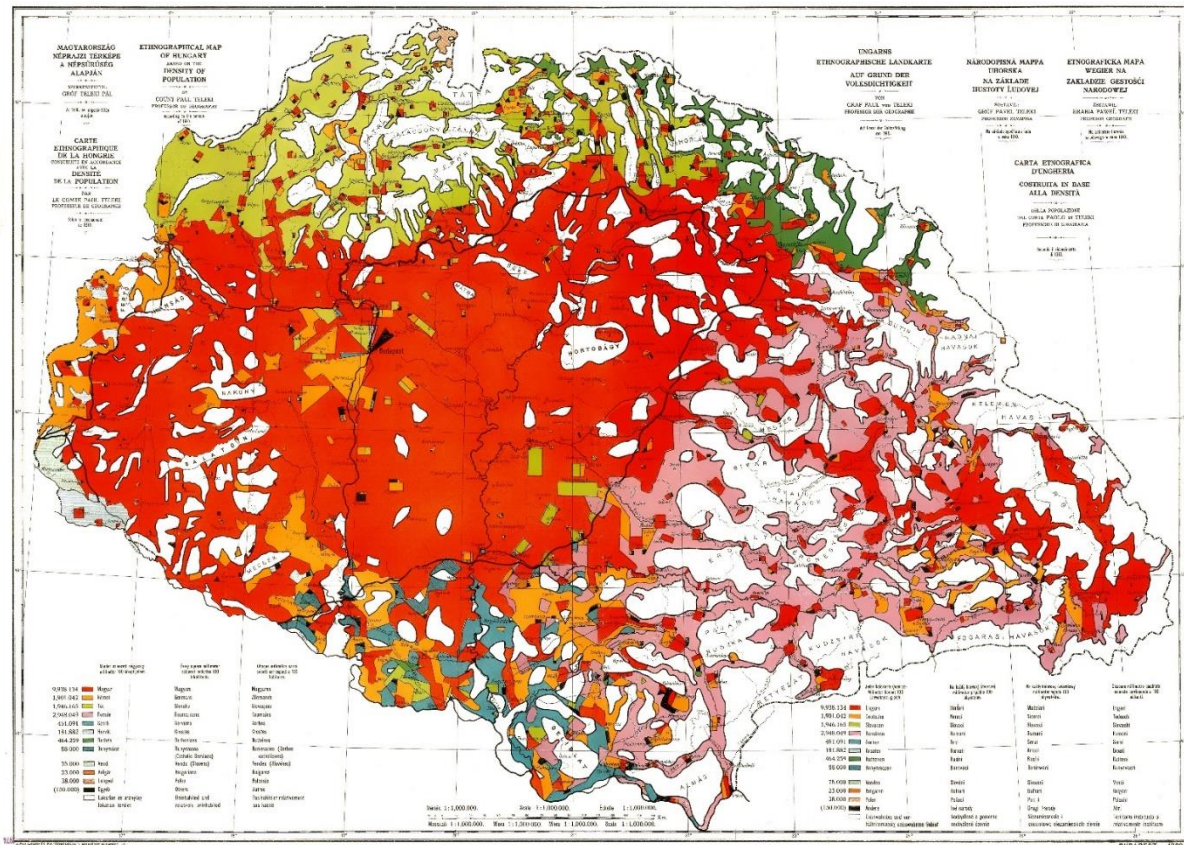
4. ábra: „Nagyvárosok slumjai” térkép



Forrás: The Electronic Encyclopedia of Chicago <URL>

Gróf Teleki Pál miniszterelnök, földrajztudós híres térképe a „Vörös Térkép” a trianoni béketárgyalásokra készült (5. ábra). Az 1910-es népszámlálás adatait alapul véve a térkép részletesen ábrázolta az ország nemzetiségi viszonyait. A nemzetiségeket színek jelölték, a vörös a magyarokat, a narancs a németeket, a zöld a szlovákokat, a lila a románokat. A térkép úttörő volt abban a tekintetben, hogy a nemzetiségek eloszlása mellett azok lélekszámát is ábrázolta úgy, hogy minden 1 mm²-es beszínezett terület 100 főt jelentett. „A magyarok területek szembeötlő kiemelése miatt kapta a mű a „Vörös Térkép” elnevezést.” (Kubassek, 2011: 989)

5. ábra: A Vörös Térkép



Forrás: [Wikimedia.org](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Voros_Terkep_1910.jpg) <[URL](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Voros_Terkep_1910.jpg)>

A fenti példából kitűnik, hogy az egyszerű térképhasználatot kiegészítették azzal, hogy a nem földrajzi (leíró) adatokat helyhez (földrajzi adathoz) kötötték. Ezeket ezután térképen ábrázolták, így olyan összefüggésekre, információkra bukkanhattak, amelyekre nem lettek volna képesek e módszer nélkül.

1.2. A térinformatika definíciója

A térinformatika definíciójára vonatkozóan több megfogalmazásra bukkánhatunk a szakirodalomban, nincs egységesen elfogadott meghatározás.

„A térbeli információk elméletével és feldolgozásuk gyakorlati kérdéseivel foglalkozó tudomány [...] elnevezésére a *térinformatika* kifejezést használjuk.” „A *térinformációs rendszerek* helyhez kötött információk gyűjtésére, kezelésére, elemzésére, és megjelenítésére szolgálnak.” (Detrekői és Szabó, 2002: 19–20)

Amint látható, megkülönböztetjük a *térinformatika* és a *térinformációs rendszerek* fogalmát. A *térinformatika* tudomány, a *térinformációs* (térinformatikai) *rendszer* pedig ennek a tudománynak az eszköze. A térinformatika definíciója lényegében csak abban tér el az informatika definíciójától, hogy kiemeli az információk térbeli voltát.³

Az egyik legrégebbi térinformatikai rendszert fejlesztő cég megfogalmazása szerint: „A földrajzi információs rendszer (*Geographical Information System, GIS*) integrálja a hardver-, a szoftver eszközöket az összes földrajzi vonatkozású adat rögzítésére, kezelésére, elemzésére és megjelenítésére.” (*Esri.com*, 2019)

A GIS többféle elnevezéssel rendelkezik, az alábbiakban néhány *kvázi szinonim* fogalmat találunk:

- térinformatikai rendszer,
- térinformációs rendszer,
- területi információs rendszer,
- földrajzi információs rendszer,
- geoinformációs rendszer (*Kertész*, 1997).

A térképi megjelenítést indokolja, hogy a tervezésben, elemzésben használt adatok jelentős része helyhez kapcsolódik. *Detrekői* (1999) ezt a hányadot 50%-ra, *Tamás* (2001) viszont 80–90%-ra becsüli. Ezenkívül az emberek szeretik a képeket, térképeket, ábrákat, grafikonokat. Sokkal könnyebb összefüggéseket keresni és találni jól szerkesztett képek alapján, mint számoszlopok sokaságából.

A térképek használatával nagyon sok kérdésre választ kaphatunk, de ezek közül több esetben kiegészítő mérésekre, számításokra van szükség. A térinformatika integrálja a térbeli és leíró adatokat, így alkalmassá válik térbeli elemzésekre, ezáltal sok olyan kérdésre is választ kaphatunk, amelyekre pusztán a térkép használatával nem (*1. táblázat*). (*Zentai*, 2004)

1. táblázat: Papír térkép és GIS összehasonlítása

Kérdés	Papír térkép	GIS
Mi van az adott területen?	👍	👍
Hol van?	👍	👍
Milyen messze van, mekkora a területe?	👍?	👍
Mi változott?	👍?	👍
Melyik a legrövidebb út?	👍?	👍
Milyen kapcsolat van?	👍?	👍
Mi lenne, ha ... ?		👍
Melyek azok a területek, amelyek [...] feltételnek megfelelnek?		👍

Forrás: *Detrekői és Szabó* (2002) és *Zentai* (2004) alapján

1.3. Térinformatikai rendszerek csoportosítása

A térinformatikai rendszerek területi kiterjedésük alapján három csoportba sorolhatók:

- globális,
- regionális,
- lokális rendszerek.

³ Az informatika definíciója: Önálló tudományág, mely információk rögzítésével, kezelésével, rendszerezésével, továbbításával foglalkozik. (Forrás: *Kisokos* <URL: http://www.huminf.u-szeged.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=411&Itemid=317> [2020. 06. 18.]>

A *globális rendszerek* az egész Földre kiterjednek, és alkalmasak például a globális felmelegedés vizsgálatára. A *regionális rendszerek* nagyobb területek (több ország vagy országrész), míg a *lokális rendszerek* egy kisebb terület (egy település, egy védett terület) vizsgálatára alkalmasak. A regionális és lokális rendszereknél feltétel, hogy a területek összefüggőek legyenek. (Detrekői és Szabó, 2002)

A térinformatikai rendszerek nagyon sok területen felhasználhatók, a legjelentősebbek, a teljesség igénye nélkül, a következők:

- közművek információs rendszerei,
- önkormányzati információs rendszerek,
- környezetvizsgálati információs rendszerek,
- topográfiai információs rendszerek,
- földadat-információs (*Land Information System – LIS*) rendszerek.

2. TÉRKÉPÉSZETI ALAPISMERETEK

2.1. Térképek alapvető jellemzői

A térkép definíciója: „A térkép a Földön, más égitesten vagy a világűrben található természeti, társadalmi jellegű tárgyak, jelenségek vagy folyamatok méretarány szerint *kicsinyített, generalizált, magyarázó, síkban történő ábrázolása*” (Klinghammer és Papp-Váry, 1983, idézi Pődör, 2010).

A kicsinyítés mértékét a *méretarány* vagy *lépték* adja meg, ami a térképi távolság és a valós távolság hányadosa. A távolságokat azonos mértékegységben kell megadni. A léptéket rendszerint arány (pl. 1:250 000), reprezentatív tört (pl. 1/250 000) vagy pedig egyenlőség (1 cm = 2,5 km) formájában tüntetik fel a térképen. Az 1:10 000 („egy a tízezres”) méretarány azt jelenti, hogy a térképen szereplő 1 centiméteres méret a terepen 10 000 centiméternyi (azaz 100 méternyi) méretnek felel meg. (Márkus, 1998)

Egy nagy méretarányú térkép a terepi méreteket nagyobb térképi méretekké ábrázolja, mint egy kisebb méretarányú térkép.

Nagy méretarányú (nagyléptékű) részletes térkép: a méretarányszám kicsi 1:1 000, 1:4 000, például: üzemi térkép.

Kis méretarányú (kisléptékű) térkép: nem részlet gazdag, méretarányszám nagy 1:100 000, például: Magyarország agrotopográfiai térképe.

Generalizálás: A térkép készítése során tapasztaljuk, hogy a kicsinyítés folytán nem lehetséges a valóság pontos tükrözése, ezért bizonyos általánosításokat kell megfogalmazni, *absztrakciót* kell végrehajtanunk. A generalizálást befolyásolja a méretarány, a térkép rendeltetése, az ábrázolandó földrajzi jellemzők, valamint a használt ábrázolási módszer.

Absztrakciók:

- *Szelekció:* A valós világ objektumaiból kiválasztjuk azokat, amelyeket megjelenítünk térképünkön és amelyeket nem (pl. magasles, etető – igen; sózó – nem).
- *Osztályozás:* A valós világ objektumai közül vannak olyanok, amelyeket ki szeretnénk emelni a többi hasonló objektum közül. Ebben az esetben ezekből osztályokat, csoportokat alakítunk ki. Például ha egy város épületei közül hangsúlyozni szeretnénk a középületeket (kórház, templom, iskola, pályaudvar stb.), akkor ezek ábrázolásához *jelkulcsi elemeket* használunk. Egy jelkulcsnak több jellegzetessége is lehet (szín, méret stb.).
- *Egyszerűsítés:* Különböző „objektumok”, alakzatok (országhatár, folyók nyomvonala) különböző részletességűek az eltérő léptékű térképeken. Például a világtérképen Magyarország csak egy folt, Európa térképén már jól kirajzolódik az alakja.
- *Kihangsúlyozás:* Ezt az absztrakciót akkor alkalmazzuk, amikor számunkra fontos objektumok az adott lépték mellett nem jelennének meg a térképen. Egy magasles valódi mérete 3 × 3 m, amit egy 1:10 000-es térképen egy 0,3 × 0,3 mm-es ponttal tudnánk mérethelyesen ábrázolni. Ehelyett egyezményes jelet, szimbólumot alkalmazunk.
- *Jelkulcsok alkalmazása:* Az egyszerűbb megjelenés, könnyebb áttekinthetőség érdekében különböző jelkulcsokat használhatunk a térképeken. Például a rét, legelő jele: „, a szőlőt a \$ jellel ábrázoljuk, a növényzet határát a ° jelsorral jelöljük (Belényesi és mtsai., 2008).

A *síkbeli ábrázolás* miatt szükséges a Föld térbeli alakjának síkba vetítése. Erről a „Vetületi rendszerek” című fejezetben lesz szó részletesen.

2.2. Térképtípusok

Elméletileg végtelen számú térkép fordulhatna elő, hiszen ábrázolni lehet csaknem mindent, illetve az objektumok, események, jellemzők bármely kombinációját (Márkus, 1998).

A térképeket alapvetően három nagy csoportra oszthatjuk:

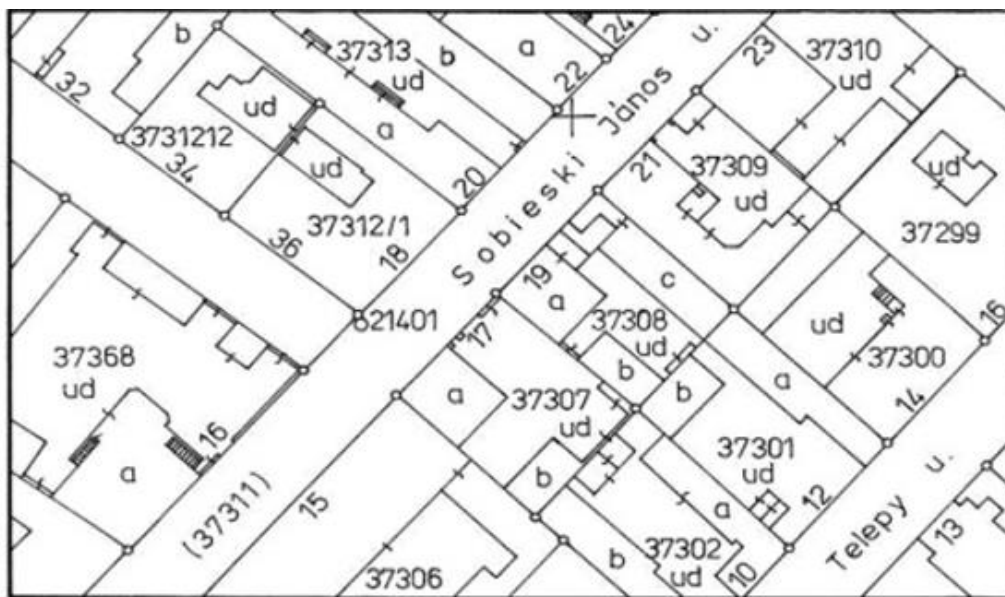
- geodéziai nagy méretarányú térképek,
- topográfiai térképek,
- tematikus térképek.

Geodéziai nagy méretarányú alaptérképek

Ezek a térképek közvetlen mérések alapján készülnek. Méretarányuk nagy, 1:500 és 1:5 000 közé esik, minimális általánosítást és szimbolikát használnak (6. ábra). Az eltolt ábrázolás nem engedélyezett.

Az eltolt ábrázolás akkor használatos, ha egy objektum annyira kicsi alapterületű, hogy a térképen a szükséges hangsúllyal nem ábrázolható. Ilyen például egy magasles. Ezeket az objektumokat térképi méretüket jelentősen meghaladó méretű egyezményes jellel, szimbólummal ábrázolják. A helyettesítő szimbólum letakarhat más objektumokat vagy azok szimbólumait, ezért a takarás elkerülése érdekében a topográfiailag kevésbé fontos objektumot ilyenkor eltolják.

6. ábra: Nagy méretarányú földmérési alaptérkép részlete



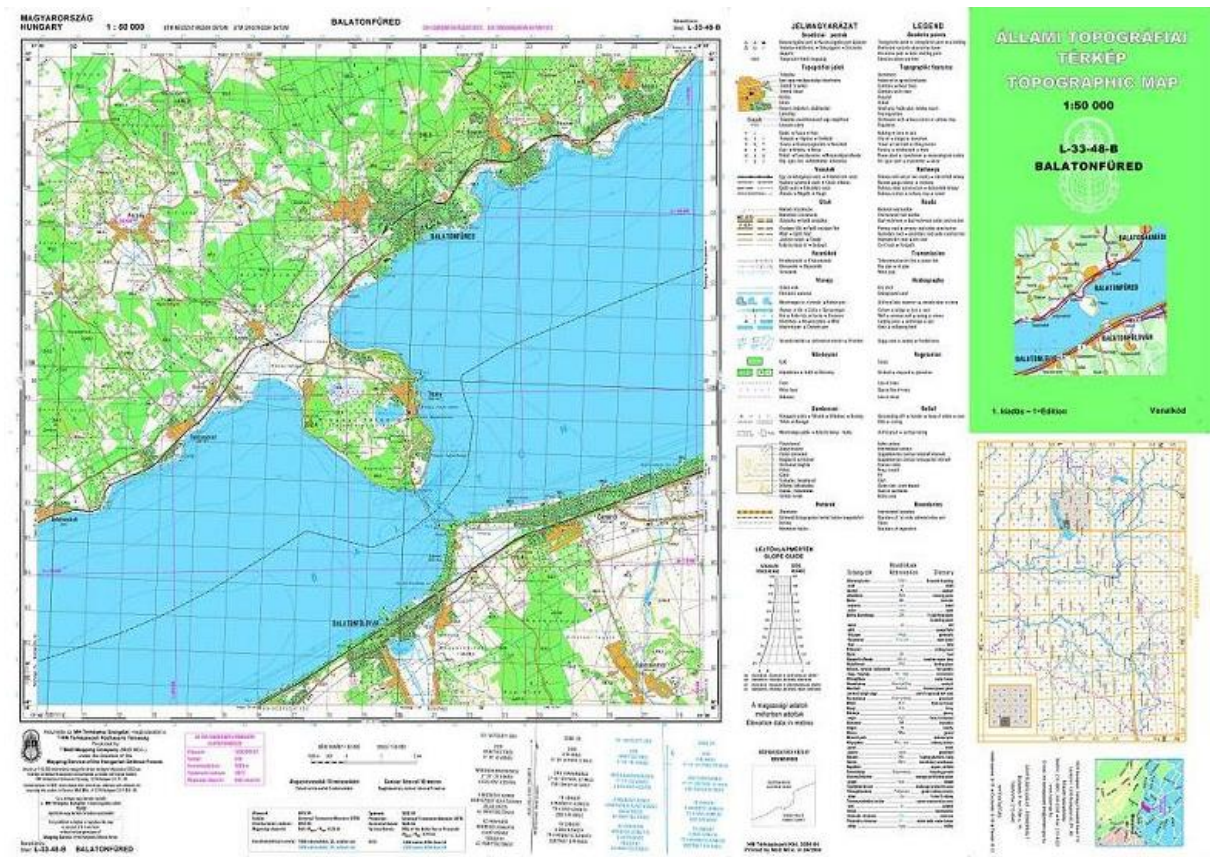
Forrás: Mélykúti (2010c) <URL>

Topográfiai térképek

A legszélesebb körben használt térképtípus. Elsősorban a földfelszín mesterséges és természetes objektumait ábrázolja. Ezenkívül tartalmazhat egyéb (adminisztratív, gazdasági) tematikákat is, ezért sok szint és szimbólumot használ. Méretarány-tartománya 1:10 000-től 1:200 000-ig terjed. Az általánosítás foka a méretarány csökkenésével nő. A részletesebb topográfiai térképek (1:10 000, esetleg 1:25 000) alapja közvetlen felmérés, míg a kisebb méretarányúakat kartográfiai úton az eredeti felmérések egyszerűsítésével és általánosításával állítják össze. A topográfiai térképeken használják az *eltolt ábrázolást* és a *szimbólumokat*. A nagyon kicsi alapterületű objektumok alaprajzban nem mindig ábrázolhatók megfelelően, ezért a térképi méretüket jelentősen meghaladó szimbólummal jelölik. Ezáltal azonban a szimbólum letakarhat más objektumokat vagy szimbólumokat. Ilyenkor a takarás elkerülésére a topográfiailag kevésbé fontos objektumot eltolják (Sárközy, 2009).

A földmérési és térképészeti tevékenységről szóló 1996. évi LXXVI. Törvény 14. paragrafusában rendelkezik a topográfiai térképről is: „Az állami topográfiai térkép papírlapon, többszínnyomással, vagy számítógépen kezelhető formában, rétegekben szerkesztett, az ország egész területéről közepes- és kisméretarányban készülő térkép, amely a földfelszín természetes és mesterséges alakulatainak síkrajzi és domborzati elemeit tartalmazza a tulajdoni viszonyokra vonatkozó információk nélkül.” (7. ábra).

7. ábra: 1:50 000 állami topográfiai térkép



Forrás: Zrínyi Kiadó honlapja <[URL](#)>

Tematikus térképek

A tematikus térképek gyakran *kis méretarányúak* (1:500 000-tól 1:2 000 000-ig). Ennek oka, hogy:

- ezeket a térképeket gyakran áttekintő céllal készítik, s vizuálisan egyszerűen lehetetlen globális kérdéseket nagy méretarányú térképeken ábrázolva szemlélni és értelmezni;
- olyan jelenségeket ábrázolnak e térképeken, mely jelenségek ábrázolása nagy méretarányú térképeken értelmetlen volna;
- egy-egy tematikát viszonylag szűk felhasználói réteg használ.

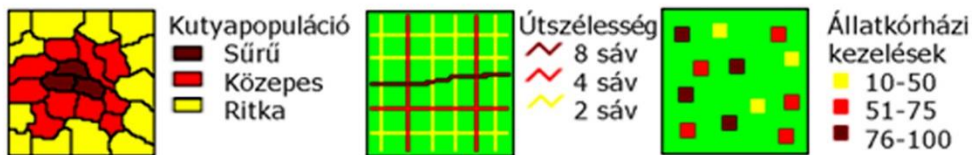
A tematikus térképeken leggyakrabban valamilyen *területi egységhez kötődő értékeket* ábrázolunk különböző megjelenítéssel. A tematikus ábrázolás háttérre lehet hagyományos térkép. A területi egység lehet pontszerű (településkoordináta), vonallal leírható (út) vagy területtel jellemezhető (megye). A területtel rendelkező alakzatokat poligonnak (sokszög) nevezi a szakzsargon. Az értékek lehetnek egyediek (talajtípus, lakosság), osztályok (kicsi, közepes, nagy) vagy értékintervallumok. Az ábrázolási mód lehet (8. ábra):

- *Színfokozat*: Az alakzatok (pont, vonal vagy poligon) ugyanolyan szimbólummal, de különböző színnel jelennek meg a térképen. A különböző színek egy-egy kategóriát, értéket, értékintervallumot jelentenek.

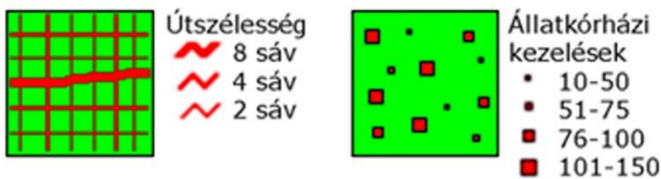
- *Szimbólumfokozat*: Az alakzatok ugyanolyan színnel és szimbólumtípussal jelennek meg, a szimbólumok mérete reprezentálja a különböző kategóriákat, értékeket, értékintervallumokat. Méret, nagyság és terjedelem kifejezésére igen alkalmas. Ponttal és vonallal leírható objektumok esetében használható.
- *Egyedi érték*: Minden értéket egyedi szín reprezentál. Osztályba sorolt értékek megjelenítésére alkalmas. Pont, vonal és poligon alakzatok esetén is alkalmazható.
- *Pontsűrűség*: Területtel rendelkező objektumok mérőszámainak megjelenítésére alkalmas, mint például a népsűrűség, egy területi egységre jutó GDP.
- *Diagram*: A diagramok alkalmasak egy vizsgált objektum, jelenség több tulajdonságának összehasonlítására. Térképen ábrázolva a jellemzők térbeli eloszlása is szemléltethető. (Belényesi és mtsai., 2008)

8. ábra: Tematikus térképek módozatai

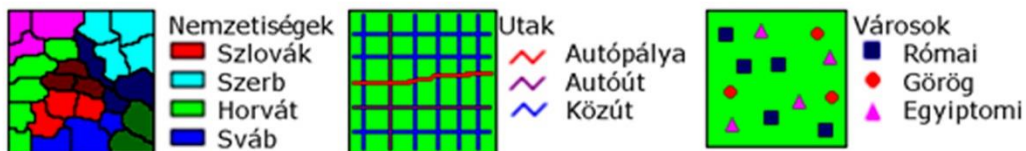
Színfokozatok



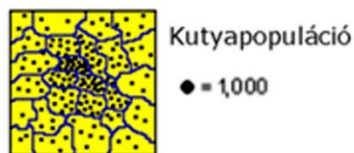
Szimbólumfokozatok



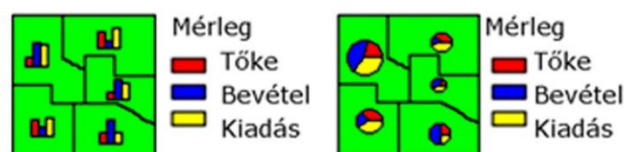
Egyedi érték



Pontsűrűség



Diagram



Forrás: Belényesi és mtsai. (2008: 12–13)

2.3. A Föld alakja és az azt helyettesítő elméleti alakok

„A Föld fizikai alakja (topográfiai felszíne) a Föld szilárd felszínének (*litoszféra*) és a felszíni vizeknek (*hidroszféra*) a határoló felülete” (Mélykúti, 2010a).

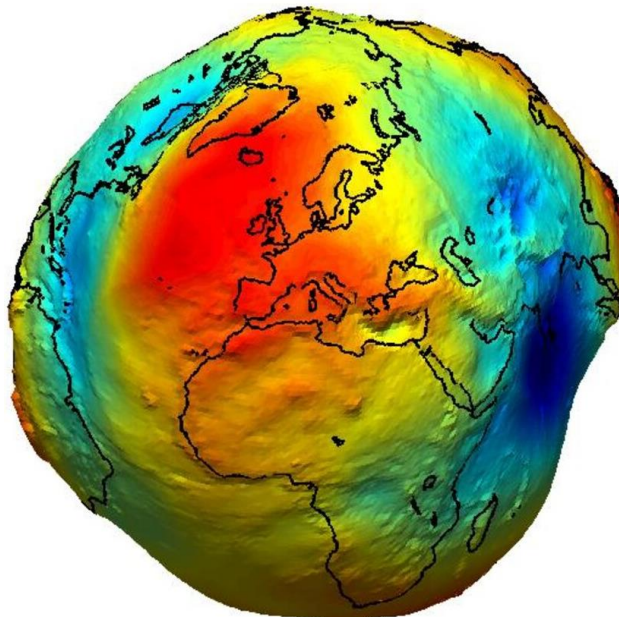
A Föld szabálytalan alakú. A térképezéshez szükséges egy alapfelület, egy matematikailag jól leírható idom, amelynek alakja és méretei jól megközelíti a Föld felszínét. Ezek az elméleti vagy helyettesítő földalakok. (Varga, 2007)

A Föld egyik elméleti alakja a *geoid*. A geoid a nyugalmi helyzetben lévő és a szárazföld alatt is meghosszabbított óceánok felszíne. A nyugalomban lévő óceánok felszínére csak a nehézségi erő hat. (Mélykúti, 2010a)

Föld tömegeloszlása szabálytalan, emiatt a nehézségi erő szabálytalanul változik. Ebből adódóan a geoid szabálytalan felület (9. ábra), így vetületi alapfelületnek nem alkalmas. (Varga, 2007) A geoid tulajdonképpen az az elméleti földalak, amelynek a felszínére annak minden pontján merőleges a függőn.

A geoid úgy szemléltethető, ha az arányokat eltorzítjuk, emiatt bolygónk leginkább egy krumplihoz hasonlít. Valójában a torzítás nagyon nagy, a legmagasabb és legmélyebb pont között nincs 200 méter különbség!

9. ábra: A Föld geoid alakja, az eltérések „felnagyításával”



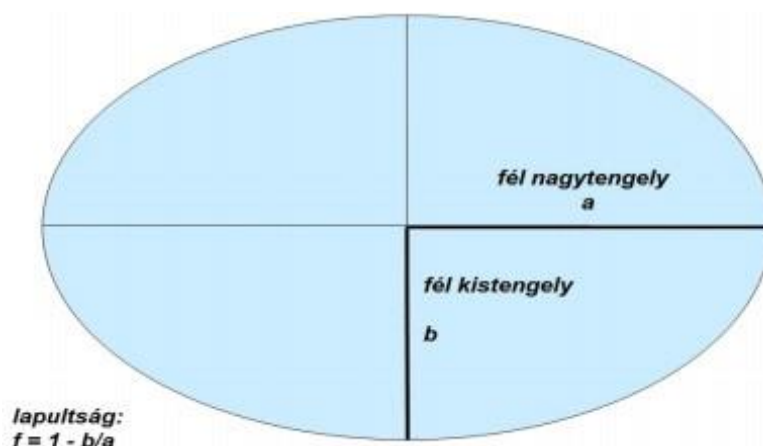
Forrás: ESA.int <URL>

A föld másik elméleti alakja a normálszferoid (sarkoknál belapult alak), a Föld forgása miatt fellépő centrifugális erő okozta tömegelrendeződés eredménye, a nehézségi erőter potenciálfelülete. Matematikailag leírható felület, de egyenletei igen bonyolultak, emiatt a normálszferoid sem alkalmas alapfelületnek. (Varga, 2007)

A Föld elméleti alakját jól megközelítő szabályos geometriai felület a forgási ellipszoid. Mivel egyenletei egyszerűek, így alkalmas alapfelületnek.

A forgási ellipszoid úgy keletkezik, hogy egy ellipszist a kistengelye körül megforgatunk. A Föld és az ellipszoid forgástengelye egybeesik. A forgási ellipszoidot leírhatjuk a fél nagytengelyének (a) és a fél kistengelyének (b) hosszával vagy a fél nagytengely hosszával és a lapultsági mérőszámával ($f = 1 - b/a$) (10. ábra). (Mélykúti, 2010a)

10. ábra: Forgási ellipszoid



Forrás: Mélykúti (2010a) <URL>

Az idők során több különböző méretű, lapultságú és elnevezésű ellipszoidot használtak, illetve használunk (2. táblázat). Az ellipszoidokat az ellipszoid meghatározását végző tudósról vagy tudományos szervezetről nevezték el.

Az ellipszoidok fontos jellemzője még az elhelyezés, ami megmutatja, hogy egy ellipszoid hogyan helyezkedik el a Föld elméleti alakjához, a geoidhoz képest. Földi elhelyezésű az ellipszoid, ha középpontja a Föld tömegközéppontjában van, és kistengelye egybeesik a forgástengellyel. A 2 táblázatban a WGS 84 és az ETRS89 földi elhelyezésű ellipszoid. (Detrekői és Szabó, 2002)

2. táblázat: Magyarországon térképezési célokra használatos ellipszoidok

Elnevezés	Év	a (m)	f
Bessel	1842	6 377 397,155	1/299,152815
Havford	1924	6 378 388,0	1/297,0
Kraszovszkij	1942	6 378 245,0	1/298,3
IUGG 1967 International Union of Geodesy and Geophysics, más néven: GRS67, Geodetic Reference System	1967	6 378 160,0	1/298,247167
WGS 84 World Geodetic System	1984	6 378 137,0	1/298,257223563
ETRS89 European Terrestrial Reference System	1989	6 378 137,0	1/298,257222101

Forrás: Detrekői és Szabó (2002: 71) alapján

A forgási ellipszoidot kontinentális vagy egy egész országra kiterjedő mérések (elsősorban alapponthálózatok) számításakor használják alapfelületként (Mélykúti, 2010a).

Kisebb területek (< 500 km²) felméréséhez a Földet gömbbel is helyettesíthetjük. A gömb nemcsak alapfelület, hanem képfelület is lehet, abban az esetben, ha az ellipszoidról a gömbre vetítünk. Ennek közismert példája a földgömb. (Varga, 2007)

Gömböt alapfelületként alappontok sűrítésére vagy nagy pontosságot igénylő feladatokra használják (Mélykúti, 2010a).

Helyi, kis kiterjedésű (< 50 km²) felmérésekhez a Föld felszínét síkkal helyettesíthetjük, természetesen ilyenkor nincs szükség vetítésre sem. A már meglévő alapponthálózat pontjai között végrehajtott részletmérések esetén alkalmazható.

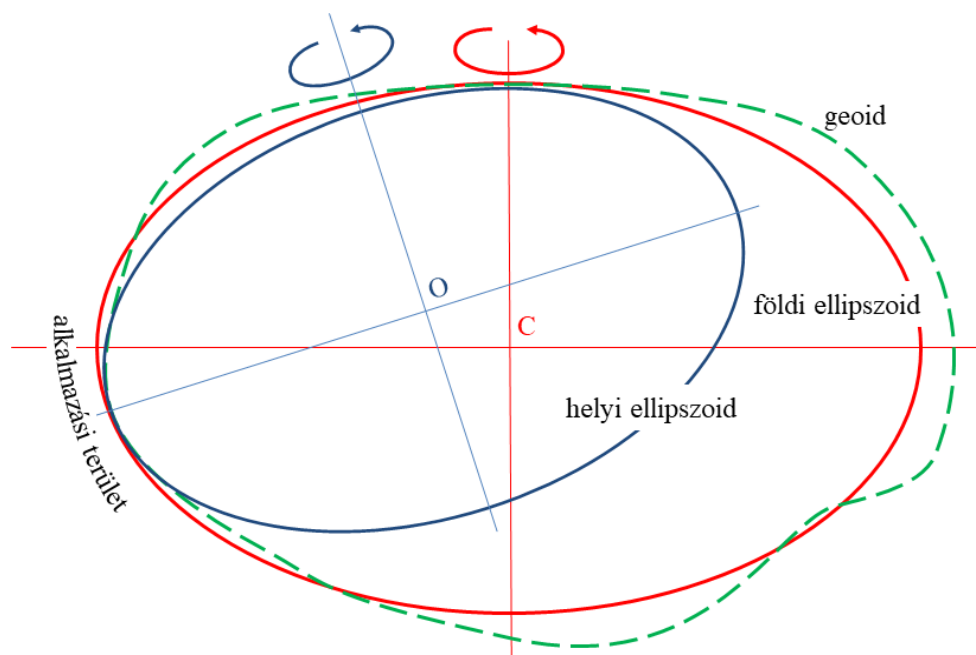
A felmérések során az alapfelületnek választott idom felszíne minden esetben egybeesik a tengerszint magasságával. (Varga, 2007)

A tengerszint feletti magasságot más-más alapszinthez viszonyították az idők során. Magyarország mint az Osztrák–Magyar Monarchia tagja, a trieszti kikötőben elhelyezett vízmérce (mareográf) középértékét használta alapszintnek, melyet 1875-ben határoztak meg. 1953-tól a katonai, 1958-tól a polgári térképészetben is az adriai alapszintről áttértek a balti (kronstadti, Szentpétervár mellett, egy szigeten épített mareográf) alapszintre. A két alapszint nem azonos. A balti alapfelület 0,6747 méterrel van magasabban, mint az adriai alapfelület. (Mélykúti, 2010a)

2.4. Geodéziai dátum

A geodéziai dátum a nevével ellentétben nem időponthoz kapcsolódik. Egy terület felméréséhez addig mozgatunk egy ellipszoidot, addig változtatjuk annak paramétereit (tengelyek mérete, lapultság, elhelyezés), amíg az a legkisebb hibával illeszkedik a vizsgált felszínhez (11. ábra). Ekkor az ellipszoid jellemző adatait – a kis- és nagytengelyének méretét, a kistengely északi iránnyal bezárt szögét (azimutját), valamint a geoid és az ellipszoid középpontjának távolságát – rögzítik. Az így előállított geodéziai dátumok egy adott területre nézve is eltérőek, attól függően, hogy a felmérés célja lokális, regionális vagy globális. Egy terep pontkoordinátái nyilvánvalóan minden geodéziai dátumon értelmezve különbözőek.

11. ábra: Különböző igények szerinti ellipszoidok



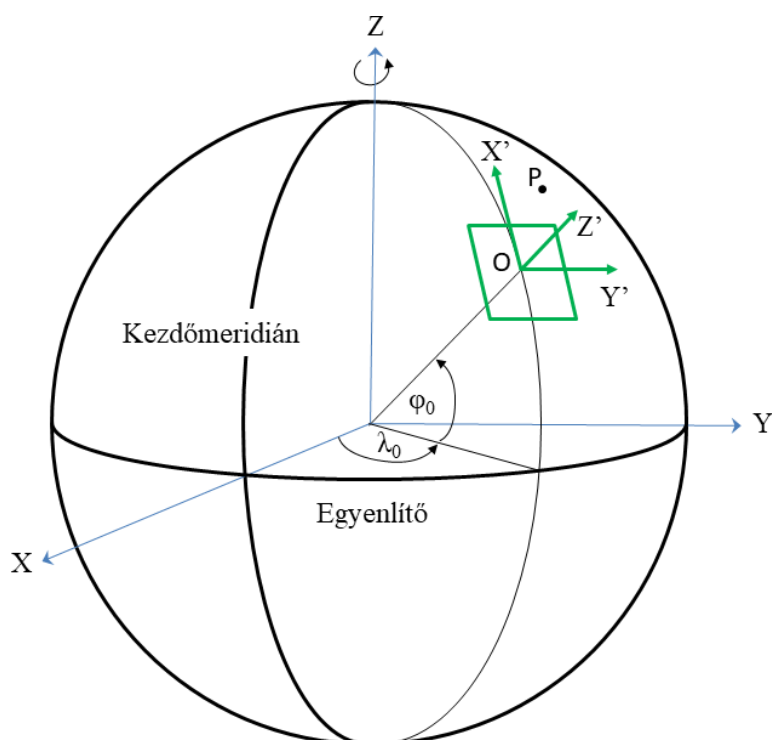
Forrás: Varga (2009b) <URL> alapján

Az egyes országokban sokféle referenciaellipszoid volt és van használatban. Hazánkban a teljesség igénye nélkül a legfontosabbak:

- WGS 84 (globális dátum, GPS),
- IUGG 1967 (EOV),
- Hayford (UTM),
- Bessel (sztereografikus, már nem használatos),
- Krassovsky (Gauss–Krüger, már nem használatos). (Belényesi és mtsai., 2008)

A Föld felszínén található valamely P pontot három jellemzővel, három koordinátával adhatjuk meg (12. ábra).

12. ábra: Geocentrikus és topocentrikus koordináta-rendszer



Forrás: Detrekői és Szabó (2013: 113) alapján

A *geocentrikus* megadás esetén a pontok meghatározása a Föld középpontjához és forgástengelyéhez kapcsolódva, térbeli derékszögű koordináták segítségével történik (XYZ). A Z tengely egybeesik a forgástengellyel, és pozitív iránya Észak felé mutat, az XY tengelyek síkja, az egyenlítő síkja, erre merőleges. Az $+X$ tengely átmegy greenwichi kezdő meridiánon, az $+Y$ pedig erre merőleges.

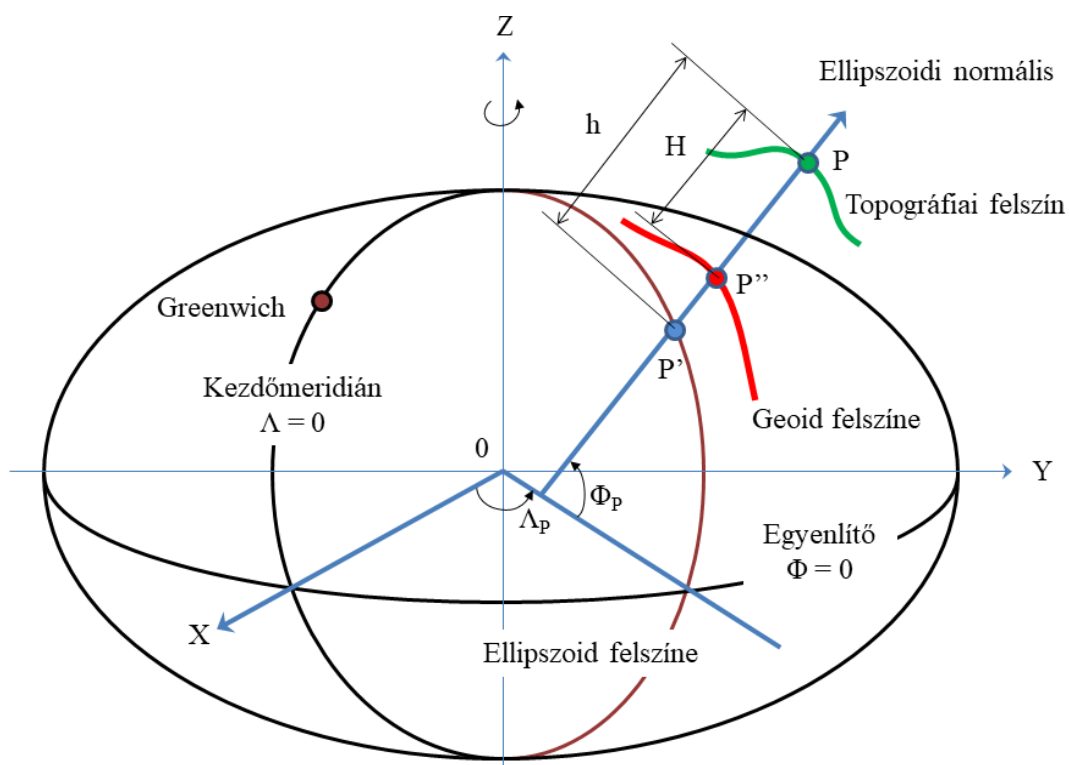
A *topocentrikus* megadás esetén is derékszögű koordináta-rendszert használunk ($X'Y'Z'$), ahol a koordináta-rendszer kezdőpontja valamelyik földi pont. A $+Z'$ tengely a helyi függőleges, az $X'Y'$ tengelyek megválasztása eltérő lehet. A pontok koordinátái az egyes rendszerek között átranzformálhatók.

Az elméleti földalakokhoz kapcsolódva is adhatók meg koordináták, azonban ezek csak a felhasznált geodéziai dátum ismeretében értelmezhetők helyesen. Forgási ellipszoid esetén a három koordináta közül kettő az ellipszoidhoz kötött (Λ , Φ). Ezeket a koordinátákat vízszintes koordinátáknak nevezzük. A vízszintes koordináták a Föld felszínén található pontnak az ellipszoidra történő vetítéséből származnak. A harmadik koordináta a (tengerszint feletti) magasság (H) (13. ábra). (Detrekői és Szabó, 2002)

Ellipszoidi földrajzi szélességnek nevezzük egy P tereppontban az ellipszoid felszínére merőleges egyenesnek (normális) az egyenlítő síkjával bezárt szögét. A földrajzi szélesség – angolul latitude – jele: Φ . Értéke megállapodás szerint az Egyenlítőtől északra pozitív, délre negatív. *Ellipszoidi földrajzi hosszúságnak* nevezzük a P pont meridiánsíkja és a kezdőmeridián síkja által bezárt szögét. A meridiánsík tartalmazza a pont normálisát és merőleges az egyenlítő síkjára. A földrajzi hosszúság – angolul longitude – jele: Λ . Megállapodás szerint keleti irányban pozitív, nyugati irányban negatív. *Ellipszoid feletti magasságának* nevezzük egy pontnak az ellipszoid felszínétől a normálison mért h távolságát. A *tengerszint feletti magasság* (H) egy pontnak a normálisán mentén a geoidtól mért távolsága. (Varga, 2009b)

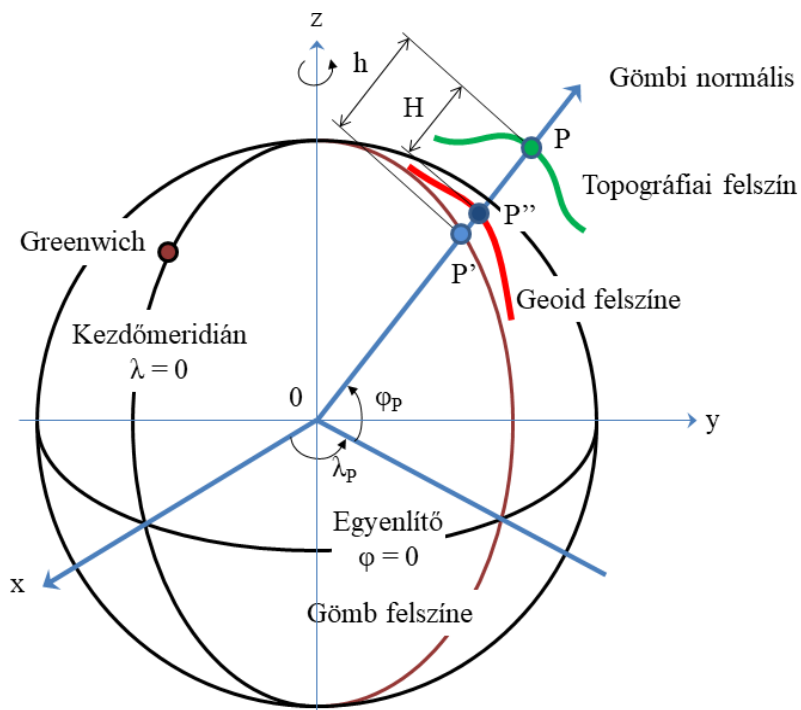
A gömbi koordináta-rendszer esetén a gömbi normális átmegy a középponton (14. ábra). A szélesség (φ) és a hosszúság (λ) értelmezése és a koordináták megadása hasonló az ellipszoidihoz. Jelölésük a magyar szakirodalomban kis betűvel történik. (Timár és Molnár, 2013)

13. ábra: Ellipszoidi koordináták értelmezése



Forrás: Detrekői és Szabó (2013: 114) alapján

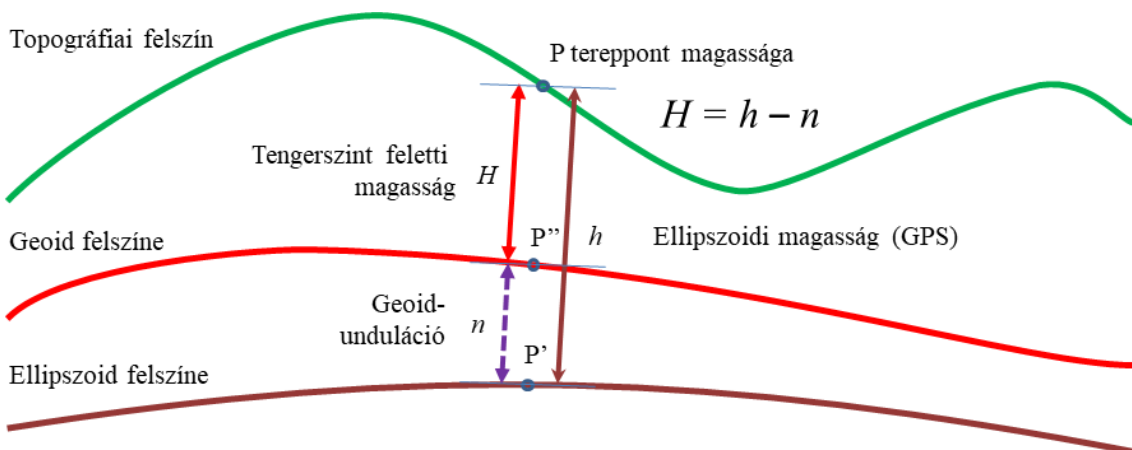
14. ábra: Gömbfelületi koordináták



Forrás: Detrekői és Szabó (2013: 115) alapján

Korábban láttuk, hogy a geoid nem szabályos geometriai felület, ezért bármilyen módon is helyezzük el az illeszkedő ellipszoidot, a kettő felszíne eltér egymástól. *Geoidundulációnak* nevezzük egy pont normálisán mérve az *ellipszoid és a geoid közötti távolságot* ($n = h - H$) (15. ábra).

15. ábra: Felszínek és magassági adatok



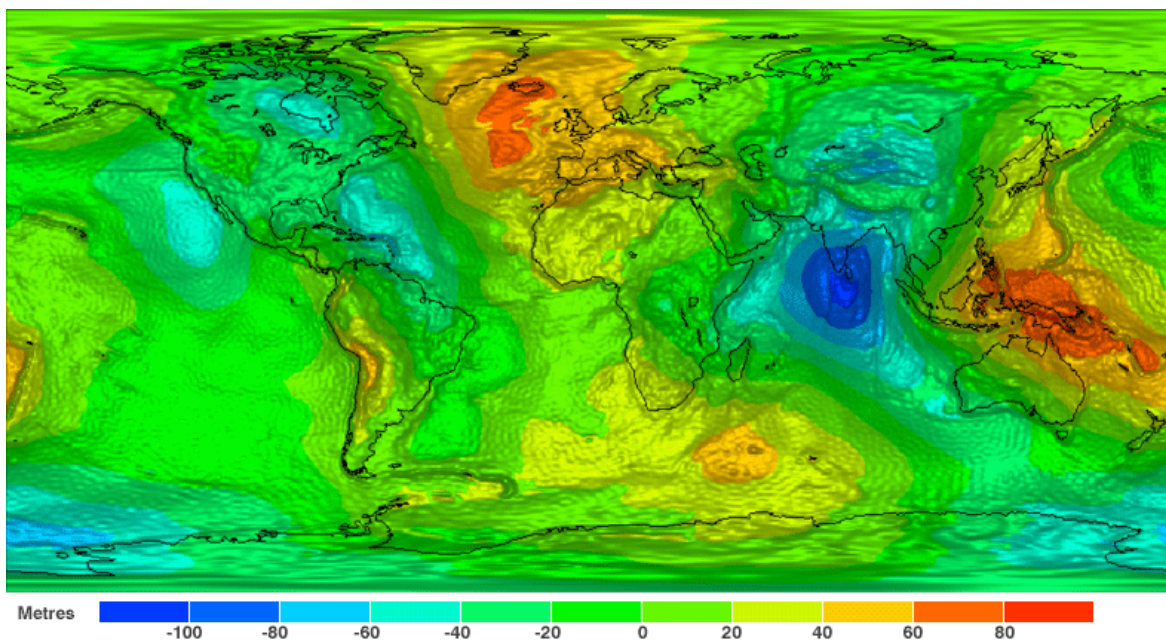
Forrás: Forrás: Mélykúti (2010a) <URL> alapján

GPS-méréskor a WGS 84 ellipszoid feletti magasságot kapjuk meg. Ha ebből tengerszint feletti magasságot szeretnénk kapni, akkor minden pontban a geoidunduláció értékét is figyelembe kell vennünk, hiszen ennek értéke több tíz méter is lehet. (Mélykúti, 2010a)

Az Egyesült Államok Térképészeti Intézete (USGS: *United States Geological Survey*) közzétett egy 10 fokos⁴ gridhálózatot a geoid és a WGS 84 ellipszoid felszínének különbségéről (Dana, 1997a).

A geoid alakját újabb és újabb mérésekkel pontosítják. Ilyen projekt volt az Európai Űrügynökség (ESA: *European Space Agency*) által 2009-ben felbocsájtott GOCE (*Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer*) műhold mérésorozata, amely képes a geoid 1-2 cm pontosságú meghatározására, 100 km (~ 1 fok) vízszintes felbontás mellett (16. ábra). (Pethő és Vass, 2011; Földváry és mtsai., 2015)

16. ábra: A WGS 84 ellipszoid és a Földfelszín eltérései a GOCE műhold mérései alapján

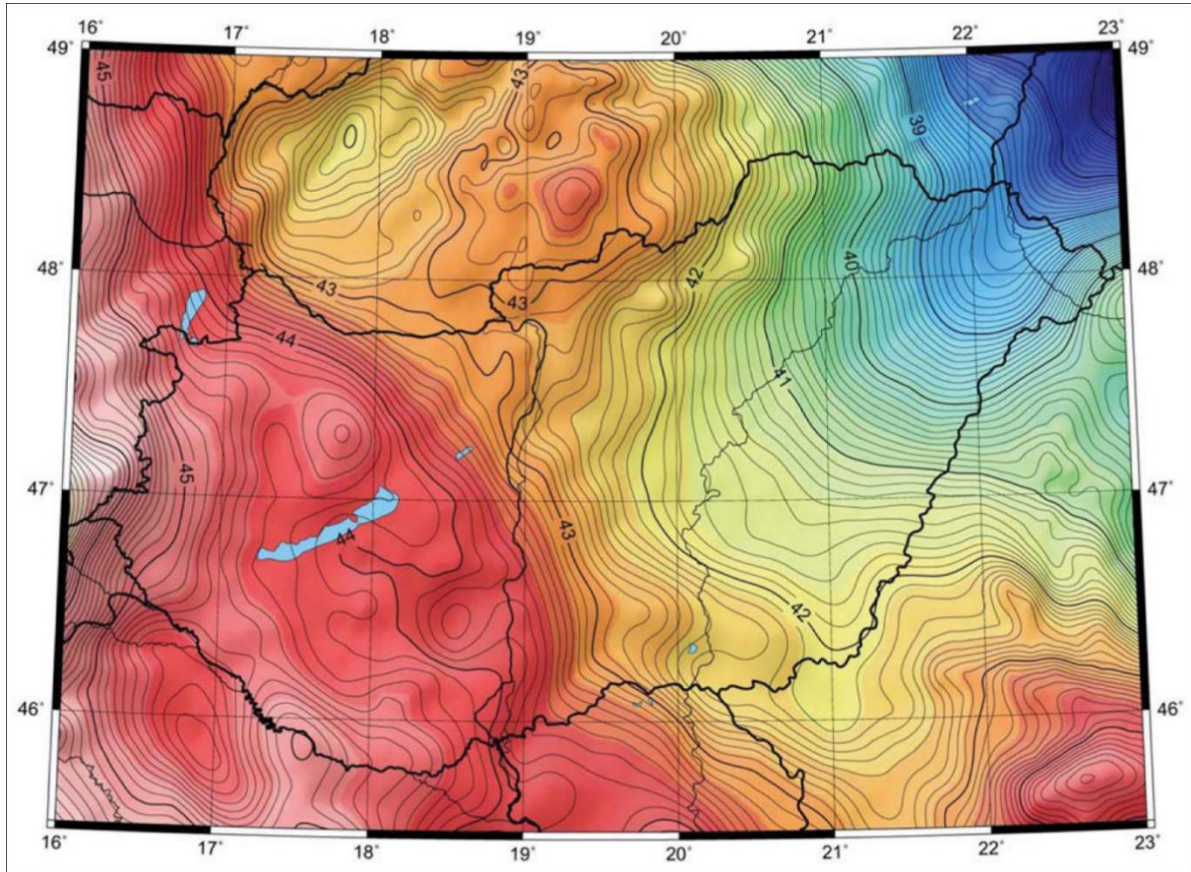


Forrás: Universitytoday.com <URL>

⁴ 1 fok hossza az egyenlítőn 111,1 km.

Az ábrán látható, hogy a zöld területek simulnak legjobban az ellipszoidhoz, a pirosak emelkednek tőle, a kékek pedig alatta mennek. Globálisan az az ellipszoidtól való eltérés -100 m és $+70$ méter közötti, míg Magyarországon ez az intervallum 10 m alatti (17. ábra).

17. ábra: A WGS 84 ellipszoid és a földfelszín eltérései hazánkban

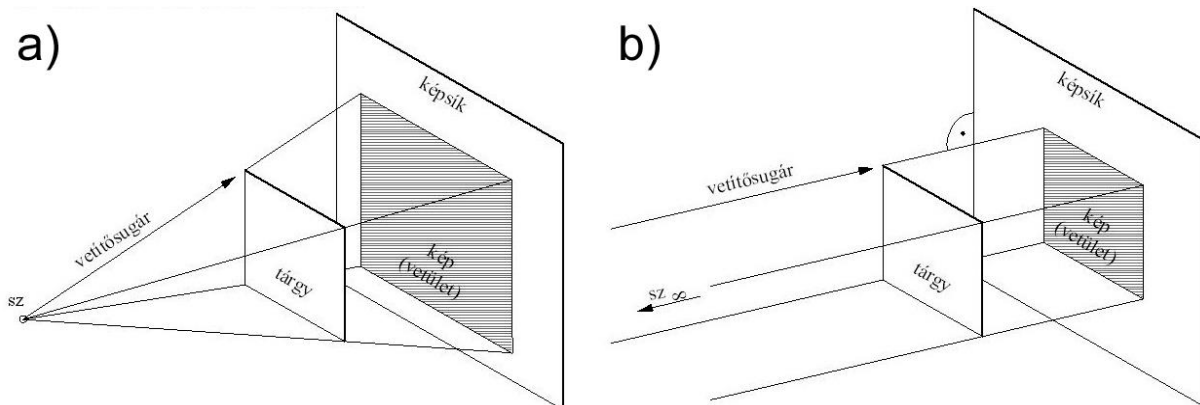


Forrás: *Völgyesi és mtsai.* (2015: 116)

2.5. Térképi vetületek

A vetítés „a tér pontjainak leképezése egy pontból kiinduló vagy párhuzamos egyenesek segítségével” (18. ábra) (Detrekői és Szabó, 2002: 380).

18. ábra: Vetítés egy pontból kiinduló (a) és párhuzamos egyenesek (b) segítségével

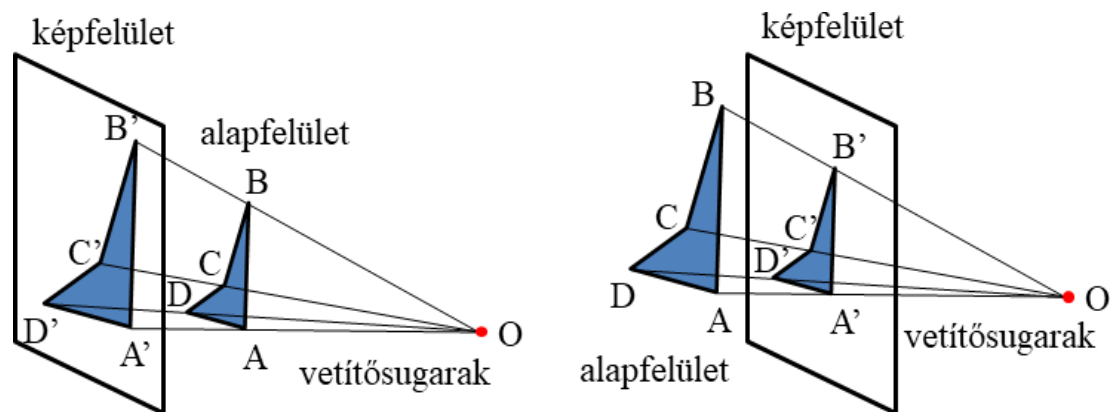


Forrás: Széchenyi István Egyetem honlapja <URL>

Általános definíció szerint: „Vetítéskor a vetítendő alakzat minden egyes elemét összekötjük a tér egy tetszőleges elemével, majd a keletkezett alapalakzatot egy harmadik alapalakzattal elmetsszük.” (Engler, 2010)

A vetítés az *alapfelületről* (tárgyról) a *képfelületre* (vetület) történik. A vetítősugarak az O vetítési központból (centrumból) indulnak, átmennek az *alapfelület* vetítendő pontjain ($ABCD$), és kijelölik a pontok *képét* a *képfelületen* ($A'B'C'D'$) (19. ábra). (Varga, 2007) Ha a képfelület az alapfelület mögött van, akkor azon nagyított, ha előtte van, akkor kicsinyített képet kapunk. A vetítési centrum a végtelenben is lehet, ilyenkor a vetítősugarak párhuzamosak. Az alapfelület és a képfelület nem kizárólag síkfelület lehet, a térképészetben jellemzően gömb, henger vagy kúp. (Engler, 2010)

19. ábra: Központos vetítés



Forrás: Sulinet.hu <URL> alapján

A térképészetben vetületen a közelítőleg gömb alakú Föld felszínének sík hordozón (papíron vagy képernyőn) való megjelenítését értik. Fizikailag lehetetlen egy gömböt síkba fektetni torzulás nélkül, de bizonyos speciális tulajdonságok (terület- és szögviszonyok megőrzése) néhány megszorítás mellett megtarthatók. (Márkus, 1998)

A torzulások (szög-, távolság-, területtorzulás) nemkívánatos eredményei a vetítési folyamatnak. Van olyan vetület, ami az említett torzulások egyikét minimálisra csökkenti más, kihasználható torzulás rovására, míg más vetület minden torzulást igyekszik alacsony szinten tartani. (Belényesi és mtsai., 2008)

A gyakorlatban különböző céloknak megfelelően nagyon sokféle vetületet használnak. Folyamatosan születnek újak, a számuk elvileg végtelen. A vetületek különböző szempontok szerint csoportba oszthatók.

A vetület *felhasználása* szerint:

- Földrajzi (kartográfiai) vetület: az egész Föld vagy földrészek ábrázolására használják általában (iskolai atlaszok, tájékoztató térképek).
- Geodéziai vetület: szögtartó vetületek, egyes országok ábrázolására használatosak, de vannak világvetületek is. Általában elvárt, hogy a hossztorzulás egy bizonyos határérték alatt maradjon.

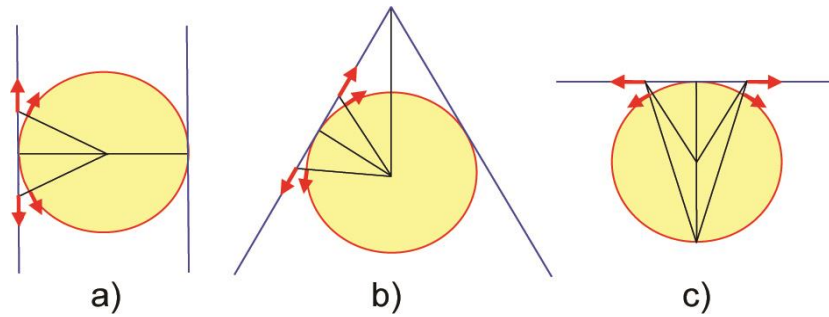
Az *alapfelület* szerint:

- ellipszoidi (forgási ellipszoid) vetület,
- gömbi vetület.

A *képfelület* alakja szerint:

- hengervetület,
- kúpvetület,
- síkvetület (azimutális vetület) (20. ábra).

20. ábra: Vetületek alakjuk szerint: hengervetület (a), kúpvetület (b), síkvetület (c)

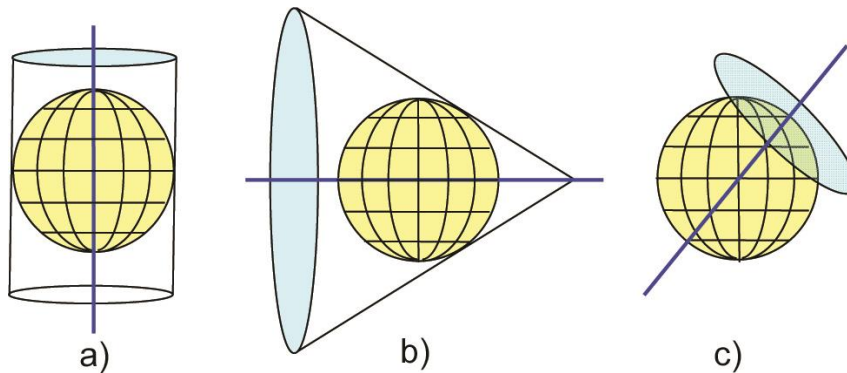


Forrás: Bácsatyai (2005: 49)

A képfelület tengelye és Föld tengelyének egymáshoz való viszonya szerint:

- normális (poláris): a képfelület forgástengelye a Föld forgástengelyével esik egybe,
- transzverzális (ekvatoriális, egyenlítői): a képfelület forgástengelye az Egyenlítő síkjában fekszik,
- ferdetengelyű: a két forgástengely hegyesszöget zár be (21. ábra).

21. ábra: Vetületek a Földhöz viszonyított elhelyezésük szerint: normális (a), transzverzális (b) ferdetengelyű (c)



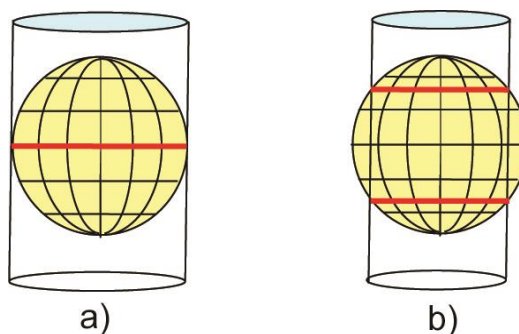
Forrás: Bácsatyai (2005: 49)

A képfelület alapfelülethez viszonyított elhelyezése szerint:

- érintő: a képfelület érinti a tárgyfelületet,
- metsző (redukált, süllyesztett): a képfelület belemetsz a tárgyfelületbe (22. ábra).

Az érintő hengernél egy vonalon az (érintő vonalon) nincs hossztorzulás, metsző hengernél a két metsző vonalon torzulásmentesek a méretek. Ezekről távolodva a torzulás mértéke nő.

22. ábra: Érintő (a) és süllyesztett vetület (b)



Forrás: Bácsatyai (2005: 50)

Torzulások szerint:

- szögtartók (konform vetületek),
- területtartók (ekvivalens vetületek),
- általános torzulású vetületek.

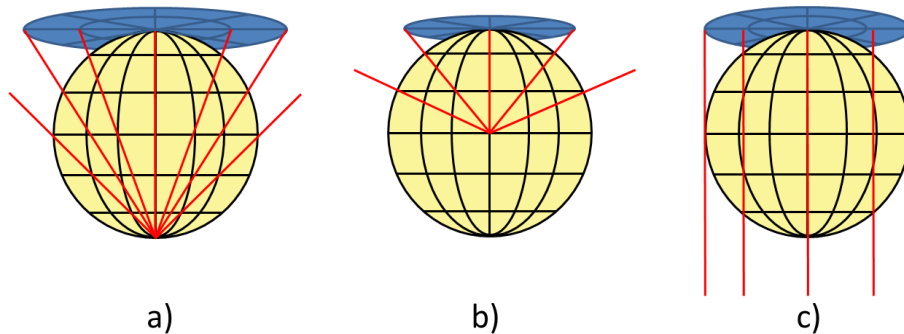
A vetület *előállítás*a szerint:

- A *valódi* (igaz, perspektív) vetítés folyamata geometriailag szerkeszthető, ilyen például az Egységes Országos Vetületi Rendszer (a fokhálózati vonalak képei merőlegesek).
- A *képzetes* (nem perspektív) vetítés matematikailag definiált, geometriailag nem szemléltethető, például a Gauss–Krüger- és az UTM-vetület.
- Közvetlen: az ellipszoidról közvetlenül a síkra (vagy síkba fejthető felületre) vetítünk (Gauss–Krüger, UTM)
- Kettős: az ellipszoidról először gömbre vetítünk, majd onnan a síkra (EOV).

A perspektív vetület a *vetítési központ elhelyezése* szerint lehet:

- sztereografikus: központ az érintési pont átellenes pontja,
- gnomonikus: a vetítési központ a gömb (alapfelület) középpontja,
- ortografikus: vetítősugarak párhuzamosak, központ a végtelenben (23. ábra). (Lénárt és mtsai., 2003)

23. ábra: Perspektív (szerkeszthető) vetületek: sztereografikus (a), gnomonikus (b), ortografikus (c)



Forrás: Lénárt és mtsai. (2003: 68) alapján

2.5.1. VETÜLETI RENDSZEREK

A forgási ellipszoidról és a gömbről, a nem sík elméleti földalakokról a sík felületre vetítéssel térhetünk át. Az előzőekben láttuk, hogy különböző vetítési eljárások léteznek. Vetület alatt egy konkrét vetítési módot, vetületi rendszer alatt a vetületeknek egy nagyobb területre (pl. ország) kiterjedő megvalósítását értjük.

A síkra történő vetítés csak a vetített idomok torzításával lehetséges, mivel a gömb és az ellipszoid görbült felület. Az egyes vetületek torzításának mértéke meghatározható. A szögtartó vetületeknél az általában elfogadott szabály, hogy 1 km hossz esetén a torzulás 0,1 méternél nem lehet nagyobb (Detrekői és Szabó, 2002). Ez természetesen korlátozza a vetületek területi kiterjedését, emellett a térkép mérete sem lehet túl nagy. Ezért nagyobb területek térképezésénél, az egységes rendszer kialakításánál több kisebb szelvényt használnak fel és kapcsolnak össze.

2.5.2. TÉRKÉPI VETÜLETEK, SZELVÉNYEZÉS

A vetületi rendszerek különböznek aszerint, hogy melyik referenciaellipszoidot használják, milyen a vetítés módszere, milyen mértékegységgel mérnek (szög, méter, láb) stb. (Belényesi és mtsai., 2008).

A vetületi rendszerek egyértelmű azonosítása alapvető igény, azonban előfordul, hogy a különböző térinformatika-szoftverek más néven azonosítják ugyanazt a vetületet, ami problémákat okozhat. Ennek kiküszöbölésére a *European Petrol Survey Group* (EPSG) bevezetett egy azonosító rendszert. Minden vetülethez egy 1024 és 32767 közötti számot, EPSG-kódot rendeltek. Az EPSG-kód mára általánosan elfogadott lett, ez a vetületi rendszer megadásának leg-egyszerűbb módja. A különböző térinformatikai szoftverekben minden vetület EPSG-kódja azonos, akkor is, ha az elnevezése különböző. (Cain, 2013)

A vetületi rendszerekhez és az alkalmazott mértékegységhez igazodóan térképrendszereket alakítottak ki. A térképrendszer olyan térképekből áll, amelyek azonos műszaki színvonalon készültek, a teljes méretarány-tartományt átfogják, és egy ország teljes területét lefedik.

A térképrendszer egysége a térképszelvény. A térképszelvénynek van egy kerete, amelyen belül található az úgynevezett térképi tartalom (térképi elemek, objektumok), a kereten kívül pedig tájékoztató feliratok, esetleg rajzok szerepelnek. A felirat lehet például a méretarány, a vetületi rendszer, a magassági vonatkozási rendszer (alapszint), a település (igazgatási egység, illetve alegység) neve, a szelvény, és a csatlakozó szelvények száma stb.

A térképszelvények közötti kapcsolatot, egymáshoz való viszonyukat számozással adják meg, amely egységes a térképrendszerben. A gyakorlatban országos és településenkénti szelvényszám(ozás) is előfordul. (Vincze, 2010)

2.6. Globális vetületi rendszerek

A Föld egészét geocentrikus vagy ellipszoidi felületi vonatkozási rendszerek segítségével írhatjuk le. Mindkettőre találhatunk példát.

Geocentrikus vonatkoztatási rendszerben történik a mesterséges holdak segítségével történő helymeghatározás. Ilyen rendszert alkalmaznak az amerikai GPS, illetve az orosz GLONASS navigációs rendszer segítségével történő helymeghatározáskor. A GPS-adatok vonatkoztatási rendszere a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió által elfogadott *World Geodetic System* 1984 (WGS 84).

Ellipszoid felületen alapulnak a Föld egészére kiterjedő térkép-, illetve térinformációs rendszerek. A két legfejlettebb ellipszoidi vetületi rendszer a Gauss–Krüger-rendszer, és az Universal Transverse Mercator (UTM) -rendszer. (Detrekői és Szabó, 2002)

A Gauss–Krüger-vetületi rendszert ma már nem alkalmazzák Magyarországon. Katonai topográfiai térképek készítésére használták 1953 és 2004 között. (Mélykúti, 2010b)

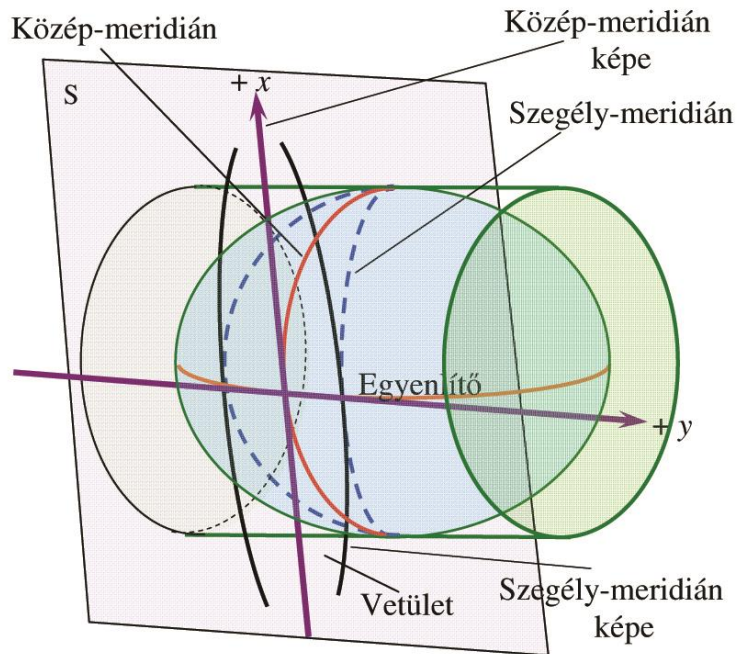
2.6.1. GAUSS–KRÜGER-VETÜLETI RENDSZER

A Gauss-Krüger-vetület szögtartó hengervetület. A képfelületi henger érinti az ellipszoidot, tengelye az egyenlítő síkjában fekszik (transzverzális) és átmegy az ellipszoid középpontján. A henger keresztmetszete ugyanolyan alakú ellipszis, mint az ellipszoid keresztmetszete. A henger mindig egy-egy ábrázolandó ellipszoidi sáv középmeridiánja mentén érinti az alapfelületet (24. ábra). Az érintő vonal torzulásmentes, másutt hossznövekedés van. A vetítés szögtartó módon történik az ellipszoid felszínéről a henger palástjára, amit ezután egy alkotója mentén elvágva kiterítenek a síkba. Referenciaellipszoid a Krasszovszkij-féle ellipszoid. A vetület alkalmas nagy területek egybefüggő, csatlakozó ábrázolására.

Szelvényezése

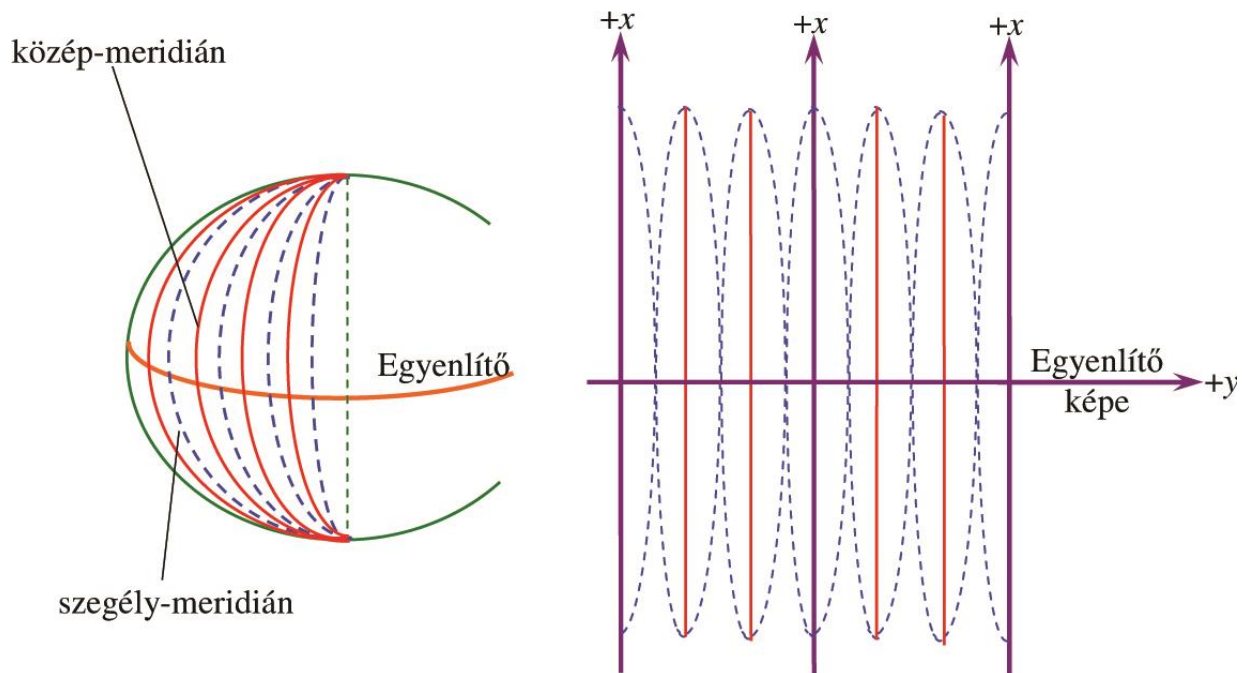
Mindegyik sávnak külön síkkoordináta-rendszere van. A szelvények y tengelye – az egyenlítő egyenesként jelentkező vetített képe – közös. Minden sávnak másik, saját x tengelye van, a sáv középmeridiánjának egyenesként jelentkező valódi képe, ami merőleges az egyenlítő képére (25. ábra). (Varga, 2007)

24. ábra: Gauss–Krüger-vetítés



Forrás: Bácsatyai (2005: 125)

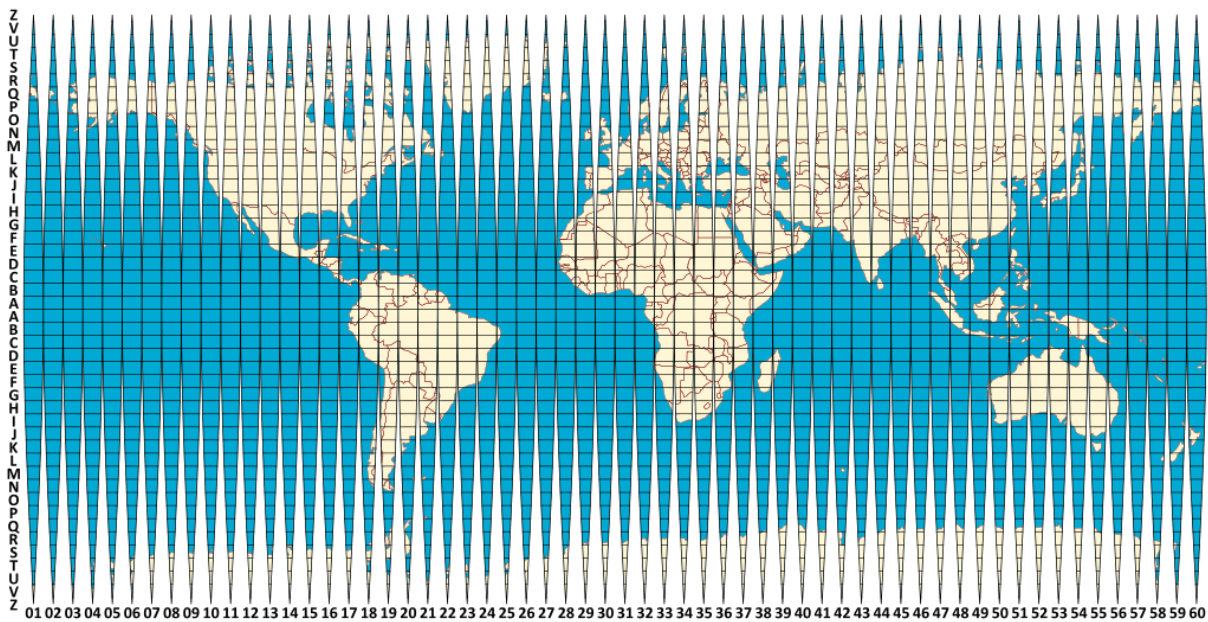
25. ábra: Gauss–Krüger-vetületi sávok



Forrás: Bácsatyai (2005: 126)

A sávok (zónák) szélessége 6° . A sávokat számmal (zónaszám) jelölik, a kezdő meridiánnal szemközt lévő meridiántól (antimeridián, dátumvonal) kezdve, keletre haladva. A 6° -os sávokat függőlegesen 4° -onként övezetekre (réteg) osztják fel, amelyeket az Egyenlítőtől északra az ABC betűivel jelölnek, A-val kezdődően (26. ábra). Ezek alapján Magyarország az M33, M34, L33, L34 jelű részekbe esik bele (27. ábra).

26. ábra: A Gauss–Krüger-vetület szelvényezése

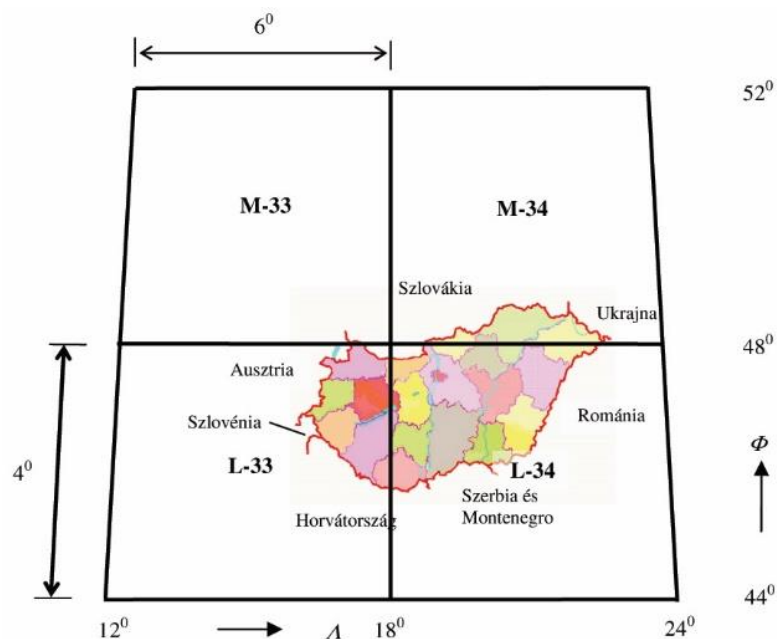


Forrás: [Wikimedia.org <URL>](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gauss-Krueger_projection.jpg)

Egy M 1:1 000 000 léptékű szelvény mérete $6^\circ \times 4^\circ$, jelölése például L34. Ezeket a területeket 12×12 szelvényre bontják, jelölésük 1-től 144-ig sorban történik (28. ábra). Ezután az egyes részeket újra és újra tovább negyedelik. Az első negyedelésnél az ABC nagy betűivel, a másodiknál a kis betűkkel jelölik az egyes részeket A-tól D-ig, majd az újabb negyedeket számozzák, 1-től 4-ig.

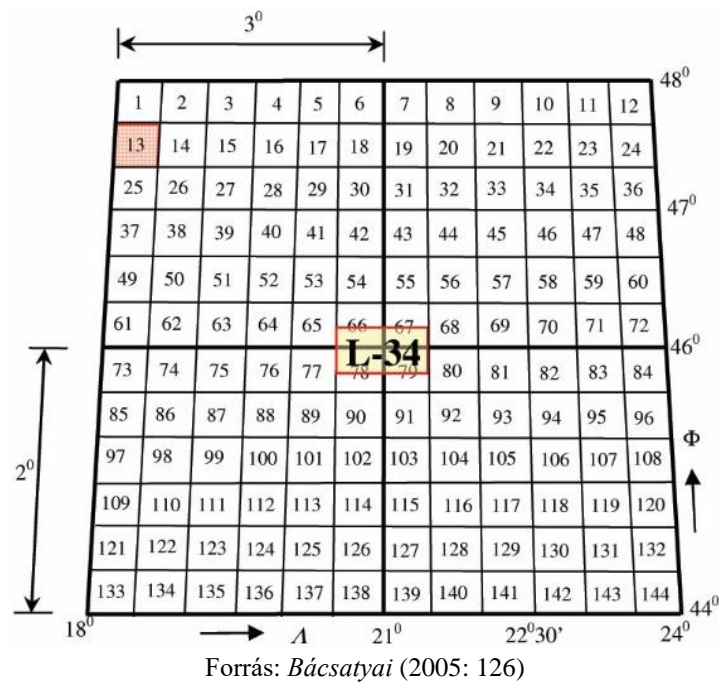
A különböző méretarányú szelvények jelölése tehát így alakul: 1:100 000 \rightarrow L34-13, 1:50 000 \rightarrow L34-13-C, 1:25 000 \rightarrow L34-13-Ca, 1:10 000 \rightarrow L34-13-Ca1 (29. ábra). (Belényesi és mtsai., 2008)

27. ábra: Magyarország a Gauss–Krüger-vetületi sávokban

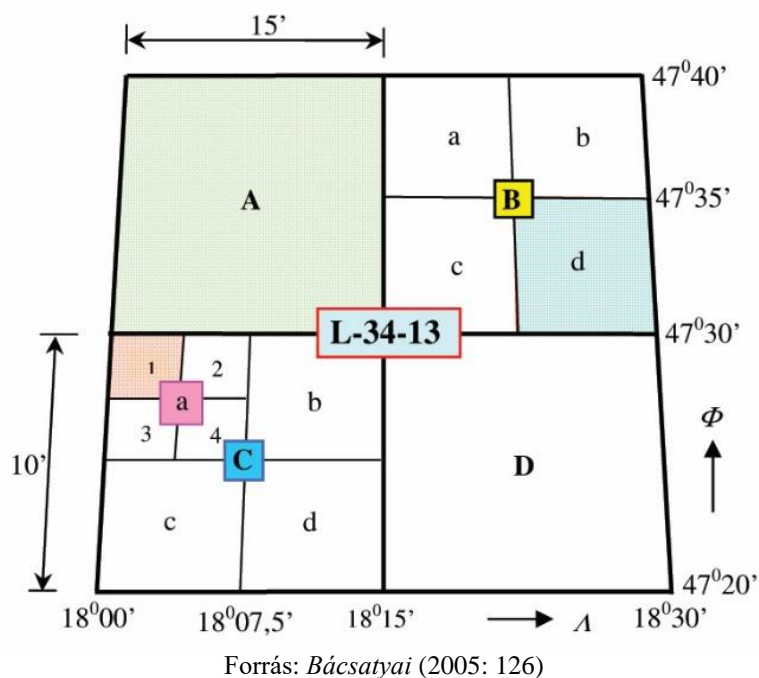


Forrás: *Bácsatyai* (2005: 126)

28. ábra: Az 1:1 000 000 méretarányú Gauss–Krüger-szelvény felosztása



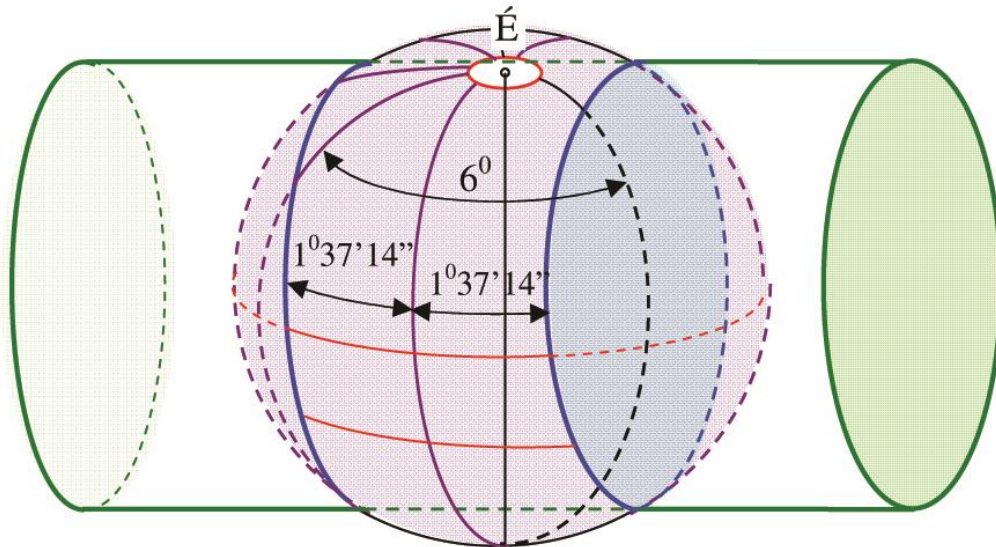
29. ábra: Az 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000 és 1:10 000 méretarányú Gauss–Krüger-szelvények



2.6.2. UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR (UTM)

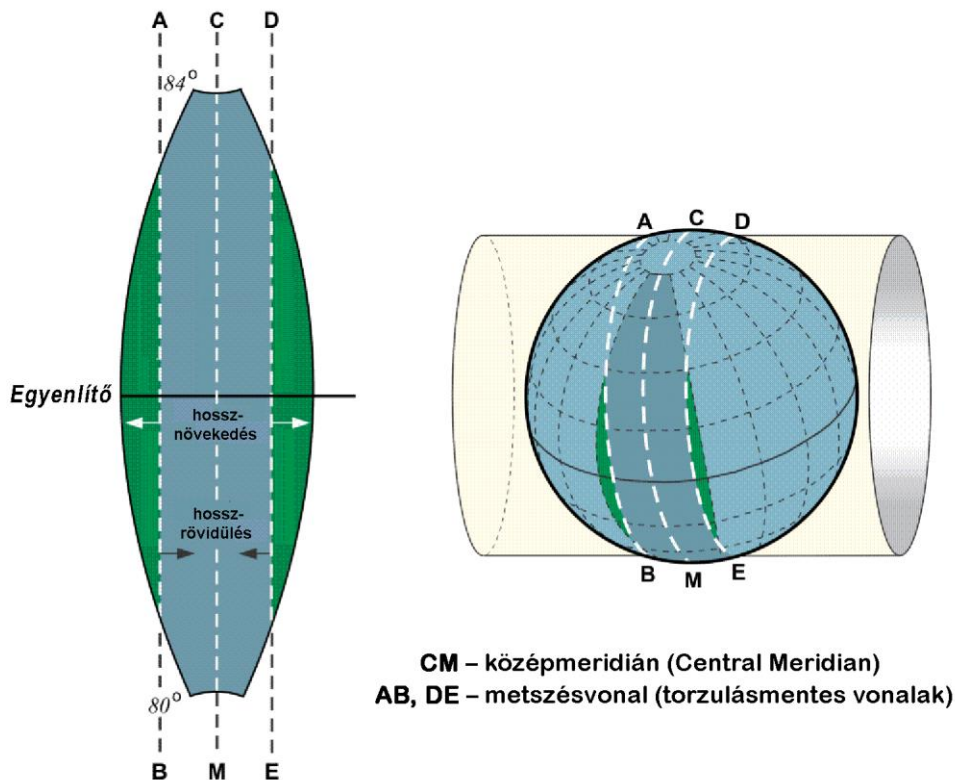
Az UTM-vetület szintén szögtartó hengervetület. A képfelületi henger metszi az ellipszoidot (redukált), tengelye az egyenlítő síkjában fekszik (transzverzális) és átmegy az ellipszoid középpontján (30. ábra). A henger két torzulásmentes vonalon metszi az ellipszoidot, a vonalakon belül a hosszrövidülés, kívül pedig a hossznövekedés van (31. ábra). A vetítés a Gauss–Krüger-vetületnél megismert módon történik az ellipszoid felszínéről a hengerpalástra, majd annak kiterítésével a síkra. (Varga, 2007)

30. ábra: UTM-vetítés



Forrás: Bácsyai (2005: 157)

31. ábra: Egy UTM-szelvény



CM – középmeridián (Central Meridian)
 AB, DE – metszészvonal (torzulásmentes vonalak)

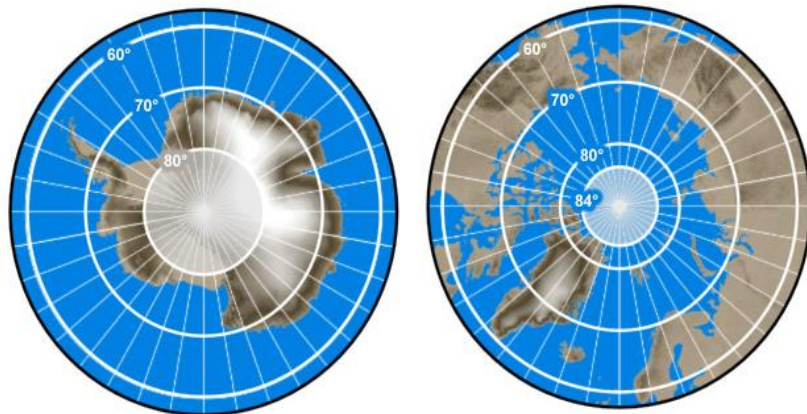
Forrás: e-education.psu.edu <URL> alapján

Az UTM-vetület végeredményben egy redukált elhelyezésű (metsző) Gauss–Krüger-vetület. Alapfelületként különböző forgási ellipszoidokat alkalmaznak. A nyugat-európai NATO-tagállamok többségében a Hayford-ellipszoid, az új tagállamokban és így Magyarországon is a WGS 84 ellipszoid az UTM-vetület alapfelülete.

Az UTM-vetületet – a sarkok felé jelentkező nagyobb torzítás miatt – csak a földrajzi szélesség $-80^\circ < \Phi < +84^\circ$ tartományában alkalmazzák. A pólusok körüli területek ábrázolására

bevezették az UPS (*Universal Polar Stereographic*) -vetületet, amely az ellipszoid két normális elhelyezésű (egyenlítőre merőleges tengelyű) redukált (metsző) sztereografikus vetülete (32. ábra).

32. ábra: Az UPS-vetület hatóköre



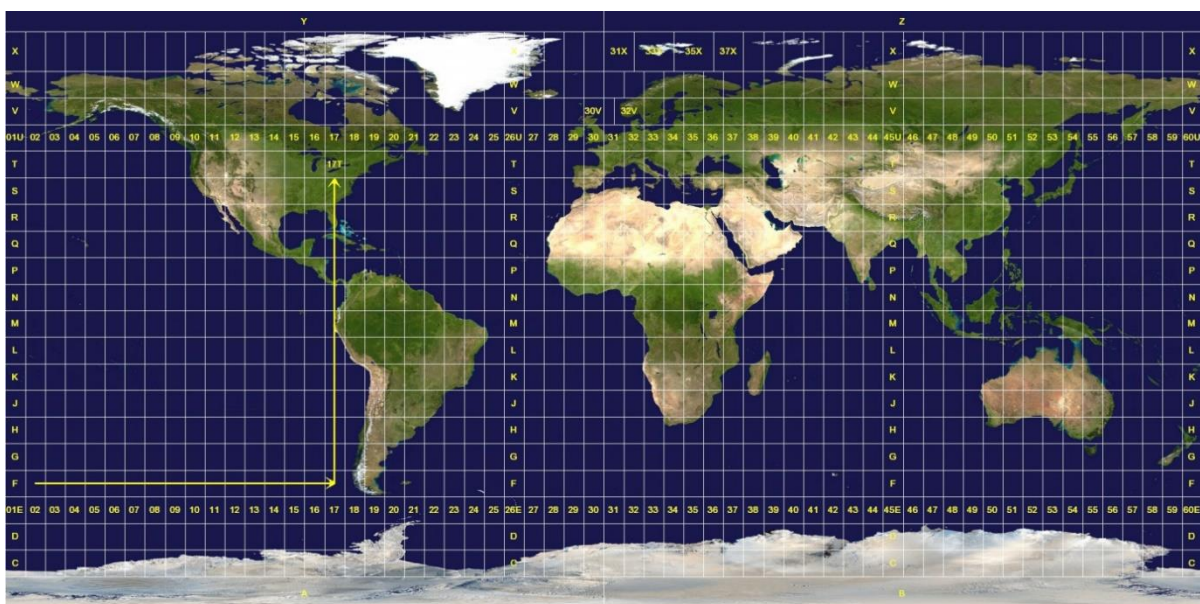
Forrás: *COMET Program* <[URL](#)>

Szelvényezése

A sávok beosztása, sorszámozása (zónaszámok) és a koordinátatengelyek kialakítása nagyon hasonló a Gauss–Krüger-vetületéhez. A sávok itt is 6° szélesek, az észak–déli beosztás viszont 8°. (Varga, 2000)

A függőleges sávokat nyugatról kelet felé számozzák, a greenwichi kezdőmeridiánnal szemben található az 1-es sáv. A vízszintes övek nagy latin betűs jelölése a déli 80°-nál kezdődik a C betűvel és az északi 84°-nál végződik az X betűvel. Az I és O betűket nem használják az 1-es és a nulla hasonlósága miatt. Az utolsó szélességi öv (X) nem 8°, hanem 12° széles, ami így magába foglalja a Föld legészakibb szárazföldi területeit is. Az Egyenlítőtől északra az első övezet jelölése N. A maradék négy betűt (A, B, Y, Z) a poláris területeken használják, a déli félgömbön az A és B, az északi félgömbön az Y és Z betűket (33. ábra).

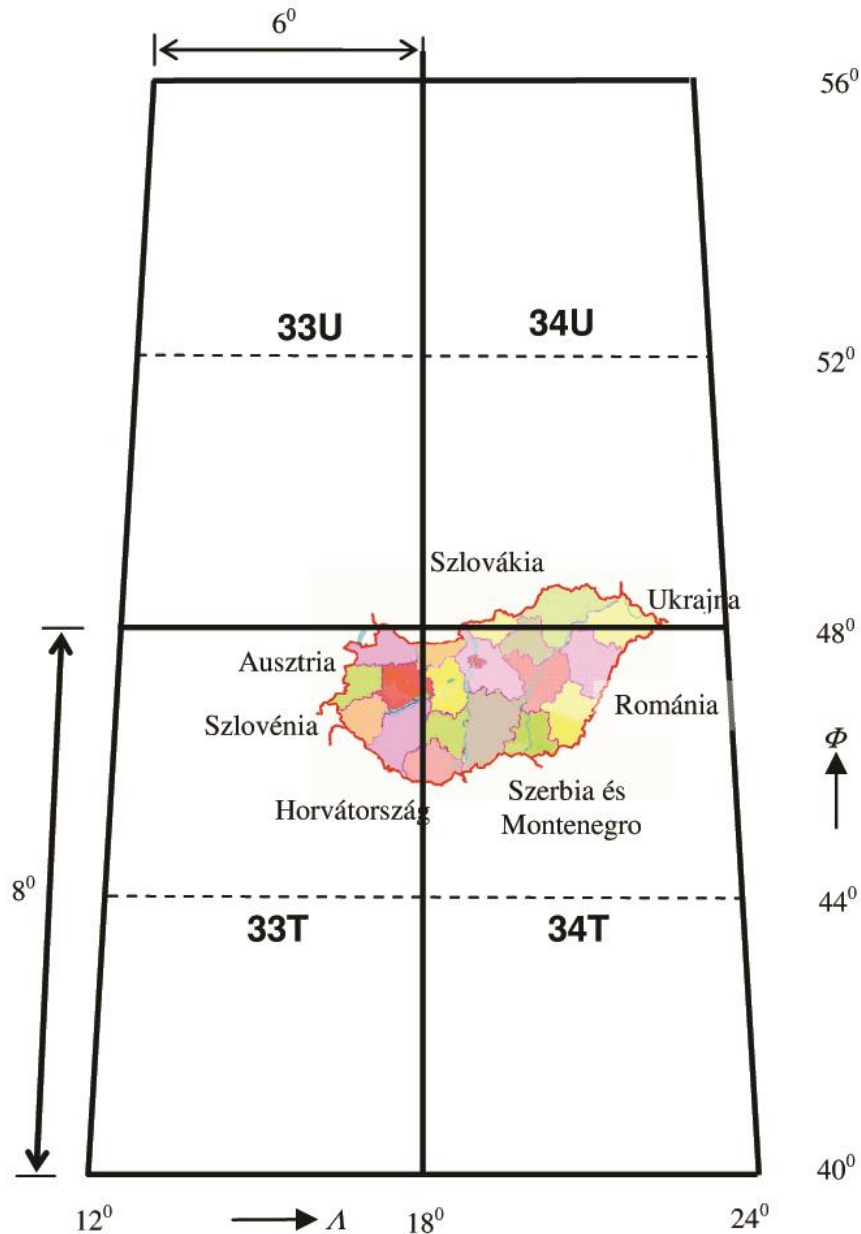
33. ábra: Az UTM-vetület szelvényezése



Forrás: *Wikimedia.org* <[URL](#)>

A jelölések alapján Magyarország az UTM-vetület 33. és 34. sávjába, és a T és U jelölésű övezetébe esik (34. ábra). A képen a szaggatott vonalak a Gauss–Krüger-réteghatárokat jelzik. (Bácsatyai, 2005)

34. ábra: Magyarország az UTM-vetületi sávokban



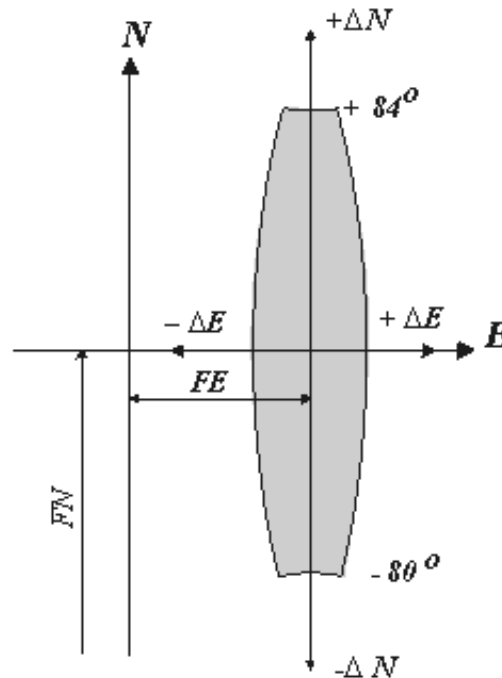
Forrás: Bácsatyai (2005: 163)

Egy adott pont koordinátáit (Észak – *North*; Kelet – *East*) méter pontosan adjuk meg az egyes vetületi sávokon belül.

A negatív előjelű koordináták használatának elkerülésére a sávonként használt ΔN , ΔE síkkoordináta-rendszert „eltolják”. A szelvényen kívül a ΔN , ΔE tengelyekkel párhuzamosan felvesznek egy N–E-koordinátarendszert, amiben már mindegyik koordináta pozitív előjelű. Az eltolást FN (*False Northing* – Hamis Észak) és FE (*False Easting* – Hamis Kelet) jelöli (35. ábra).

Így egy pont koordinátája ebben a rendszerben: $N = \Delta N + FN$ és $E = \Delta E + FE$. Az $FN = 0$ az északi féltekén, míg $FN = 10\,000\,000$ m a déli féltekén. Az $FE = 500\,000$ m mindegyik sávban. (Varga, 2000)

35. ábra: Síkkordináta-rendszerek az UTM-vetületi sávon



Forrás: Varga (2009a: 108)

Egy pont helyzetének megadása UTM-rendszerben tehát a következő:

$$33N E = 717\,334 N = 5\,140\,713.$$

A sáv a 33-as, az öv jelölésére (ami jelenleg a T) nincs szükség, hiszen a távolságot az Egyenlítőtől adjuk meg, az N jelzi az északi irányt. Tehát a pont a keleti hosszúság 12 és 18 foka között van, a pont 717 334 méterre van a koordináta-rendszer ordinátatengelyétől, így 500 000–717 334 méterre a zóna középmeridiánjától és 5 140 713 méterre, északra az Egyenlítőtől.

Az UTM-koordináták előnyei:

- A koordináták megadása méterben történik.
- Nincs negatív koordináta.
- Két pont távolsága Pitagorasz-tétellel könnyen számolható (a földrajzi szélességet és hosszúságot alkalmazó rendszereknél trigonometriai összefüggéseket kell alkalmazni). (Varga, 2000)

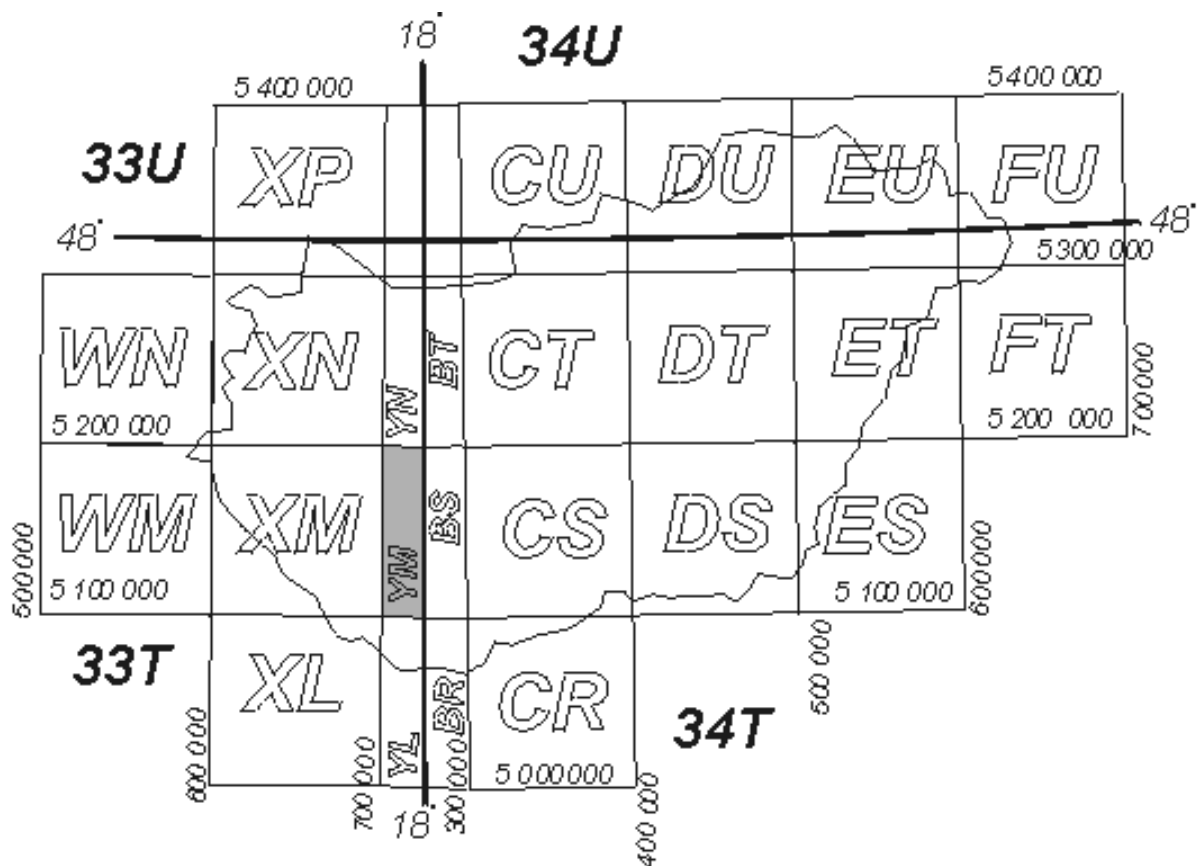
MGRS-azonosító

A NATO-ban nem az X–Y-síkkordinátapárt, hanem az MGRS-keresőhálózati rendszert (*Military Grid Reference System*) alkalmazzák. Az MGRS az UTM-vetületre épül, használatával bármely pont helyzetét egyetlen azonosítóval lehet megadni.

Az MGRS-azonosító három részből tevődik össze:

- az UTM-jelölés szerinti $6^\circ \times 8^\circ$ -os ellipszoidi négyszög jelzése (pl. 33T),
- egy az UTM-szelvényen belül kialakított $100\text{ km} \times 100\text{ km}$ -es hálózati mező azonosítója (pl. YM, 36. ábra),
- a kiválasztott hálózati mezőn (YM) belüli részkoordináták megadása E és N sorrendben (pl. 1733440713, ami 17 334 m Kelet és 40 713 m Észak).

36. ábra: MGRS-keresőhálózat Magyarország területén



Forrás: Varga (2005) <URL>

Az azonosítás pontosságát a harmadik tag számjegyei határozzák meg, ezek darabszáma mindig páros. Az elől lévő(k) a keleti (E), a hátsó(k) az északi (N) koordinátát adják meg a hálózati mezőn belül. Ha kettő számjegy van az 10×10 km-es, ha négy az 1×1 km-es, hogyha hat, az 100×100 m-es, ha nyolc, az 10×10 m-es pontosságot határoz meg. A meghatározás maximálisan méter pontosságú (1 m^2 -es terület) lehet, ehhez tíz ($5 + 5$) számjegy szükséges (3. táblázat). (Varga, 2005)

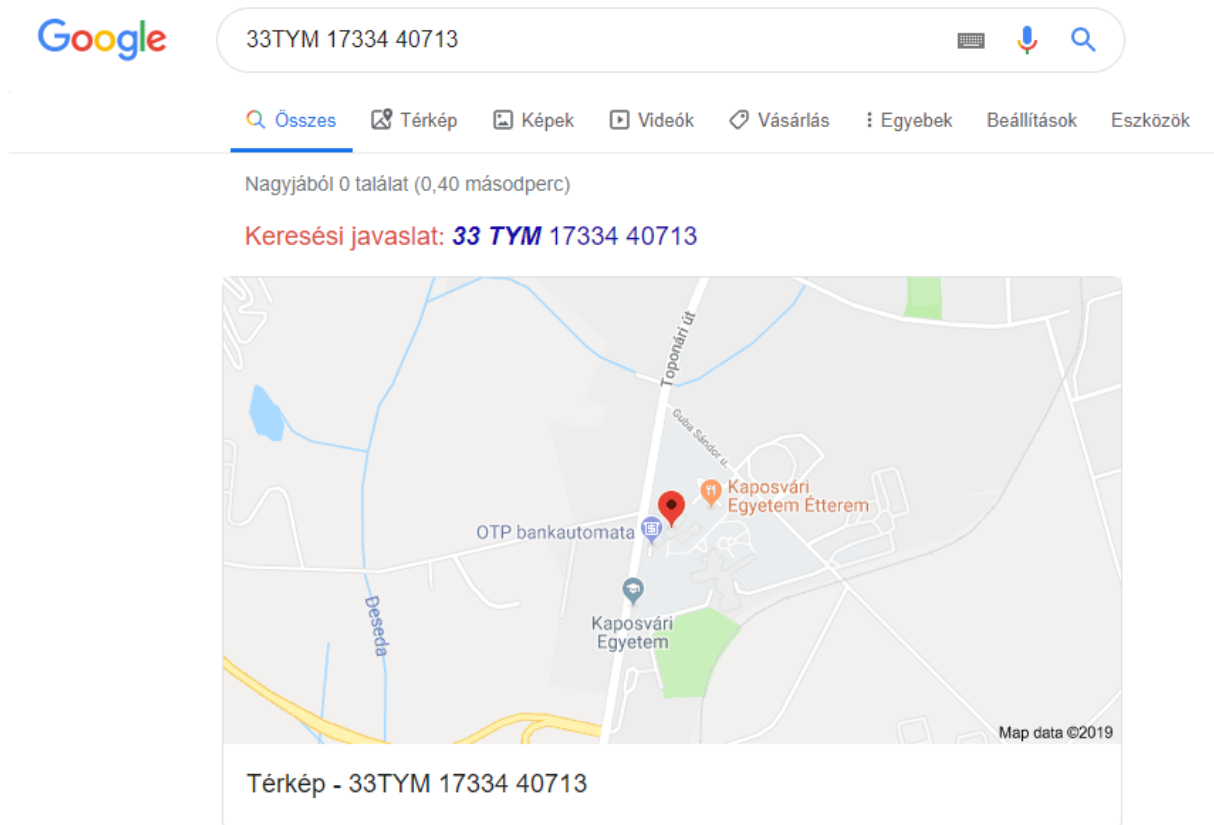
3. táblázat: Az MGRS-azonosító pontossága különböző megadás esetén

Koordináta	Leírás, pontosság
33T	UTM-zóna, pontosság $6^\circ \times 8^\circ$
33TYM	UTM-zóna és 100 km^2 -es azonosító, pontosság 100 km
33TYM 1 4	pontosság 10 km
33TYM 17 40	pontosság 1 km
33TYM 173 407	pontosság 100 m
33TYM 1733 4071	pontosság 10 m
33TYM 17334 40713	pontosság 1 m

Forrás: Maptools.com <URL> alapján

A példa szerinti MGRS-azonosító a 33 TYM 1733440713 megfelel a 33T E = 717 334 N = 5 140 713 UTM-síkkordinátáknak. Ez a $46^\circ 23' 6.14''$ N és $17^\circ 49' 37.36''$ E GPS-koordinátájú pont, ami a Kaposvári Egyetem Körépülete. A *Google Maps* „ismeri” az MGRS-azonosítót, így az azzal megadott pontokat megkereshetjük vele (37. ábra).

37. ábra: Az MGRS-azonosítóval „megtalált” Körépvület



Forrás: *Google.com* <[URL](#)>

2.6.3. SPHERICAL MERCATOR-VETÜLET [EPSG: 3857]

A Spherical (gömb) Mercator-vetület a Mercator-vetület egy variációja. A földrajzi szélességet és a hosszúságot a WGS 84 ellipszoidról vetítik a gömbre. A gömb sugara $R = 6\,378\,137$ m, ami megegyezik az ellipszoid egyenlítői fél nagytengelyének méretével. (*Battersby és mtsai.*, 2014)

Butler és mtsai. (2013) a spatialreference.org weboldalon összegyűjtötték a használatban lévő referenciarendszerek paramétereit. Ezen ezt olvashatjuk: „Egyes webes térképező és vizualizációs alkalmazások használják. [...] Nem elismert geodéziai rendszer.”

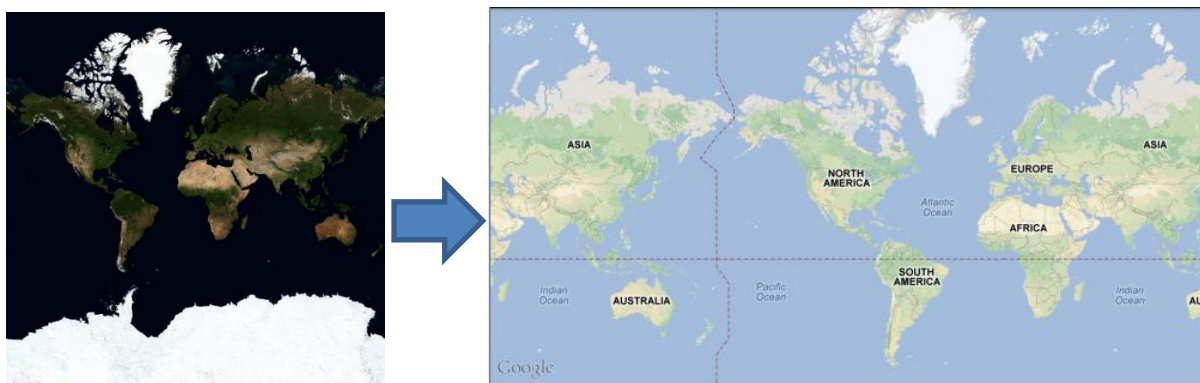
A vetület akkor került előtérbe, amikor a Google Maps 2005-ben alkalmazta. Ideális esetben a webes térképezéshez is torzulásmentes vetületet kellene használni, mivel azonban ilyen nincs, ezért a Spherical Mercator került kiválasztásra, mint olyan, ami „good enough” (elég jó) megoldás erre a célra (38. ábra).

A nyílt forráskódú GIS-közösségekben, így az OpenLayers-közösségben is, a Spherical Mercator-vetület a webes térképkészítési alkalmazások de facto szabványa lett. Ezt használja a Google Maps, Microsoft Bing Maps, Yahoo Maps, OpenStreetMap és más kereskedelmi API⁵-szolgáltatók (Esri's ArcGIS Online), valamint a National Map of the USGS (*Battersby és mtsai.*, 2014; *Openlayers.org*, n. a.).

A Spherical Mercator-vetület számos más elnevezésével is találkozunk: *Web Mercator*, *Google Web Mercator*, *WGS 84 Web Mercator* vagy *WGS 84 / Pseudo-Mercator*. (*Wikipedia.org*, n. a.). Az egysége nem fok, hanem méter (*EPSG.io*, n. a.).

⁵ API: Application Programming Interface = Alkalmazás-programozási felület

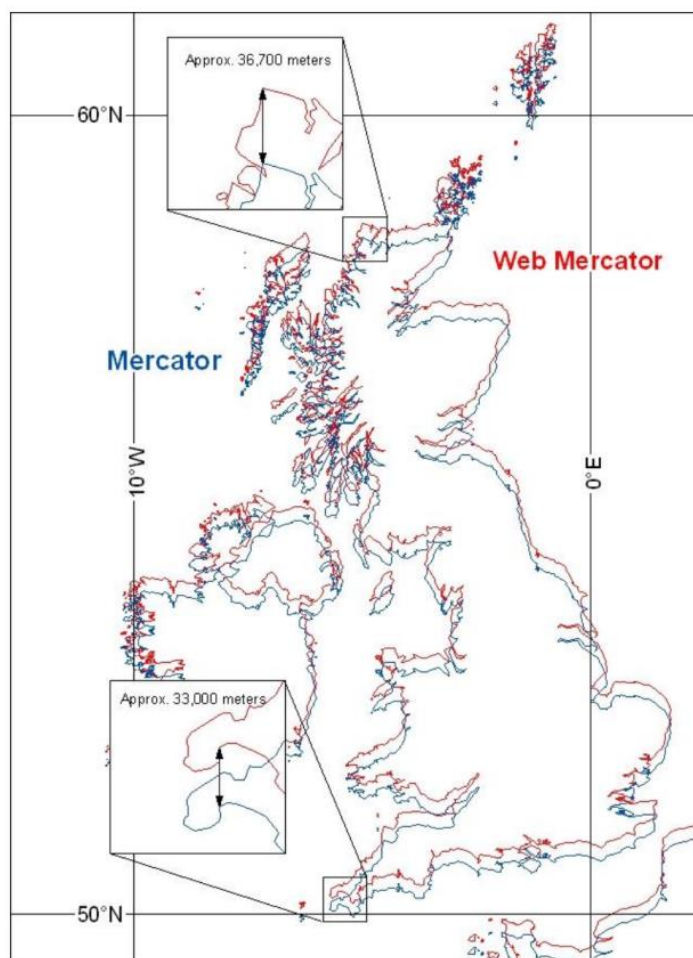
38. ábra: A Spherical Mercator-vetület a Google Térképen



Forrás: Wordpress.com <[URL1](#)> és Google Maps <[URL2](#)> alapján

A processzor működési idejének megtakarítása érdekében a pontok ellipszoidi koordinátáit sohasem alakítják át gömbi koordinátákká, ami hibákat okoz. Az eltérések a sarkok felé haladva nőnek, a 70-es szélességi fokon elérhetik a 40 km-t is (39. ábra). Ezt a vetületet nem használják navigációs vagy kataszteri térképezésre, fő alkalmazási területe a *tematikus térképezés*. (Stefanakis, 2015)

39. ábra: Eltérés a Mercator- (kék) a Spherical Mercator- (piros) vetületek között



Forrás: NGA (2014: A-6)

A Google Maps API

A Google API-k a Google által kifejlesztett alkalmazás-programozási interfészek, amelyek lehetővé teszik a kommunikációt a Google Szolgáltatásokkal és integrálást más szolgáltatásokhoz. Ilyenek például a Search, a Gmail, a Translate vagy a Google Maps. (Seligman, 2017)

A Google-térképen tetszőlegesen mozoghatunk, nagyíthatjuk. Ha ráközelítünk egy területre, akkor az egyre részletesebben jelenik meg a térképen. Ilyenkor nagyítási szinteken „lépkedünk”, egyre lejjebb „megyünk” a piramisban, közben az egyes nagyítási szintek méretaránya egyre nagyobb lesz (40. ábra).

40. ábra: Képpiramis



Forrás: Maptiler.com <[URL](#)>

A *Google Maps Platform* (2020) weboldalán található az eljárás leírása. Kiindulás a WGS 84 [EPSG: 4326] koordinátarendszerben fokban megadott koordináták.

Az ellipszoidi koordinátákat a Spherical Mercator-vetületre [EPSG: 3857] vetítik, ahol méter az egység. A térképen a déli és az északi 85 fokos szélességi körön belül ábrázolják a pontokat.

A vetített koordinátákból számítják az úgynevezett világkoordinátákat (*World coordinates*). A Google-térkép origója a térkép északnyugati sarka, ami a 180 fokos hosszúsági és a ~85 fokos szélességi körök metszéspontja. Innen az x tengely keleti irányba (jobbra), az y pedig déli irányba (lefelé) növekszik, mindig pozitív (41. ábra). A képen nincs nagyítás, az egész világ látható, ami egy 256×256 képpontból álló úgynevezett csempén van. Ebből az következik, hogy a gömbi koordinátákat 0 és 256 közötti értékre kell átszámítani, amelyek emiatt sok tizedes jegyet tartalmazó számok lesznek.

41. ábra: Pixelkoordináták



Forrás: *Google Maps Platform* (2020) <[URL](#)>

A pixelkoordináták egy adott pixelre vonatkoznak a térképen egy bizonyos nagyítási szinten, míg a világkoordináták az adott vetületen lévő abszolút helyet adják meg. A világkoordinátából az alábbi egyenlettel számítható ki a pixelkoordináta:

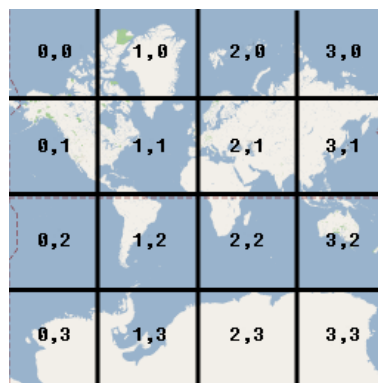
$$\text{pixelCoordinate} = \text{worldCoordinate} * 2^{\text{zoomLevel}}$$

A pixelkoordináták tehát a nagyítástól (zoomLevel) függenek, minden nagyítás után újra kell ezeket számolni. A felső szinten, ahol a zoomLevel = 0, a pixelkoordináta egyenlő a világkoordináta egészrészével. A legfelső szinten 256 × 256 pixel van, a következő szinten 512 × 512 és így tovább. A szoftver rendre kiszámítja a képpontkoordinátákat az adott zoomszinten.

Nagyításkor vagy mozgatóskor nem töltődik be a szintnek megfelelő teljes kép, csak annak az a része, amelyik „befér” a megjelenítő ablakba. Azért, hogy ez egyszerűbb legyen, a térkép különböző szintjein lévő képeit úgynevezett csempékre osztják fel. A legfelső szinten, a piramis tetején egy csempe van, aztán négy csempe, majd 16 és így tovább. Minden csempe azonos méretű, 256 × 256 pixel. Csak a releváns csempéket kell betölteni és megjeleníteni az adott nézet számára.

Ehhez a pixelkoordinátákból meg kell határozni a – zoomtól függő – megjelenítendő csempék koordinátáit. A csempekoordináták koordináta-rendszere megegyezik a pixelkoordináta-rendszerrel. A csempéket egész számokkal azonosítják, ami a csempe tengelyek mentén vett sorszám az origótól számítva. Például a 2. szintnél, amikor a térkép 16 csempére van felosztva, minden csempére egyedi x, y koordinátapárral lehet hivatkozni (42. ábra).

42. ábra: A piramis egy csempéjének koordinátái

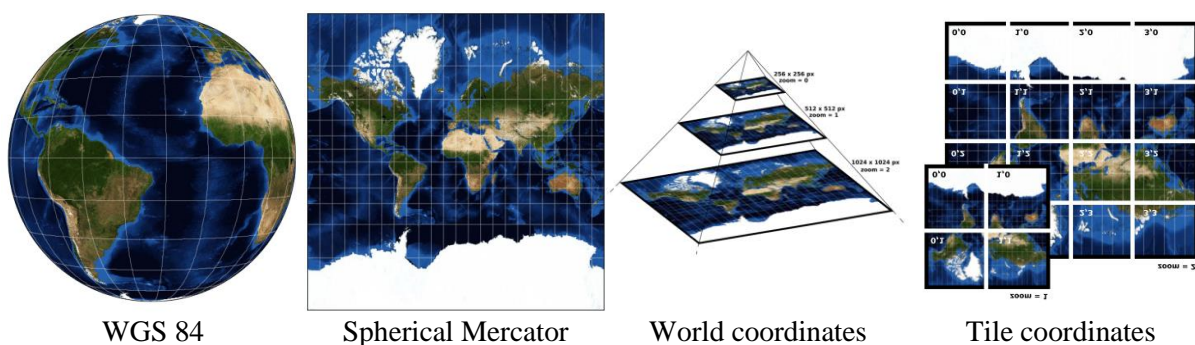


Forrás: Google Maps Platform (2020) <[URL](#)>

Az API a csempekoordinátát úgy számítja, hogy az adott nagyítási szint pixelkoordinátáit elosztja a csempe méretével (256-tal), majd az eredmény egész részét veszi figyelembe. Minden szükséges adat rendelkezésre áll a térkép megjelenítéséhez. (Google Maps Platform, 2020)

A folyamat lépéseit az 43. ábra mutatja be.

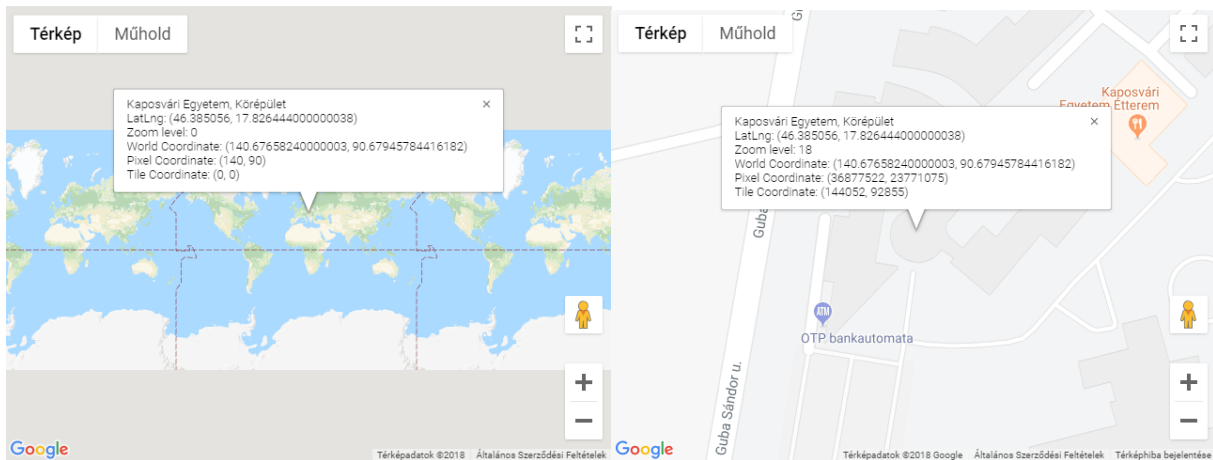
43. ábra: Google-térkép koordinátáinak előállítása



Forrás: Maptiler.com <[URL](#)> alapján

Az API leírásánál az eljárásra egy példát is mutat a weboldal⁶. A megadott kódban a szélességi és hosszúsági adatok, valamint a felirat módosítása a 44. ábrán látható eredményre vezetett.

44. ábra: Példa a koordinátákra különböző nagyítási szinteken



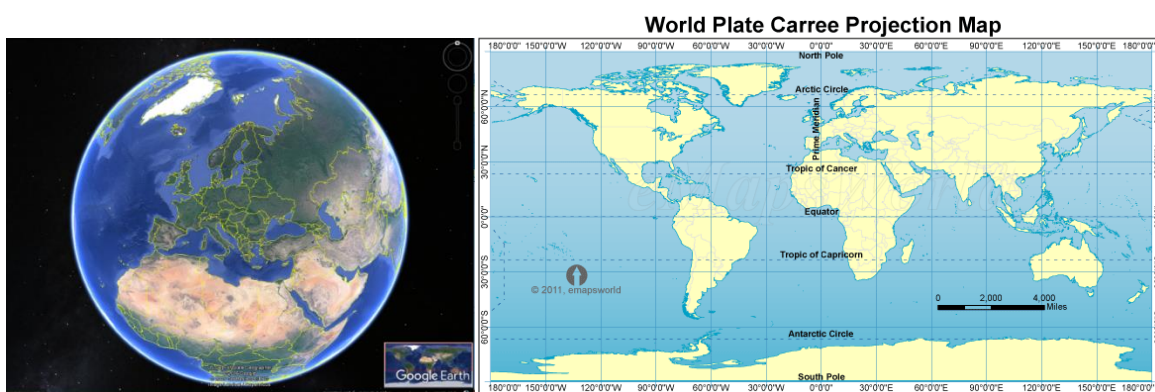
Forrás: *Jsfiddle.net* <URL> oldalon található kód alapján

2.6.4. NÉGYZETES HENGERVETÜLET [EPSG: 32662]

A Google Earth (Google Föld) program négyzetes hengervetületet (*Plate carrée*) használ a WGS 84 ellipszoidon a raszteres „képek” megjelenítéséhez (*Senoner, 2007*).

Ez egy egyszerű vetület, amelyet az ókori görög kartográfus Türoszi Marinusz alkotott (*Papp-Váry, 2007*). A vetületen a hosszúsági és szélességi körök egyenlő távolságra helyezkednek el, egyenes vonalúak, egymásra merőlegesek (45. ábra). A vetület általános torzulású (sem terület-, sem szög tartó), a meridiánokban és az Egyenlítőben hossz tartó (*Györffy, 2012*).

45. ábra: A Google Earth és a négyzetes hengervetület



Forrás: *Google Earth* program kezdőképe és *Mapsopensource.com* <URL>

A vetületi torzulások miatt a geodéziában és a térképészetben nem használják, kivéve a tematikus térképeket, prezentációkat. Ez a vetület vált a globális raszteres adatok kezelésének „szabványává”, mivel rendkívül egyszerű kapcsolat áll fenn egy térképi képpont és a neki megfelelő „földi pont” földrajzi helyzete között. (*PROJ contributors, 2018*)

⁶ A <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/examples/map-coordinates> weboldaltól a <> gombra kattintva eljuthatunk a <https://jsfiddle.net/> oldalra, ahol a kód online megtekinthető, átszerkeszthető és futtatható.

2.7. Helyi rendszerek

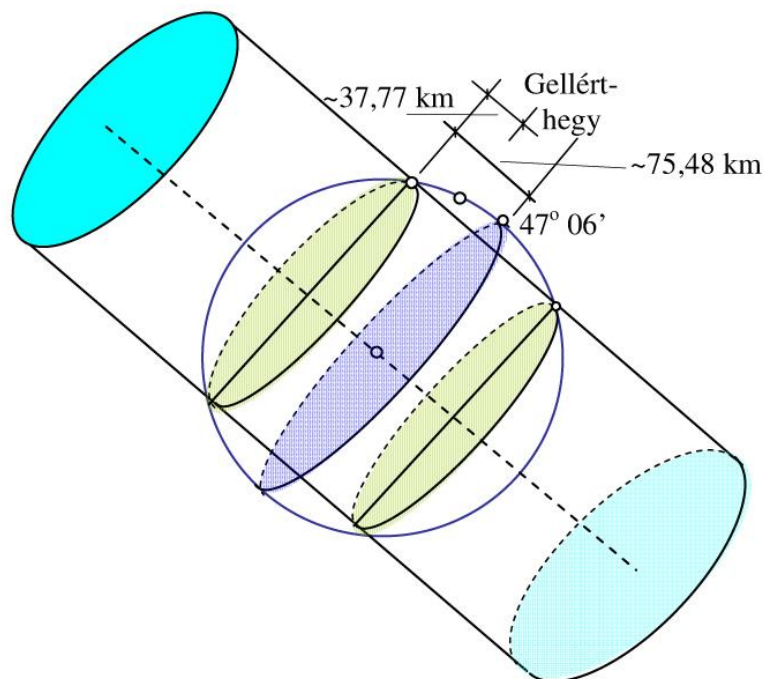
2.7.1. EGYSÉGES ORSZÁGOS VETÜLET (EOV) [EPSG:23700]

Az 1975-ben bevezetett EOV a magyarországi földmérési térképek vetületi rendszere, amely a polgári célú térképezés általánosan, és mára kizárólagosan használt vetülete lett (Bartha és Havasi, 2011).

A 15/2013. (III. 11.) VM rendelet szerint: EOV (Egységes Országos Vetület): az állami földmérési, ingatlan-nyilvántartási, topográfiai térképi és távérzékelési adatbázisok és térképek sík vetületi rendszere.

Az EOV kettős vetítésű, szögtartó, ferde tengelyű, metsző hengervetületi rendszer. Az alapfelülete az IUGG 1967 ellipszoid, amelyről először az új Gauss-gömbre, majd onnan a súlylyesztett (metsző) hengerre történik a vetítés. Az ország területe így egyetlen vetületi síkon ábrázolható. A metszőkörökön belül a hosszak rövidülnek, kívül pedig növekednek (46. ábra). (Belényesi és mtsai., 2008)

46. ábra: Az Egységes Országos Vetület (EOV)

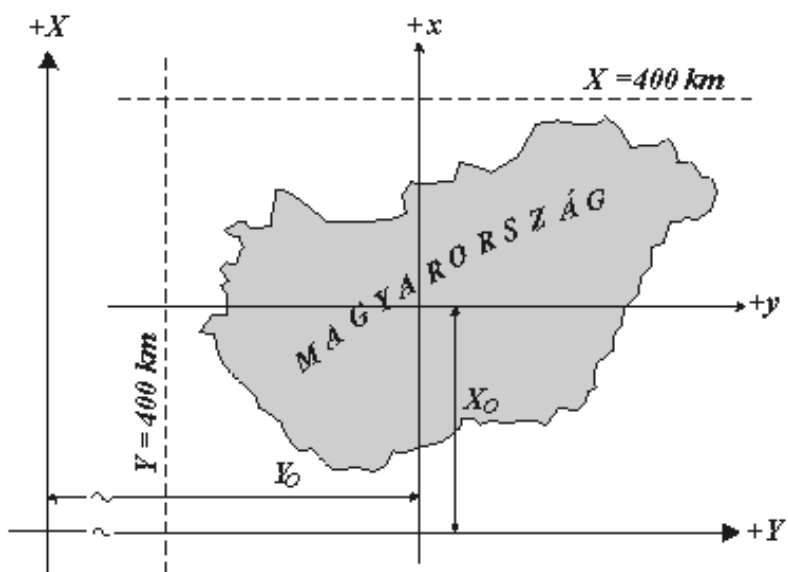


Forrás: Bácsatyai (2005: 99)

A vetülettel együtt került bevezetésre az EOV szelvényezési rendszere, az *Egységes Országos Térképrendszer* (EOTR). Az EOTR szelvényei hézagmentesen lefedik és számozásban is egységesen átfogják az ország egész területét, a kis méretarányoktól kezdve a legnagyobb méretarányig. Az EOTR-szelvényezésben egyaránt készülnek nagy méretarányú (kataszteri) és topográfiai térképek. Ma már kizárólag ebben készítik a nagyobb méretarányú földmérési alaptérképeket. (Bácsatyai, 2005)

Az EOV-vetületben a koordinátatengelyek tájolása ÉK-i, eszerint X tengely pozitív iránya északra, az Y tengely pozitív iránya keletre mutat. Az előjelhibák kiküszöbölésére a koordinátarendszer kezdőpontját az ország területén kívülre helyezték, 200 km-rel délre (X_0) és 650 km-rel nyugatra (Y_0) tolták el (47. ábra). Ezzel egyrészt elérték, hogy a koordináták pozitív előjelűek lettek, másrészt értékük alapján meg lehet különböztetni az X és Y koordinátákat. Az X koordináták mindig kisebbek, az Y koordináták pedig mindig nagyobbak, mint 400 000.

47. ábra: Az EOY-vetület koordinátarendszere

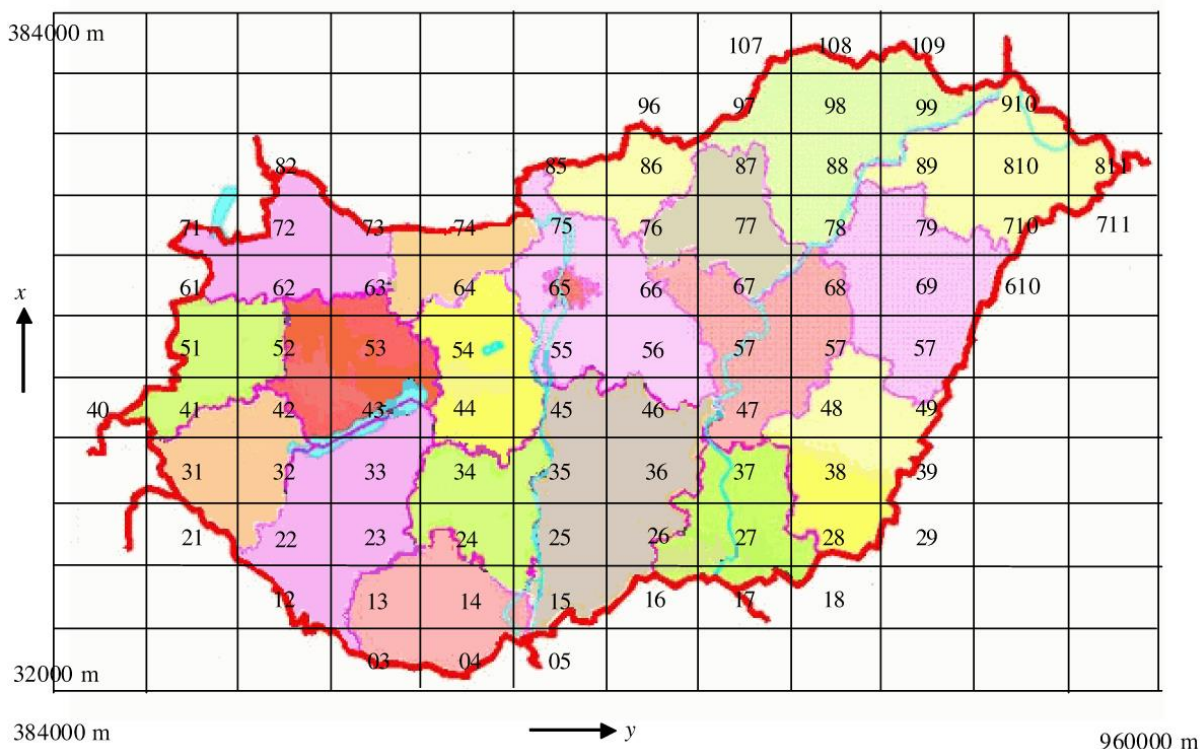


Forrás: Varga (2009a: 86)

Szelvényezése

Az ország területét 84 db 1:100 000-es szelvényre osztják. A szelvények számát a sorok sorszama és az oszlopok sorszama adja meg. A sorszámozás a bal alsó sarokból indul (48. ábra). (Belényesi és mtsai., 2008)

48. ábra: Az EOYR szelvényhálózata. Az 1:100 000 méretarányú szelvények



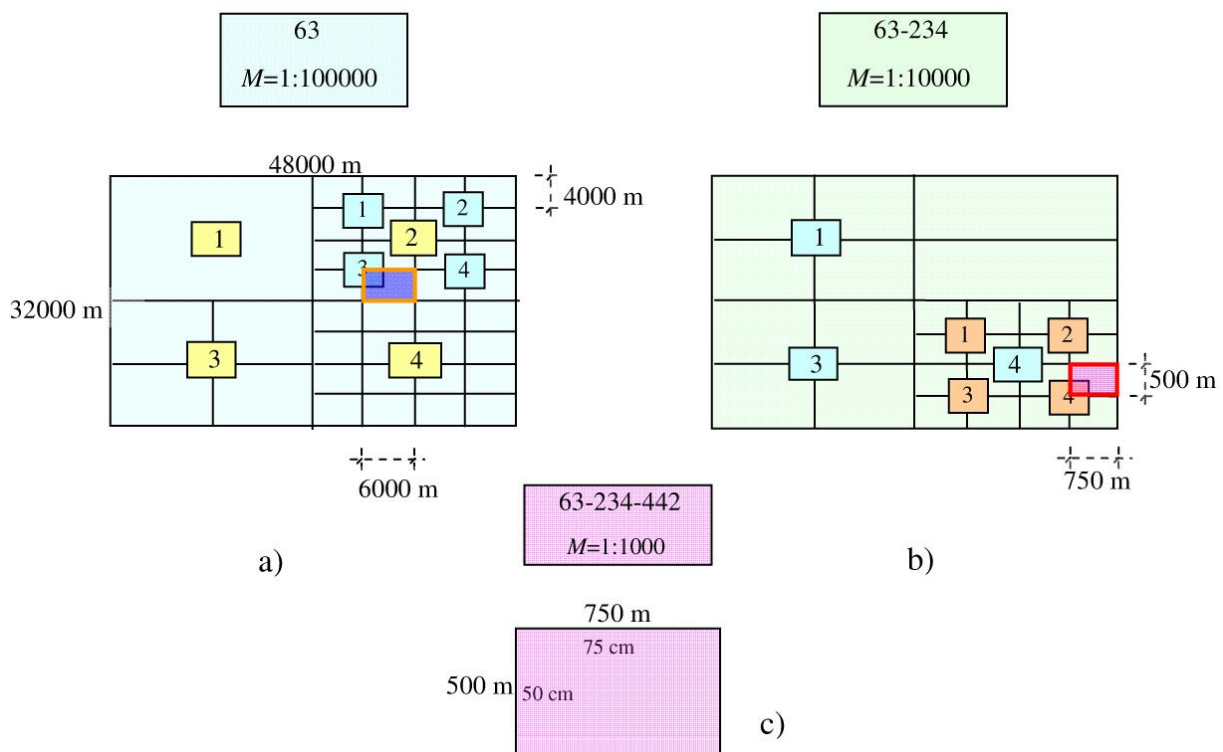
Forrás: Bácsatyai (2005: 107)

Az 1:100 000-es szelvényeket negyedeléssel rendre további részekre osztjuk fel. A jelölésben a negyed sorszámát adjuk meg, a bal felső sarokból kiindulva az óramutató járásával egyezően 1-től 4-ig. A szabály szerint kialakított különböző méretarányú szelvényeket az alábbiak szerint jelöljük:

- M 1:100 000 – 63,
- M 1:50 000 – 63-2,
- M 1:25 000 – 63-23,
- M 1:10 000 – 63-234,
- M 1:5 000 – 63-234-4,
- M 1:2 500 – 63-234-44,
- M 1:1 000 – 63-234-442 (49. ábra). (Bácsatyai, 2005)

49. ábra: Az EOVS-szelvények alóosztása

Az EOVS különböző méretarányú szelvényei 1:100 000 (a), 1:10 000 (b), 1:1000 (c)



Forrás: Bácsatyai (2005: 109)

Felmérési, kitűzési cél érdekében a vetülethez kialakítottak a rendszert fizikailag képviselő, állandósított pontokból álló vízszintes (háromszögelési) és függőleges (magassági) alapponthálózatot. A két hálózat az EOVA (Egységes Országos Vízszintes Alapponthálózat) és az EOMA (Egységes Országos Magassági Alapponthálózat).

Az alappontoknál fontos, hogy ne mozduljanak el, ezért vagy kiépítik azokat, vagy stabil meglévő objektumokat (pl. templomtorony) használnak fel (50. ábra). A több tízezernyi alappontból pontleírás készül, ami tartalmaz egy helyszínrajzot a pont környezetéről, magas pontoknál pedig egy oldalnézeti rajzot az építményről, ezenkívül a pont koordinátáit és más hasznos információkat (51. ábra) (Busics, 2010d).

Tapasztalat szerint az így kiépített alappontok jelentős része megrongálódott vagy teljes egészében eltűnt. A műholdas navigációs rendszerek térnyerése miatt szerepük leértékelődött, ma már kevésbé fontos.

50. ábra: Kiépített vízszintes és magassági alappont



Forrás: *Békés megyei Járási Hivatalok honlapja* <[URL1](#) és [URL2](#)>

51. ábra: Vízszintes és magassági alappont leírása

Lechner Nonprofit Kft.		Vízszintes alappont leírása		
Pontszám:	75-2403			
EOV	660665.81	X	275110.13	
Megye:	Pest			
Település:	Kozd			
Stereo. tr.	-10668.63	37008.37	tr.	
Állapot:	rendben			
HGR tr.	-10668.12	-74770.56	Meghatározás:	1983
N.A.			Állandósítás:	kő
Helyszínrajz leírás: 		Állandósítás éve: 1983 Állandósítás megjegyzés: Pontvidék: vasbetonlap Rendfajta: IV. rendű Iránypont: nem GPS hálózatok: nem Helyszínlelés: Magasság: jéző kő: 260.28 állandósítási kő: 259.61 földalatti jel: 258.55 Megjegyzés:		

Lechner Nonprofit Kft.		Magassági pontleírás	
Pontszám:	1035117-1		
Más azonosító:	140312		
Megye:	Pest		
Település:	Rád		
Állandósítás:	csap		
EOMA meghatározás éve:	1988		
Bendefly meghatározás éve:	1964		
Helyszínlelés:	2009, 2011		
Magasság:			
EOMA: 137.428	Balti: 137.448		
EOV koordináta:			
Y: 662985	X: 272325		
Helyszín leírása: Rákóczi út 15.sz. Zsókaliczai Tibor lakóép.-nek út felőli falában, 9,20 km-nél.			
Megjegyzés:			

Forrás: *Geoshop.hu* <[URL1](#) és [URL2](#)>

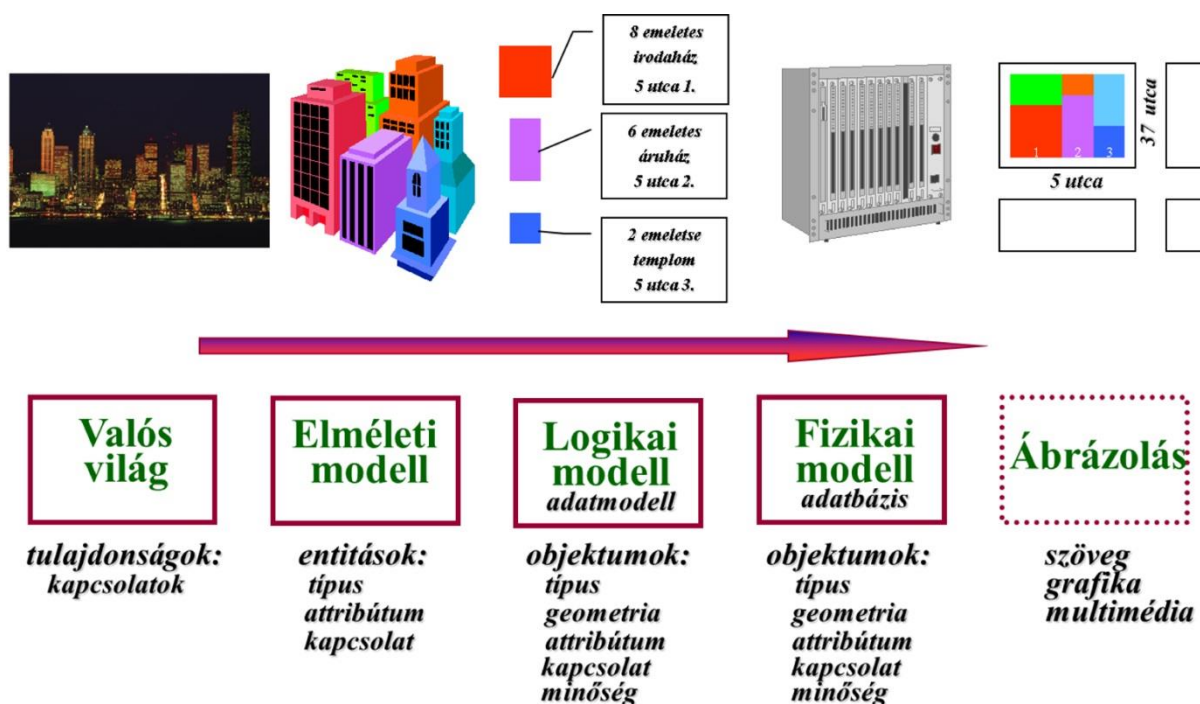
3. ADATMODELLEK, TÉRBELI ÉS LEÍRÓ ADATOK

3.1. Modellezés

A valós világ rendkívül összetett. A térinformációs rendszerek létrehozásakor a valós világ teljes leírása helyett annak modellezésére törekszünk. A modell a valóság leegyszerűsített absztrakta mása, amely a valóság egy részének a vizsgált szempontok szerinti tulajdonságait, törvényszerűségeit mutatja be annak érdekében, hogy azokat következtetések levonására alkalmassá tegye.

A valós világ modellezése általában négy lépésre osztható (52. ábra). Első lépésben ki kell választanunk a valós világ egy adott vizsgálat számára fontos jellemzőit, amelyeket *entitásoknak* (egyedeknek) hívunk. Ebben a lépésben a valós világ kiválasztott egyedeiből hozzuk létre az elméleti modellt. Következő lépésben a logikai modellt alakítjuk ki. A logikai modellben a kiválasztott entitások digitális megfelelői az *objektumok*. A logikai modell (adatmodell) az objektumok jellemző adatainak számítógépi tárolási módját, az adatszerkezetet írja le. A következő lépésben a logikai modellben (adatmodellben) szereplő jellemzőket konkrét értékekkel töltjük fel, létrejön a fizikai modell, az *adatbázis*. Az utolsó lépésben a vizsgálat által szerzett új ismeretek (információk) megjelenítésére a megjelenítési modellt használjuk. (Detrekői és Szabó, 2002)

52. ábra: Modellezés a térinformatikában



Forrás: Selinger (n. a., 12)

3.1.1. ADATMODELL

Az adatmodell nem konkrét adatokkal, foglalkozik. Az adatmodell az adatok típusait és a közöttük lévő kapcsolatokat írja le (egyed típus, tulajdonságtípus, kapcsolattípus), tulajdonképpen egyedek, tulajdonságok és kapcsolatok halmaza. Az adatmodell feladata, hogy az adatok tárolásához megfelelő szerkezetet, keretet adjon, valamint ezek lekérdezhetőségét, visszakeresését is biztosítani tudja. Egy adatbázis-kezelő rendszer mindig egy adatmodellre épül, az abban meghatározottak szerint felépülő adatbázisokat kezel.

Az adatmodellek alapelemei

- *Egyedtípus* (entitás): Minden olyan objektum, ami minden más objektumtól megkülönböztethető, például könyv, autó. Az egyedtípust tulajdonságaival írjuk le. Az egyedtípus csak az egyed tulajdonságait (attribútumait) sorolja fel, de nem rendel hozzá értéket.
- *Tulajdonságtípus* (attribútum): Az attribútumok az egyedek jellemzői, tulajdonságai. Például az autó egyedtípust a következő attribútumokkal írhatjuk le: típus, évjárat, szín stb. Az attribútumok lehetnek egyszerűek (szín) vagy összetettek (cím: város, utca, házszám), egyértékűek (irányítószám) vagy többértékűek (könyv szerzői).
- *Kulcsattribútum*: Ha egy tulajdonság egyértelműen meghatározza, hogy az egyedtípus melyik előfordulásáról van szó, akkor ezt a tulajdonságot kulcsnak nevezzük. Például a rendszám egyértelműen meghatározza az autó típusát, évjáratát, színét stb. az autó egyed esetében. A kulcsot nem csak egy tulajdonság, hanem a tulajdonságok egy csoportja is alkothatja, ilyenkor összetett kulcsról beszélünk. Például egy személyt egyértelműen meghatározhatnak a következő tulajdonságai: név, születési év, anyja neve.
- *Típus és előfordulás*: Amikor az autó egyedtípus tulajdonságait egy autóra vonatkozó konkrét értékekkel látjuk el, akkor beszélünk egy adott típusú értékről mint előfordulásról.
- *Kapcsolattípus*: az egyedek egymáshoz való logikai viszonya. Az egyedtípusok leírása nem elegendő, az adatmodellben a köztük lévő kapcsolatokat is le kell írni. A kapcsolatban lévő egyedtípusok között a kapcsolat lehet teljes, amikor minden előfordulásra fennáll a kapcsolat, vagy részleges (parciális), amikor nem minden előfordulásra áll fenn a kapcsolat.

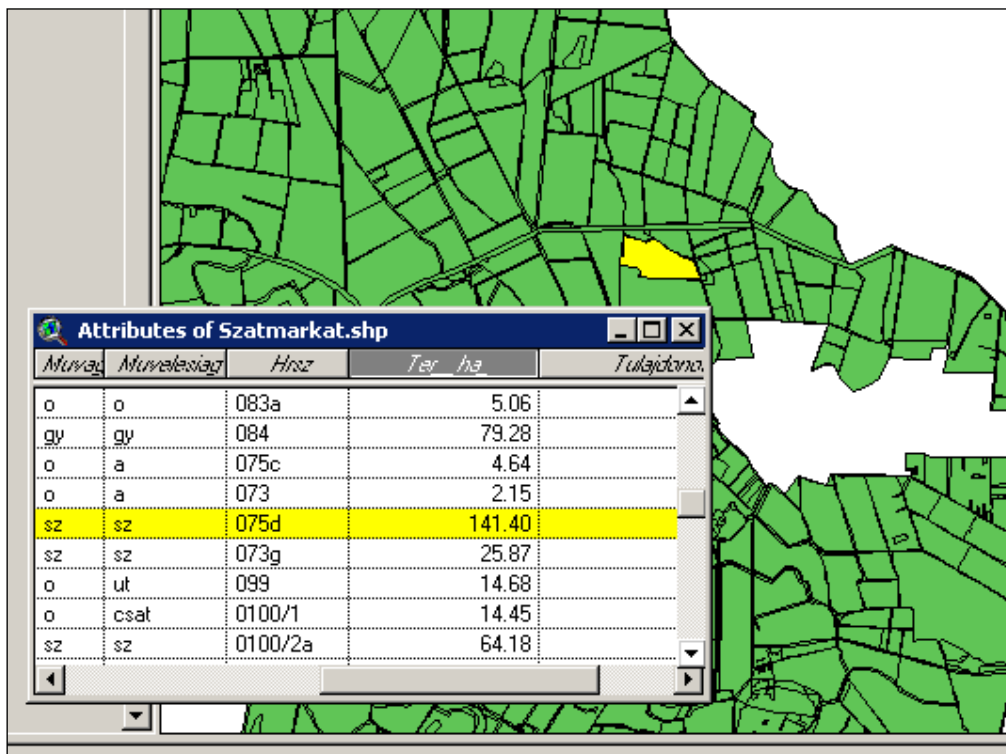
Kapcsolatok típusai:

- Nincs kapcsolat: A két egyed független egymástól.
- 1–1 kapcsolat: Kölcsonösen egyértelmű kapcsolat áll fenn a két egyed között. Az egyik egyed minden egyes eleméhez a másik egyed legfeljebb egy eleme tartozik, például: motor és motorszám.
- 1–N (1 a többhöz) kapcsolat: Egyik irányba egyértelmű, a másik irányba többértelmű a kapcsolat. Az egyik egyed minden egyes eleméhez a másik egyed több eleme is tartozik, például: tanár és tantárgy.
- N–M (több a többhöz) kapcsolat: Mindkét irányban többértelmű kapcsolat. Az egyik egyed minden egyes eleméhez a másik egyed több eleme is tartozik, és ez fordítva is igaz. Ilyenkor mindig van valamilyen köztes egyed, ami a több a többhöz kapcsolatot biztosítja. Nézzük például a tanárok és diákok közötti kapcsolatot: egy tanár több diákot is tanít, és egy diákot több tanár is tanít, a tanárok és a diákok között a tantárgyakon keresztül alakul ki a kapcsolat. (Várady, n. a.)

3.1.2. A TÉRINFORMATIKAI ADATBÁZIS

A hagyományos adatbázisok az adatmodellben meghatározott szabály szerint ábrázolják a valós világ objektumait. A térinformatikai rendszerekben is a valós világ objektumait tartjuk nyilván, azonban itt azt is meg kell mondanunk, hogy az objektumok hol helyezkednek el a térben. Tehát egyrészt le kell írunk az objektumok helyzetét, koordinátáit, másrészt rögzítenünk kell az ott található tárgy vagy jelenség tulajdonságait. A térinformatikai adatbázis tárolja a térbeli (geometriai adatokat) és azok egyéb tulajdonságait (attribútumait), alfanumerikus (leíró) adatokkal (53. ábra). (Kertész, 1997)

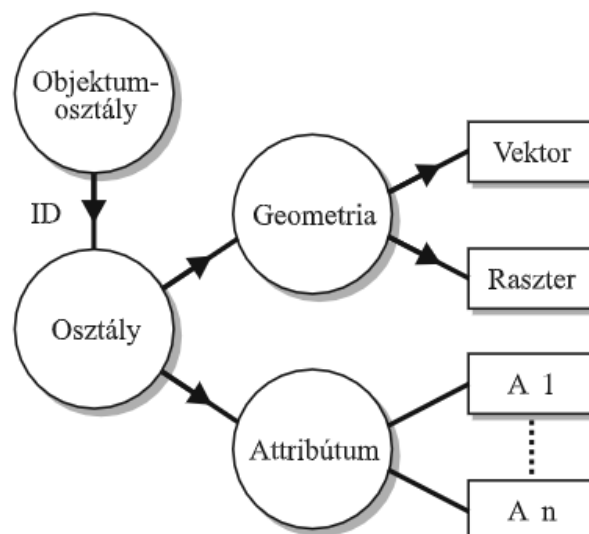
53. ábra: Térbeli és leíró adatok térinformatikai rendszerben



Forrás: Belényesi és mtsai. (2008: 26)

Az adatok a valós világ objektumait írják le. A hasonló objektumok objektumosztályt alkotnak (például épületek). Az objektumosztályok leírják az objektumok tulajdonságait, de nem tartalmaznak adatokat. Az objektumosztály egy elvi séma, az objektumok létrehozására szolgáló sablon. A konkrét objektumok adatokat tartalmaznak, egyedileg azonosíthatók, „megtestesítik” az objektumosztály elvi sémáját. A geometriai adatok megadják az objektum alakját, helyzetét (alaprajz, helyszínrajz), az objektumok egyéb tulajdonságait pedig leíró adatok (attribútum) írják le (belmagasság, burkolat, tulajdonos). A geometriai adatok lehetnek vektoros vagy raszteres adatok (54. ábra). (Detrekői-Szabó, 2002)

54. ábra: Az objektumok definiálása



Forrás: Detrekői és Szabó (2013: 39)

3.2. Leíró adatok

A leíró adatok olyan adatok, amelyeket általában nem tudunk térképről leolvasni. Ilyenek például az 53. ábrán a táblázatból kiolvasható adatok: a parcella művelési ága, helyrajzi száma, tulajdonosának a neve stb. (*Belényesi és mtsai.*, 2008)

Szükséges, hogy az adat egyértelműen definiált legyen, ismerni kell azt, hogy mely objektum, melyik tulajdonságát írja le, illetve milyen értékeket vehet fel, milyen típusú.

Az alkalmazott adattípusok:

- Szöveges (*String, Text, Character*): Jellemzően kvalitatív tulajdonságok leírására használjuk. Tetszőleges szöveget vagy előre definiált (szabályhoz kötött) karaktersorozatot tartalmazhat.
- Számjegyes (*Number, Numeric*): Egész és lebegőpontos számokat (a tizedes törtek tárolására), előjeles és előjel nélküli számokat képes tárolni különböző méretben.
- Logikai (*Logical, Yes/No*): Csak két értéket vehet fel: IGAZ vagy HAMIS.
- Dátum/idő (*Date/Time*): dátum és idő tárolására alkalmas. (*Mucsi és mtsai.*, 2011)

Mivel a területi adatok mindig kapcsolatba hozhatók a különböző tulajdonságokat leíró alfanumerikus adatokkal, a térbeli információs rendszereknek is szerves része egy vagy több alfanumerikus adatbázis.

Az adatbázisok négy alapvető adatmodellt valósítanak meg:

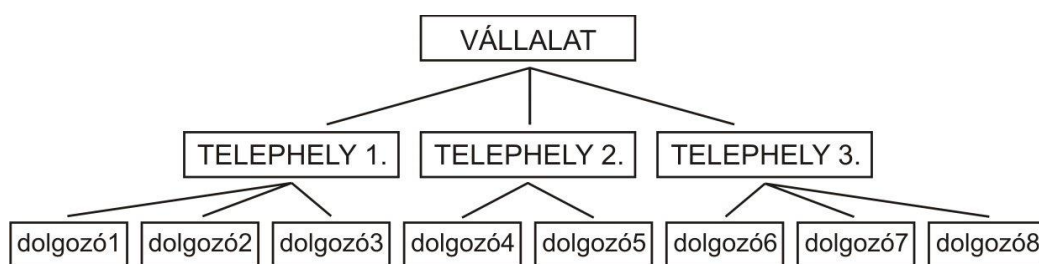
- hierarchikus adatmodell,
- hálós adatmodell,
- relációs adatmodell
- objektumorientált adatmodell. (*Sárközy*, 2009)

Az adatbázisokban az adatokat megfelelő struktúrában tároljuk, amely jelentősen megkönnyíti azok automatizált feldolgozását, elemzését. Ezenkívül lehetővé teszi az adatok közötti kapcsolatok értelmezését is.

3.2.1. HIERARCHIKUS ADATMODELL

A hierarchikus modellt az 1970-es évek végéig használták elterjedten. Az adatok hierarchikus struktúrában, szülő–gyermek (1:N) kapcsolatban vannak. Az adatmodell felépítése legegyszerűbben fastruktúrával szemléltethető (55. ábra).

55. ábra: A hierarchikus adatbázis modellje



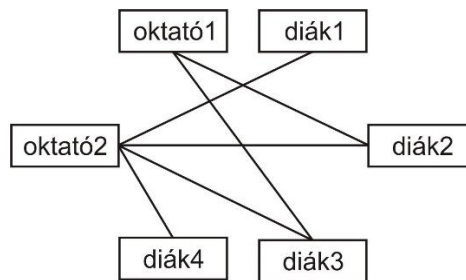
Forrás: *Mucsi és mtsai.* (2011) <URL>

A modell hátránya, hogy az adatok elérése csak a hierarchia felépítésének megfelelő utakon lehetséges, az azonos hierarchiaszinten, de különböző ágon található adatok között nem átjárható. Hátránya még, hogy nem ábrázolhatók benne közvetlenül N:M (több a többhöz) típusú kapcsolatok. Sík- és térbeli és alakzatok grafikus adatainak, valamint a háttértárak mappák (könyvtár-) szerkezetének leírásához viszont még ma is használjuk.

3.2.2. HÁLÓS ADATMODELL

A hierarchikus adatmodell továbbfejlesztett változata, amely az 1970-es évek elején terjedt el, és csaknem 20 éven keresztül használták. Az adatok közötti kapcsolatokat gráfokkal írják le. A gráfcsomópontok és az ezeket összekötő élek együttese, melyben két csomópont között akkor van kapcsolat, ha azokat él köti össze. Minden csomópontból tetszőleges számú él indulhat ki, így könnyen ábrázolhatók vele az N:M típusú kapcsolatok (56. ábra).

56. ábra: A hálós adatbázis modellje

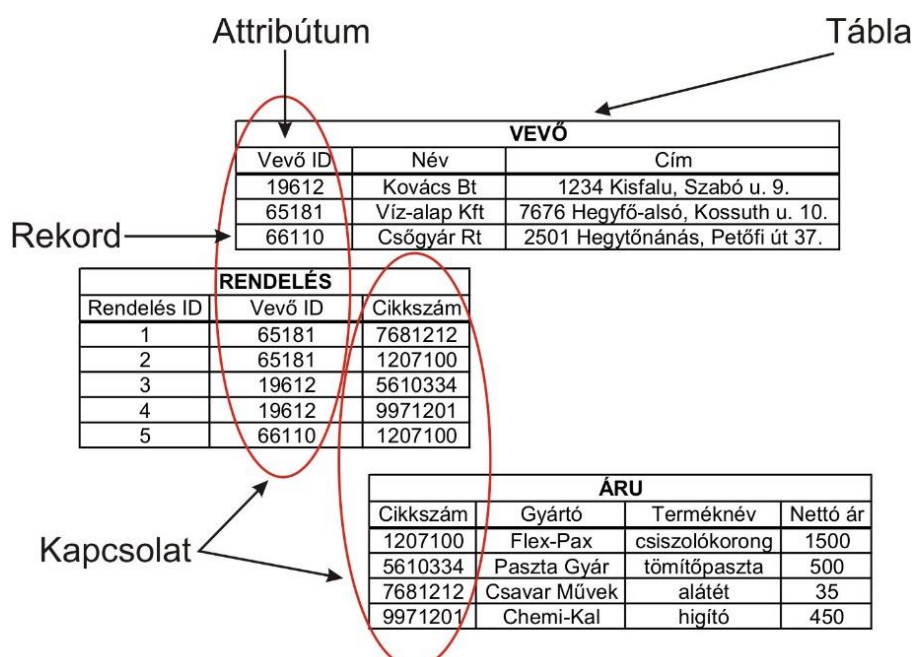


Forrás: Forrás: Mucsi és mtsai. (2011) <URL>

3.2.3. RELÁCIÓS ADATMODELL

Napjaink legelterjedtebb adatbázismodellje. Annak ellenére, hogy alapjait már 1969-ben kidolgozták, csak az 1980-as években kezdte meg térhódítását (57. ábra). A modell matematikai, halmazelméleti alapokra épül. Az egyedtypust egy reláció írja le, ami gyakorlatilag egy táblázat (tábla). Minden reláció egyedi nevet kap. A tábla oszlopai (mező, attribútum, tulajdonságtípus) tartalmazzák az objektumok tulajdonságait, sorai (rekord, egyed-előfordulás, egyed) pedig a logikailag összetartozó adatokat, amelyek egy-egy konkrét objektumot írnak le. Az oszlopok egyedi nevet kapnak a reláción belül, de más reláció tartalmazhat azonos nevű oszlopot. Egy sor és oszlop metszésében található az adatok (tulajdonságérték). A rekordok sorrendje tetszőleges lehet, de a reláción belül minden sornak különbözőnek kell lennie, amit a kulcsmező(k)be írt egyedi adatok biztosítanak.

57. ábra: A relációs adatbázis modellje



Forrás: Forrás: Mucsi és mtsai. (2011) <URL>

„A felhasználók által jól átlátható, kialakításuknál fogva könnyen bővíthető relációs adatbázisok fontos szerepet töltenek be az informatika minden területén, így a térinformatikai adatok kezelésében is.” (Mucsi és mtsai., 2011)

A táblák egymással kapcsolatba hozhatók. A logikai kapcsolatot a táblákban lévő azonos adattípusú mezők (kapcsolómezők) biztosítják. A valódi, fizikai kapcsolat akkor alakul ki, ha a két tábla kapcsolómezőjében ugyanaz az adat szerepel.

3.2.4. OBJEKTUMORIENTÁLT ADATMODELL

Az 1990-es évek elején jelent meg az objektumorientált programozás módszertana. Az objektumorientált programozási nyelvek térhódításával alakult ki az objektumorientált adatmodell is. Segítségével olyan adatbázis hozható létre, amely intelligens elemekből épül fel. Az egyes adatbáziselemek (objektumok) intelligensek, vagyis „tudják”, hogy kik ők, mire használhatók, és miként kapcsolódnak a többi adatbáziselemhez. (Beynon-Davies, 1996)

Az objektumorientált adatbázisnak is alaptulajdonsága, hogy alkalmas a szabványos adatbázis-műveletekre, emellett objektumorientált programozási környezetben gondoskodik az objektumok állandó tárolásáról.

Az objektumorientált adatbázisok nem tudták kiszorítani a széles körben elterjedt magas műszaki színvonalú kereskedelmi relációs adatbázis-kezelőket. Napjainkban az objektumorientált modellek felhasználását az úgynevezett objektumrelációs adatbázisok végzik. A működés érdekében a relációs adatbázis-kezelőt vagy az alkalmazói szoftvert (esetleg mindkettőt) kiegészítik olyan szoftverkomponensekkel, melyek az objektumokat relációvá alakítják, illetve a relációkból objektumokat hoznak létre, miközben biztosítják az objektumok elérését, mintha azok valódi objektumorientált adatbázisban lennének tárolva. Ez a helyzet feltehetőleg csak akkor fog megváltozni, ha az objektumorientált adatbázisok átveszik az uralkodó szerepet a relációs adatbázis-kezelőktől a vállalati szintű információs rendszerekben. (Sárközy, 2001)

Az adatbázis-piacon egyre nő az objektumorientált adatbázis-kezelők részesedése, azonban a kereskedelemben kapható térinformatikai szoftverek legnagyobb része a relációs adatmodellt valósítja meg.

3.2.5. SQL

Az SQL (*Structured Query Language*, strukturált lekérdezőnyelv) a relációs adatbázis-kezelők szabványosított programozási nyelve.

Az SQL-t több relációs adatbázis-kezelő ismeri, különböző operációs rendszerekben. A platformfüggetlenség jelentősége az, hogy az alkalmazások a különböző környezetben futó és és/vagy eltérő adatbázis-kezelők között akár módosítás nélkül vagy csekély módosítással átvihetőkké váltak.

Az SQL nem algoritmikus nyelv, emiatt nem tartalmaz algoritmusstruktúrákat, például elágazásokat vagy ciklusokat.

Az SQL négy részre osztható:

- adatdefiníciós nyelv (*Data Definition Language*, DDL),
- adatkezelési nyelv (*Data Manipulation Language*, DML),
- lekérdező nyelv (*Query Language*, QL)
- adatvezérlő nyelv (*Data Control Language*, DCL). (Siki, 2009)

A nyelv hasonlít a beszélt angol nyelvhez, így könnyebben értelmezhető. A felhasználók az adatok kigyűjtésére leggyakrabban a lekérdező nyelv *Select* utasítását használják. Például:

```
SELECT Neptun_kod FROM Osztalyzatok WHERE Jegy BETWEEN 3 AND 5 AND tantargy = 'Térinformatika';
```

A lekérdezés eredményként kiírja azon hallgatók Neptun-kódját az Osztályzatok táblából, akiknek a jegye 3-as, 4-es vagy 5-ös lett a Térinformatika tantárgyból.

3.3. Térbeli adatmodellek

„A térbeli információs rendszerek egyik legáltalánosabb tulajdonsága, hogy két különböző fajta adattípust (a grafikus és alfanumerikus), vagy logikai oldalról megközelítve, a hely és tulajdonság jellemzőket, egységes rendszerben tárolják és kezelik.” (Sárközy, 2009)

A térbeli adatok azt fejezik ki, hogy az adott térképi objektum:

- hol helyezkedik el (*geocode*, *georeference*),
- milyen alakja van (*shape*) és
- milyen kapcsolatban van más objektumokkal (*relationship*).

A térbeli kapcsolat kifejezi:

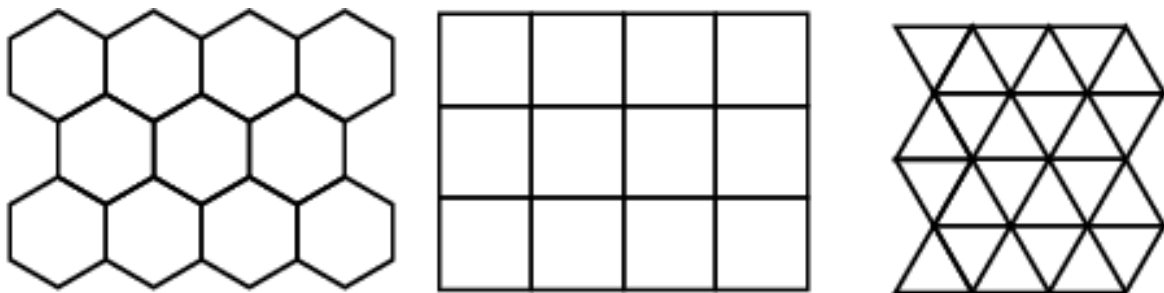
- az objektumok abszolút és relatív helyzetét,
- az objektumok egymás közötti távolságát,
- az objektumok területének, kerületének meghatározását,
- a szomszédsági kapcsolatokat,
- az iránykapcsolatokat,
- a logikai kapcsolatokat, például: és (*and*), vagy (*or*), belül (*inside*), kívül (*outside*), metszés (*intersecting*), nem-metszés (*non-intersecting*), átfedés (*overlap*) stb. (Belényesi és mtsai., 2008).

A térinformatika két fő térbeli adatmodellt használ: a raszteres és a vektoros, valamint az ezeket együttesen felhasználó hibrid adatmodellt. „Ezek természetesen már korábban is léteztek, nem a térinformatikában alakultak ki.” (Kertész, 1997: 36)

3.3.1. RASZTERES ADATMODELLEK

A modell kialakításához a tesszellációt alkalmazzuk. Ennek során a terep sík képét kis, egyforma elemekből álló idomokra (cella) osztjuk, és az így kapott területelemeket látjuk el adattal. Az elemi területek alakjától függően beszélhetünk szabályos és szabálytalan tesszellációról. A szabályos tesszellációk teljesen szimmetrikusak, egybevágó sokszögekből állnak. Csak három szabályos tesszelláció létezik: egyenlő oldalú háromszög, négyzet és a szabályos hatszög (58. ábra).

58. ábra: Hatszög, négyzet és háromszög alapú tesszellációk



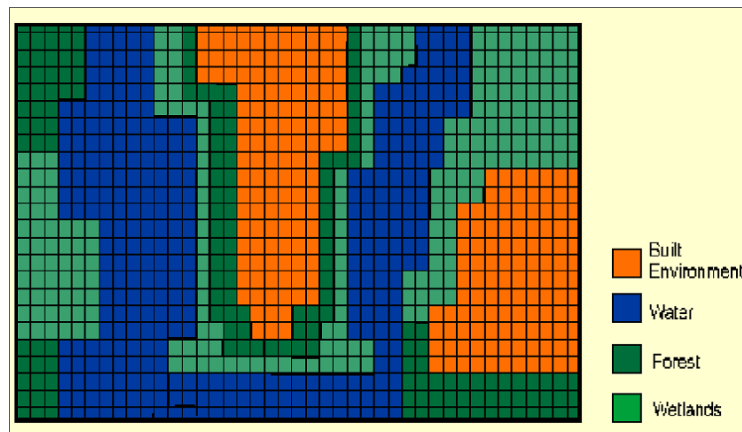
Forrás: Mathworld.wolfram.com <URL>

A tesszellációs modell legelterjedtebb változatában a négyzet a területegység. (Sárközy, 2009)

A raszteres modellben az ábrázolt területen, szabályos rácson elhelyezkedő cellák vannak (59. ábra). Ezek jellemzője, hogy:

- minden cella egy értéket tartalmaz,
- az egész teret kitöltik,
- a tér minden pontjáról adnak információt. (Belényesi és mtsai., 2008)

59. ábra: Raszteres adatmodell

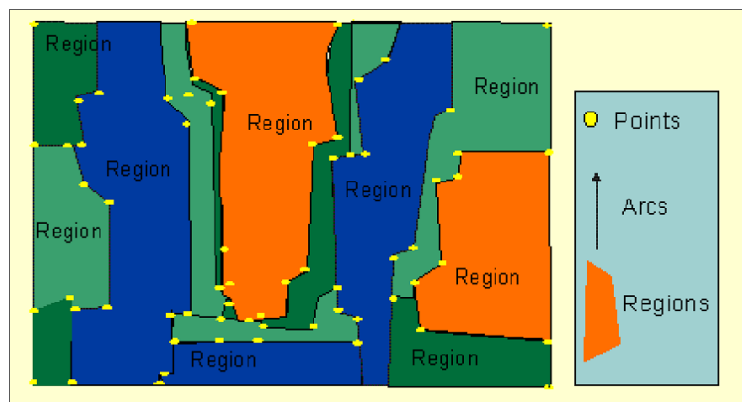


Forrás: Colorado.edu <[URL](#)>

3.3.2. VEKTOROS ADATMODELLEK

A helyleíró adatok hagyományos ábrázolási formája a *vektormodell*. Alapeleme az egyenes szakasz (vonaldarab), amelyet a kezdő és végpontjának koordinátaival írhatunk le. Ha a kezdő és végpont megegyezik, akkor pontot kapunk. Görbét az elemi szakaszok sorozatával tudunk létrehozni, a zárt görbe területtel rendelkező objektumot alkot. A vektoros modell nem tölti ki teljesen a teret. A terep absztrakciójának eredményeként a térképen pontszerű, vonalas és területi objektumok találhatóak (60. ábra). (Sárközy, 2009)

60. ábra: Vektoros adatmodell



Forrás: Colorado.edu <[URL](#)>

Pont

Területtel nem rendelkező, X és Y koordinátaival meghatározott objektum. Elvileg nincs kiterjedése. A valóságban nincs ilyen objektum, viszont a térképen ponttal ábrázolhatók az adott méretarányban túl kicsi elemek. Ilyen lehet akár egy főváros is valamelyik világtérképen.

Megkülönböztetünk:

- csomópontot,
- kezdő- és végpontot (*node*) és
- töréspontot (*vertex*).

Vonal (arc) – elemi szakaszokból áll. Lehet:

- Koordinátapárok sorozata, amivel vonalas objektumot, például folyót írunk le. Nincs sem szélessége sem területe.
- Zárt területek (poligonok) határvonala.

Poligon (polygon, region) – területtel rendelkező objektumot ír le.

A poligon zárt alakzat, a határvonalát alkotó vonalak sorozatával írható le. A poligon homogén területet például tavat zár közre. (Belényesi és mtsai., 2008)

A raszteres és vektoros adatmodellek tulajdonságai különbözőek, mindegyiknek vannak előnyei, hátrányai (4. táblázat). Egy adott feladat esetén kell eldöntenünk, hogy melyik adatmodellt választjuk. Ilyenkor célszerű figyelembe venni az adatmodellel elvégzendő műveleteket is, hiszen ebben is eltérések vannak (5. táblázat).

4. táblázat: Vektoros és raszteres modell előnyei, hátrányai

Modell	Előnyök	Hátrányok
Raszter	<ul style="list-style-type: none"> – Egyszerű adatstruktúra – Kompatibilis a távérzékelési vagy szkennelt adatokkal – Egyszerű térbeli elemzési eljárások 	<ul style="list-style-type: none"> – Nagyobb a tárhelyigénye – A grafikus megjelenítés részletessége a pixelmérettől függ – Vetítési transzformációk nehezebbek – Nehezebben ábrázolhatók a topológiai kapcsolatok
Vektor	<ul style="list-style-type: none"> – Kevesebb a tárhelyigénye – Topológiai kapcsolatok könnyen ábrázolhatók – Grafikus megjelenítés hasonlít a kézzel rajzolt térképekhez 	<ul style="list-style-type: none"> – Összetettebb adatstruktúra – Nehezen egyeztethető össze a távérzékelési adatokkal – Szoftver és hardver gyakran drágábbak – Néhány térbeli elemzési eljárás nehezebb lehet – Több fedvényű vektoros térképek kezelése időigényes

Forrás: Colorado.edu <[URL](#)>

5. táblázat: Műveletek összehasonlítása a vektoros és raszteres modellben

Vektoros modell	Raszteres modell
<ul style="list-style-type: none"> – Több objektumművelet – Területszámítás az objektumok koordinátaiból (pontosabb) – Néhány művelet gyorsabb (útvonalazonosítás úthálózatban) – Néhány művelet lassabb (pufferzóna, metszés) 	<ul style="list-style-type: none"> – Kevesebb objektumművelet – Területszámítás a cellák számából (gyorsabb) – Néhány művelet gyorsabb (fedvények közötti műveletek) – Néhány művelet lassabb (nehéz a vonalas objektumok azonosítása)

Forrás: Belényesi és mtsai. (2002) alapján

3.3.3. HIBRID MODELLEK

Az előzőekből látható, hogy a raszter- és a vektoralapú rendszerek felépítése alapvetően különbözik. Más például a létrehozásuk módja és természetesen eltérnek a célszerű alkalmazási területekben is. A raszteralapú rendszerek jobban megfelelnek területi elemzésre, míg a vektoralapú rendszerek hálózatok elemzésére alkalmasabbak. A raszteres és vektoros modellek előnyeit akkor tudjuk megőrizni, ha azokat egyidejűleg tudjuk kezelni. Ebben az esetben nincs szükség valamennyi adat egyetlen rendszerbe történő átalakítására, ami idő- és tárhelyigényes és pontatlansággal, adatvesztéssel járhat együtt. Az úgynevezett hibrid rendszerben lehetséges az adatokat eredeti formájukban tárolni, és az elemzéseket mindkét modellt felhasználva elvégezni. (Detrekői és Szabó, 2002)

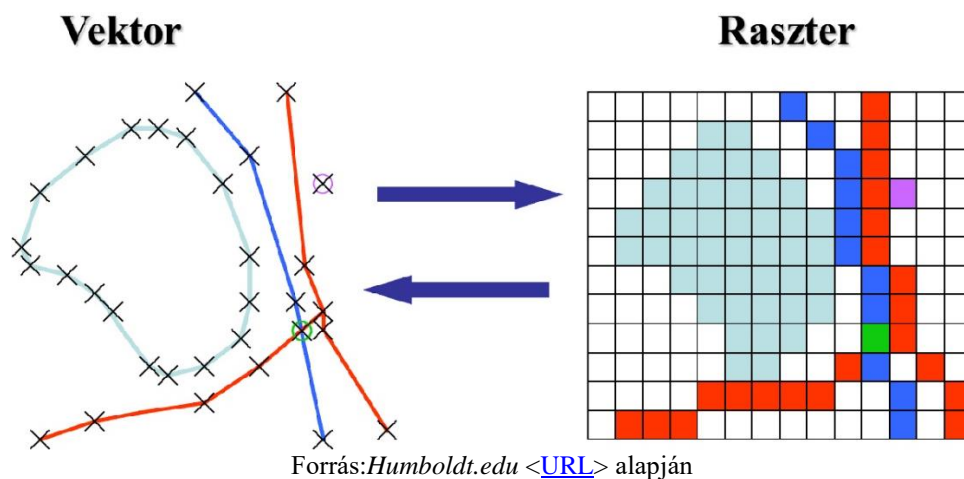
A vektoros és raszteres modellek egymással fedvénybe hozhatók, a 61. ábrán a raszteres műholdképen látható az utak vonalvezetése és néhány kiemelt pont is. A két adatmodell egymásba átalakítható, konvertálható (62. ábra).

61. ábra: Fedvénybe hozott raszteres (űrfotó) és vektoros (úthálózat) téradatok Google-térképen



Forrás: Google Maps <URL>

62. ábra: Átalakítás raszter- és vektormodellek között



Forrás: Humboldt.edu <URL> alapján

3.3.4. TOPOLOGIA

A topológia (helyzetgeometria) leírja a térbeli objektumok kapcsolatát, viszonyát. Többféle meghatározása létezik, például: „Topológia: A matematikának a folytonosság általános törvényszerűségeivel foglalkozó ága” (Detrekői és Szabó, 2002: 380). „A geometriai topológia a

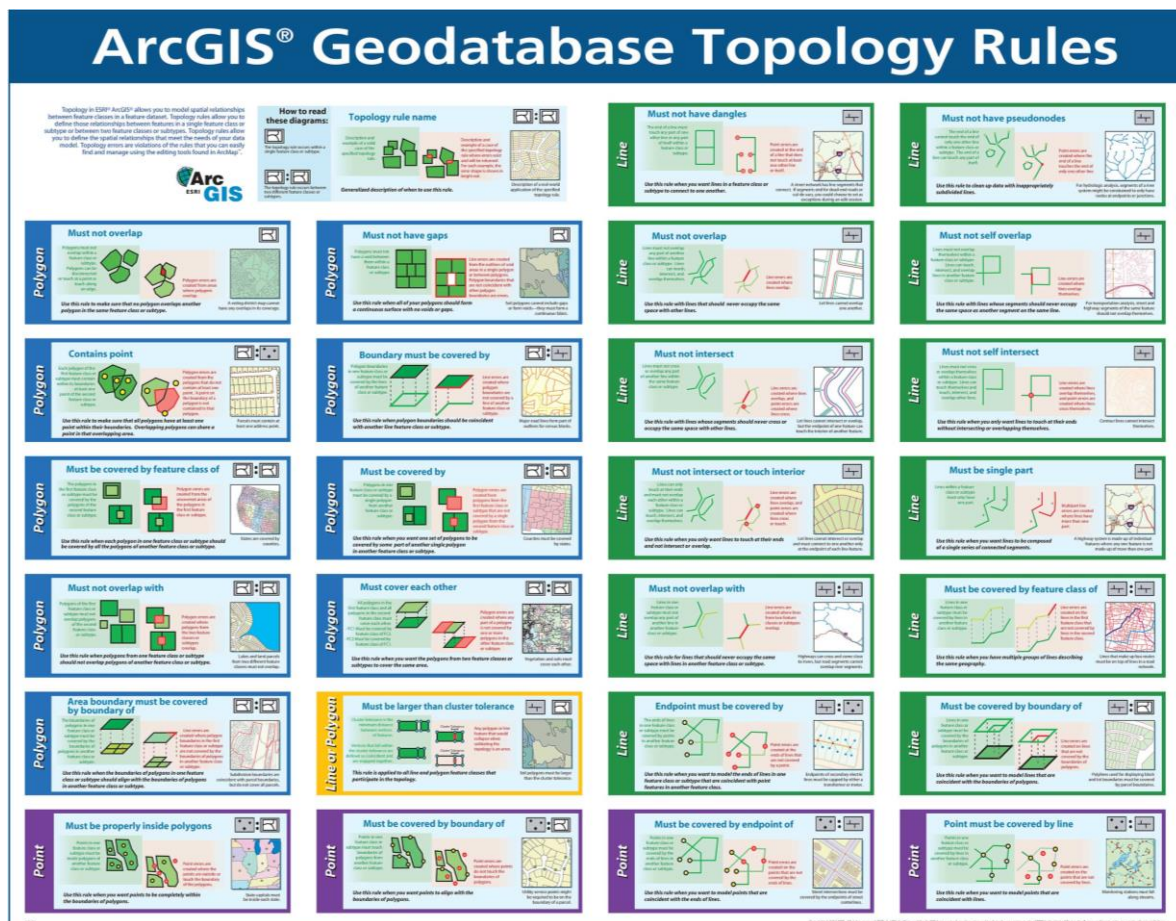
téralakzatok azon tulajdonságait vizsgálja, melyek nem változnak az idomok szakadásmentes torzítása során. Ilyenek a szomszédság, folyamatosság, tartalmazás” (Sárközy, 2009).

A topológia alapvető fontosságú a térbeli adatok minőségének biztosításához, lehetővé teszi az összetett térbeli elemzést, hogy válaszolhassunk olyan kérdésekre, mint a szomszédság, a kapcsolat, a közelség és az egybeesés.

A világ szakadásmentes, ezt meg kell őrizni az adatmodellben is. Ezenkívül a rajta lévő objektumok egymáshoz való viszonya sem változhat a leképezés során. Tipikus topológiai hibák lehetnek például a nem zárt poligonok, az élekre nem illeszkedő csomópontok, vagy ha a szomszédos poligonok élei között rés vagy átfedés van. Ezek a hibák a térképek digitalizálásánál fordulnak elő leginkább.

A topológiai kapcsolatok valójában térbeli korlátozások, amelyeket a téradatokra alkalmazunk. A topológia integritási szabályok halmaza, amelyek meghatározzák a térbeli összefüggéseket (63. ábra). (Esri.com, 2002)

63. ábra: Topológiai szabályok



Forrás: Apollomapping.com <URL>

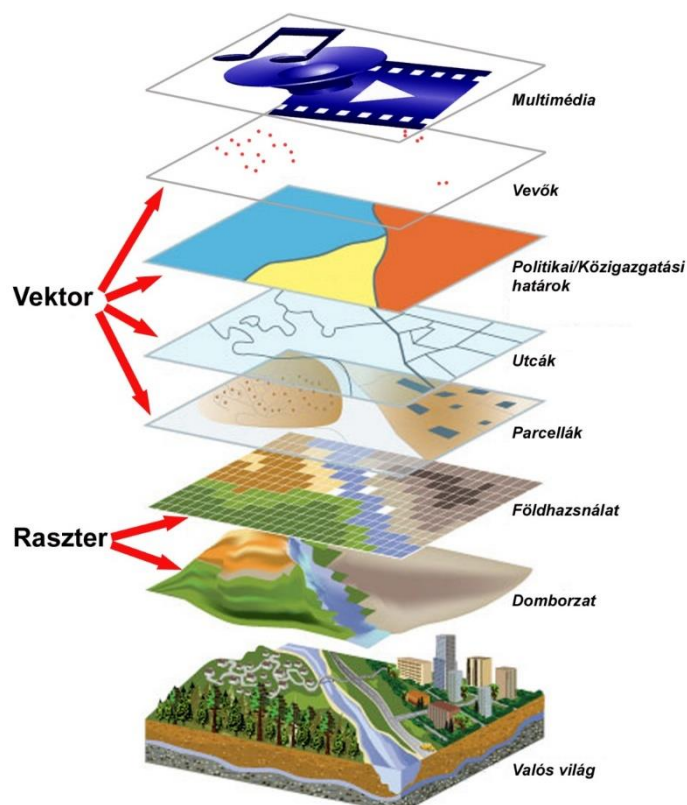
3.3.5. TÉRBELI ADATMODELLEK HASZNÁLATA

Az alaptérképet rétegekre, fedvényekre bontjuk, mint például domborzat, földhasználat, utcák, parcellák stb. Az egyes rétegeken lévő objektumok jellemzőit a térinformatikai programok raszteres vagy vektoros adatmodellben tárolják (64. ábra).

Újabban térinformatikai rétegeként találkozhatunk helyhez köthető multimédia-adatokkal (hangfelvétel, fotó, videó) is.

Az egyes rétegek geometriai és leíró adatokat, azaz *topológikusan* összeszervezett objektumokat és a hozzájuk tartozó tulajdonságokat tároló táblázatot (attribútumtábla) tartalmaznak.

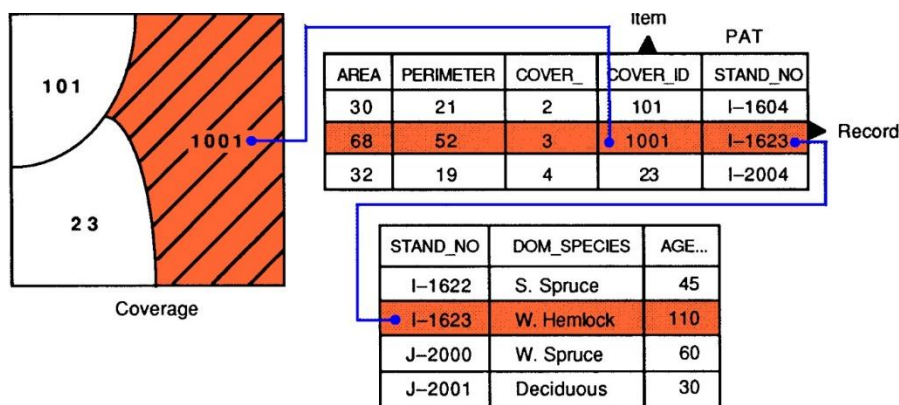
64. ábra: Rétegek egy térinformatikai rendszerben



Forrás: NOAA.org <URL> és Elek (2006: 75) alapján

Egy réteg attribútumtáblájához külső adatbázisból újabb adatokat lehet kapcsolni. Ennek feltétele, hogy legyen egy olyan mező (kapcsolómező), ami logikailag összekapcsolja a táblákat, és legyenek olyan értékek, amelyek előfordulnak mindkét táblában. A 65. ábrán látható, hogy a poligon 1001 azonosítóval jelölt részéhez az attribútumtábla melyik sora tartozik. Ebben a táblában, valamint a külső adatbázistáblában is van egy azonos adattípusú oszlop (STAND_NO), és abban van olyan adat is, amely mindkét táblában előfordul. Ez lehetővé teszi a két tábla adatainak összefűzését. A közös mező alapján a poligonhoz már nemcsak az eredeti tábla adatai fognak tartozni (AREA, PERIMETER, COVER_, COVER_ID, STAND_NO), hanem a külső tábla megfelelő adatai is (DOM_SPECIES, AGE). (Belényesi és mtsai., 2008)

65. ábra: Térinformatikai adatbázis és egy külső adatbázis kapcsolata



Related database data file
Forrás: Belényesi és mtsai. (2008: 27)

3.4. Adatgyűjtés

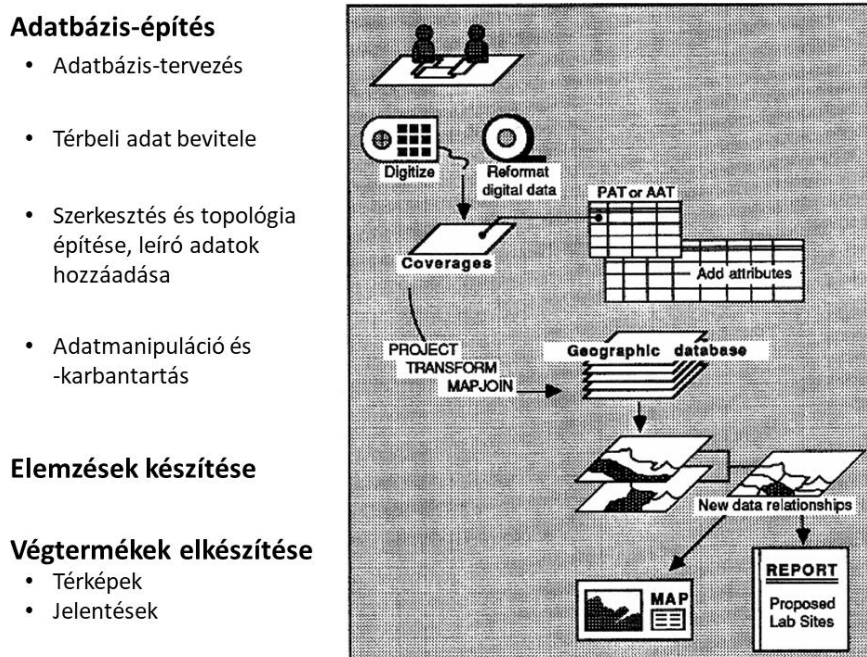
A térinformatikai elemzés alapfeltétele a szükséges adatok összegyűjtése. A megfelelő adatok beszerzése és feltöltése a téradatbázisba a legköltségesebb és a legtöbb időt, figyelmet igénylő művelet. Sok forrásból tudunk térbeli (geometriai) adatokhoz jutni, ilyenek lehetnek például a hagyományos papírtérképek, digitális térképek, terepi felmérések eredményei, légi fotó, űrfotó, távérzékeléssel gyűjtött adatok vagy globális helymeghatározó rendszer használatával nyert koordináták. Nagyon sok olyan leíró (attribútum-) adat van, amelyek tartalmaznak koordinátát vagy egy adott területi egységre vonatkoznak (település, járás, megye). Ezek általában táblázatos formában, de akár egyszerű szövegállományként érhetőek el. (Belényesi és mtsai., 2008)

A térinformatikai rendszerben egyformán fontosak mind a leíró mind a térbeli adatok, ezért annak létrehozása során ügyelni kell mindkét adatra és a köztük lévő kapcsolatra is.

3.4.1. PROJEKTSZERVEZÉS

A térinformatikai rendszerek építése általában projekt keretében valósul meg: van kitűzött célja, költségkerete és megvalósítási határideje. Egy GIS-projekt egymásra épülő lépések logikus sorozata (66. ábra).

66. ábra: GIS-projekt lépései



Forrás: Honfi (2004: 24) alapján

A projekt legfontosabb és néha leginkább időigényes része az adatbázis-tervezés, adatbázis-építés. Az adatbázis pontos tervezése meghatározza a rá alapuló elemzések hatékonyságát, pontosságát és ezáltal a végtermék minőségét.

Adatbázis-tervezés lépései:

- Követelményelemzés, célmeghatározás.
- Koordinátarendszer meghatározása.
- A térbeli adatrétegek meghatározása.
- A térbeli adatrétegek objektumainak meghatározása.
- Az objektumok attribútumainak meghatározása.
- Az objektumok közötti kapcsolatok megtervezése.

A tervezés során megtörténik a megjelenítendő adatok leválogatása és a hozzátartozó attribútumok kiválasztása. Az objektumokat aszerint válogatjuk szét, hogy milyen elemtípust (pont, vonal, poligon) és milyen tematikus csoportot képviselnek (lakóépület, középület). A szétválogatott objektumok számára külön-külön réteget hozunk létre. Az elkészült rétegekből kialakítjuk a projekt céljának megfelelőeket. Az elkészült rétegek megfelelőségi vizsgálat után esetleg felhasználhatók más projektben is.

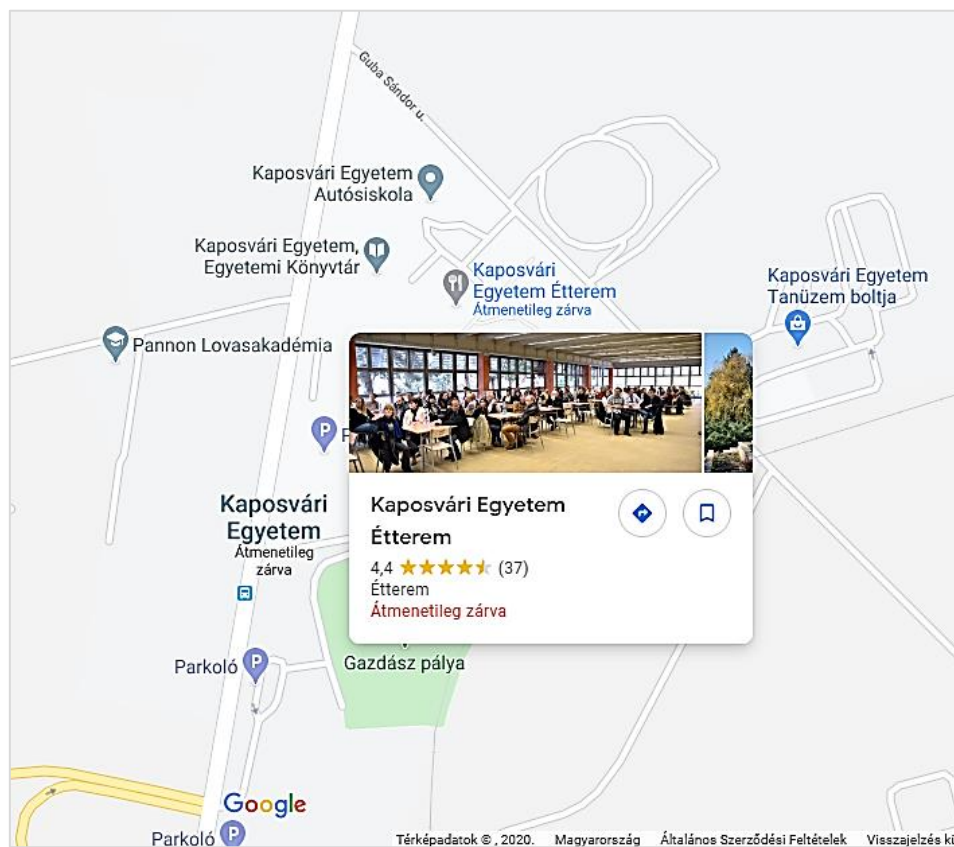
Adatbázis-építés lépései

- Térbeli adatok bevitele (digitalizálás, importálás más adatbázisokból, ...).
- A használhatóság érdekében a térbeli adatokon el kell végezni geokódolást, szerkesztést, egymás mellett fekvő szelvények összeillesztését, hibajavítást és topológiaépítést.
- Leíró adatok bevitele az adatbázisba, a leíró adatok és a térbeli adatok megfeleltetése.
- Adatok frissítése, karbantartása. (Honfi, 2004)

Geokódolás – georeferencia

A geokódolás során a rétegeken található objektumokhoz, objektumcsoportokhoz geokódot rendelünk. A geokód „a térképészetben olyan az ábrázolandó objektum térbeli helyzetét reprezentáló digitális pont, amely ellátja az általános grafikus objektum egyedi térbeli azonosítását és biztosítja az objektummal kapcsolatos attribútuminformációk grafikus rendszerrel történő összekapcsolását” (Detrekői és Szabó, 2002: 373). Ez az azonosító összeköti az objektum térképi megjelenését és a leíró adatait, egyúttal lehetővé teszi a téradatbázis és más adatbázisok összekapcsolását is. A pontok a térképen feliratokkal, szimbólumokkal ábrázolhatók (67. ábra).

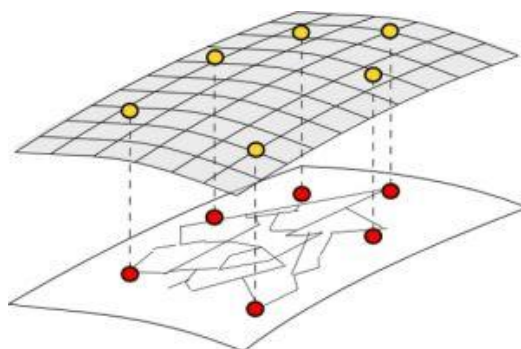
67. ábra: Geokódolt pontok a Kaposvári Egyetemen



Forrás: Google Maps <URL>

A geokód és a georeferencia összekeverhető fogalmak. A georeferálás során raszteres állomány (pl. szkennelt térkép, légi fotó) képpontjait georeferenciával látjuk el (68. ábra).

68. ábra: Georeferálás



Forrás: Rucon-engineering.de <URL>

A georeferálás során illesztőpontokat választunk. Az illesztőpontok jó esetben általunk kiválasztott, bemért és megjelölt terepi pontok (*Ground Control Point*, GCP). Ezek hiányában használhatók a szkennelt térképek koordinátahálózatáról leolvasott (esetleg más vetületi rendszerből átkonvertált) koordinátapárok vagy egyéb jól azonosítható pontok (útkereszteződések, jellegzetes tereppontok). Ma már egy pont koordinátáit egyszerűen megkaphatjuk műholdas helymeghatározással, esetleg postai cím alapján (69. ábra) vagy akár a Google-alkalmazásokkal, okostelefonnal. Ezután a kiválasztott illesztőpontoknak megadjuk a pixelkoordinátáit a kép koordinátarendszerében és a térképi koordinátáit is a térkép vetületének megfelelő koordinátarendszerben. Befejező lépésként az illesztőpontok alapján a raszteres kép összes pontját igazítjuk térképi vetülethez. Természetesen az illeszkedés annál jobb lesz, minél több és minél pontosabb illesztőpontunk van. (Timár, 2008)

69. ábra: Online geokódolás postai cím alapján

Get Lat Long from Address

By using this geographic tool you can get the **lat long coordinates from an address**. Please type the address which would include the name of the city/town, state and street name to get more accurate lat long value. Also, the *gps coordinates* of the address will be calculated below.

Address

Write city name with country code for better results.

Latitude Longitude

Please Register free to get more free geocoding process.

[f](#) [t](#)

Lat Long	GPS Coordinates
(46.386050, 17.826230)	46° 23' 9.78" N 17° 49' 34.428" E

Forrás: Latlong.net <URL>

3.4.2. ADATGYŰJTÉSI ELJÁRÁSOK

A geometriai és az attribútum-adatnyerési eljárásokat is csoportosíthatjuk az adatok forrása szerint. Elsődleges adatnyerési eljárás az, ha az adatot közvetlenül a tárgyról vagy annak képéről nyerjük. Másodlagos adatnyeréskor a már rendelkezésre álló adatot használjuk fel. Természetesen az elsődleges adatnyerés több időt és költséget igényel, mint a másodlagos.

Térbeli, elsődleges eljárások:

- kézi mérések,
- földi geodéziai eljárások,
- fotogrammetriai módszerek (légi fotók),
- távérzékelés (űrfotók, radaros távérzékelés),
- mesterséges holdakon alapuló helymeghatározások.

Térbeli, másodlagos eljárások:

- meglévő térképek digitalizálása,
- meglévő térképek szkennelése,
- digitális állományok átvétele.

Leíró adatnyerés elsődleges eljárásai:

- szociológiai és egyéb adatok felvételéhez megszervezett helyszíni adatgyűjtés,
- kérdőíves tematikus adatfelvételek.

Leíró adatnyerés másodlagos eljárásai:

- meglévő statisztikai adatok felhasználása,
- publikációkban szereplő adatok. (Detrekői és Szabó, 2002)

Térbeli adatok nyerését szolgáló eljárások

A geometria adatnyerési eljárás kiválasztása függ a létrehozandó térinformatikai rendszer területi kiterjedésétől, az adatsűrűségtől, a rendelkezésre álló adatforrásoktól, a minőségi követelményektől és a költségektől (70. ábra). A térbeli adatnyerés során leíró adatokat is rögzíthetünk.

70. ábra: A térbeli adatnyerés eszközei



Forrás: Elek (2006: 98) alapján

Az adatnyerési eljárás kiválasztásakor figyelembe kell venni a vizsgálni kívánt terület kiterjedését is. A terület nagysága alapvetően meghatározza a választható módszerek körét (6. táblázat).

6. táblázat: A térbeli adatnyerési források területi kiterjedés alapján

Területi kiterjedés	Elsődleges adatnyerés	Másodlagos adatnyerés
lokális rendszerek	földi geodéziai mérések, műholdas helymeghatározás, fotogrammetriai módszerek	$M < 1:25\ 000$ analóg térkép
regionális rendszerek	fotogrammetriai módszerek, távérzékelési eljárások	$1:25\ 000 < M < 1:250\ 000$ analóg térkép
globális rendszerek	távérzékelési eljárások	$M > 1:250\ 000$ analóg térkép

Forrás: *Detrekői és Szabó* (2002) alapján

Fontos szempont még az eljárások által elérhető pontosság is. Az elsődleges adatnyerés során a geodéziai eljárások cm–dm, a mesterséges holdakon alapuló eljárások cm–m, a fotogrammetriai eljárások dm–m, a távérzékelési eljárások m–km nagyságrendű pontossággal vehetők figyelembe. (*Detrekői és Szabó*, 2002)

4. FÖLDI ADATGYŰJTÉSI ELJÁRÁSOK

4.1. Kézi mérések

A legegyszerűbb és egyben a legrégebbi elsődleges adatnyerési eljárás, melynek eszközei a papír, ceruza, mérőszalag, mérőbot és iránytű. Eredménye vektoros adatállomány.

Előnye: alacsony költség, kis költségvetésű projekteknél praktikus. Hátránya: pontossága függ az emberi tényezőktől, valamint az alapul vett tereptárgyaktól. (Honfi, 2004)

4.2. Geodéziai műszerek

Az elsődleges geometriai adatgyűjtés régóta használt, ma is széles körben elterjedt módszerei a földi geodéziai eljárások. Az eljárással általában pontok koordinátáit mérik, cm–dm nagyságrendű pontossággal. Segítségükkel vektoros rétegek állíthatók elő. Csak meglévő alapponthálózat esetén lehetséges az alkalmazásuk, és a felmért koordináták is az alapponthálózat referenciarendszerében értelmezhetőek.

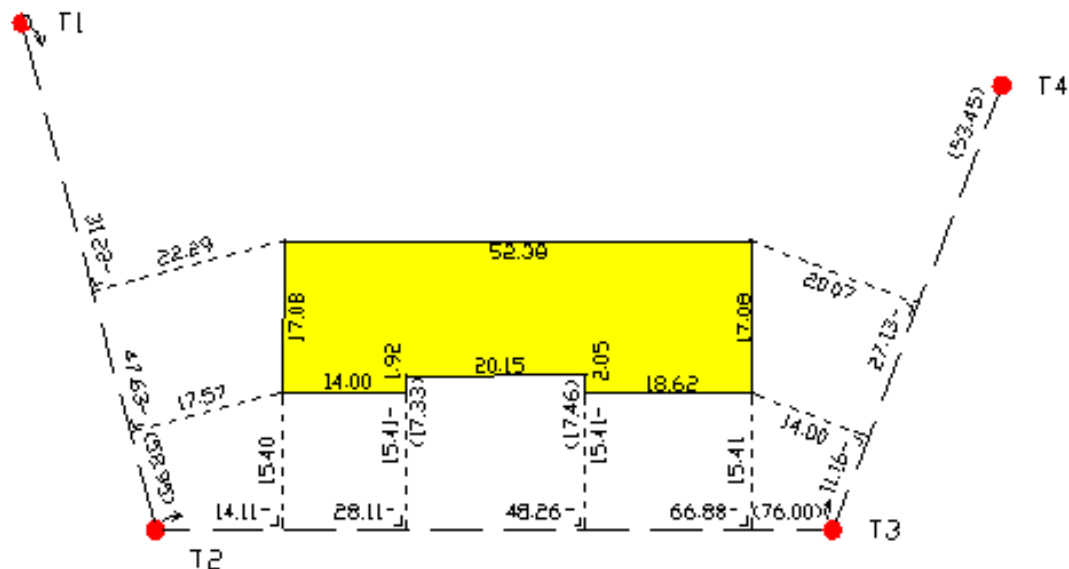
A mérésekhez leggyakrabban használt földi geodéziai eljárások:

- derékszögű koordinátamérés,
- tahimetria
- szintezés.

Derékszögű koordinátamérés

A mérés az ismert alappontok által meghatározott helyi rendszerben történik. Az objektumok pontjainak koordinátáit mindig két alappont közötti szakaszhoz viszonyítva derékszögű méréssel határozzák meg (71. ábra). (Detrekői és Szabó, 2002)

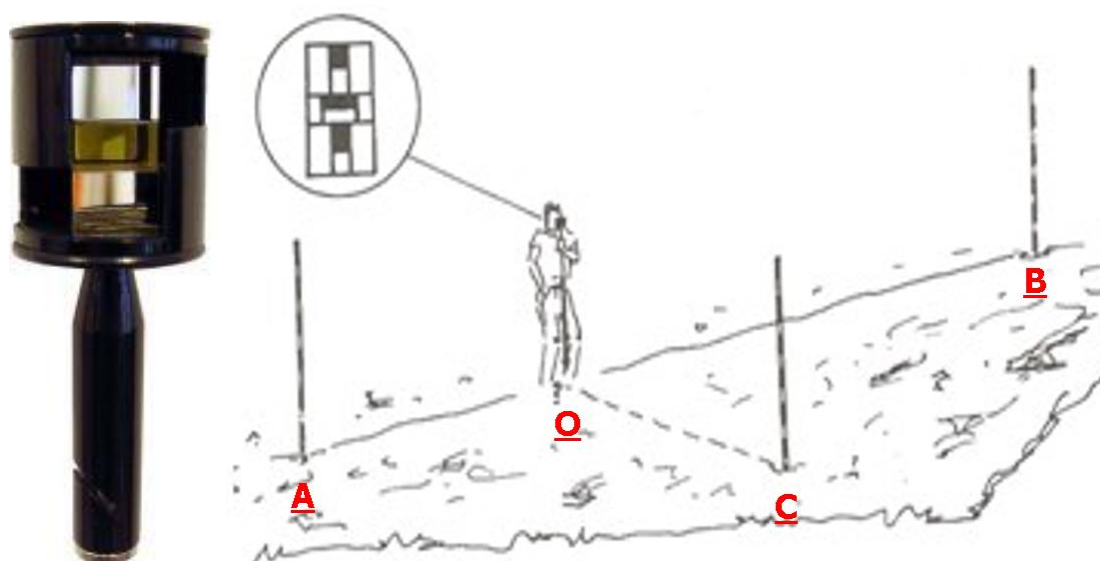
71. ábra: Derékszögű koordinátamérés sémája



Forrás: Sárközy (2009) <URL>

Az eljáráshoz derékszögű szögprizma és mérőszalag szükséges (72. ábra). Ha a szögprizmán az A, B és C ponton lévő mérőbotok képét egymás alatt látjuk, akkor az O pont az A–B szakaszon van és az O–C szakasz merőleges az A–B szakaszra, távolsága az A, B és C ponttól mérőszalaggal lemérhető. A mért adatokból kiszámíthatók számítani az objektumok pontjainak referenciarendszerbeli koordinátáit. (Tarsoly, 2010)

72. ábra: Mérés derékszögű szögprizmával



Forrás: *Geoport.hu* <[URL1](#)> és *Tarsoly* (2010) <[URL2](#)> alapján

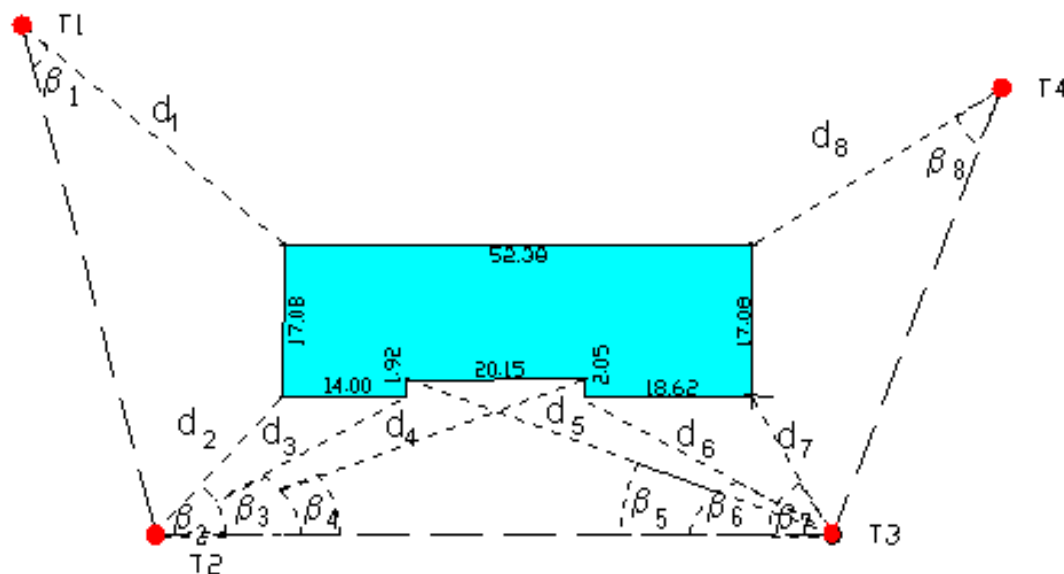
Előnye: a felszerelés rendkívül olcsó. Hátránya: munkaerő-igényes és viszonylag lassú, a terepen nyert adatokat később digitalizálni kell.

A derékszögű koordinátamérés elsősorban adatok aktualizálására, illetve kisebb feladatok megoldására javasolt. (*Honfi*, 2004)

Tahimetria (poláris koordinátamérés)

Ennél az eljárásnál távolságot és szöget mérnek az alappontokról. Az egyes pontok helyzetét poláris koordinátákkal határozzák meg (73. ábra). Az objektumok pontjainak referenciarendszerbeli koordinátáit a mért értékekből elemi trigonometriai összefüggésekkel számítják ki. A tahimetria magassági szögmérés esetén lehetővé teszi a pontok magasságának meghatározását is.

73. ábra: A tahimetria koncepciója



Forrás: *Sárközy* (2009) <[URL](#)>

A tahimetria eszköze az úgynevezett tahiméter, távolság és szög mérésére alkalmas műszer. A kezdetben kizárólag optikai elven működő tahimétereket felváltották a korszerű elektronikus

tahiméterek (mérőállomások). Ezekbe egyre több korszerű hardver és szoftver kerül, például GPS-navigáció, digitális kamera, hálózati csatlakozás stb. A mérőállomások használata esetén mind a mennyiségek mérése, mind az eredmények rögzítése elektronikusan történik (74. ábra).

74. ábra: Korszerű elektronikus tahiméterek



Forrás: Bartha és Havasi (2011) <URL>

Előnye:

- nagy termelékenység és pontosság,
- kis munkaerőigény,
- az adatok digitális rögzítése.

Hátránya:

- a felhasznált műszer viszonylag drága.

A tahimetria felhasználása lokális térinformációs rendszerekben nagy mennyiségű pont mérésére javasolt eljárás. (Detrekői és Szabó, 2002)

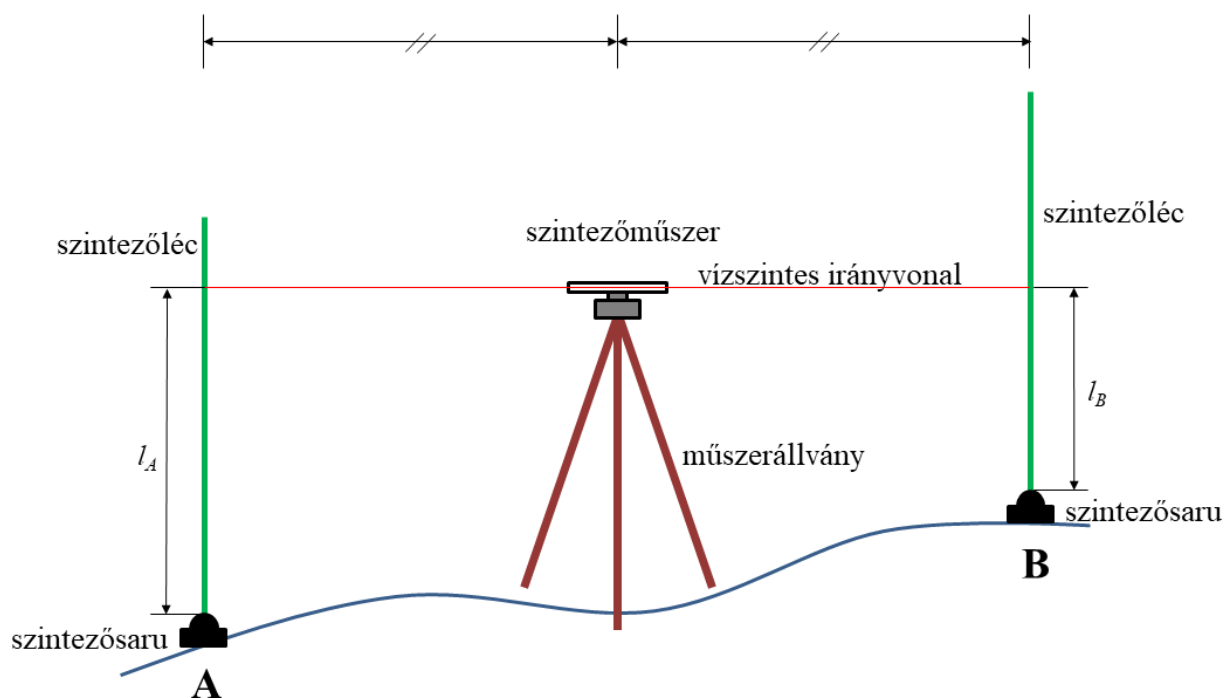
Szintezés

Amint láttuk, a tahimetria magassági adatot is szolgáltat, azonban a kifejezetten magassági adatokat meghatározó földi geodéziai eljárás a szintezés. A magassági adatok alapfelülete a geoid. (Detrekői és Szabó, 2002)

A szintezés a magasságkülönbségek meghatározásának legelterjedtebb módszere. A szintezéshez használt felszerelés részei a szintezőműszer, műszerállvány, szintezőléc, szintezősarú. A szintezőműszer az állványon mozdulatlanul helyezkedik el, optikai tengelye vízszintes. A méréshez egyszerű, jól olvasható, sávos beosztású szintezőléceket használnak. A lécek mozdulatlanságát és egyértelmű fekvését a szintezősarúk biztosítják a mérés ideje alatt.

A mérés során két függőleges helyzetű, sávos beosztású szintezőléceket helyezünk el a szintezőműszertől egyenlő távolságban lévő pontokra, majd a léceken leolvassuk a vízszintes síkban látható értékeket (75. ábra). A magasságkülönbséget úgy kapjuk, hogy a leolvasott értékeket kivonjuk egymásból. (Sárközy, 2009)

75. ábra: Magasságkülönbség meghatározása szintezőműszerrel



Forrás: Sárközy (2009) <URL> alapján

4.3. Szkennelés és digitalizálás

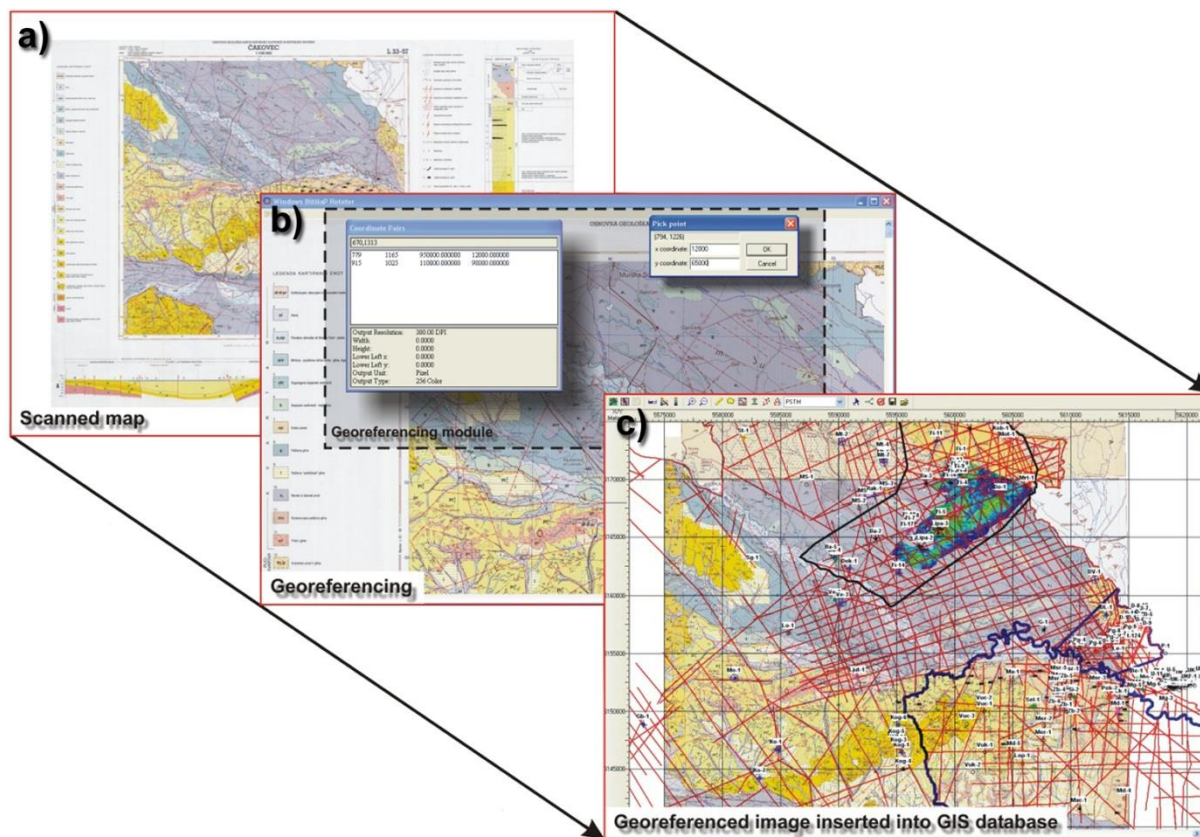
A másodlagos geometriai adatnyeréshez a már meglévő analóg térképeket használhatjuk fel. A digitalizálás és szkennelés gyorsan és viszonylag olcsón elvégezhető.⁷ Az alapadatok lehetnek papíralapú térképek, légi fotók, űrfotók, szkennelt térképek (csak digitalizálás esetén). A felhasznált térképek minősége alapvetően meghatározza a két módszer eredményeként létrejött digitális adatállomány minőségét is. Nyilvánvaló, hogy az elavult vagy rossz minőségű térkép nem alkalmas jó minőségű adatállomány előállítására. (Detrekői és Szabó, 2002)

A szkennelés és a digitalizálás lépései (76. ábra):

- Előkészítés:
 - aktualitás ellenőrzése, alkalmasságvizsgálat,
 - a papír térkép „megtisztítása”.
- Digitalizálás vagy szkennelés.
- Szerkesztés:
 - a térkép vágása,
 - georeferálás,
 - nagyítás és képtisztítás,
 - raszteradatok vektorizálása (csak szkennelés esetén),
 - javítások,
 - objektumok definiálása,
 - topológia kialakítása,
 - attribútumadatok hozzáadása. (Bilki, 2015)

⁷ Valójában mindkét eljárás digitalizálás, mindkettő analóg-digitális (A/D) átalakítás, folytonos (analóg) jelek diszkrét (digitális) jelekké történő átalakítása. Nagyon sokféle A/D átalakítási eljárás létezik. Itt a digitalizálás szó alatt csak a papíralapú térképek adatainak számítógépes feldolgozását értjük.

76. ábra: Példa digitalizálási folyamatra GIS-programmal
a) szkennelés, b) georeferálás, c) feldolgozás



Forrás: Geomega.hu <URL>

Előnyeik:

- gyors eljárások,
- mérsékelt költség (ha minden szükséges adattal rendelkezünk).

Hátrányaik:

- nincs lehetőség a papírtérképek pontosságának megítélésére,
- a papírtérképen nincsenek vezetve a változások,
- a pontosság (P) függ a térkép méretarányától, $P = 0.2 \text{ mm} \times M$, ahol M a térkép méretarányyszáma. Például ha a térkép $M = 1:10.000 \rightarrow P = 2 \text{ m}$,
- speciális szakértelem szükséges,
- esetenként nagyon nagy méretű állományok keletkeznek,
- bonyolult a minőség és költségellenőrzés. (Detrekői és Szabó, 2002)

4.3.1. SZKENNELÉS

Szkennelés során a papír térképeket *raszteres* állományba mentjük úgy, hogy sorról sorra, képpontról képpontra beolvassuk (letapogatjuk) annak színét. Az első szkennerek (77. ábra) térképészeti igények nyomán jöttek létre, így alkalmasak voltak nagyméretű (> 1 m²) térképek feldolgozására. A szkennerek legfontosabb jellemzői a felbontás és a színmélység.

A felbontás azt fejezi ki, hogy egy adott hosszúságú szakaszon belül hány képpontot rögzítünk. Ennek mértékegysége a dpi (*dot per inch*), az egy hüvelykre (azaz 25,4 mm-re) eső képpontok (pixelek) számát adja meg. A nagyobb dpi-érték jobb felbontást jelent.

A felbontás mellett a másik fontos tulajdonság a szkennerek színmélysége. A térképet három színre bontva szkenneljük, vagyis minden képpontnak rögzítjük a vörös (*Red*), a zöld (*Green*)

és a kék (*Blue*) színösszetevőjét, illetve annak intenzitását. A színmélység azt jelenti, hogy egy szín intenzitását hány biten tároljuk. Ha 8 biten, akkor színenként 256 (2^8) árnyalatot vagyunk képesek megkülönböztetni. Három színre ez 24 bit színmélységet jelent, amivel összesen 16 777 216 (2^{24}) különböző színt különböztethetünk meg. Ma már minden szkennerek legalább 24 bites színmélységgel rendelkeznek, de vannak 36, 42 vagy 48 bit színmélységű szkennerek is (színcsatornánként 12, 14 vagy 16 bit). (Nógrádi, 1999)

A nagyméretű (A0, A1), nagy felbontású (1200–4000 dpi), nagy színmélységű optikával ellátott, precíz mechanikai szerkezetű szkennerek ára magas, amihez hozzáadódik még a szükséges tárolókapacitás költsége is. A szkennelést leginkább nagy mennyiségű, azonos tematikájú térkép digitalizálásakor célszerű választani. A közben fellépő hibák (mérettartás, elmozdulás, élettenség) miatt a létrejött raszteres térképet ellenőrizni és korrigálni szükséges. (Zentai, 2000)

77. ábra: Komplettn térképszkenner-munkaállomás



Forrás: Terc.hu <URL>

4.3.2. DIGITALIZÁLÁS

A digitalizálás folyamán a térkép egyes pontjaihoz koordinátákat rendelünk, amelyeket vektoros formában tárolunk. A különböző típusú objektumok különböző rétegekre kerülnek. A térképek digitalizálása történhet nyomtatott térképről, kézzel, digitalizáló tábla használatával vagy képernyőről (*on screen*) beszkenneelt térkép alapján.

A kézi digitalizáláshoz szükséges egy számítógép, amelyhez a digitalizáló tábla (78. ábra) és az irányzó (pozicionáló) eszköz, a kurzor (79. ábra) csatlakozik.

78. ábra: Digitalizáló tábla



Forrás: *Esri.com* <[URL](#)>

79. ábra: Digitalizáló tábla mutatóeszközei



Forrás: *Soltechs.com* <[URL](#)>

A digitalizáláskor a számítógépen GIS- vagy CAD-szoftver fut, ami megjeleníti és tárolja a digitalizált elemeket. A GIS-szoftverek általában rendelkeznek digitalizáló modullal. (*Sárközy, 2009*)

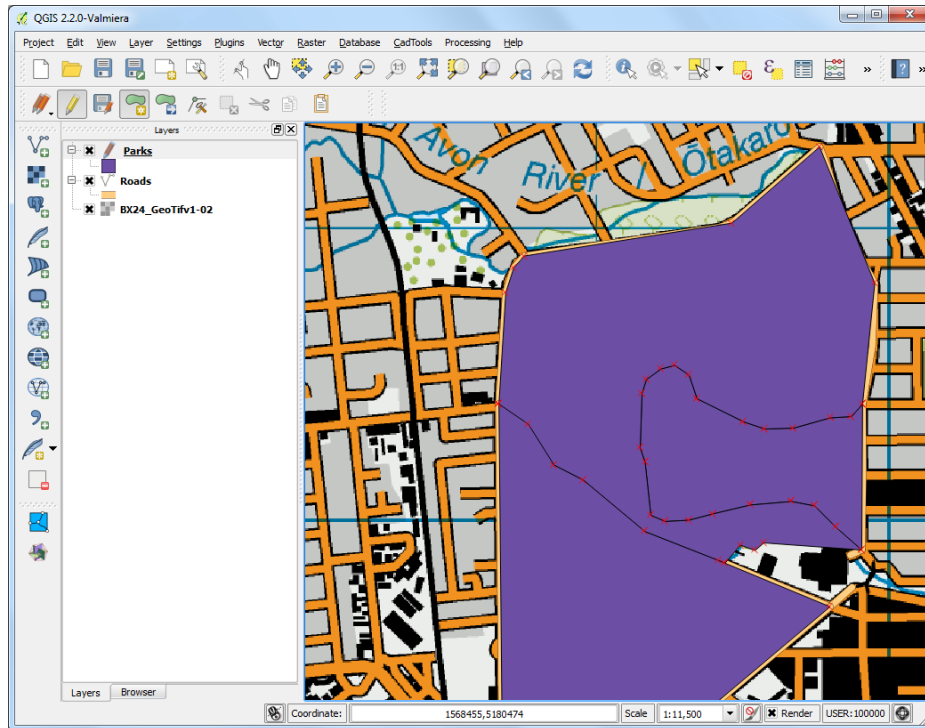
A kézi digitalizálás lassú, aprólékos munka. Első lépésben a térképet a táblára rögzítjük. A tábla saját koordinátarendszerrel rendelkezik, ezért ismert pontok segítségével meg kell határozni a koordinátarendszerek (táblai és térképi) közötti transzformáció szabályait.

Az ismert pontok rögzítése után kezdődhet a további pontok digitalizálása. A pontokat egyesével, kézzel kell rögzíteni, míg a vonalak regisztrálása történhet automatikusan is, miközben valamelyik vonalon (pl.: vasútvonalon) vezetjük a kurzort. A rögzítés történhet azonos időközönként (pl. fél másodpercenként) vagy azonos hosszúságú megtett útszakaszonként (pl. milliméterenként). A harmadik módszernél a vonal görbületének megfelelően rögzíti a szoftver egy-egy pont koordinátáit. Erősen görbült vonalszakaszon sűrűbb a mintavételezés, kevésbé görbült helyen pedig ritkább.

A digitalizáló táblák szokásos felbontása 1000 dpi. A digitalizáló pontossága tized milliméter nagyságrendű, azonban a digitalizálás pontosságát ezenkívül befolyásolja az eredeti térkép és a digitalizáló személy pontossága. (*Detrekői és Szabó, 2002*)

A képernyőről történő (*on-screen* vagy más néven *heads-up*) digitalizálás (80. ábra) előnye, hogy a felhasznált raszterkép nem gyűrődik, megvilágítása egyenletes, nem jelentkezik a rossz látószögből eredő leolvasási (parallaxis) hiba. Ezenkívül nagyítható, így pontosabban lehet rajta elhelyezni az egyes pontokat. A szkennelt térképeken kívül felhasználhatjuk a légi és űrfelvételeket vagy például az ingyenesen elérhető Google Maps-et is.

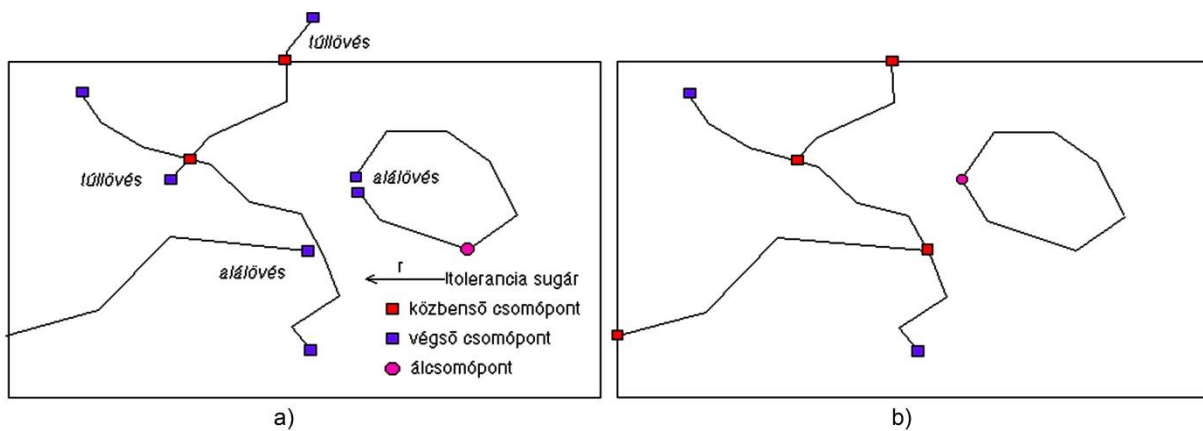
80. ábra: On-screen digitalizálás QGIS-programban



Forrás: *Qgistutorials.com* <[URL](#)>

A digitalizálás aprólékos, unalmas munka, ezért óhatatlanul előfordulnak benne hibák. A 81. ábra néhány jellegzetes digitalizálási hibát és azok javítását illusztrálja. A javításra léteznek intelligenszoftver-megoldások, azonban mindig szükséges az emberi ellenőrzés is (Sárközy, 2009).

81. ábra: Digitalizálási hibák (a) és javításuk (b)



Forrás: *Sárközy (2009)* <[URL](#)>

5. TÁVÉRZÉKELÉS

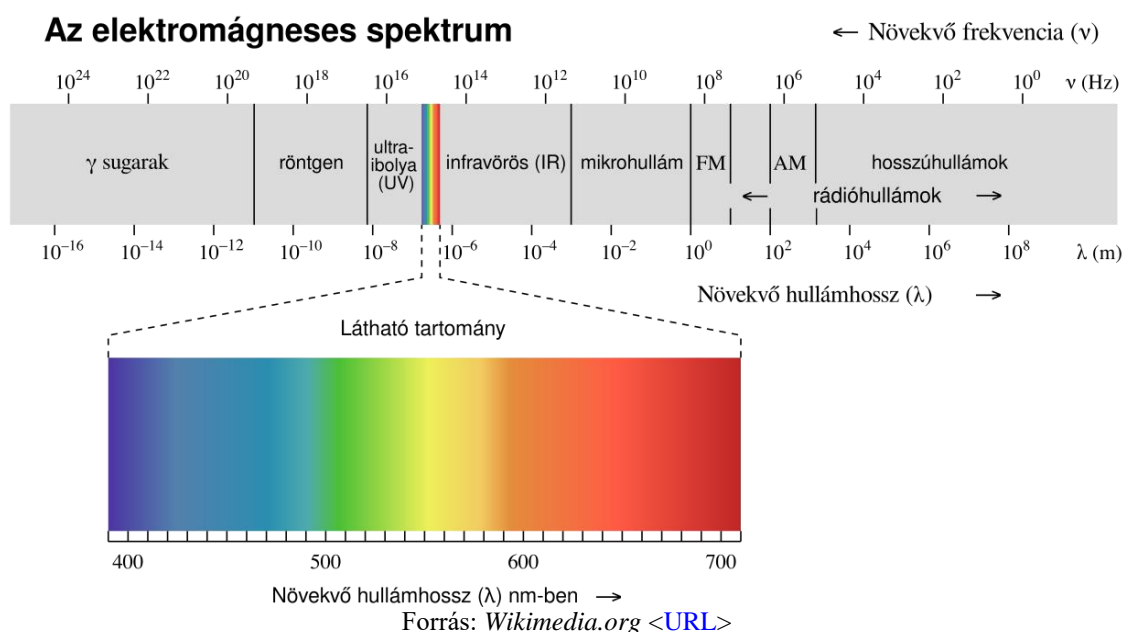
„A távérzékelés az a tudományág, amely a tárgyakra vagy a jelenségekre jellemző információk beszerzésével és megméréssel foglalkozik olyan rögzítő berendezések segítségével, amelyek nincsenek közvetlen (fizikai) kapcsolatban a vizsgált tárggyal vagy jelenséggel.” A távérzékelés régóta alkalmazott módszer, hiszen információnyerési céllal felhasználták már a hagyományos fényképezést, légi fényképezést is. Az első légi felvétel léggömből készült 1858-ban Párizsban. (*Lechner Tudásközpont, 2011*)

„A *fotogrammetria* vagy fényképmérés a tárgyak alakjának, méreteinek és helyének meghatározása *fényképek* alapján, azaz mennyiségi információszerzés” (*Bácsatyai és Márkus, 2001: 13*). Geodéziai alkalmazás esetén a tárgy a Föld felszínén levő természetes vagy mesterséges alakzatok. A térképezés a tárgyponatok és képek közt fennálló matematikai–geometriai kapcsolat alapján lehetséges.

A távérzékelés és a fotogrammetria közötti különbség talán annyiban foglalható össze, hogy a fotogrammetria alapvetően analóg vagy digitális fényképeket dolgoz fel, vagyis a láthatófénytartományban dolgozik. A korábban önálló tudományágnak besorolt fotogrammetriát ma már a távérzékelés részterületeként tartják nyilván. (*Bácsatyai és Márkus, 2001*)

A látható fény tartománya – amelyet a szemünkkel érzékelünk – csak egy nagyon kicsi része a teljes elektromágneses spektrumnak (*82. ábra*). A távérzékelésben használt érzékelők (szenzorok) képesek a látható fénytől eltérő hullámhosszon érkező sugárzást is érzékelni, így ez a tartomány jelentősen kibővült. A λ hullámhossz és az f frekvencia között fordított arányosság van. A hullámhosszt úgy kapjuk meg, ha a hullám sebességét (c) elosztjuk a frekvenciával. Az elektromágneses hullám fénysebességgel terjed. A növekvő frekvencia növekvő energiájú sugárzást jelent. (*Kovács és mtsai., 2013*)

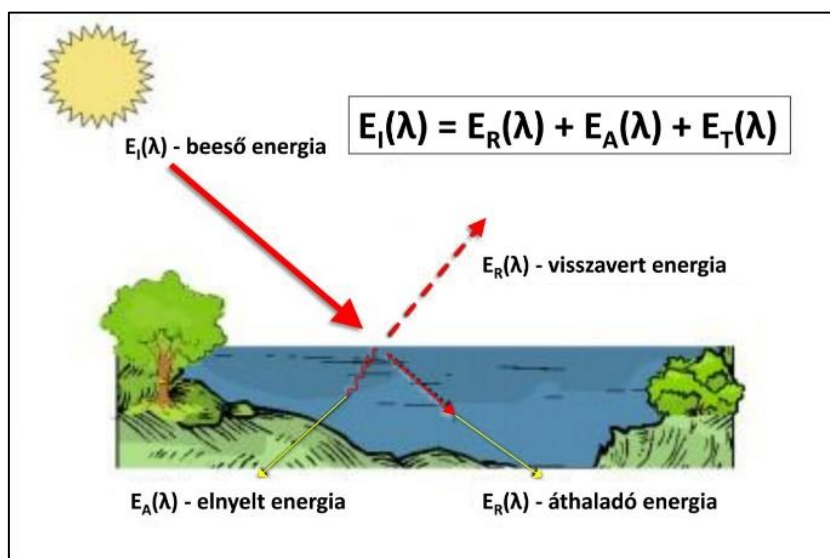
82. ábra: Az elektromágneses hullámhossztartomány (spektrum)



5.1. Az optikai távérzékelés fizikai alapjai

Egy tárgyra beeső (I, *incident*) sugárzási energia egy része visszaverődik (R, *reflected*), egy része elnyelődik (A, *absorbed*), egy része pedig áthalad (T, *transmitted*) a tárgyon (*83. ábra*). A beeső elektromágneses hullám hossza (λ) befolyásolja e mennyiségek egymáshoz viszonyított arányát.

83. ábra: Az elektromágneses energia és a földfelszín közötti kölcsönhatások



Forrás: Verőné Wojtaszek (2010a) <[URL](#)>

Az energiamegmaradás törvénye alapján felírhatjuk a következő egyenletet:

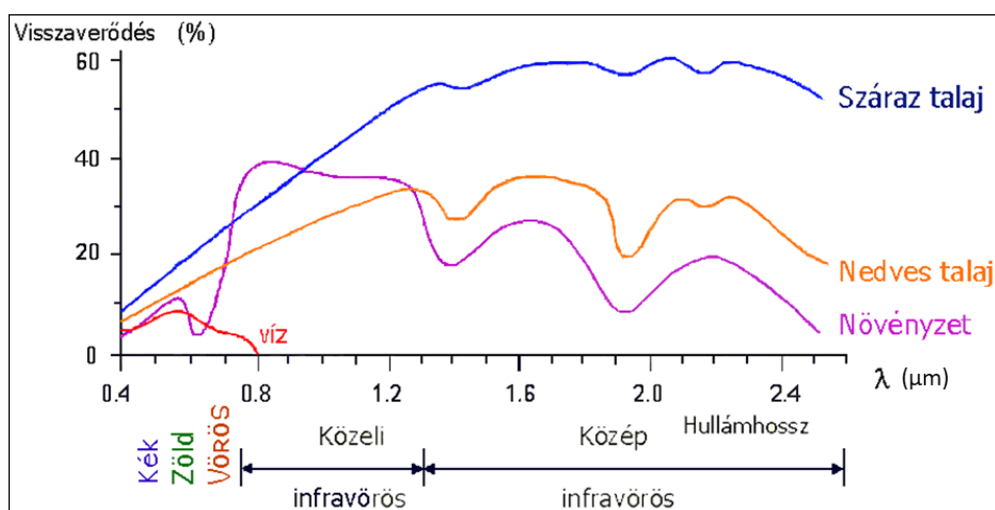
$$E_I(\lambda) = E_R(\lambda) + E_A(\lambda) + E_T(\lambda)$$

Egy adott hullámhosszon a teljes beeső sugárzás energiája egyenlő az elnyelt, az áthaladó és a visszavert sugárzás energiájának összegével.

Az E_R , E_A és E_T mennyiségek értéke hullámhossz mellett függ az adott közeg fizikai jellemzőitől és kémiai összetételétől is. A távérzékelési eszközök a visszavert energia mennyiségét mérik, ami jellemzi a megfigyelt tárgy kémiai és fizikai tulajdonságait (84. ábra). (László és mtsai., 2011)

Az objektumok jellemzésére a reflektancia- (albedo-) értéket használják, ami az adott felszín által visszavert sugárzás és a felszínre eső sugárzás hányadosa, általában százalékban kifejezve. Egy adott tárgy különböző hullámhosszon mért reflektanciaértékeit ábrázolva úgynevezett reflektanciagörbét kapunk. (Verőné Wojtaszek, 2010b)

84. ábra: Visszavert sugárzás és az általa mérhető jellemzők

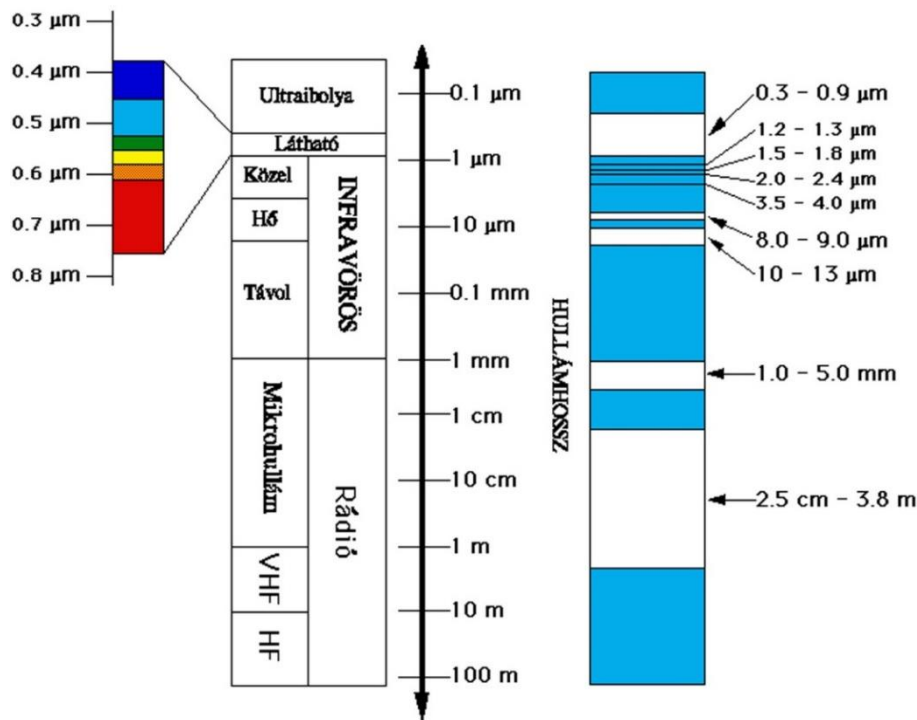


Forrás: Belényesi és mtsai (2008: 35) alapján

5.2. Léggöri ablakok

A léggör nem engedi át a teljes elektromágneses spektrumot, annak egy jelentős részét elnyeli. Távérzékelésre azokat a hullámhossztartományokat használhatjuk, ahol a léggör teljesen vagy legalább részben átengedi az elektromágneses sugárzást. Ezeket a tartományokat atmoszférikus (léggöri) ablakoknak nevezzük (85. ábra). (Kovács és mtsai., 2013)

85. ábra: Léggöri ablakok



Forrás: Sárközy (2009) <[URL](#)>

A léggöri ablakok a spektrumnak azon tartományai, amelyeken a szenzorok „keresztül látnak”. Távérzékelésre használt ablakok a következők:

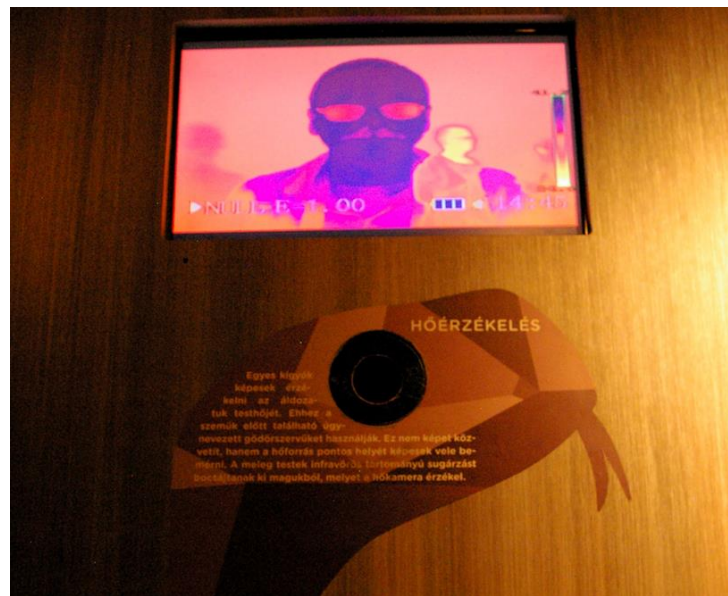
A látható fény tartománya (*Visible light*, VIS) ($\lambda = 0,4 - 0,75 \mu\text{m}$) a kéktől, a zöldön át a vörös színig, amit az emberi szem érzékelni képes.

Az *infravörös* tartományt további tartományokra osztják, amelyeknek más-más rövidítésével is lehet találkozni:

- A közeli infravörösben (*Near-InfraRed*, NIR) ($\lambda = 0,75 - 1,4 \mu\text{m}$) a felszínről visszavert napsugárzás mérhető.
- A közepes infravörös (*Middle-InfraRed*, MIR vagy *Short-wavelength Infrared* SWIR) ($\lambda = 1,3 - 3,0 \mu\text{m}$) a visszavert napsugárzás és az egyes igen magas hőmérsékletű felszíni objektumok kibocsátott sugárzása érzékelhető.
- A termális infravörösben (*Thermal-InfraRed*, TIR) ($\lambda = 3 - 15 \mu\text{m}$) egyre kisebb a visszavert sugárzás és egyre nagyobb a felszín által kibocsátott hősugárzás. A 86. ábrán egy hőkamera „képe” látható. A gyakorlatban ezt a tartományt is két részre szokás bontani:
 - közepes hullámhosszú infravörös (*Mid-Wavelength InfraRed*, MWIR) ($\lambda = 3 - 8 \mu\text{m}$),
 - nagy hullámhosszú infravörös (*Long-Wavelength infraRed* (LWIR) ($\lambda = 8 - 15 \mu\text{m}$).
- A távoli infravörösben (*Far-infrared*, FIR) ($\lambda = 15 - 1000 \mu\text{m}$) csak hő formájában továbbított energia mérhető.

A *mikrohullámú* tartományban (1 mm – 1 m) a léggöri elnyelődés nagyon kicsi, a felvételezés időjárás és a napszak független. (Verőné Wojtaszek, 2010a)

86. ábra: Hőkamerás bemutató a Fővárosi Állat- és Növénykertben



Forrás: Szerző felvétele

5.3. A távérzékelés munkafolyamata

Két részből tevődik össze, először természetesen az adatnyeréshez szükséges *felvételek elkészítése* történik, ezután következhet a *képek feldolgozása* (Detrekői és Szabó, 2002).

A képfeldolgozás két további részre osztható, *előfeldolgozásra* és *képelemzésre*. Az *előfeldolgozás* a vizuális vagy digitális kiértékelést előkészítő folyamat. A felvételkészítés alatt a szenzorok működése során vagy a légkör hatása miatt bekövetkező torzulások kijavítása érdekében radiometriai és geometriai korrekciókat kell végrehajtani. (Lechner Tudásközpont, 2011)

A *radiometriai korrekció* célja a fizikailag kalibrált értékek rekonstruálása a szenzorok, a nap-sugárzási szög, a domborzat és a légkör által okozott spektrális torzítások kijavításával. A *légkörü* vagy *atmoszferikus korrekció* feladata, hogy teljesen kiküszöbölje a Föld légkörének elnyelési és szóródási hatását, eltávolítja felvételtől a köd- és a pára részecskéket. Az eljárások során a pixelek értékeit megváltoztatják, a felszín eredeti visszaverődési értékeihez közelítik (87. ábra).

87. ábra: Az eredeti felvétel (A) radiometriai és atmoszferikus korrekció után (B)

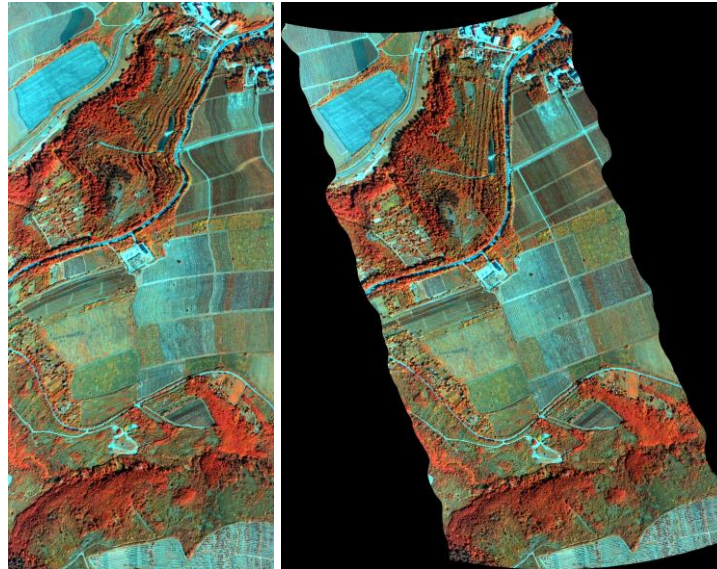


Forrás: Frontiersin.org <URL>

A *geometriai korrekció* (georeferálás) kijavítja a külső és belső geometriai torzulásokat (88. ábra). A belső torzítások az érzékelő által okozott torzítások. Ilyenek például az objektív torzítása, az érzékelők helytelen elrendezése, a mintavételi frekvencia változása. A külső torzulásokba

beleértjük a platform helyzetének és pozíciójának változását, a Föld görbületét, topográfiai fel-szint stb. Ezeknél az eljárásoknál a pixelek helyét változtatják meg, a felszín koordinátáinak meg-felelően. (Murai, 1998)

88. ábra: Radiometriailag korrigált (bal) és geometriailag korrigált kép (jobb)

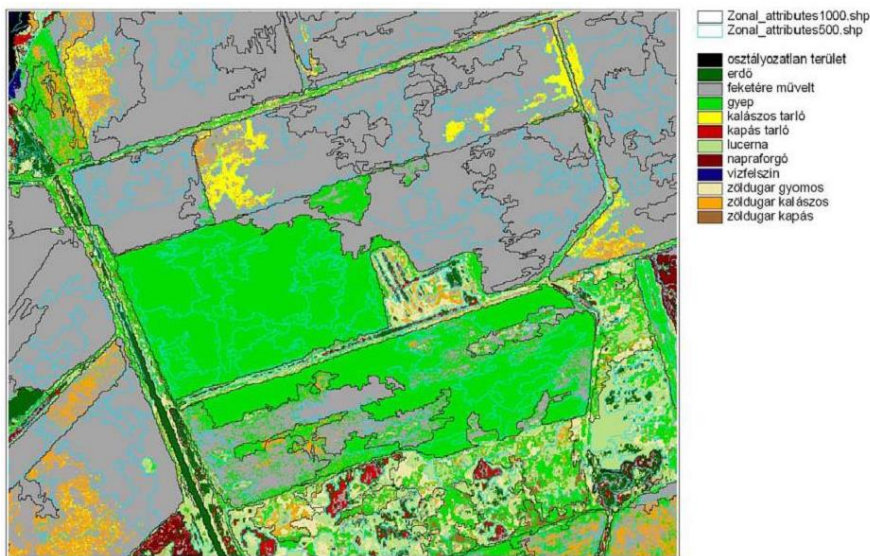


Forrás: Tomor (2017: 19)

Az elemzések pontossága érdekében a korrekciók után általános képjavító műveleteket vé-geznek (szűrés, transzformáció, sávok közötti műveletek).

Az elő feldolgozás lépései után következhet a képi információk kinyerésének folyamata, a *kép-elemzés*. A képelemzés célja tematikus információ kinyerése a kép specifikus tulajdonságainak meg-állapításával. Az eredményeket többnyire tematikus térképen ábrázolják. Számos képfeldolgozási és elemzési technikát (éldetektálás, alakelemzés osztályozás stb.) fejlesztettek ki a távérzékelési képek értelmezésének támogatására és a lehető legtöbb információ kinyerésére (89. ábra). A konkrét tech-nikák vagy algoritmusok kiválasztása az egyes projektek céljától függ. (Lechner Tudásközpont, 2011)

89. ábra: Földfelszín osztályozása

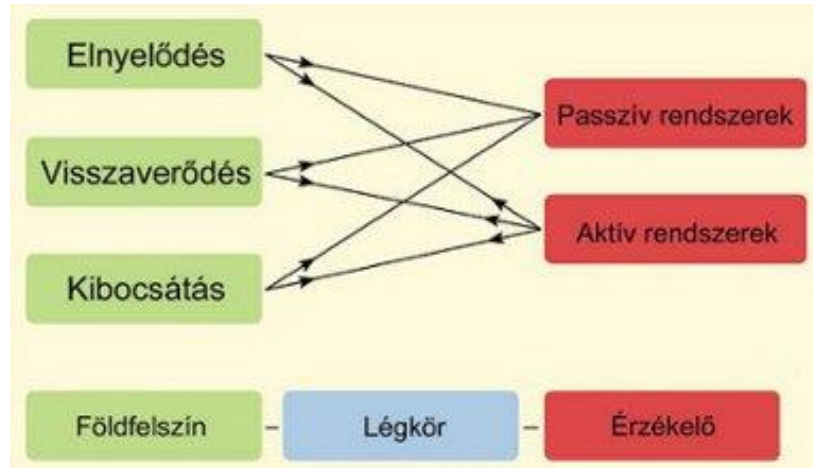


Forrás: Körinfo.hu <URL>

5.4. Távérzékelés rendszerezése

A távérzékelés leegyszerűsített sémáját a 90. ábra mutatja. A távérzékelő szenzorok a légkörön keresztül érzékelik a földfelszínről érkező elektromágneses sugárzást. (Kovács és mtsai., 2013)

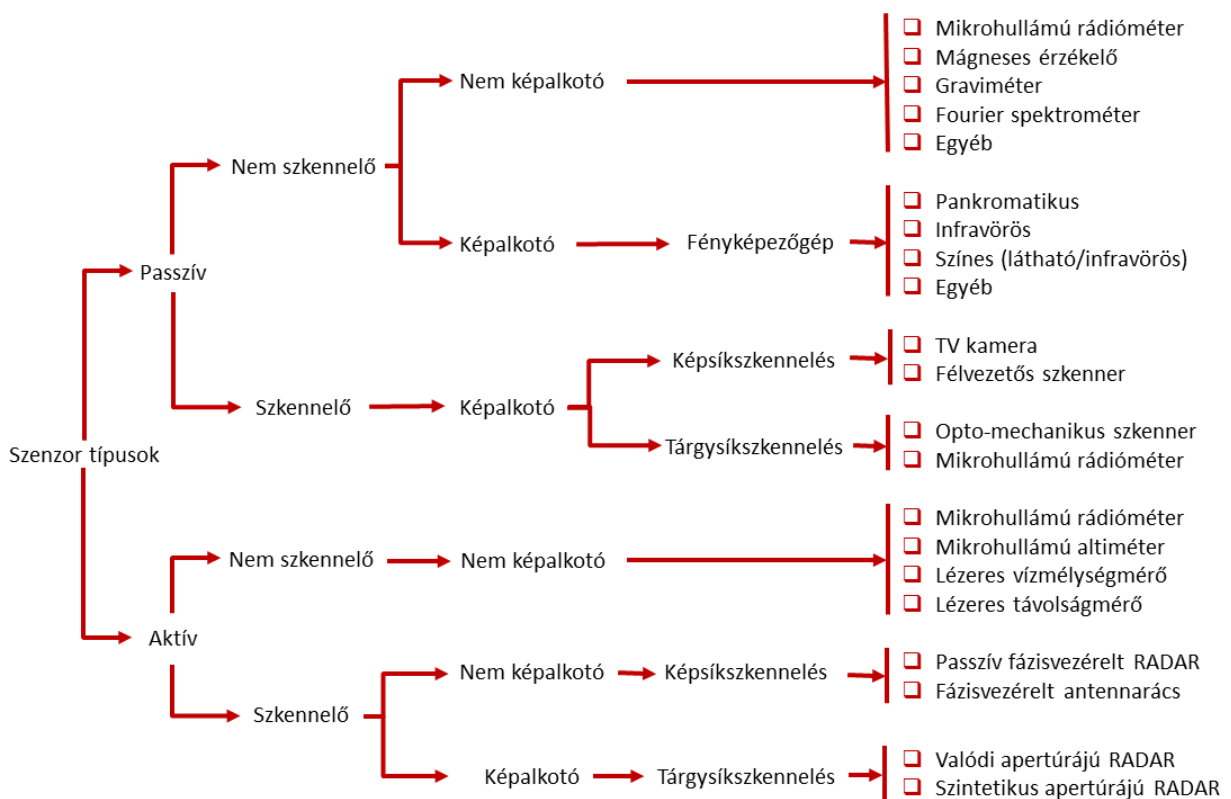
90. ábra: A távérzékelés elemei és kapcsolatuk



Forrás: Kovács és mtsai. (2013) <URL>

A különböző hullámhossztartományokban nagyon sokféle elven működő szenzor létezik. A 91. ábra összefoglalja a távérzékelés során alkalmazott érzékelők fő típusait. (Thapa és Murayama, 2010)

91. ábra: A távérzékeléshez használt szenzorok felosztása



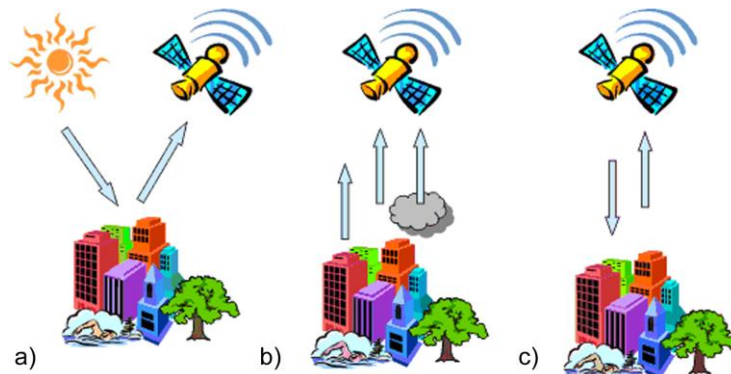
Forrás: U-tokyo.ac.jp <URL> alapján

Aktív és passzív távérzékelés

Az alkalmazott érzékelők működési elve alapján két nagy csoportot különböztetünk meg: aktív és passzív szenzorokat (92. ábra).

92. ábra: Aktív és passzív távérzékelés

a: passzív távérzékelés (visszavert sugárzás), b: passzív távérzékelés (emittált sugárzás)
c: aktív távérzékelés



Forrás: Treasure-hunt.alaska.edu <URL>

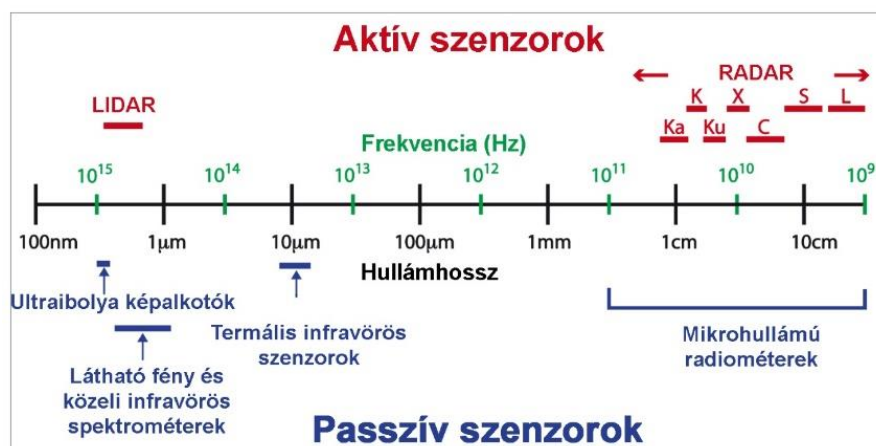
A *passzív szenzorok* a természetes eredetű elektromágneses sugárzást érzékelik, nem rendelkeznek saját sugárforrással. A legtöbb esetben a visszavert napfényt vagy az objektumok saját kibocsátott sugárzását (pl. hő) detektálják. Hétköznapi példa a fényképezőgép, míg a távérzékelésben alkalmazott passzív érzékelő például a multispektrális szkennel, termális szkennel vagy a mikrohullámú radiométer. (Belényesi és mtsai., 2008)

A passzív távérzékelés legjobb példája a légifényképezés, amely azonban csak nappal és tiszta időben végezhető, hiszen a felhőzet rontja az érzékelés hatékonyságát. A passzív mikrohullámmal végzett hőszugárzásmérésnél a felhőzet nem akadály a mérésnek, míg a hőinfravörös érzékelés is csak felhőmentes időszakban alkalmazható.

Az *aktív szenzorok* rendelkeznek saját sugárforrással. A szenzor kibocsátja a sugárzást és annak visszavert részét érzékeli. Ha belegondolunk, a fényképezőgép vakuval aktív szenzornak számít. Aktív szenzort használnak a különböző radarok (RADAR: *Radio Direction And Ranging* – rádióhullám-észlelés és távolságmeghatározás) és a lézerradarok (LIDAR: *Light Direction And Ranging* – fény észlelése és távolságának meghatározása). (Kovács és mtsai., 2013)

Az aktív és passzív távérzékelési tartományokat a 93. ábra mutatja.

93. ábra: Aktív és passzív távérzékelési szenzorok



Forrás: Seos-project.eu <URL> alapján

Szkennelő és nem szkennelő szenzorok

Az aktív és a passzív szenzorok ebbe a két nagyobb csoportba sorolhatók. A szkennelő (letapogató) szenzorok pontonként tapogatják le a megfigyelt objektumot, míg a nem szkennelő érzékelők egy lépésben nyernek képet vagy adatot róla.

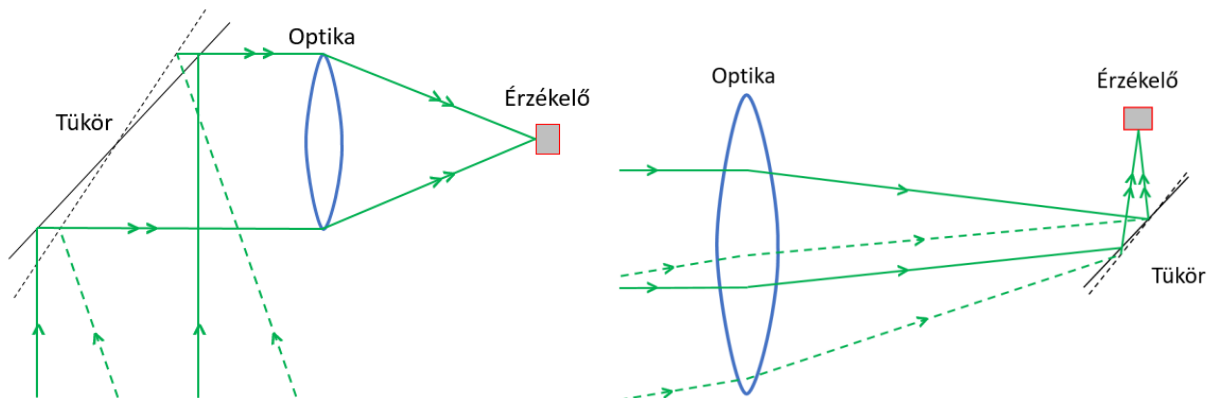
Képalkotó és nem képalkotó szenzorok

A szkennelő és nem szkennelő érzékelők tovább oszthatók képalkotó- és nem képalkotó szenzorokra. Nevük hűen kifejezi működési elvüket. A képalkotó szenzorok „terméke” egy kép, akkor is, ha az nem a láthatófény-tartományban készült, míg a nem képalkotó műszerek valamilyen fizikai mennyiséget mérnek.

Tárgysíkszkennelés és képsíkszkennelés

A képalkotó szenzorokat fel lehet osztani azon az elven, hogy hol helyezkedik el a sugárnyalábot az érzékelőhöz fókuszáló optika (94. ábra). A sugárnyalábot az érzékelőre irányító tükör tárgysíkszkennelésnél az optika előtt, a képsíkszkennelésnél az optika mögött található.

94. ábra: Tárgysíkszkennelés (bal) és képsíkszkennelés (jobb)



Forrás: Bhattacharya (n. a.: 21) alapján

Távérzékelési eljárások az észlelési távolság alapján

A távérzékelésben használt eszközök különböző hordozóeszközökön (platformokon) és észlelési távolságon működnek (95. ábra).

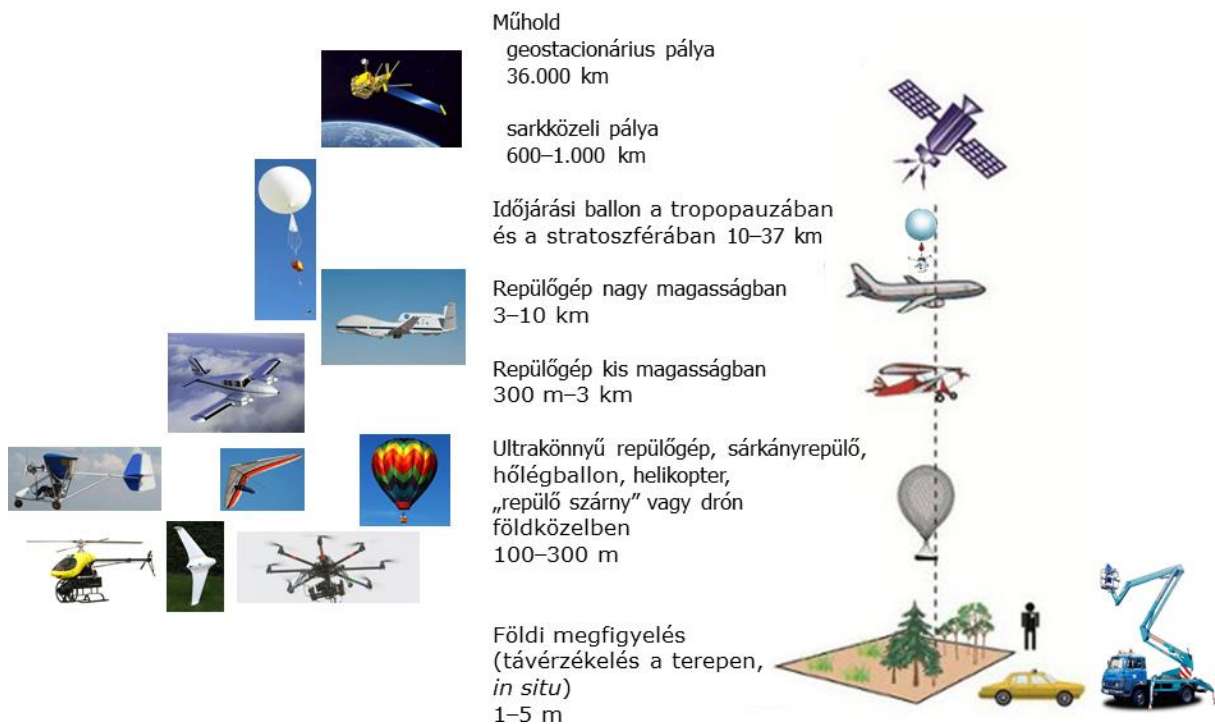
Távérzékelési eljárások a szolgáltatott információk alapján

A szenzorok mérési adataiból a feldolgozás során többféle információt nyerhetünk. A *geometriai (térbeli) információk* a tárgyak helyére, elhelyezkedésére, alakjára, felületére, magasságára vonatkoznak, míg a *spektrális információk* a tárgyról érkező sugárzás mértékére, eloszlására stb.

A szenzor hullámhossztartománya alapján egy vagy több spektrális sávban történik az észlelés. Megkülönböztetünk monospektrális (egysávos) és multispektrális vagy hiperspektrális (többsávos) felvételt. (Kovács és mtsai., 2013)

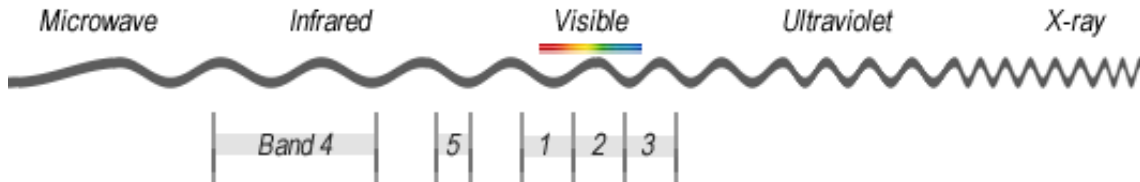
A multispektrális és hiperspektrális képalkotás közötti különbség a sávok számában és a sávok szélességében mutatkozik. A multispektrális képek általában 3-10 darab széles (20–200 nm) sávot tartalmaznak. A hiperspektrális képek sokkal keskenyebb sávokból (10–20 nm) állnak. A hiperspektrális képen több száz, az ultraspektrális képen pedig akár több ezer sáv is lehet. (96. ábra és 97. ábra). (GISGeography.com, 2018)

95. ábra: Távérzékelésben használt eszközök és a megfigyelési távolság



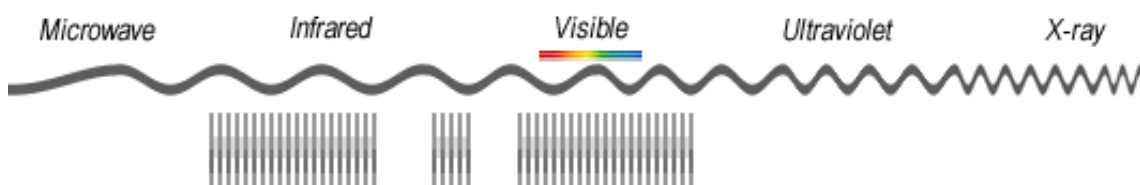
Forrás: Kovács és mtsai. (2013) <URL> alapján

96. ábra: Multispektrális felvétel sávjai (5 széles sáv)



Forrás: Gisgeography.com <URL>

97. ábra: Hyperspektrális felvétel sávjai (több száz keskeny sáv)



Forrás: Gisgeography.com <URL>

A szenzorok fontosabb jellemzői

A különböző alkalmazások elvárt eredményeihez szükséges felvételek kiválasztásához elengedhetlen a szenzorok jellemzőinek ismerete. Ezek a jellemzők összefüggenek egymással, így fontossági sorrendet nem lehet felállítani közöttük, együttesen kell vizsgálni azokat.

Térbeli felbontás és a lefedett terepi méret:

A térbeli felbontás azt jelenti, hogy egy képi pixel mekkora területű földfelszínt ábrázol. Minél kisebb a pixelenként ábrázolt méret, annál nagyobb a felbontás, részletesebb a kép. Ez

természetesen összefügg azzal is, hogy az egész kép mekkora területről készül. Minél kisebb a pixel által ábrázolt méret, annál több adatot kell kezelni egy adott terület lefedésére, ami több időt igényel, és így ritkábban kerülhet sor az újabb felvételre. Például az időjárás-előrejelzéshez használt meteorológiai műholdak 20-30 percenként kis felbontású (1–5 km/pixel) felvételeket készítenek nagy területekről. A Landsat-műholdak megújuló erőforrásokat vizsgáló szenzorai nagy terepi felbontással (15–30 m/pixel) ugyanarról a területről csak 16 nap után tudnak ismételt felvételt készíteni.

Spektrális felbontás:

Megadja, hogy a felvétel hány sávból áll, egy-egy sáv milyen széles, és mekkora az egész átfogott elektromágneses spektrum tartománya. A nagy spektrális felbontás, a több sáv pontosabb mérést tesz lehetővé, mint egy, de szélesebb spektrális tartomány. Ha a terepi felbontás nem változik, akkor sávszűkítésnél a szenzorok alacsonyabb energiaszintet érzékelnek, emiatt csökken a radiometriai felbontás.

Radiometriai felbontás:

Megmutatja, hogy a visszavert sugárzás értékei hány féle színárnyalatot vehetnek fel, hány bites színmélységű felvétel készül. A szenzor egy-egy sávjába beérkező elektromágneses energia minimális és maximális értékei közötti intervallumot kettő valamely hatványával egyenlő részre osztják fel. Például a Landsat-8 OLI szenzorának 12 bites felvételei 4096 intenzitási szintet különböztetnek meg.

Időbeli felbontás:

Azt az időtartamot jelenti, amely egy adott földrajzi hely két egymást követő felvételezése között eltelik. A különböző jelenségek, folyamatok eltérő időrendben zajlanak, így például a meteorológiai jelenségek megfigyelésére, a haszonnövények növekedésének monitorozására vagy az erózió terjedésének vizsgálatára más és más gyakorisággal kell felvételeket készíteni. (Verőné Wojtaszek, 2010a)

A távérzékelés számos technikát, műszert és módszert alkalmaz. Különböző magasságokon (*Multi-stage*) lévő platformokra telepítik a műszereket, amelyek különböző időpontokban (*Multi-temporal*) készítenek felvételeket különböző érzékelők (*Multi-sensor*) segítségével, amelyek különböző hullámhosszakon (*Multi-spectral*) működnek. Rengeteg eljárás, elemzési módszer, vizsgálati lehetőség adódik, ha ezeket a technikákat vegyesen alkalmazzuk. (Belényesi és mtsai., 2008)

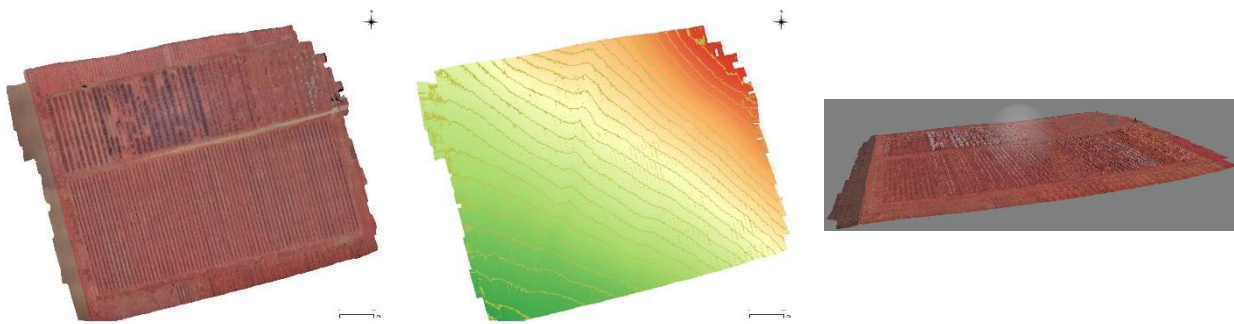
5.5. Felhasználási területek

A távérzékelés módszerével legszélesebb körben előállított és felhasznált termékek az ortofotó (perspektivikus torzításoktól mentes, korrigált, mérőképes, térképkészítésre alkalmas fotó), a különböző digitális magasságmodellek, és a háromdimenziós, körbejárható, forgatható terepmodellek.

A 98. ábrán egy drónos felmérés során készített 526 darab felvételből előállított ortomozaik, digitális terepmodell és egy 3D modell látható.

Gyakorlati alkalmazása egyre bővül az egyre pontosabb megfigyelő/előrejelző rendszerek kiépítésének, az újabb műholdak fellövésének köszönhetően. A távérzékelés fontos szerepet játszik a nem megújuló természeti erőforrások felmérésénél, térképezésénél, de kifejezetten jól alkalmazható a megújuló természeti erőforrások állapotának felmérésére, változásaik nyomon követésére és a katasztrófák előrejelzésére, elhárítására. (Lechner Tudásközpont, 2011)

98. ábra: Távérzékelési termékek



Forrás: A Kaposvári Egyetem gyümölcsösének drónfelméréséből⁸

Néhány konkrét alkalmazási terület:

- katonai hírszerzés,
- mezőgazdasági növénykultúrák nagytérségi felmérése, termés-előrejelzés,
- települési környezet vizsgálata,
- geológiai, geomorfológiai és talajtérképezés, nagy térségek geológiai, tektonikai szerkezetének tanulmányozása és ezek összefüggéseinek feltárása,
- topográfiai térképezés és digitális domborzati modellek előállításuk különösen a fejlődő országokban, ahol ezek igen gyakran még nem állnak rendelkezésre,
- gyorsan változó jelenségek (pl. hóborítás) nagytérségi vizsgálata,
- a hőmérséklet eloszlásának és változásainak mérése (pl. a hőmérséklet napi változásának vizsgálata a nagyvárosokban),
- a tengerek áramlásainak és a jég vándorlásának nyomon követése,
- a szélereősség és a szélirány mérése a nagy óceánok térségében,
- időjárás-megfigyelés és –előrejelzés,
- a légkör összetevőinek mérése,
- a vegetáció vitalitásának és károsodásának felmérése (pl. erdőkárok),
- nagyberuházások környezetihatás-vizsgálata (a beruházás megvalósítása előtt, illetve üzemelés közben),
- a folyók és tengerek hőszennyezésének (szennyvízkibocsátás) vizsgálata,
- illegális vagy régi szeméttlerakó helyek feltárása,
- árvizek, erdőtüzek és egyéb katasztrófák ellenőrzése,
- más égitestek kutatása, térképezése (*Bácsatyai és Márkus, 2001*).

A távérzékelés előnyei

- *Roncsolásmentes vizsgálat:* a megfigyelt tárgy állapota nem változik meg.
- *A láthatatlan láthatóvá válik:* az alkalmazott érzékelők az elektromágneses spektrum látható tartományán kívüli hullámhosszokon is képesek megfigyeléseket végezni.
- *Objektív megfigyelés:* a távérzékelési eljárások alkalmazásával mérhető, fizikai adatokhoz jutunk, kvantitatív és kvalitatív adatokat is gyűjthetünk.
- *Összetett adatnyerés lehetősége:* a távérzékeléssel olyan attribútumadatokat nyerünk, amelyek szervesen kapcsolódnak a térbeli adatokhoz.

⁸ A felmérés az EFOP - 3.6.3 – VEKOP – 16 – 2017 - 00008 projekt keretében történt.

- *Sokféle módszer*: egyre bővül az eszközök, módszerek és eljárások választéka, ezáltal egy adott kutatáshoz kiválaszthatjuk az ahhoz legjobban illeszkedő távérzékelési módot és az adatfeldolgozási eljárást.
- *Ellenőrizhető, reprodukálható adatok*: a tárolt adatok összehasonlítása, elemzése más időpontban vagy helyen készült felvételekkel lehetővé teszi a folyamatok nyomon követését, a változásvizsgálatokat és az összehasonlító elemzéseket.
- *Adatnyerés nagy területekről*: szemben a hagyományos térképezési, felmérési eljárásokkal, a távérzékelési módszerek nagy kiterjedésű területekről rendkívül rövid idő alatt sok adat gyűjtését teszik lehetővé.
- *Elérhetetlen területek*: olyan területek is megfigyelhetők távérzékelési eljárásokkal, amelyek egyébként nem. (*Belényesi és mtsai.*, 2008)
- *Gyors feldolgozás*: egyes spektrumokban (pl. láthatófény-tartományban) készült felvételek azonnali információt szolgáltatnak.

A távérzékelés hátrányai

- Egyes eljárások napszak- és időjárásfüggőek.
- A feldolgozáshoz jól képzett szakemberekre van szükség.
- A felvételt készítés és -feldolgozás viszonylag drága.
- Egyes esetekben földi kiegészítő mérések is szükségesek. (*Detrekői és Szabó*, 2002)

6. PASSZÍV TÁVÉRZÉKELEÉS

6.1. Légi fotó

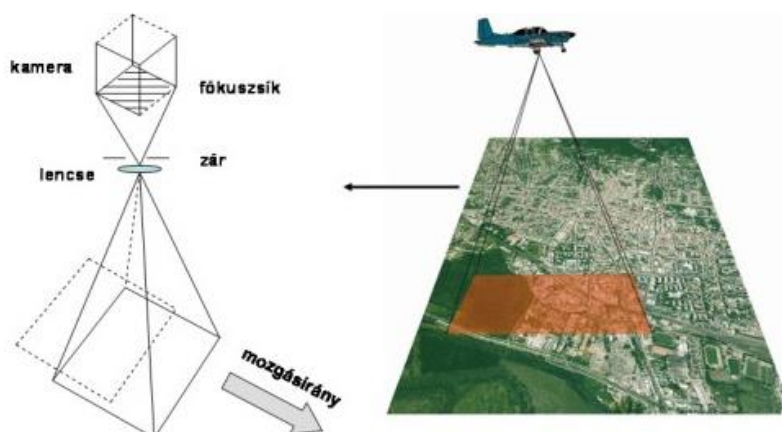
A légi fénykép optikai úton nyert távérzékelési alapadat, eszköze a légi jármű fedélzetén elhelyezett felvevőkamera, ami hagyományosan a látható fény tartományába eső elektromágneses energiát érzékeli. Napjainkban multi- és hiperspektrális kamerák, valamint aktív szenzoros eszközök is használatosak a légi felvételek készítésével párhuzamosan. A repülőgépek, helikopterek feltalálása előtt különböző „eszközöket” használtak fel légifotó-platformként: jellemzően hőlégballonokról fotóztak, de sárkányokkal, rakétákkal és galambokkal is magasba emelték a fényképezőgépeket. (Verőné Wojtaszek, 2010a)

Ma egyre inkább terjed a távirányított eszközök alkalmazása, amelyeket a köznyelvben általában drónnak neveznek. Ilyen eszköz a quadkopter, a helikopter és a repülő szárny (*flying wing*). Több összefoglaló rövidítéssel is találkozunk, például az UAV (*Unmanned Aerial Vehicle* – személyzet nélküli légi jármű) vagy az RPV (*Remotely Piloted (Aerial) Vehicle* – távolról irányított (légi) jármű). Az Európai Unióban elfogadott hivatalos szakkifejezés az UAS (*Unmanned Aircraft System* – pilóta nélküli légi járműrendszer), amely magába foglalja a repülő eszközt (UAV), a földi repülésvezérlő állomást és az adatkapcsolatot (irányítás, távvezérlés, felügyelet). Hasznos tehernek (*payload*) nevezzük azokat az eszközöket, amelyekkel megvalósítható a repülési cél, ebbe tartoznak például a különböző fedélzeti távérzékelők, radarok, kamerák, továbbá azok adatátviteli rendszerei is. (Tóth, 2018)

A fénykép készítése során a vizsgált területről beérkező fény az optikába jut, amelynek lencsési nyitott zárszerkezet esetén összegyűjtik, és a fókuszsíkra vetítik azt. A fókuszsíkon elhelyezkedő film vagy digitális érzékelő rögzíti a képet, amely ott élesen, kontrasztosan jelenik meg (99. ábra). Korábban filmre vitt fényérzékeny rétegen, analóg módon rögzítették a képeket. A filmekre különböző hullámhosszra érzékenyített emulziós rétegek kerültek, pankromatikus (fekete-fehér), színes (kék, zöld, piros) és közeli infravörös tartományokban. Napjainkban elektronikus (CCD és CMOS) érzékelők rögzítik a beeső sugárzás eloszlását. Mind a CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor* – komplementer fémoxid félvezető), mind a CCD (*Charge-Coupled Device* – töltéscsatolt eszköz) esetén a fény hatására elektromos töltés keletkezik, amelynek nagysága arányos a beeső fény intenzitásával.

Légi felvételek készítésére használták még a *vidikon* típusú eszközt, amely valójában egy televíziós kamera volt. A kép egy elektronikusan feltöltődő fényérzékeny felületen alakult ki. Az első olyan eszköz, ahol a kép elektronikus úton, de analóg módon továbbítható és tárolható volt. Ma már nem használatos. (Verőné Wojtaszek, 2010a)

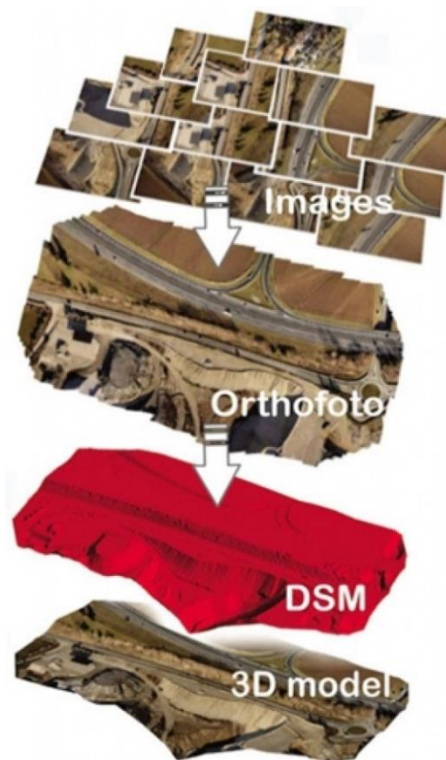
99. ábra: A légi felvétel készítésének elve



Forrás: Verőné Wojtaszek (2010a) <URL>

A felvételek feldolgozása szoftvereszközökkel történik. Az elkészült képeket először összeillesztik. A szükséges javítások után létrejönnek az eltérő felhasználási célú termékek (100. ábra).

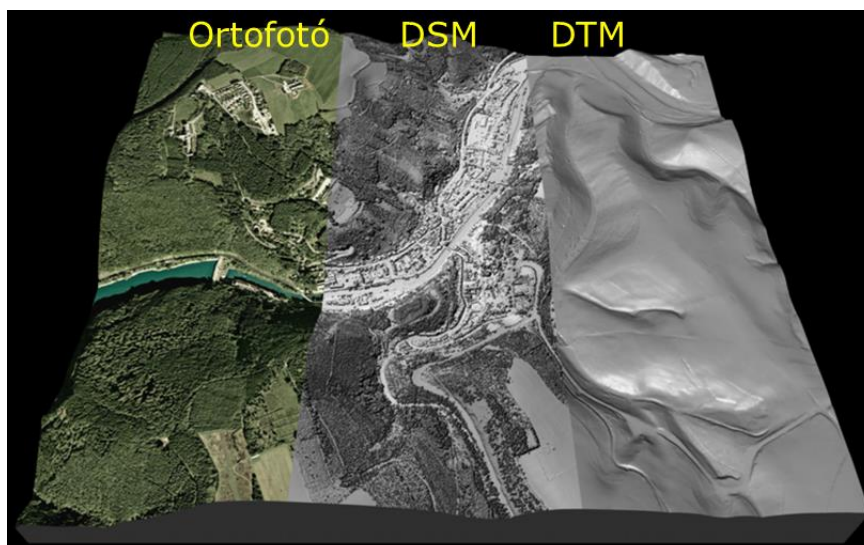
100. ábra: A légi fotók feldolgozása



Forrás: Pipistrel.si <URL>

A digitális magasságmodellekre több rövidítést is alkalmaznak. A DEM (*Digital Elevation Model*) a digitális topográfiai adatok általános elnevezése. A DDM (*digitális domborzatmodell*, angolul DSM – *Digital Surface Model*) a felszín és a rajta található objektumok együttese, míg a DFM (*digitális felszínmodell*, angolul DTM – *Digital Terrain Model*) a felszínt ábrázolja objektumok nélkül (101. ábra). (Verőné Wojtaszek, 2010c)

101. ábra: Különbség az ortofotó a DSM és a DTM között

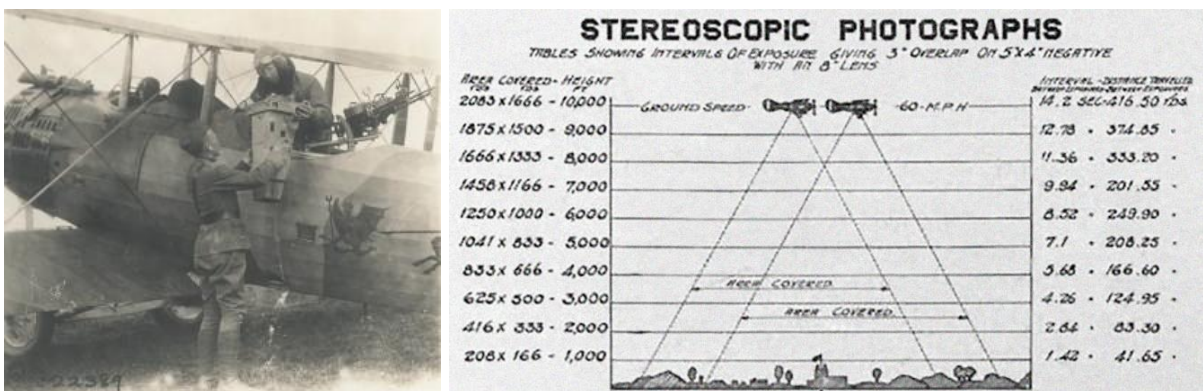


Forrás: Arctron.de <URL>

A kamera optikai tengelyének a Föld felszínéhez viszonyított helyzete szerint megkülönböztünk függőleges és ferde tengelyű (*oblique*) légi fényképeket. A függőlegesen lefelé irányuló felvételeket *nadir*, a felfelé irányuló felvételeket pedig *zenit* irányúnak hívjuk. A ferde tengelyű rálátásra használatos még az *off nadir* kifejezés is. Természetesen légi fényképezésnél legelterjedtebben a nadir irány használatos. A függőleges tengelyű felvételek a felszínt kis torzítással alaprajzszerűen ábrázolják. A ferde tengelyű képek a természetes látványhoz hasonló, szemléletes képet adnak, a távolabbra eső földfelszín arányosan kicsinyítik.

Az egymástól kis távolságon belül készített képek segítségével, az emberi látás elvén térhatást lehet elérni. A bal és jobb szemünk egymástól kis távolságban van, így környezetünket két különböző perspektívában érzékeljük, a tárgyakat két különböző helyről („álláspontból”) szemléljük. Ugyanannak a tárgynak a két különböző „álláspontbeli” képe agyunkban térbeli képpé válik. A természetes térbeli (sztereoszkópikus) látás alapelve kiterjeszthető a légi fényképezésre is. Ehhez egy területről két különböző helyről készített, átfedéssel rendelkező fénykép szükséges. Mozgó repülőgépről csak gondosan időzített expozíció esetén készülhetnek értékelhető képpárok (sztereogram) (102. ábra és 103. ábra). A képpárokat „mindkét szemünkkel egyidejűleg és valamilyen módon szétválasztva szemléljük, agyunkban létrejön a lefényképezett terreprész valóság-hű térbeli modellje, a térmodell.” (Bácsatyai és Márkus, 2001: 97). A képpárokat sztereoszkóp (104. ábra) segítségével lehet megfelelő módon megnézni

102. ábra: Légi felvételek készítésére alkalmazott kamera és a sztereoszkópikus felvétel készítését bemutató ábra az első világháború idejéből



Forrás: *Historic Wings Magazine* honlapja <URL1> és <URL2>

103. ábra: Sztereo képpár: Francia csapatok a lövészárkokban a somme-i csata idején



Forrás: *Historic Wings Magazine* honlapja <URL>

104. ábra: A sztereoszkóp



Forrás: [Wikimedia.org](#) <URL>

A légi fényképet készítő kamerák lehetnek mérőképes és nem mérőképes kialakításúak. A mérőkamerák elhanyagolható mértékű torzítással rendelkező különlegesen pontos szerkezetek. A mérőképes légi felvételek elsősorban geodéziai, térképészeti célra, míg a nem mérőképesek interpretációs célra készülnek (105. ábra).

105. ábra: A Kaposvári Egyetem ferde tengelyű, nem mérőképes légi fotója



Forrás: [Szallashelyek-utazas.info](#) <URL>

A légi fotó alkalmas a lokális és a regionális térinformációs rendszerekben:

- vektor jellegű állomány létrehozására és aktualizálására,
- raszter jellegű állomány létrehozására és aktualizálására,
- ortofotók előállítására,
- digitális magassági modellek létrehozására,
- egyes pontok helyzetének meghatározására. (Detrekői és Szabó, 2002)

A légi fényképek leggyakoribb alkalmazási területei:

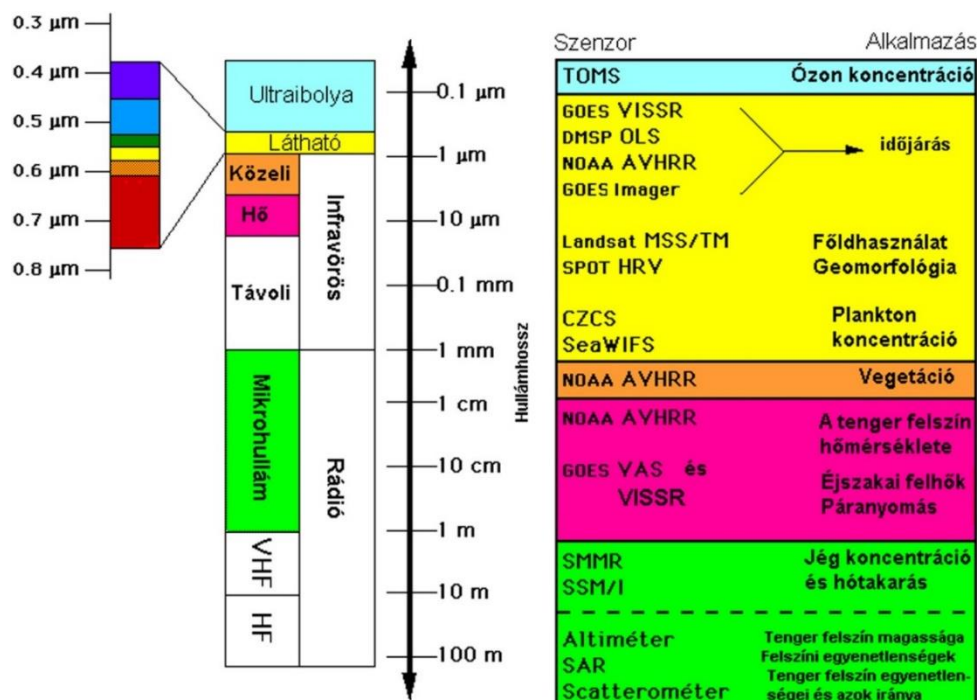
- különböző méretarányú topográfiai, kataszteri, illetve tematikus térképek készítése, meglévő térképek aktualizálása,
- adott terület, egy konkrét időpontban meglévő felszín fedettségi állapotának rögzítése (belvízállapot, aszálykár, felszíni szennyezőforrások, felszíni vízszennyezések stb.),
- területrendezés, telekgazdálkodás,
- környezetvédelem, természet- és tájvédelem,
- terület-, és földhasznosítási elemzések,
- a talajok állapota,
- mezőgazdasági szerkezetátalakítás,
- alapállapot-felmérések és azok időbeli ismétlésével végzett különböző monitoringok. (Síkhegyi és mtsai., 2001)

A légi fotó előnye, hogy alkalmas közepes (1–5 m) és nagyfokú (< 1 m) pontosság elérésére. A napjainkban elterjedt pilóta nélküli repülőgépek vagy drónok használatával viszonylag olcsón elvégezhető eljárás. Hátránya, hogy a klasszikus repülőgépről végzett felvételezésnek magas a költsége, és drága a szalagszerű objektumok (pl. úthálózat) lerepülése is. Ezenkívül az eljárás időjárásfüggő, felhős, ködös napokon nem lehet fényképezni.

6.2. Űrfotó

„A távérzékelés legerjedtebben használt képanyagát az űrből készített képek alkotják” (Detrekői és Szabó, 2002: 103). A különböző műholdakat valamilyen speciális feladat elvégzésére bocsájtják fel, így érzékelők a spektrum egy-egy behatárolt területére készültek (106. ábra).

106. ábra: A különböző műholdérzékelők spektrumai és alkalmazási területeik



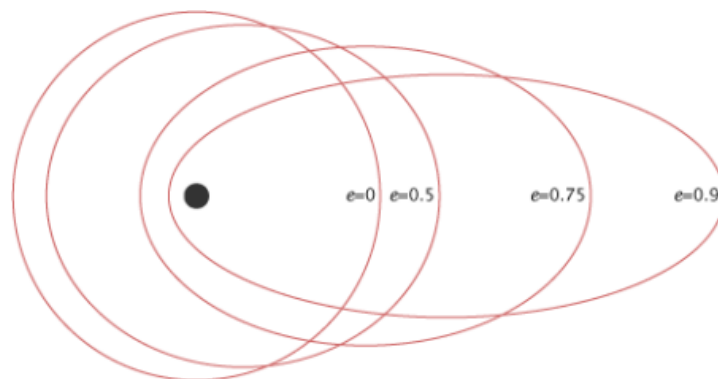
Forrás: Sárközy (2009) <URL>

A műholdak pályái

A Föld körül keringő műholdak különböző pályákon mozoghatnak. A pályák csoportosítása az egyes pályaelemek alapján történik:

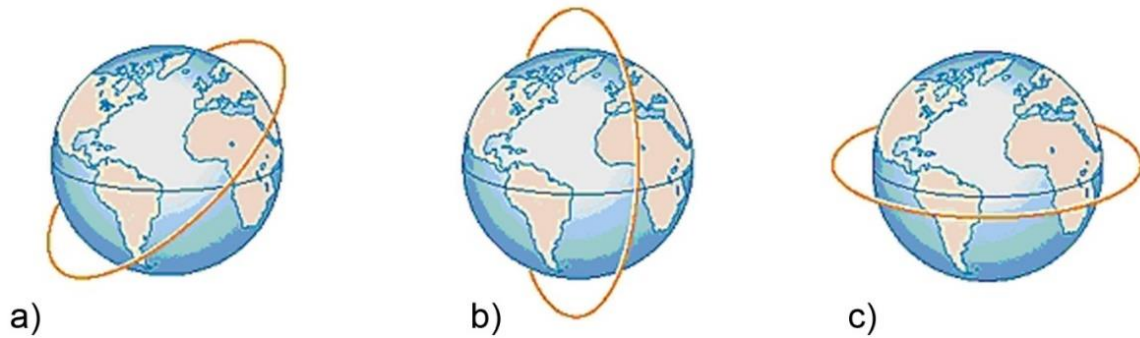
- *Excentricitás* alapján (107. ábra):
 - körpálya: $e = 0$,
 - elliptikus pálya.
- *Inklináció* (az egyenlítő síkjától mért szög) alapján (108. ábra):
 - egyenlítői pálya: $i = 0^\circ$,
 - közepes inklinációjú pálya,
 - poláris pálya: $i = 90^\circ$.
- *Félnagy tengely* (magasság) alapján (109. ábra):
 - *Low Earth Orbit* (LEO): $0 < h < 2000$ km),
 - *Medium Earth Orbit* (MEO): $2000 \text{ km} < h < 35\,786$ km),
 - *Geosynchronous Equatorial Orbit* (GEO): $h = 35\,786$ km),
 - *High Earth Orbit* (HEO): $h > 35\,786$ km).
- A műhold keringésének *szinkronitása* alapján:
 - A *geoszinkronpálya* (GSO: *Geosynchronous Orbit*) a Föld forgásával megegyező irányban haladó, kis inklinációjú pálya, a rajta mozgó műhold keringési periódusa 23 óra, 56 perc, 4,09 másodperc megegyezik a Föld tengelyforgási idejével, pályamagassága 35 786 km az átlagos tengerszint fölött. A műhold égi helyzete folyamatosan változik a nap során, de a Föld adott pontja felett mindennap ugyanabban az időpontban, ugyanabban a pozícióban látszik.
 - A *geostacionárius* (*Geostationary orbit* vagy GEO: *Geosynchronous Equatorial Orbit*) pálya olyan speciális *geoszinkron-pálya*, amelynek inklinációja és excentricitása nulla (egyenlítői körpálya). A műhold a Föld bármely pontjáról (ahonnan látható) mindig azonos helyen, mozdulatlanul látszik.
 - A *szemiszinkron-* (félgeoszinkron-, *semi-synchronous orbit*) pálya kör alakú, kis inklinációjú, körülbelül 20 200 km magasságú pálya. Ezen a pályán a műhold keringési ideje a Föld forgási idejének felével egyenlő.
 - A *napszinkronpálya* (SSO: *Sun-Synchronous Orbit*) síkjának a Nappal bezárt szöge állandó. Adott földrajzi hely fölött a műhold minden visszatérésekor adott helyi időben halad át, a Nap látszólagos járásához igazodik. Ezzel a módszerrel egy adott területről mindig ugyanolyan megvilágítási körülmények között készíthet felvételeket, azonban az évszakok miatti fény-árnyék-változások megmaradnak. (Vágó és mtsai., 2011)

107. ábra: Műholdpályák excentricitása



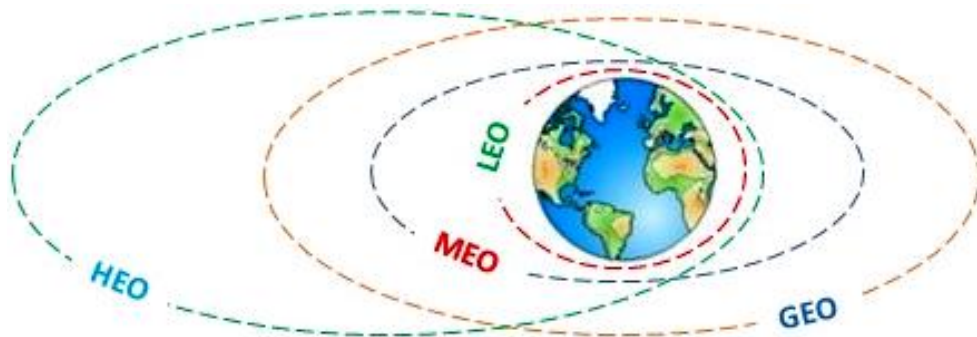
Forrás: Urvilag.hu <URL>

108. ábra: Műholdpályák inklinációja
a) közepes inklinációjú pálya, b) poláris pálya, c) egyenlítői pálya



Forrás: Szatmáry és mtsai. (2011) <URL>

109. ábra: Műholdak pályamagasságai



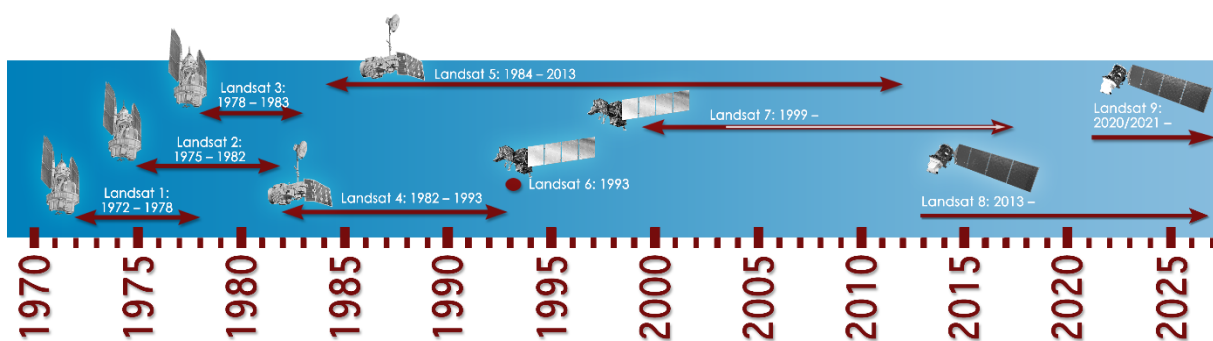
Forrás: Wp.com <URL>

6.3. A Landsat-rendszer

A NASA elsőként kezdte el egy globális földmegfigyelési műholdsorozat kidolgozását, hogy a földfelszín folyamatait rendszeresen követhessék, állapotának változásáról adatokat nyerjenek. A program eredeti neve ERTS (*Earth Resources Technology Satellites*) volt, amit később neveztek át Landsatra. Az első ERTS–1 nevű műholdat 1972-ben állították pályára. (*Belényesi és mtsai.*, 2008)

Eddig összesen nyolc műhold készült el (110. ábra), közülük a Landsat–6 pályára állítása sikertelen volt. A Landsat–7 és Landsat–8 a könyv írásakor (2020) még működik, a Landsat–9 műhold pályára állítását 2021 márciusára tervezik. (*USGS*, n. a.)

110. ábra: A Landsat-program idővonala

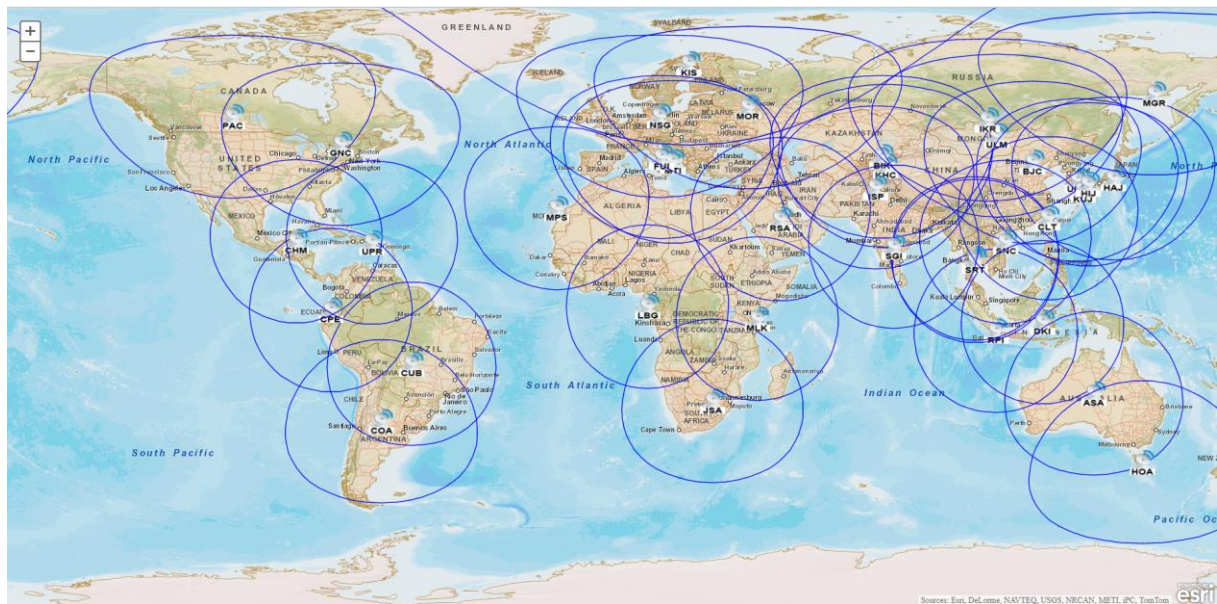


Forrás: NASA.gov <URL>

A Landsat-műholdak pályája közel-poláris, az Egyenlítővel bezárt szöge 90° és 110° között van. A műhold napszinkronpályán mozog. A sorozat műholdjainak pályamagassága 705 és 940 km között változott. A pászta (*swath*) szélessége 185 km az összes Landsat-műhold esetén. A pászta a szenzorok „látómezeje”, ilyen széles sávot pásztáznak a pálya mentén, a műhold mozgásirányára merőlegesen.

A szenzorok által érzékelt adatokat a műhold a világszerte elhelyezkedő földi vevőállomásokra továbbítja (111. ábra). A európai vevőállomások Olaszországban, Svédországban és Spanyolországban vannak. (Mucsi, 2013)

111. ábra: Landsat-műholdak földi vevőállomásai



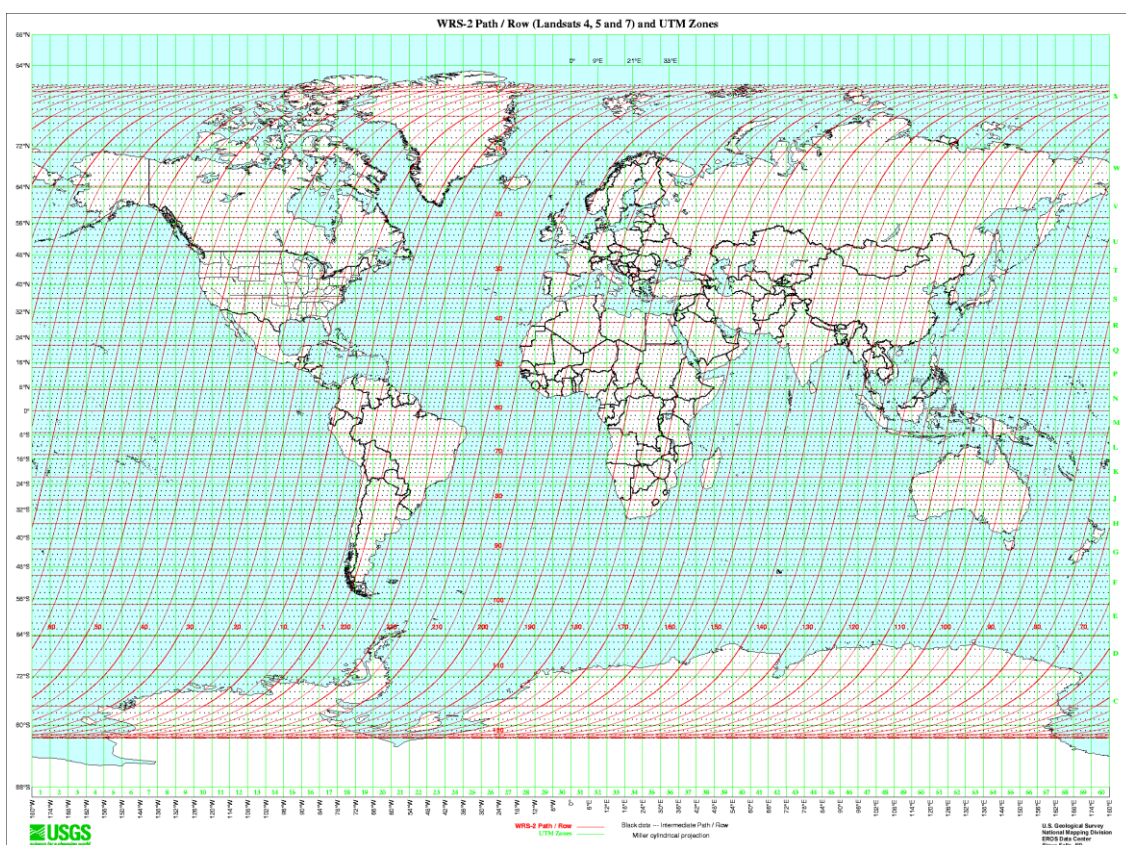
Forrás: [Landsat.usgs.gov](https://landsat.usgs.gov) <URL>

A Landsat-felvételeket katalogizálják és archiválják a felvételen ábrázolt terület és a felvételi időpont szerint. A hely azonosítása a WRS (*Worldwide Reference System*) alapján történik. A Landsat–1–3. felvételeit a WRS–1, a Landsat–4–8. műholdakét pedig a WRS–2 alapján azonosítják. Minden kép helye azonosítható a keringési pálya (*path*) száma és az abban lévő sor (*row*) száma alapján (112. ábra).⁹ Ezek alapján Kaposvárról a 188/28 (path/row) azonosítóval lehet felvételekhez jutni az USGS Earth Explorer weblapján (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Jelenleg a felvételek ingyenesek, csak regisztrációkötelezettség van. (USGS, n. a.)

Az egyes Landsat-műholdakon különböző típusú közepes felbontású, multispektrális szenzorokat alkalmaztak. Az első három Landsat-műhold felbocsájtásakor még az analóg eszközök használata döntő volt, így ezek a műholdak vittek magukkal televíziós kamerákat is. További érdekesség, hogy nemcsak a TV-kamerák, de a multispektrális szkennerek földre küldött felvételeit is síkfilmre rögzítették. A későbbiekben az analóg működési módot teljes egészében felváltotta a digitális technika. A 7. táblázat tartalmazza a program során használt érzékelők legfontosabb tulajdonságait.

⁹ Ismeretlen WRS-azonosítójú helyek adatait az USGS honlapján kereshetjük meg. Egy hely GPS-koordinátáiból a <https://landsat.usgs.gov/wrs-2-pathrow-latitude-longitude-converter> weboldalon megkaphatjuk a hely Landsat-műholdak WRS-beli path/row-adatait. A <https://landsat.usgs.gov/what-worldwide-reference-system-wrs> weboldalról a képek sarokpontjai Excel táblázatban, a path/row-beosztás térinformatikai szoftverekkel megnyitható shape-állományokban tölthetők le.

112. ábra: A WRS-2 path/row-beosztása



Forrás: Landsat.usgs.gov <URL>

7. táblázat: A Landsat-műholdak szenzorai

Műhold	Pálya-magasság	Szenzor	Spektrális felbontás	Térbeli felbontás	Radiometriai felbontás	Időbeli felbontás
Landsat-1 (ERTS-1)	907 – 915 km	RBV	2 VIS, 1 NIR	80 m × 80 m	analóg	18 nap
		MSS	2 VIS, 2 NIR	79 m × 57 m	6 bit	
Landsat-2	917 km	RBV	2 VIS, 1 NIR	80 m × 80 m	analóg	18 nap
		MSS	2 VIS, 2 NIR	79 m × 57 m	6 bit	
Landsat-3	920 km	RBV	1 PAN (VIS)	40 m × 40 m	analóg	18 nap
		MSS	2 VIS, 2 NIR, 1 TIR	79 m × 57 m 240 m × 240 m	6 bit	
Landsat-4	705 km	MSS	2 VIS, 2 NIR	79 m × 57 m	6 bit	16 nap
		TM	3 VIS, 1 NIR, 2 MIR, 1 TIR	30 m × 30 m 120 × 120 m	8 bit	
Landsat-5	705 km	MSS	2 VIS, 2 NIR	79 m × 57 m	6 bit	16 nap
		TM	3 VIS, 1 NIR, 2 MIR, 1 TIR	30 m × 30 m 120 × 120 m	8 bit	
Landsat-6	705 km	ETM	3 VIS, 1 NIR, 2 MIR, 1 TIR, 1 PAN (VIS)	30 m × 30 m 120 × 120 m 15 m × 15 m	9 bit (8 bit továbbított)	16 nap
Landsat-7	705 km	ETM+	3 VIS, 1 NIR, 2 MIR, 1 TIR, 1 PAN (VIS)	30 m × 30 m 60 × 60 m 15 m × 15 m	9 bit (8 bit továbbított)	16 nap
Landsat-8	705 km	OLI	4 VIS, 1 NIR, 3 SWIR, 1 PAN (VIS)	30 m × 30 m 15 m × 15 m	12 bit	16 nap
		TIRS	2 TIR	100 × 100 m	12 bit	

Forrás: Eoportal.org <URL1> és Eo.belspo.be <URL2> és Itc.utwente.nl <URL3>

A Landsat–1–3. műholdak szenzorai

Az első három műhold lényegében azonos felépítésű és felszereltségű volt. Kétféle típusú szenzorral rendelkeztek, televíziós kamerát, úgynevezett visszatérő sugaras vidikon érzékelőt (*Return Beam Vidicon*, RBV), valamint négycsatornás pásztázót (*Multi Spectral Scanner*, MSS) vittek a fedélzetükön. A digitális pásztázó, letapogató szenzorok működési elve megegyezik a térkép szkenneléssel. A szenzor itt is sorról sorra, képpontról képpontra rögzíti a beérkező elektromágneses energiát különböző hullámhossztartományokban. A térkép ebben az esetben a földfelszín.

RBV-rendszer

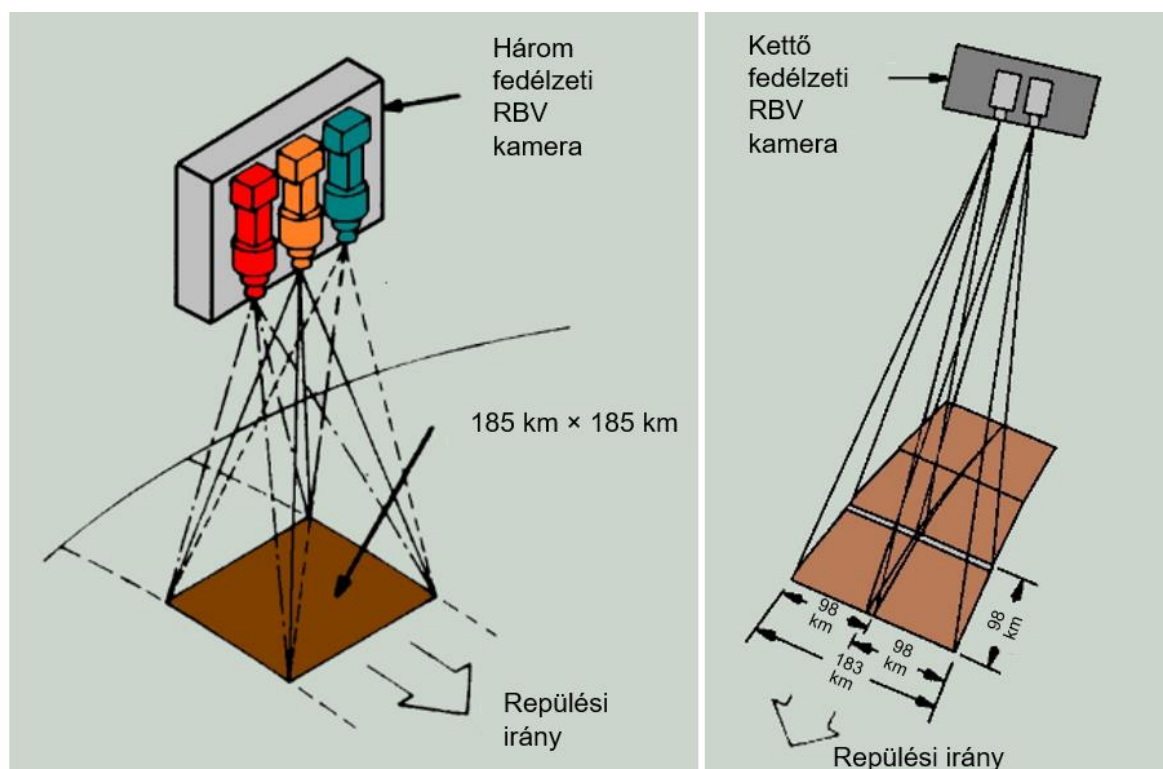
A Landsat–1 és Landsat–2 műholdon az RBV-szenzor három kamerából állt, amelyek egyszerre készítettek felvételeket. A képekre mérőhálót tettek a képek torzításának kompenzálására. Technikai problémák miatt csak rövid ideig működött az RBV-rendszer az első két műholdon. A Landsat–3 RBV-rendszerét egysávásra alakították át. Az optika megváltoztatása révén a geometriai felbontás duplájára nőtt, de ezzel a lefedett terület nagysága is csökkent. A problémát két szinkronkamera beépítésével oldatták meg (113. ábra).

MSS-rendszer

A multispektrális pásztázó volt az első globális digitális adatszolgáltatást nyújtó szenzor. Az MSS-szenzor optomechanikai elven működött (114. ábra), egy képsort képpontonként tapogattott le. Az érzékelő belsejébe egy forgó tükör irányította a fénysugarakat. Ezt az elektromágneses sugárnyalábot prizmával bontották fel, és az egyes sávokat színszűrők mögött elhelyezett CCD-k érzékelték, mindegyik spektrális sávhoz hat érzékelő tartozott (összesen 24).

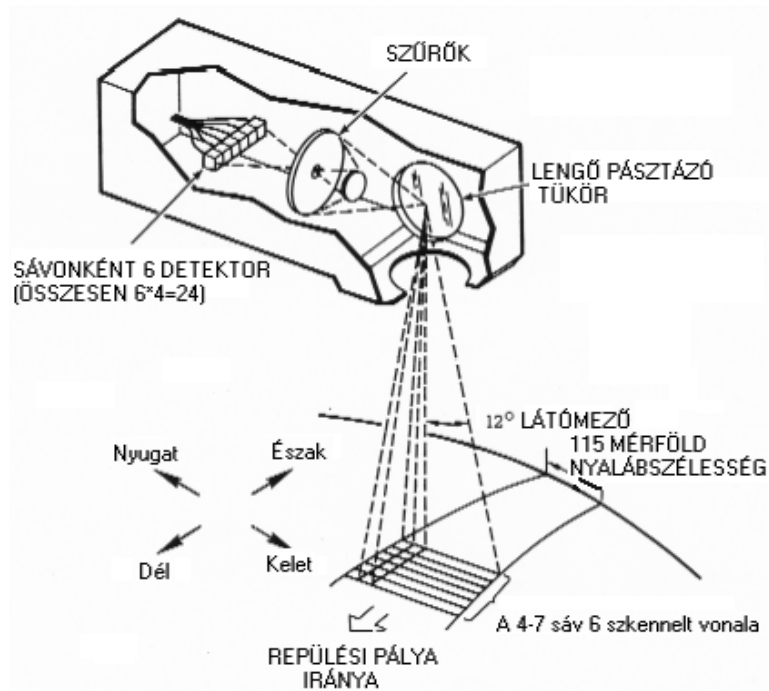
A Landsat–3 műholdon az érzékelőt kibővítették egy termális sávval (TIR), de az a fellövés után nem működött.

113. ábra: RBV-kamerák a Landsat–1–2. (bal) és a Landsat–3 (jobb) műholdakon



Forrás: [Oneonta.edu](#) <URL1> és <URL2> és alapján

114. ábra: Az MSS-szkennerek felépítése



Forrás: Sárközy (2009) <[URL](#)>

A Landsat–4 és Landsat–5 műholdak szenzorai

Mindkét műhold MSS- és TM-szenzorokat vitt. Az MSS ugyanolyan kiépítésű volt, mint korábban, azonban a kisebb pályamagasság miatt szükséges volt a látószög növelése.

A TM-rendszer

A TM (*Thematic Mapper*) jelentősen továbbfejlesztett többsávú pásztázóberendezés. A TM mind a csatornák számában, mind terepi felbontásban, mind radiometriai felbontásban jóval felülmúlta elődjét. A termális sávban is kétszeres lett a terepi felbontás, és ez az érzékelő működött. (Mucsi, 2013)

A Landsat–6 és Landsat–7 műholdak szenzorai

A Landsat–6 műholdra az ETM-t (*Enhanced Thematic Mapper*) telepítették, ami a TM továbbfejlesztett változata. A Landsat–7 műhold szenzora az ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*), ami az ETM javított változata. Az ETM+ felbontása termális sávban kétszerese az ETM felbontásának. Mindkét szenzor rendelkezik egy nagy felbontású pankromatikus (fekete/fehér) sávval (Verőné Wojtaszek, 2010a). A sáv a multispektrális képek élességének javítására (*Pansharpening*) szolgál. Több *Pansharpening* (*Panchromatic sharpening*) -eljárás létezik, ezek során a nagy felbontású pankromatikus és a kis felbontású multispektrális képekből nagy felbontású színes képet állítanak elő (115. ábra). (Rose, n. a.)

Landsat–8 műhold

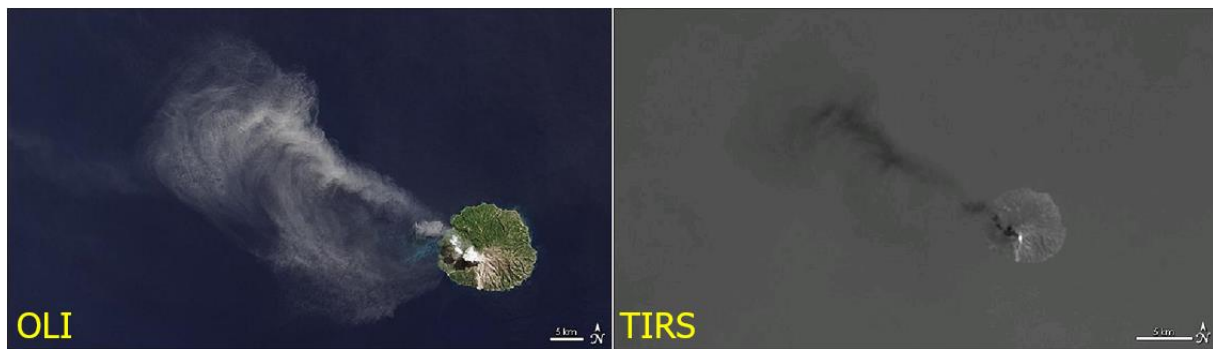
Két szenzora az OLI (*Operational Land Imager*) és a TIRS (*Thermal Infrared Sensor*). Az OLI spektrális sávjai alapvetően megegyeznek az ETM+ sávjaival, kiegészítve egy új látható kék sávval (vízfelület és a partvidéki terület vizsgálatára) és egy új infravörös sávval (péhelyfelhők (*cirrus*) elemzésére) (116. ábra). Külön egység lett a termális szenzor, amely az eddigi egy spektrális sáv helyett kettővel rendelkezik, a terepi felbontása viszont gyengébb lett. (Mucsi, 2013)

115. ábra: A Pansharpening folyamata: nagy felbontású pankromatikus kép (a), kis felbontású multispektrális kép (b), nagy felbontású multispektrális kép (c)



Forrás: *Geoimage.com* <[URL](#)> alapján

116. ábra: A Landsat–8 felvétele a Paluweh vulkánról (Indonézia)



Forrás: *NASA.gov* <[URL1](#)> és <[URL2](#)> alapján

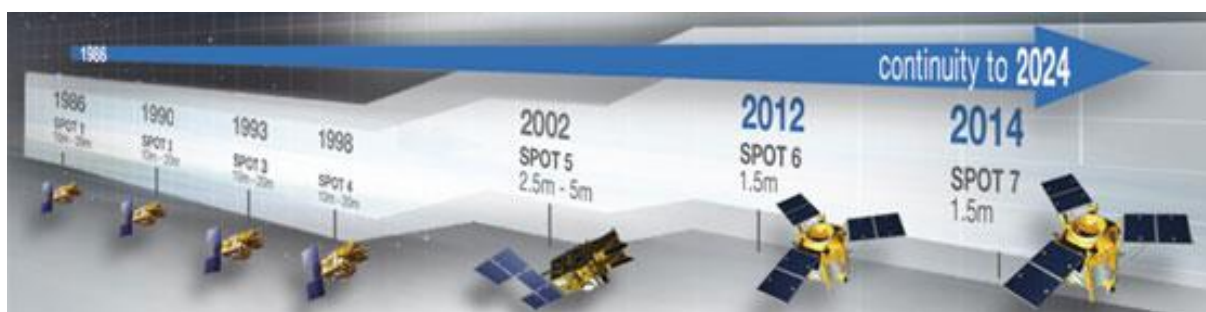
6.4. A SPOT-rendszer

A francia kormány 1978-ban hozta meg döntését egy műholdas Föld-megfigyelő program kidolgozásáról. A fejlesztésbe bekapcsolódott Svédország és Belgium is. A program a SPOT (*Systeme Pour l'Observation de la Terre*, angolul *Satellite for observation of Earth*) magyarul Földmegfigyelő Rendszer nevet kapta. A fejlesztéseket a Francia Nemzeti Űrkutatási Központ (CNES, *Centre national d'études spatiales*) irányította, a Belga Tudományos, Műszaki és Kulturális Szolgálat (SSTC, *Belgian Scientific, Technical and Cultural Services*) és a Svéd Nemzeti Űrügynökséggel (SNSA, *Swedish National Space Agency*) együttműködve. A megvalósítás nemzetközi szinten történt, több mint 30 ország vett részt a műhold és a fogadóállomások technikai berendezéseinek elkészítésében. Ennek eredményeképpen 1986-ban pályára állt az első műhold. Összesen hét műhold készült ebből a SPOT–6 és a SPOT–7 még ma is üzemel (117. ábra).

A SPOT-sorozat műholdjai közel-poláris, napszinkronpályán mozognak. Az első öt műhold pályamagassága 832 km, az inklinációja 98.7° . Visszatérési ideje 26 nap, vagyis ilyen gyakorisággal lehet a földfelszín egy adott területéről ugyanabból a látószögből felvételt készíteni.

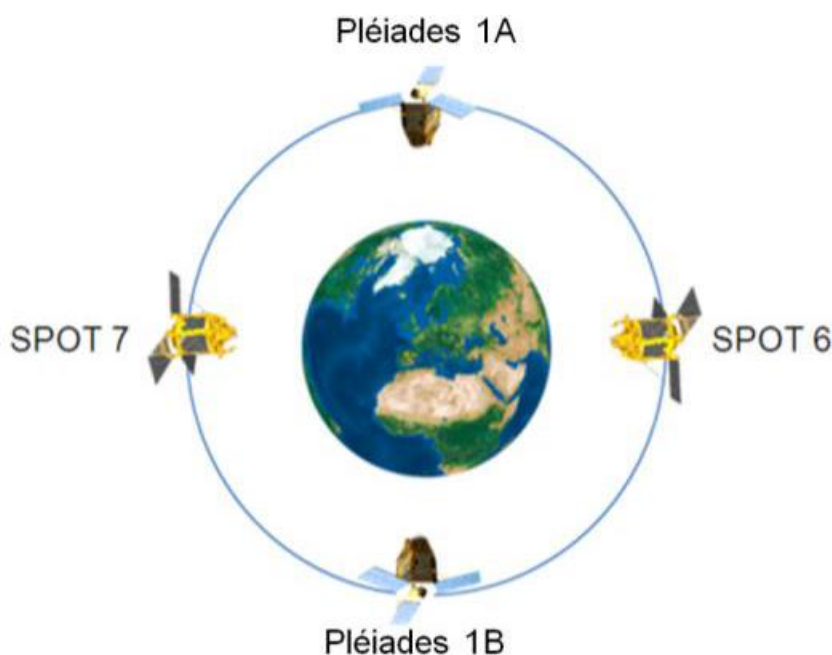
A SPOT–6 és SPOT–7 azonos pályán mozognak a Pléiades–1A és a Pléiades–1B nagy felbontású felvételek (50 cm) készítésére alkalmas műholdakkal. A megváltozott pályamagasság 694 km, az inklináció pedig $98,2^\circ$ lett. A négy műhold a pálya kerületének negyedénél, társával szemben lévő pozícióban helyezkedik el (118. ábra). Ezzel a konstellációval a földfelszín bármely pontjáról legfeljebb egy napon belül képet lehet készíteni. (Mucsi, 2013)

117. ábra: A SPOT-program idővonala



Forrás: Earth.esa.int <URL>

118. ábra: A SPOT-6, SPOT-7 és a Pléiades-1A, Pléiades-1B műholdak konstellációja



Forrás: Earth.esa.int <URL>

A SPOT-műholdak által vitt szenzorok legfontosabb paramétereit a 8. táblázat sorolja fel.

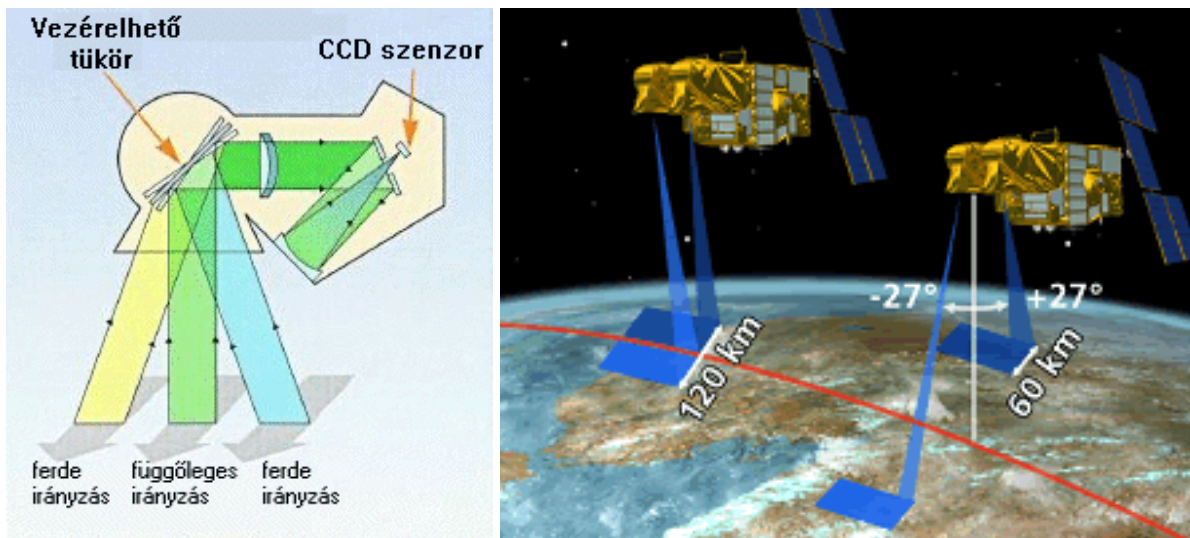
8. táblázat: A SPOT-műholdak szenzorainak tulajdonságai

Műhold	Pálya-magasság	Szenzor	Spektrális felbontás	Térbeli felbontás	Radiometriai felbontás	Időbeli felbontás
SPOT 1-3.	822 km	2 HRV	PAN (VIS)	10 m × 10 m	8 bit	26 nap
			2 VIS, 1 NIR	20 m × 20 m		
SPOT-4.	822 km	2 HRVIR	PAN (VIS)	10 m × 10 m	8 bit	26 nap
		VEGETATION 1	2 VIS, 1 NIR, 1 MIR	20 m × 20 m		
SPOT-5.	822 km	2 HRG	2 PAN (VIS)	5 m × 5 m	8 bit	26 nap
			2 VIS, 1 NIR	10 m × 10 m		
			1 MIR	20 m × 20 m		
		HRS	PAN (VIS)	10 m × 5 m		
		VEGETATION 2	2 VIS, 1 NIR, 1 MIR	1000 m × 1000 m	10 bit	1 nap
SPOT-6-7.	694 km	2 NAOMI	PAN (VIS)	1,5 m × 1,5 m	12 bit	26 nap
			3 VIS, 1 NIR	6 m × 6 m		

Forrás: Eoportal.org <URL1> és Eo.belspo.be <URL2> és Itc.utwente.nl <URL3> alapján

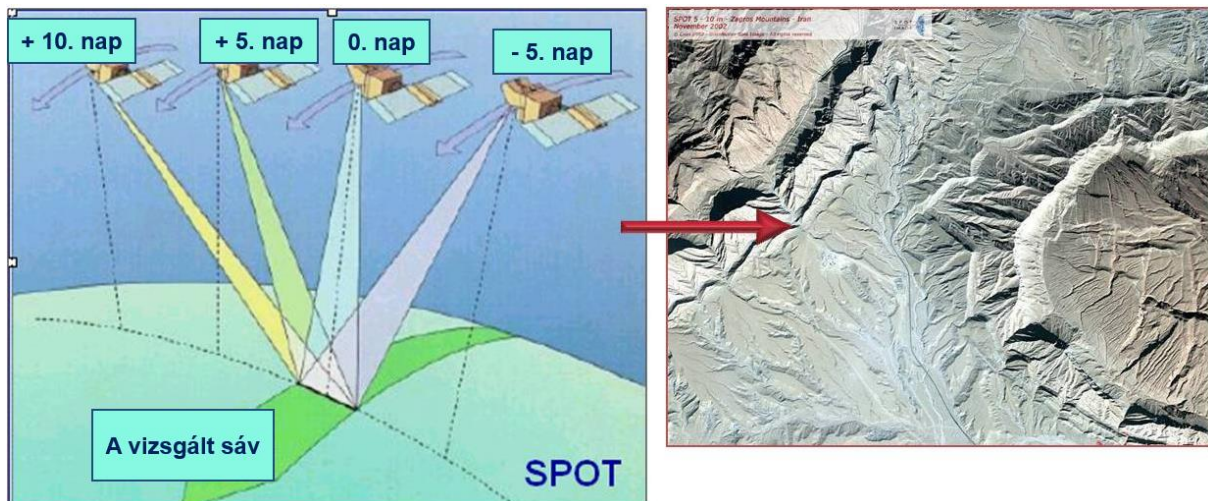
Az összes SPOT-szenzor pásztaszélessége 60 km, azonban egy-egy műholdon mindig kettő található belőlük, ezért 120 km széles sáv felvételezésére is alkalmasak. A szenzorok optikai tengelye 27° -kal jobbra és balra, a műhold haladási irányára merőlegesen egy tükör földi irányítású mozgatójával állítható. Ennek köszönhetően egyrészt egy időben készíthető függőleges és/vagy ferdetengelyű felvételezés, másrészt a 26 napos visszatérési idő a vizsgált terület földrajzi szélességétől függően 1-5 napra lecsökkenthető, így arról rövid időn belül több felvétel is készíthető. (119. ábra) Ezenkívül lehetővé válik ferde tengelyű képpárok (sztereo képek) készítése ugyanarról a területről, amiből domborzatmodell állítható elő (120. ábra).

119. ábra: A SPOT-szenzorok elmozdítható optikai tengelye és az így felvételezhető sávok



Forrás: Sárközy (2009) <URL1> és SPOT5.cnes.fr <URL2>

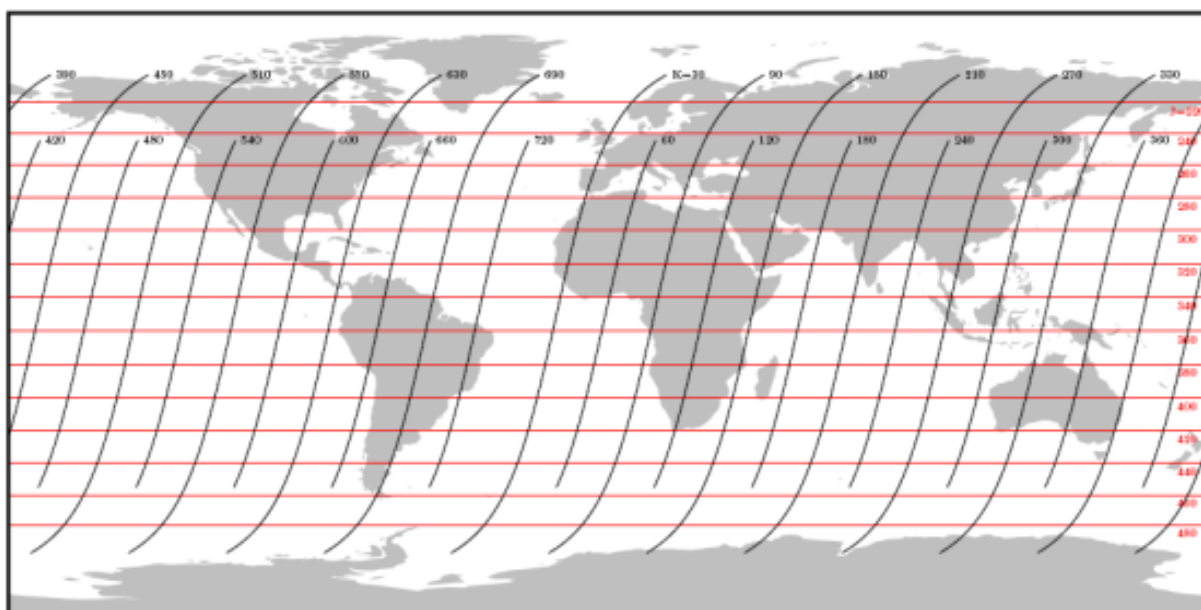
120. ábra: Sztereo felvételek készítése különböző pályákról



Forrás: Charim.net <URL>

Az elkészült SPOT-felvételek (121. ábra) területi azonosítására a GRS (*Grid Reference System*) földrajzi keresőrendszer szolgál. Minden felvételhez egy számpár tartozik, mely a kereső hálóban a vonal és az oszlop metszéspontjának koordinátáját jelenti. Az oszlopok párhuzamosan futnak a műhold mozgási irányával, a sorok viszont a szélességi körökkel párhuzamosak. Magyarország területét a 69–82 oszlopkoordináta és 251–258 sorkoordináta intervallumba eső képek fedik le. (Mucsi, 2013)

121. ábra: A SPOT Grid Reference System



Forrás: *Geocarto International*, 1986

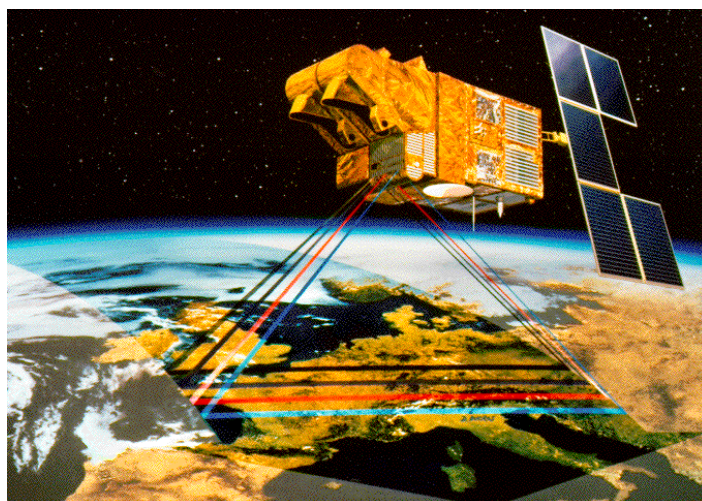
A SPOT–1–3. műholdak szenzorai

A SPOT–1, SPOT–2 és SPOT–3 műholdak HRV- (*High Resolution Visible*) szenzorai kevesebb spektrális tartományban, de jobb terepi-, radiometriai és időbeli felbontással készítenek felvételeket, mint a Landsat-műholdak érzékelői. A műszerbe olyan CCD-tömböt építettek be, amelyik 6000 elemből állt a pankromatikus sávban és 3000 elemből a VIS- és a NIR-sávokban. Ez a kiépítés tette lehetővé, hogy a HRV egyidőben egy teljes sort tudott letapogatni.

A SPOT–4 műhold szenzorai

A SPOT 4 az előző képkalkotó berendezés (HRV) továbbfejlesztett változatát, az úgynevezett HRVIR- (*High-Resolution Visible and Infrared*) felvevőt vitte. A műholdon üzemelt még egy kis térbeli felbontású (1000 m) VEGETATION-szenzor, melynek felvételi pásztaszélessége 2250 km (122. ábra), ami naponta majdnem teljes globális lefedést biztosított. Az érzékelő a természetes és a termesztett növényzet monitoringjához szolgáltatott adatokat (123. ábra).

122. ábra: A VEGETATION-szenzor pásztaszélessége



Forrás: *SPOT-vegetation.com* <[URL](#)>

123. ábra: NDVI-térkép a SPOT VEGETATION-szenzor felvételei alapján

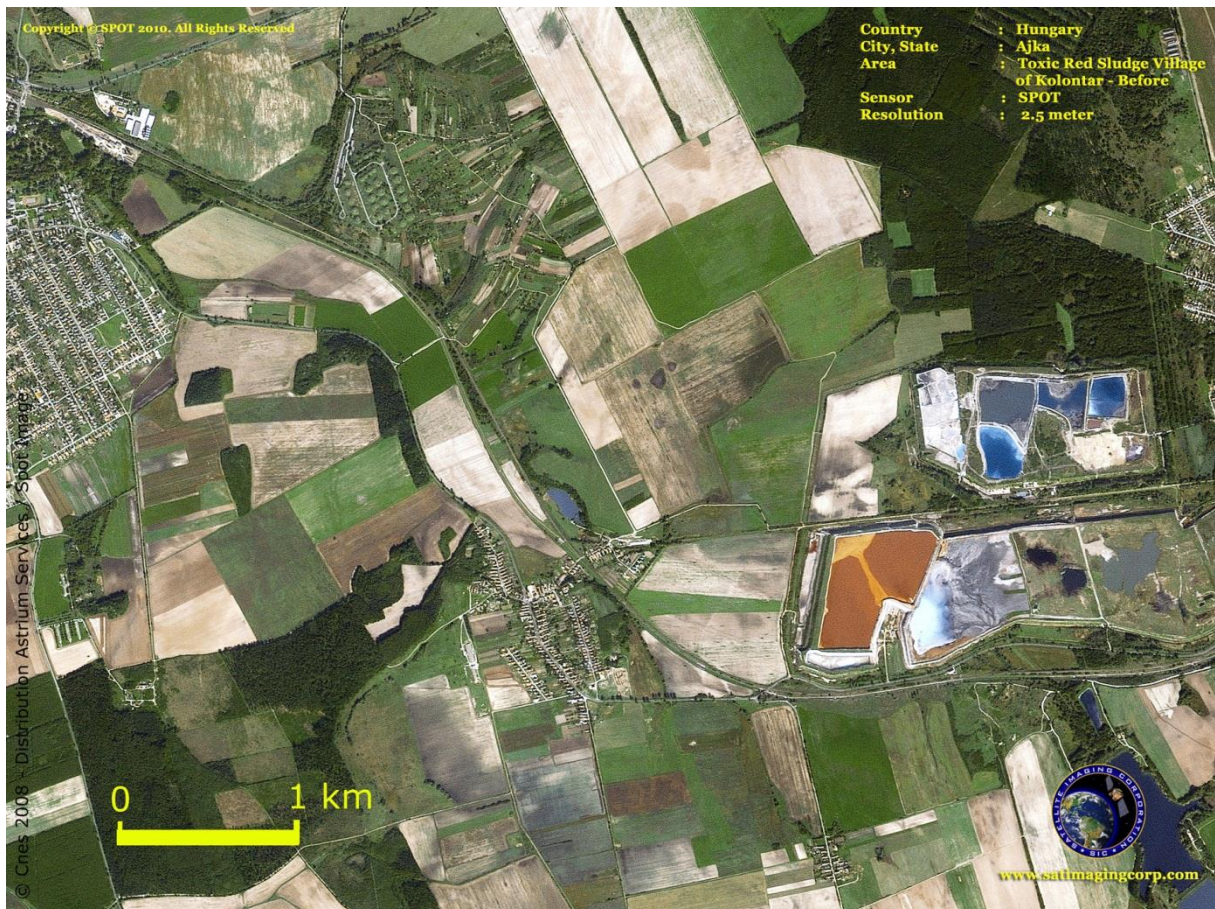


Forrás: LandscapeToolbox.org <URL>

A SPOT-5 műhold szenzorai

A SPOT-5 műhold két HRG- (*High Resolution Geometric*) szenzora nagyobb geometriai felbontóképeséggel rendelkezett elődeinél. A pankromatikus módban a térbeli felbontás 5 m-re növekedett, amiből utófeldolgozással 2,5 m-es felbontású (*Supermode*) pankromatikus képek is előállíthatók (124. ábra).

124. ábra: A zagyvíztároló és Kolontár SPOT-5 felvételen a katasztrófa előtt



Forrás: Satimagingcorp.com <URL>

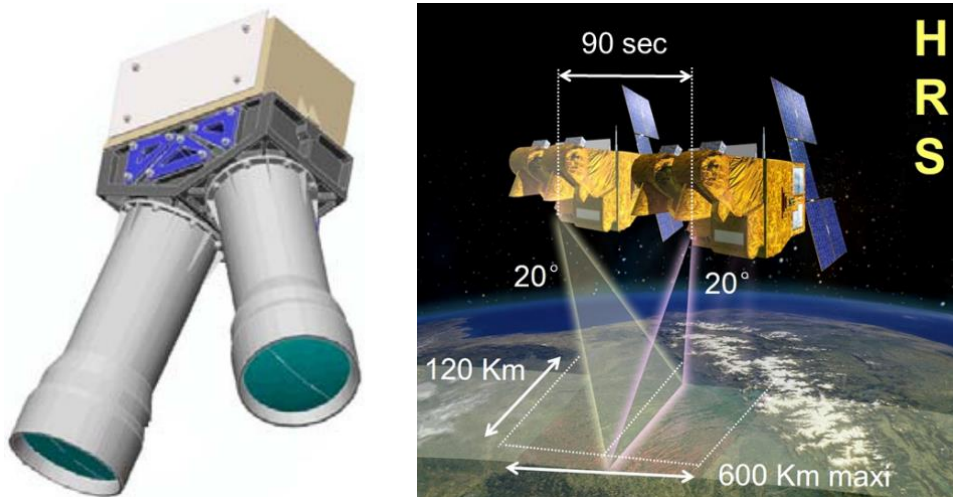
A HRS- (*High Resolution Stereoscopic*) felvevő – nevéből kikövetkeztethetően – sztereó felvételek készítésére lett kifejlesztve (125. ábra). A műhold a pályán haladva előre néző szenzorával felvételt készít egy kiválasztott területről, majd áthaladva felette hátra tekintve elkészíti a felvétel párját. A sztereó felvételek 120 km széles és maximálisan 600 km hosszúságú területről készülhetnek (126. ábra és 127. ábra). A HRG-szenzorok oldalra tekintő képessége is lehetővé teszi sztereó felvételek készítését, így egy területről a műhold haladási irányával párhuzamosan és arra merőlegesen is elkészíthető képpárok alkalmasak precíz domborzatmodell előállítására.

A műhold fedélzetén található a VEGETATION–2 érzékelő, ami néhány kisebb javítástól eltekintve ugyanolyan, mint a VEGETATION–1. (Mucsi, 2013)

SPOT–6 és SPOT–7

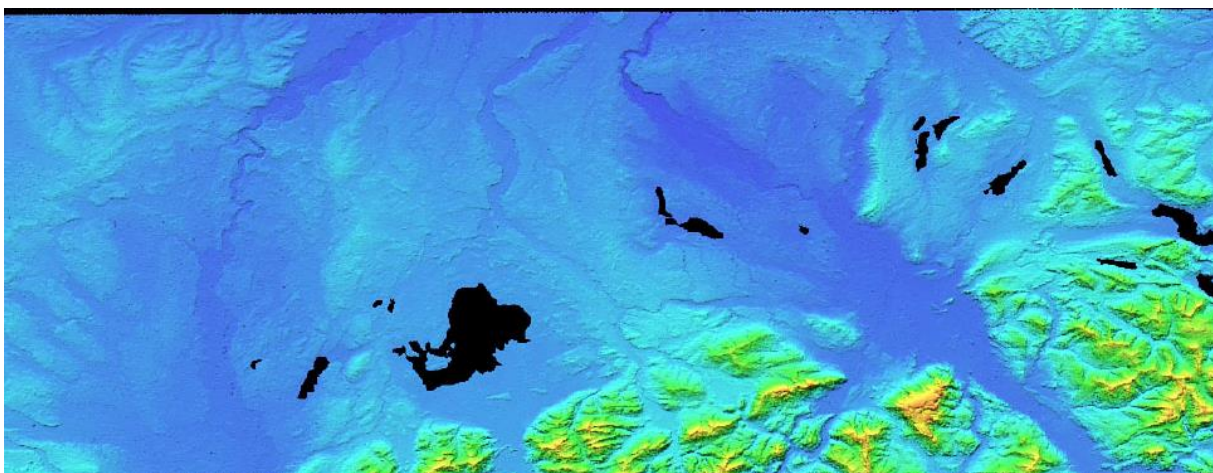
A SPOT–6 és SPOT–7 szenzora műholdanként kettő NAOMI- (*New AstroSat Optical Modular Instrument*) berendezés. A képek felbontása tovább javult, pankromatikus módban 1,5 m, multispektrális módban pedig 6 m lett. (Eoportal.org, n. a.)

125. ábra: A HRS-szenzor felépítése és a sztereófelvétel-készítés jellemzői



Forrás: Jacobsen (2004:1) és Eoportal.org <URL>

126. ábra: A HRS-szenzorral készített felvételekből generált 120 × 600 km méretű DEM



Forrás: Researchgate.net <URL>

127. ábra: A HRS-szenzorral készített felvételekből generált 3D nézet



Forrás: CNES.fr <[URL](#)>

6.5. Ikonos

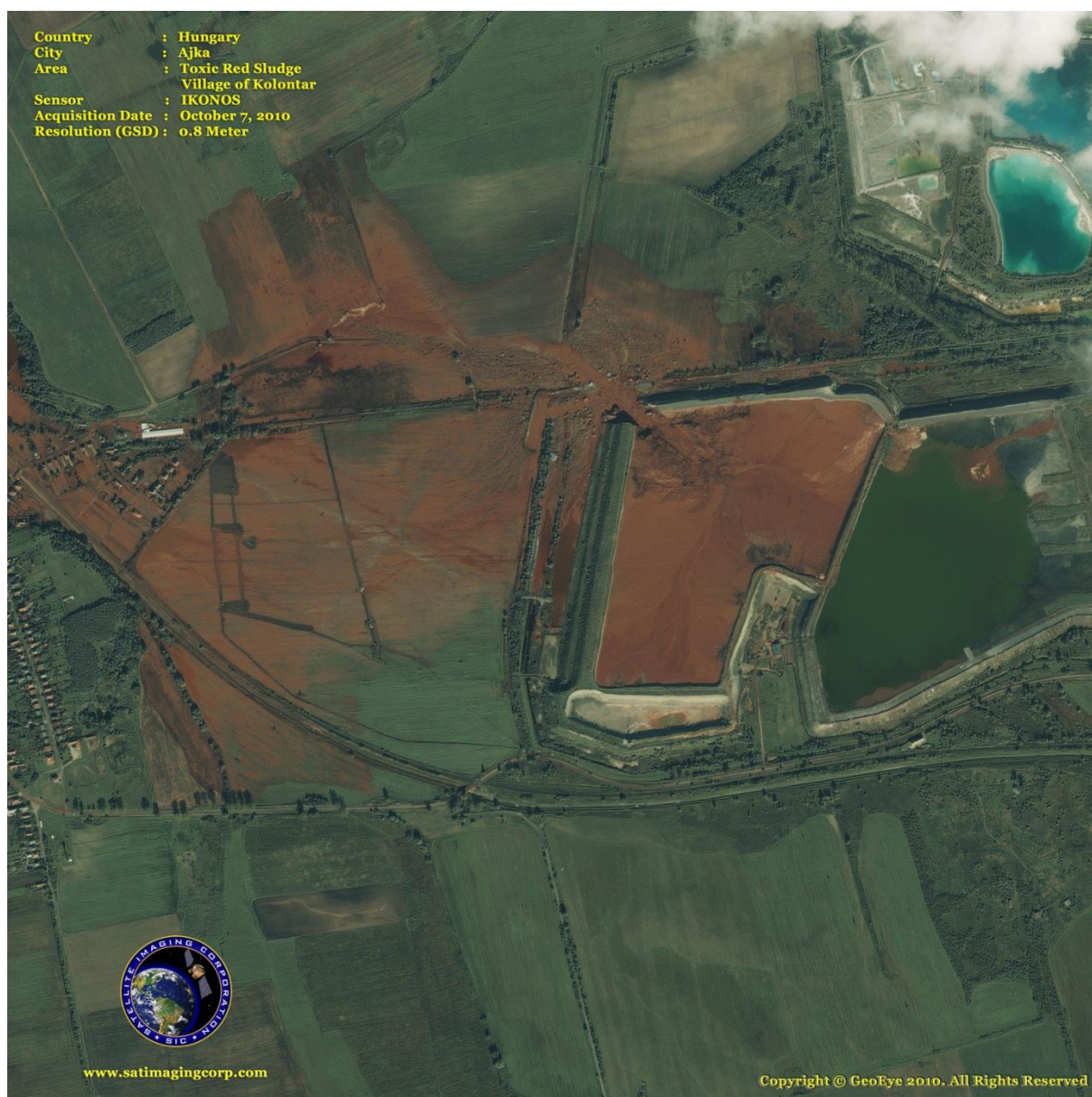
A nagy felbontású szenzorokkal rendelkező műholdakat általában kereskedelmi céllal üzemeltetik, a megrendelő igényei szerint készítenek felvételeket. Mivel a terepi felbontás nagy, a pásztaszélesség kicsi, emiatt az időbeli felbontás kedvezőtlen, függőleges tengelyű felvételek (*nadir* pozíció) ismétlésére akár több hetet is várni kell, ferdetengelyű felvételek (*off-nadir* pozíció) gyakrabban készülhetnek.

A Space Imaging társaság műholdja az Ikonos vitte az első nagyon nagy felbontású (*high-resolution*) „civil” szenzort, ami a légi fotókhoz hasonló felbontású (< 1 m) felvételeket biztosított. Két műhold készült, az Ikonos–1 megsemmisült a kilövéskor, az Ikonos–2 1999. szeptember 24-től 2015. március 31-ig üzemelt.

A pálya napszinkron, közel poláris (inklináció $98,1^\circ$), magassága 681 km. Visszatérési ideje 14,4 nap nadir pozícióba és 3-5 nap off-nadir pozícióba. (Verőné Wojtaszek, 2010a)

Fellevőberendezése az OSA (*Optical Sensor Assembly*) által felvételezett terület 11,3 km függőleges állásban, míg a legnagyobb oldalra tekintés (26°) esetén 13,8 km. Terepi felbontása nadir pozíció esetén pankromatikus sávban 0,82 m, multispektrális sávban 3,28 m. A panchromatikus sávja széles, magába foglalja a közeli infravörös (NIR-) és a teljes láthatófény- (VIS-) tartományokat. A multispektrális sávban a három látható fénybeli csatorna (kék, zöld, piros) és egy közeli infravörös csatorna található. Radiometriai felbontás 8 vagy 11 bit (128. ábra). (Mucsi, 2013)

128. ábra: Ikonos-felvétel a vörösiszap-katasztrófáról



Forrás: *Satimagingcorp.com* <[URL](#)>

7. AKTÍV TÁVÉRZÉKELÉS

A RADAR és a LIDAR aktív szenzorok, saját sugárforrással rendelkeznek, a kibocsátott sugárzás visszavert részét érzékelik.

7.1. RADAR

A RADAR- (*Radio Direction And Ranging*: rádióhullám-észlelés és távolságmeghatározás) technológia régóta ismert és használt távérzékelési módszer. Az eljárás a kisugárzott és visszavert jel érzékelése között eltelt idő mérésével a távolságot; a vett jel amplitúdójának (a visszavert jel erőssége) mérésével a visszaverődés (reflektancia) mértékét, a hullámhossz változásának (Doppler-hatás) mérésével sebességet lehet meghatározni. (*Molnár, n. a.*)

A különböző radarrendszerek által leggyakrabban használt mikrohullám tartományokat és azok felhasználását a 9. táblázatban láthatjuk.

9. táblázat: A különböző tartományokban működő radarrendszerek és felhasználásuk

Frekvenciasáv	Frekvenciatartomány	Felhasználási példa
VHF	300 KHz – 300 MHz	Lombozat/talaj, behatolás mérés, biomassza
P-Band	300 MHz – 1 GHz	Biomassza, talajnedvesség, behatolás mérés
L-Band	1 GHz – 2 GHz	Mezőgazdaság, erdészet, talajnedvesség
C-Band	4 GHz – 8 GHz	Óceán, mezőgazdaság
X-Band	8 GHz – 12 GHz	Mezőgazdaság, óceán, nagy felbontású radar
Ku-Band	14 GHz – 18 GHz	Glaciológia (gleccsertan), hótakaró-térképezés
Ka-Band	27 GHz – 47 GHz	Nagy felbontású radarok

Forrás: NASA.gov <[URL](#)> alapján

Legfontosabb tulajdonsága, hogy a legkevésbé zavarják a légköri hatások (pára, felhő, eső), így a megfigyelés napszakfüggetlen. Nagyon jól alkalmazható különböző megfigyelésekhez, pásztázásokhoz. A visszavert mikrohullámok segítségével háromdimenziós terepmodell készíthető. Az érzékeléshez használt elektromágneses hullámok viszonylag kis méretű antennákkal jól fókuszálhatóak. A nagy frekvenciás (> 100 MHz) hullámok szinte teljesen egyenes vonalban terjednek, és így jól fókuszálhatók. (*Moreira, 2013*)

Amint már láttuk, alapvetően két fő radartípust különböztethetünk meg. A nem képalkotó radart mérésekhez és a képalkotó radart, amely például térképezéshez használható. (*Thapa és Murayama, 2010*)

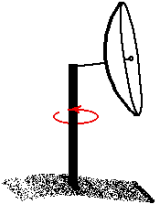


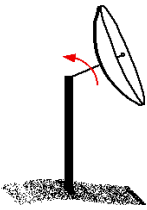

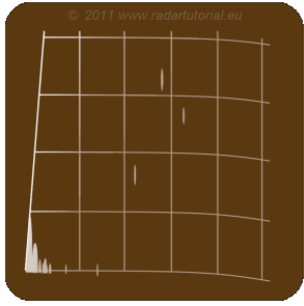
7.1.1. NEM KÉPALKOTÓ RADAR

Ilyen például a közlekedési rendőrök kézi Doppler-radarjai. Nagyobb távolságra a síkbeli helyzetjelzőt (*Plan Position Indicator – PPI*) és a magasságtartomány-jelzőt (*Range Height Indicator – RHI*) használják (*129. ábra*). A PPI antennájának emelkedési szöge állandó, de tengelye körül forog, vagy teljes kört tesz meg, vagy csak egy szektort vizsgál. Az RHI antennája tengelye körül nem forog, csak az emelkedési szöge változik (bólogat), függőleges síkban mér, a horizont és a zenit között. (*WW2010, n. a.*)

A *Radar Altimeter* (RA) kicsi térbeli, de nagy függőleges felbontás (~10 cm) jellemzi, műholdak és repülőgépek fedélzetén is megtalálható. Az altiméter alkalmazható topográfiai térképezésre, ezenkívül repülőgépeken a landolás támogatására, műholdakon az érzékelő és a felszín távolságának mérésére szolgál. Az altiméter a tengerek hullámmagasságának mérésére is alkalmas, amelyből a szélesebbeség becsülhető. A műhold ellipszoidi magassága GPS-mérés

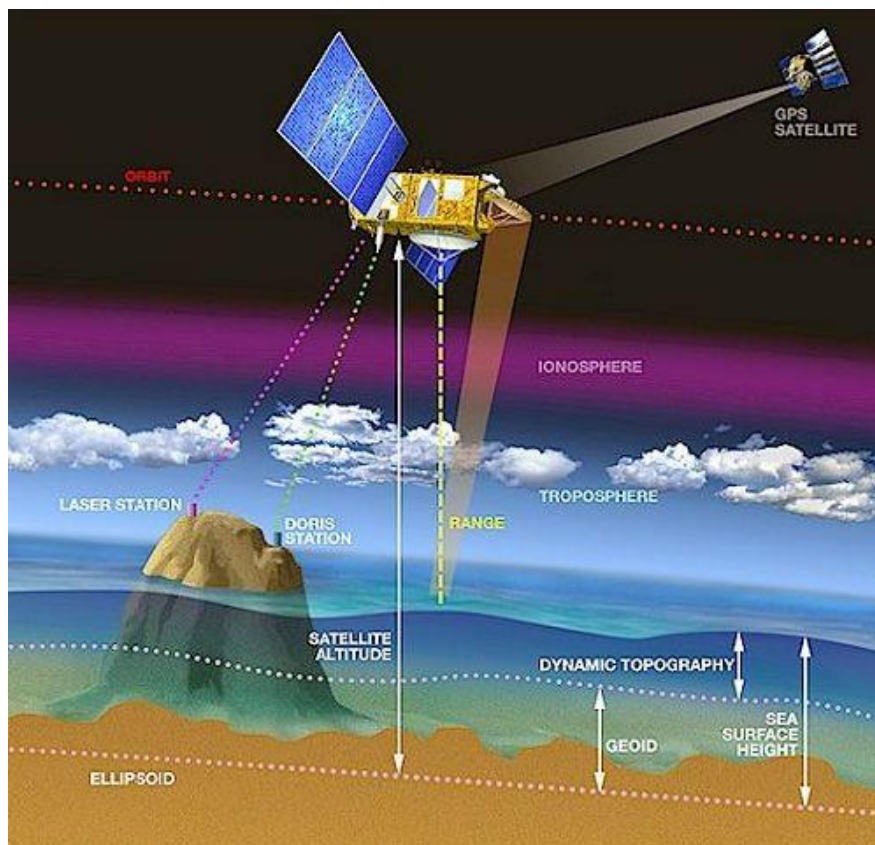
alapján ismert, az altiméter méri a felszíntől való távolságot, így annak „pillanatnyi” magassága számítható (130. ábra). (Radartutorial.eu, n. a.)

129. ábra: Nem képképző radarok működési elve, felépítése, képernyőképe

Típus	Működési elv	Felépítés	Képernyőkép
PPI-RADAR			
RHI-RADAR			

Forrás: WW2010 (n. a.) <URL1>, <URL2>, Pentech.com <URL3> és Radartutorial.edu <URL4>, <URL5>, <URL6>

130. ábra: Tenger hullámmagasságának mérése

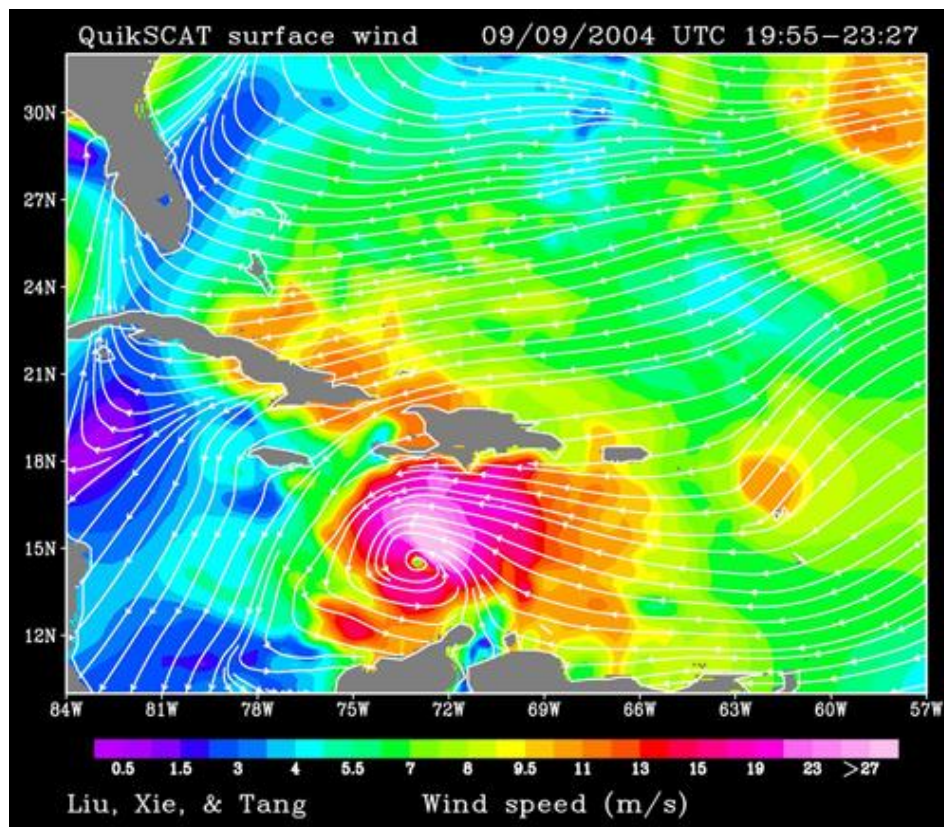


Forrás: Altimetry.info <URL>

A *scatterometer* (szóródásmérő) a felszín érdességét méri. A visszaverődött energia mennyisége függ a felület tulajdonságaitól (durvaság) és a mikrohullámú energia beérkezési szögétől. Az óceánok felületén végzett szóródásmérés segítségével a tengerfelület érdessége alapján lehet becsülni/számolni a *szélsebességeket* (131. ábra).

A földi scatterometereket széles körben használják, különböző anyagok és felületi típusok jellemzésére. Az eljárás a spektrális reflexiók görbéinek koncepciójához hasonlít, a felszín érdessége, mintázata jellemző egy anyagra. Vannak optikai elven működő scatterometerek is. (Evans és mtsai., 1997)

131. ábra: Felszíni szelek az Iván hurrikán alatt a QuikScat scatterométeres becslései alapján



Forrás: Wisc.edu <URL>

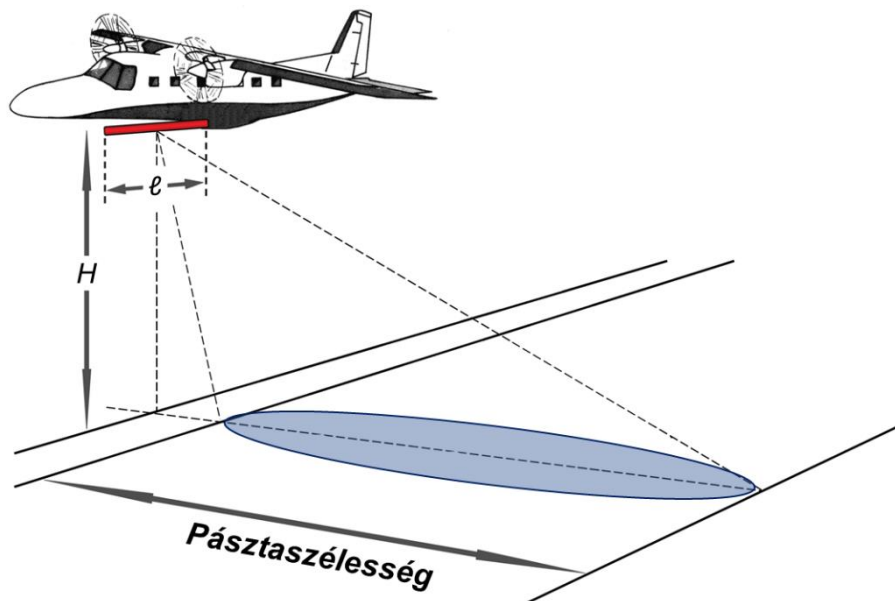
7.2.2. KÉPALKOTÓ RADAR

Oldalra néző radar (*Side Looking Airborn Radar, SLAR*)

Ez a képalkotó radarok általános elve. A berendezés részei: egy adó, egy vevő, egy vagy több antenna, GPS, számítógépek. Az antenna oldalra néző, irányított antenna, A működés során rövid idejű impulzus sugárzás történik, majd hosszú vételi idő alatt gyűjtik a visszaérkező hullámokat. A rádióhullámokat folyamatosan sugározzák egy ismert (lehetőleg egyenes) pályán mozgó repülőgépről vagy műholdról. Az antenna a sugárzott energia visszaverődött részét veszi a sugárnyaláb által bejárt területről. A felszíni objektumokról visszaérkező jeleket rögzítve keletkezik a kép egy sora. Az egymás utáni kibocsajtás-vétel során jönnek létre az újabb képsorok. Az SLAR általában nagy térbeli felbontással rendelkezik, célja a földfelszín megfigyelése, térképezése. (Molnár, n. a.)

Az SLAR működésének geometriáját mutatja a 132. ábra. A radarjeleket a H repülési magasságban haladó gép alsó oldalára szerelt ℓ -es hosszúságú antenna sugározza az oldalra elterülő vizsgált területre (pászta). (SEOS-Project.eu, n. a.)

132. ábra: Az oldalra néző radar működési elve

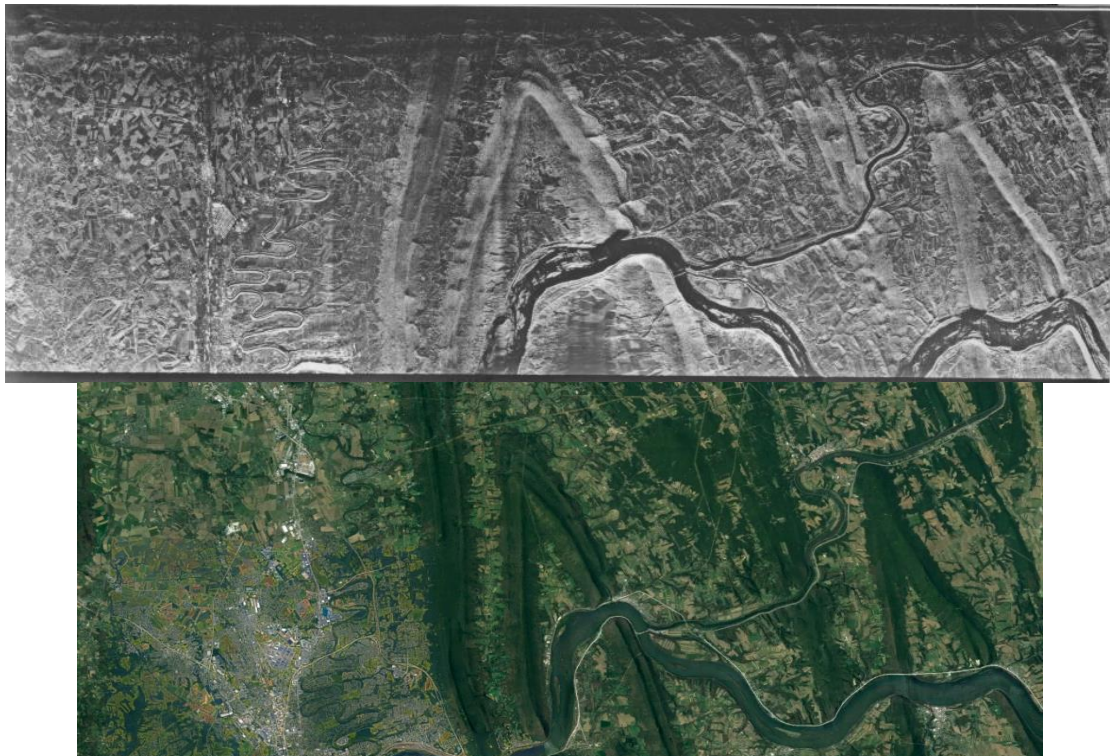


Forrás: SEOS-Project.eu (n. a.) <[URL](#)> alapján

Valódi apertúrájú rádiólokátor (*Real Aperture Radar, RAR*)

Az apertúra az antenna hosszát jelenti. A radar antennája a hordozó eszköz pályájának irányában helyezkedik el. A haladási irányban, nem jó a felbontás, ami az antenna hosszától (ℓ) függ. Az antenna hosszát bekorlátozza a szállító jármű. A 133. ábrán látható, hogy a radarkép hossza nagyobb a valós hosszúságnál az eltérő pályamenti és keresztirányú felbontás miatt.

133. ábra: Harrisburg, Pennsylvania repülőgépről készített RAR-képen (K Band) és a területről készített úrfotó

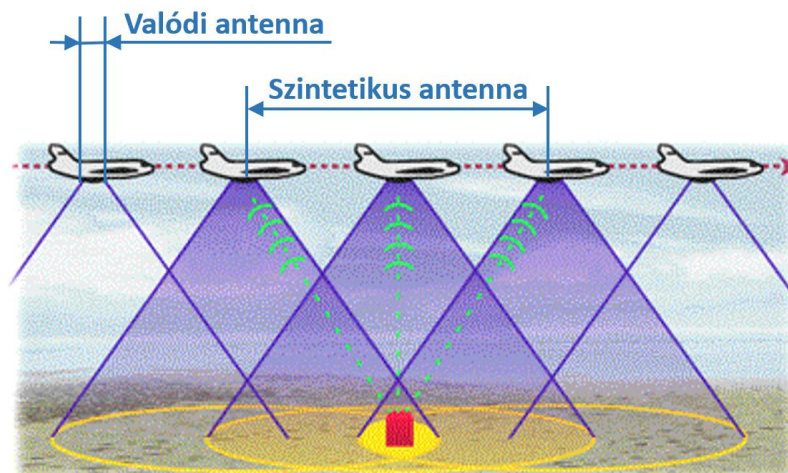


Forrás: Indiana.edu<[URL1](#)> és Google Maps <[URL2](#)>

Szintetikus apertúrájú rádiólokátor (*Synthetic Aperture Radar, SAR*)

Továbbfejlesztett SLAR, főleg térképezésre használják. A mérésnél fontos, hogy a hordozó eszköz ismert (lehetőleg egyenes) pályán haladjon. Ezen a pályán az adóantenna rendszeres időközönként bocsátja ki az impulzusokat. A vétel során nemcsak a visszavert jelek feszültségét, hanem fázisukat – azt hogy melyik adóimpulzusból származnak – is mérik (134. ábra). A nyers mérési eredményekből bonyolult számítógépes feldolgozás után alakul ki a radarkép (135. ábra). Ez a mérés a keresztirányú felbontáshoz hasonlóan finom pályamenti felbontást ad. A mérés olyan eredményt ad, mintha az antenna hosszát a pálya irányában jelentősen megnöveltük volna. (Sárközy, 2009)

134. ábra: Szintetikus apertúrájú rádiólokátor (SAR) elve



Forrás: Schlutz (2009: 1) alapján

135. ábra: Harckocsi egy éjszakai SAR-felvételen és a Halál-völgy színezett SAR-képe



Forrás: Mak.com <[URL1](#)> és Wikimedia.org <[URL2](#)>

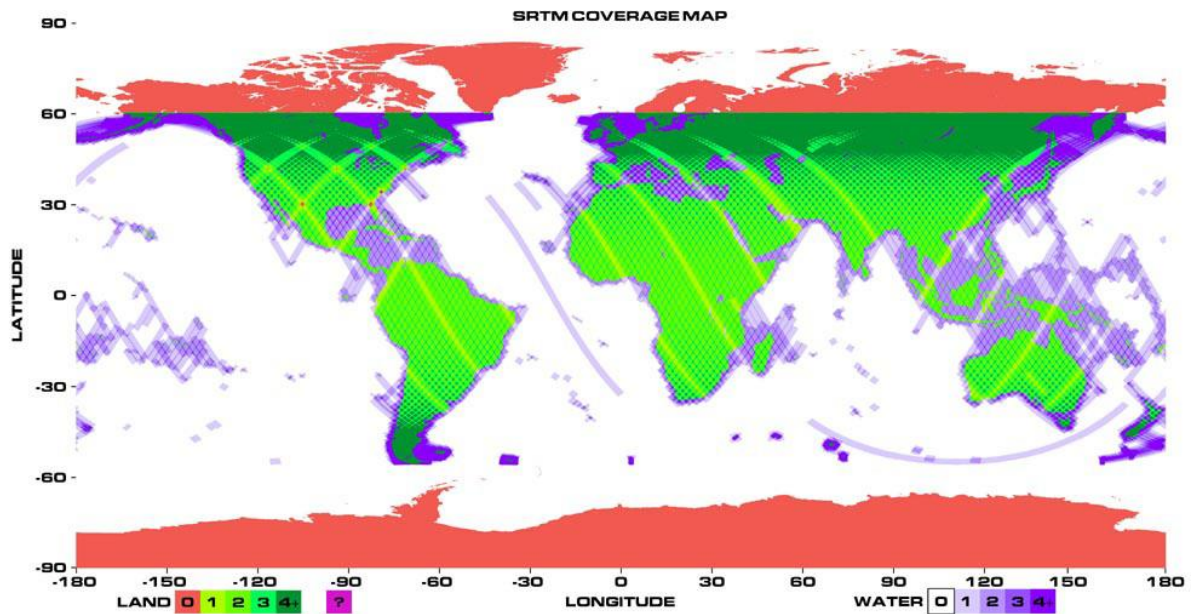
Űrsikló Radar Topográfiai Küldetés (*Shuttle Radar Topography Mission, SRTM*)

Az SRTM egy közel globális digitális magassági modell (DEM) a déli 56° és az északi 60° szélességi kör között. Nemzetközi kutatás eredményeként a Föld felszínének 80 százalékáról készült domborzatmodell (136. ábra). Az Endeavour űrrepülőgép küldetése során 2000 februárjában végezték a méréseket. Az űrsikló 233 km átlagos magasságban, 57 fokos inklinációjú

pályán keringett, és 159 fordulatot tett meg 10 nap alatt. Az adatgyűjtés 149 Föld körüli fordulat (222,4 óra) alatt történt. (Molnár, n. a.)

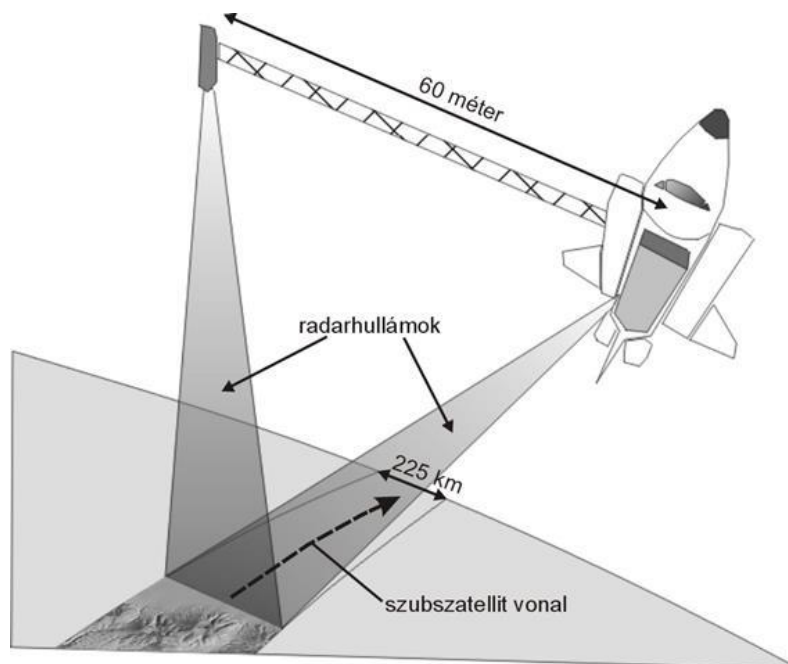
Az adatokat a *Spaceborne Imaging Radar (SIR)* szenzor gyűjtötte. Teljes neve '*Spaceborne Imaging Radar – C/X-band Synthetic Aperture Radar (SIR-C/X-SAR)*', mert három mikrohullámú csatornát használt: L-band (24 cm), C-band (6 cm) és X-band (3 cm) (137. ábra). Az elkészült domborzati modell (138. ábra) csaknem az egész Földre ingyenesen elérhető, 90 m × 90 m képpontmérettel a <http://srtm.csi.cgiar.org/srtmdata/> weboldalról. Jobb felbontásért (30 m × 30 m) fizetni kell. (Evans és mtsai., 1997)

136. ábra: Az SRTM által mért földfelszín



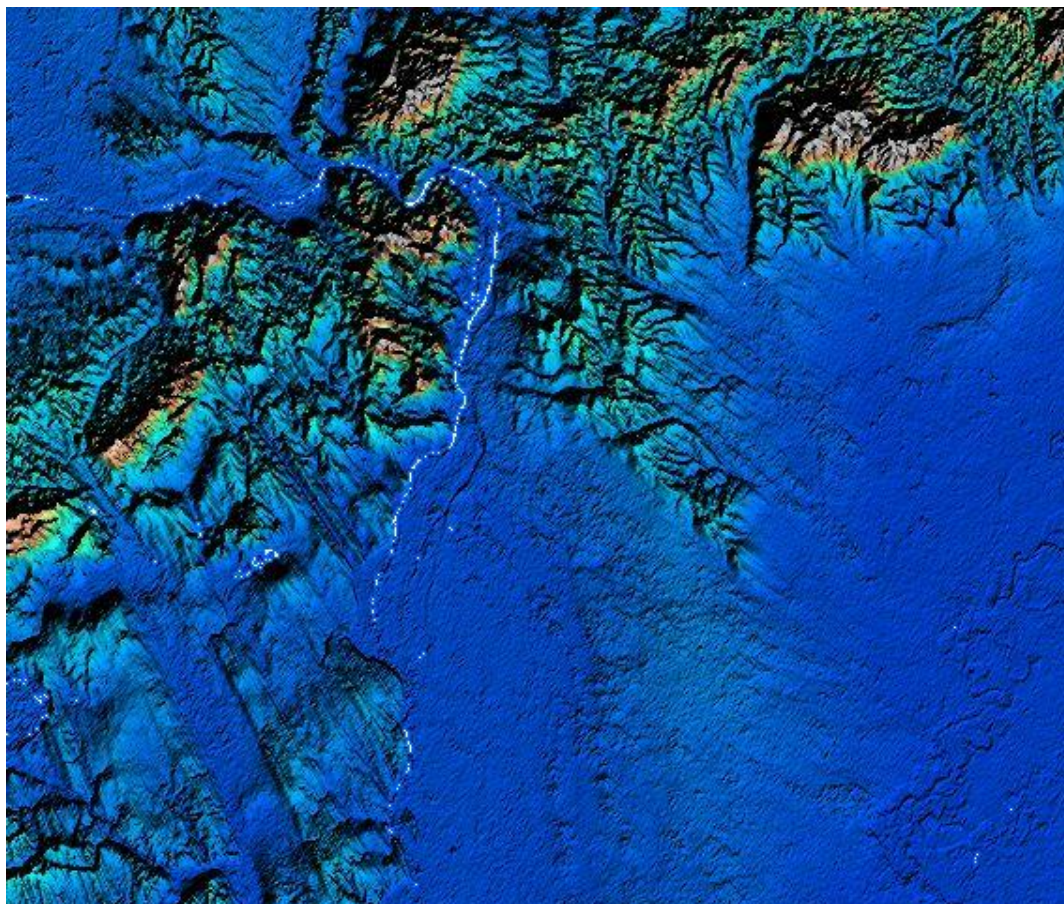
Forrás: NASA.gov <[URL](http://NASA.gov)>

137. ábra: Az SRTM-mérés elvi vázlatja



Forrás: Timár és Molnár (2013) <[URL](http://Timár és Molnár (2013) <URL>)>

138. ábra: SRTM domborzati modellje Budapest környékéről

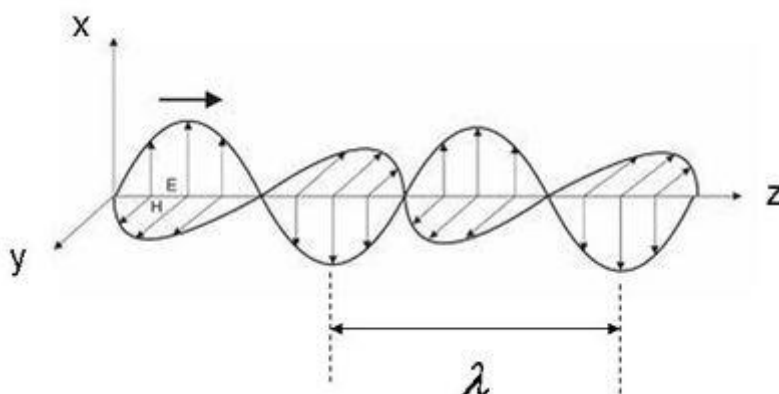


Forrás: Molnár (n. a.) <[URL](#)>

Ugyanarról a területről azonos hullámhosszával, de különböző adó- és vevőpolarizációval készített felvételek digitális összehasonlításával olyan objektumokat, jelenségeket tudunk kiválasztani, felismerni, megkülönböztetni, ami egy kép esetén nem volna lehetséges.

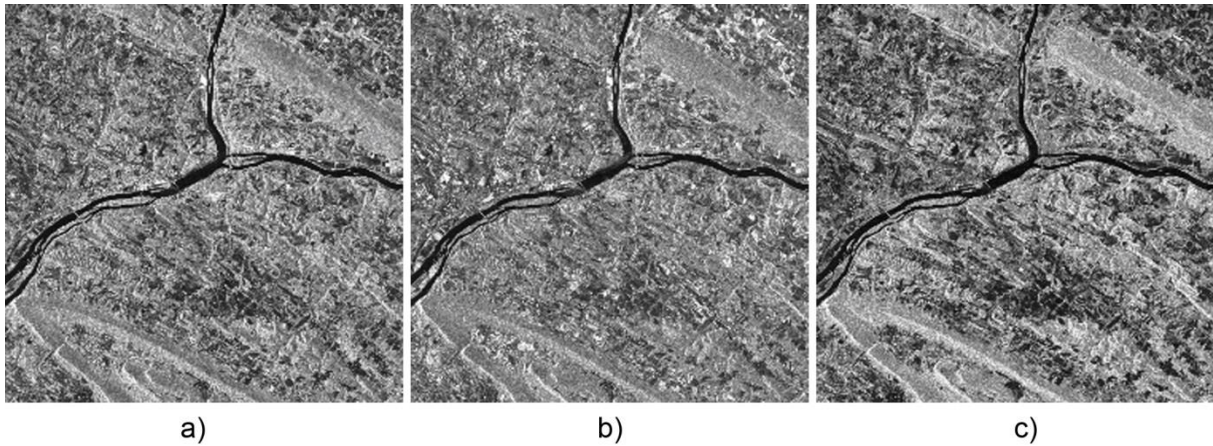
A *polarizáció* a rádióhullámok rezgési síkját jelenti, ami lehet vízszintes (horizontális, H) vagy erre merőleges függőleges (vertikális, V) (139. ábra). Az adó és vevő polarizációjának három féle kombinációja lehetséges: vízszintes adó és vevő (HH), függőleges adó és vevő (VV), vízszintes adó és függőleges vevő (HV) -polarizáció (140. ábra).

139. ábra: Az elektromágneses hullám polarizációja



Forrás: Fizipedia.bme.hu <[URL](#)>

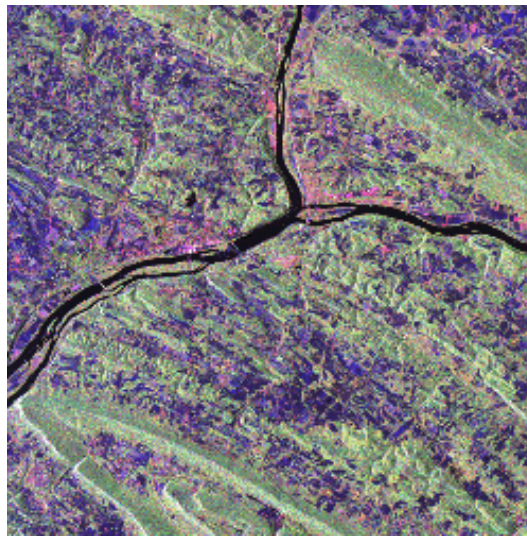
140. ábra: Különböző polarizációjú L-sávú RADAR-felvételek: a: vízszintes adó és vevő (LHH), b: függőleges adó és vevő (LVV), c: vízszintes adó, függőleges vevő (LHV)



Forrás: Sárközy (2009) <[URL](#)>

A képek szemlélésekor elég nehéz a különbségeket szabad szemmel meghatározni, ezért a vizuális kiértékeléshez azokból célszerű *hamis színes* képeket (kompozitokat) készíteni. A kompozit úgy készül, hogy az egyes képekhez eltérő színeket társítanak. A 141. ábrán a HH-képhez *kék*, a HV-képhez *zöld*, a VV-képhez pedig *vörös* színt rendelnek. Az így előálló színes képen a különbségek jól érzékelhetővé válnak. (Sárközy, 2009)

141. ábra: L-sávú hamis színes kép, HH = kék, HV = zöld, VV = vörös

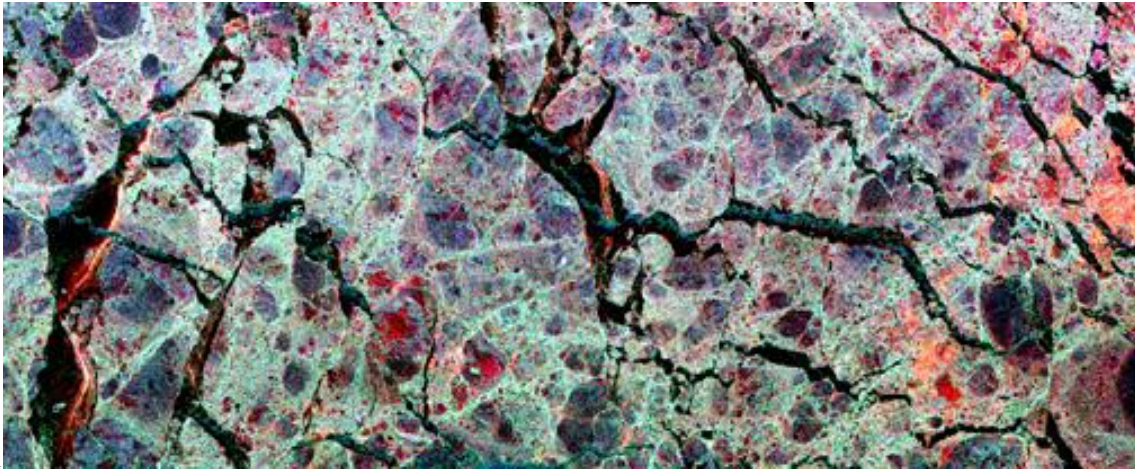


Forrás: Sárközy (2009) <[URL](#)>

Ugyanarról a területről különböző hullámhosszúval készített felvételek digitális összehasonlításával olyan objektumokat, jelenségeket tudunk kiválasztani, felismerni, megkülönböztetni, ami egy kép esetén nem volna lehetséges (142. ábra).

Az előző eljárások kombinálhatók, eltérő hullámhosszú és polarizációjú felvételezés együttes használata tovább javíthatja a kiértékelés eredményességét (143. ábra). További lehetőségként merül fel, hogy a különböző időben készített felvételeket összehasonlítva kimutathatók a változások.

142. ábra: Különböző hullámhosszakon készített színes kompozit kép a Weddell tengerről (Antarktisz, az Atlanti Óceán déli része)



Forrás: *Indiana.edu* <[URL](#)>

**143. ábra: Hagyományos fotó és radarkép a Klucsevszkij Vulkánról (Kamcsatka, Oroszország, Szibéria)
(L-band HH = kék; L-band HV = zöld; C-band HV = piros)**



Forrás: *Geo.mtu.edu* <[URL](#)>

Radaros távérzékelés előnye:

- igen sűrű adatgyűjtést tesz lehetővé,
- viszonylag nagy pontosságú mérések végezhetőek,
- szalagszerű tereptárgyak térképezésére is alkalmas.

Hátránya:

- magas tőkeigény,
- korlátozott attribútumozási lehetőség. (*Honfi, 2004*)

7.2. LIDAR

A LIDAR a fény (*Light*) és RADAR szó összevonásából keletkezett, de manapság több rövidítés is forgalomban van: *Light Detection And Ranging* (fény észlelése és távolság meghatározása), *Light Direction And Ranging*, *Laser Imaging, Detection And Ranging*. Előfordul még a lézerradar és a lézerszkennér elnevezés is.

A LIDAR aktív távérzékelési technológia, működési elve a kibocsátott és a visszavert jelek közötti időkülönbség pontos mérésén alapul. A LIDAR esetén a szenzor lézerfényt bocsájt ki ultraibolya (0,25–0,35 μm), a láthatófény- és infravörös- (0,4–11 μm) hullámhossztartományban. (Vágó és mtsai., 2011)

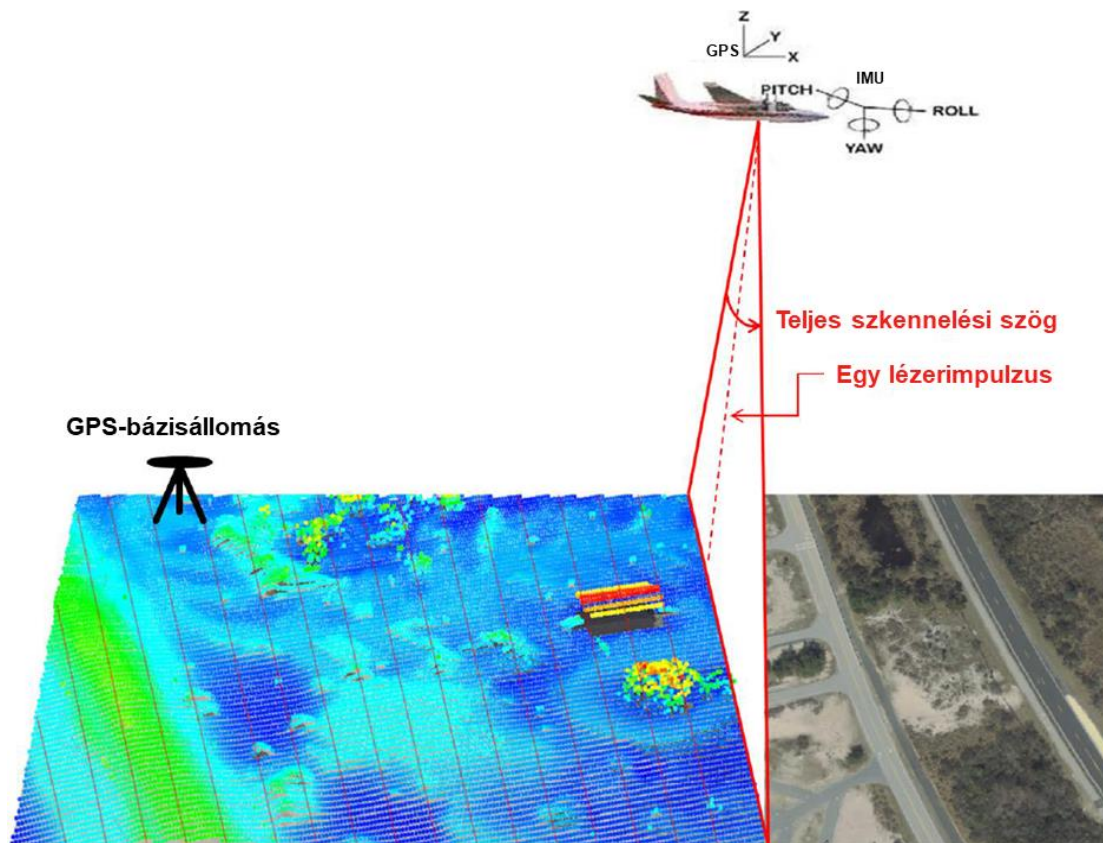
Lézerfény (LASER – *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, fényerősítés stimulált sugárzás által) nincs a természetben, csak az emberi technológia képes előállítani. A lézerfény a természetes fénytől eltérően csak egy színt vagy hullámhosszt tartalmaz, a hullámok egy fázisban vannak, a hullámok párhuzamosan egy irányban terjednek, a lézerfény tehát monokromatikus, koherens és nem széttartó (*collimated*). (Horváth, 2015)

A LIDAR-berendezések egyre több platformon működnek, leggyakrabban repülőgépeken, helikoptereken, a napjainkban egyre népszerűbb és elérhetőbb drónokon, UAV-ken. Ezenkívül megtalálhatók műholdakon is, és a földi geodéziai mérőműszerek körében is. (Vágó és mtsai., 2011)

A LIDAR működési elve

A légi LIDAR-távérzékelés elvi sémáját a 144. ábra mutatja. Részei a hordozóeszköz, a lézerszenzor, navigációs rendszer (GNSS – *Global Navigation Satellite System*) és az inerciális rendszer (IMU – *Inertial Measurement Unit*). A lézerszkennelés alatt a repülési irányra merőlegesen lézernyaláb pásztázza a tájat, miközben a repülőgép/helikopter meghatározott sebességgel halad.

144. ábra: A LIDAR-mérés eszközei



Forrás: Carter és mtsai. (2012: 2) alapján

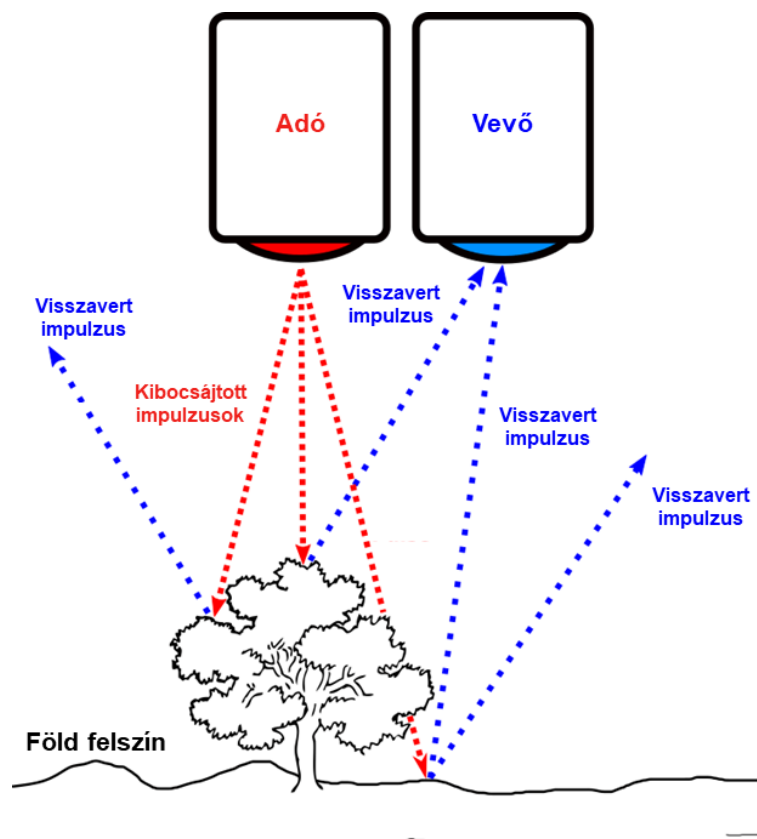
A szenzort szállító jármű pontos pozíciójának ismerete elengedhetetlen a pontos méréshez. A szállítójármű helyzetének méréséhez a fedélzeten nagy pontosságú műholdas navigációs műszer (általában GPS) található. A még nagyobb pontosság érdekében egy földi bázisállomást is telepítenek.

A repülés közben a hordozóeszköz útja nem egyenletes, mivel a levegő nem homogén közeg, légörvények vannak benne. A kibocsájtott lézersugár szögét a légi jármű elmozdulása befolyásolja. Mivel ezt a hatást megszüntetni nem lehet, ezért mérik a hordozóeszköz elmozdulásait, hogy azzal korrigálják a méréseket. Az IMU giroszkópokat és gyorsulásmérőket tartalmaz, amelyekkel mérni tudja a repülő eszköz csavarását (*roll*), billenését (*pitch*) és a függőleges tengely körüli elfordulását (*yaw*).

A mérés pontosságát a navigációs és inerciális rendszerek pontossága nagyban befolyásolja. (Carter és mtsai., 2012)

A lézerszenzor egy adó (impulzus kibocsájtó) és egy vevő (visszaverődés-érzékelő) részből áll (145. ábra). A LIDAR valamilyen szabályos alakzatban, másodpercenként százezres nagyságrendben bocsájtja ki a lézerimpulzusokat (*pulse*), amivel a felszín pásztázza. A kibocsájtott impulzus egy része visszaverődik (*echo*), amit a vevő érzékel. A szenzor méri a kibocsájtás és a visszaverődés között eltelt időt.

145. ábra: A LIDAR-mérés elve

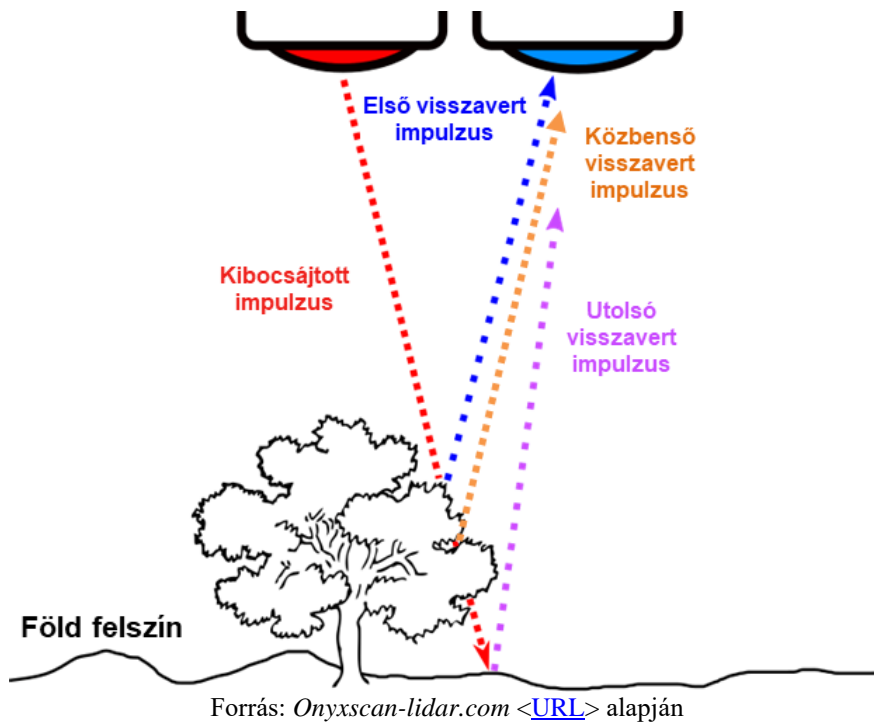


Forrás: Onyxscan-lidar.com <URL> alapján

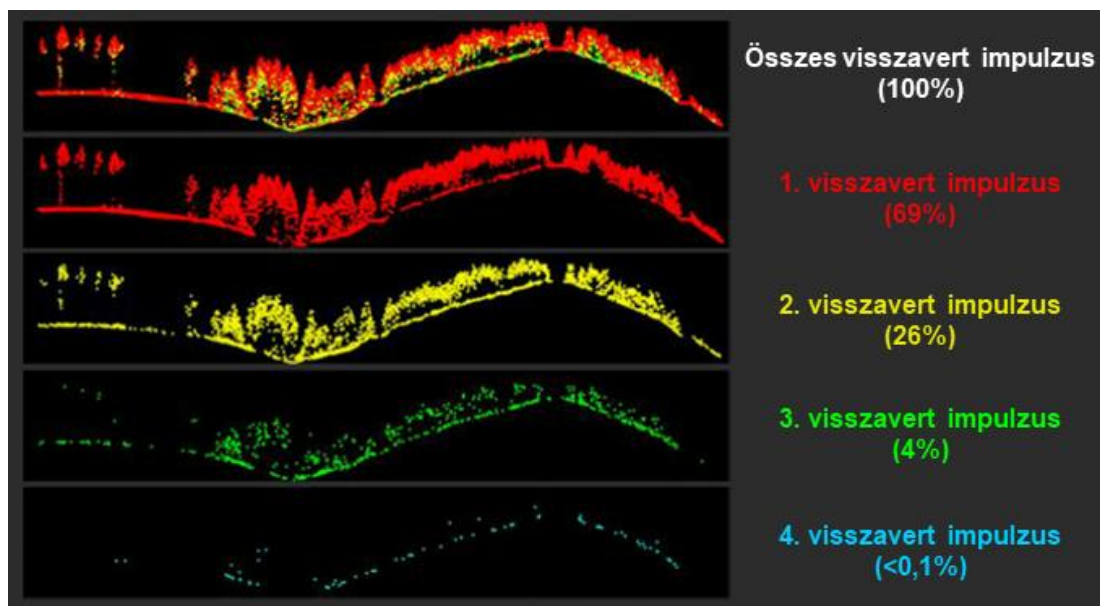
A kibocsájtott lézersugár a felszínre érkeve egy 25–40 cm fél nagytengelyű ellipszist „rajzol” ki. Ez a LIDAR pillanatnyi lábnyoma, amelynek mérete a kibocsájtott impulzus energiájától és a távolságtól függ.

Előfordul, hogy a lézersugár a felszínre érkezése előtt elér egy objektumot, ahonnan egy része visszaverődik, míg a „maradék” halad tovább és a felszínre elérve verődik vissza. A visszavert lézersugarakat sorban első, második, ..., utolsó visszaverődésnek nevezik. A többszörös visszaverődés legjellemzőbb példája a fák lombzatán áthatoló sugárnyaláb (146. ábra). A lézercső egy kis része eléri a talajt, a LIDAR „átlát” a fák lombján. Az erdők mérése során az első és az utolsó visszaverődés közötti távolság megadja a fák magasságát (147. ábra).

146. ábra: Többszörös visszaverődés



147. ábra: A visszavert impulzusok megoszlása erdős területen



Az objektumokról visszaérkező jelekből időméréssel kiszámítható azok távolsága. Mivel a méréskor ismert a szenzor pozíciója, így a mért távolság és a kibocsájtási szög alapján kiszámíthatók a mért pontok koordinátái. A mérések során rögzített pontkoordinátákból egy több millió pontból álló nyers pontfelhő keletkezik (148. ábra). A kívánt termék előállításához ezt az óriási mennyiségű adatot nagy teljesítményű számítógépekkel dolgozzák fel. (Burai, 2012)

148. ábra: LIDAR-mérés során keletkezett pontfelhő

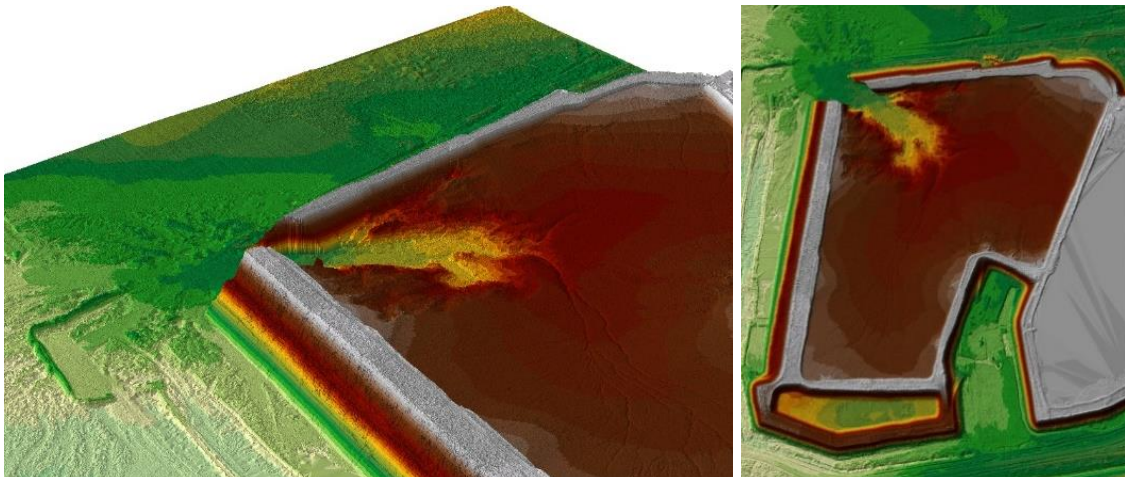


Forrás: Burai (2012) <[URL](#)>

LIDAR-alkalmazási példák

A LIDAR számos területen felhasználható. A mérés eredményeként 3D modell állítható elő, ami lehetőséget biztosít térfogatszámításra. A vörösiszap-katasztrófa idején először nem volt ismert a kiömlött anyag mennyisége. Az elvégzett LIDAR-mérési adatokból generálták a megmaradt zagyfelszín 3D modelljét (149. ábra). A tározó eredeti referenciacsúszóját egy korábbi légifelvétel sztereó kiértékelésének eredményeiből kapták meg. A két felszín közötti térfogat ezután kiszámíthatóvá vált. A kiömlött vörös iszap térfogata kb. 1,7 milliárd m³ volt! (Berke és mtsai., 2011; Tomor, 2011)

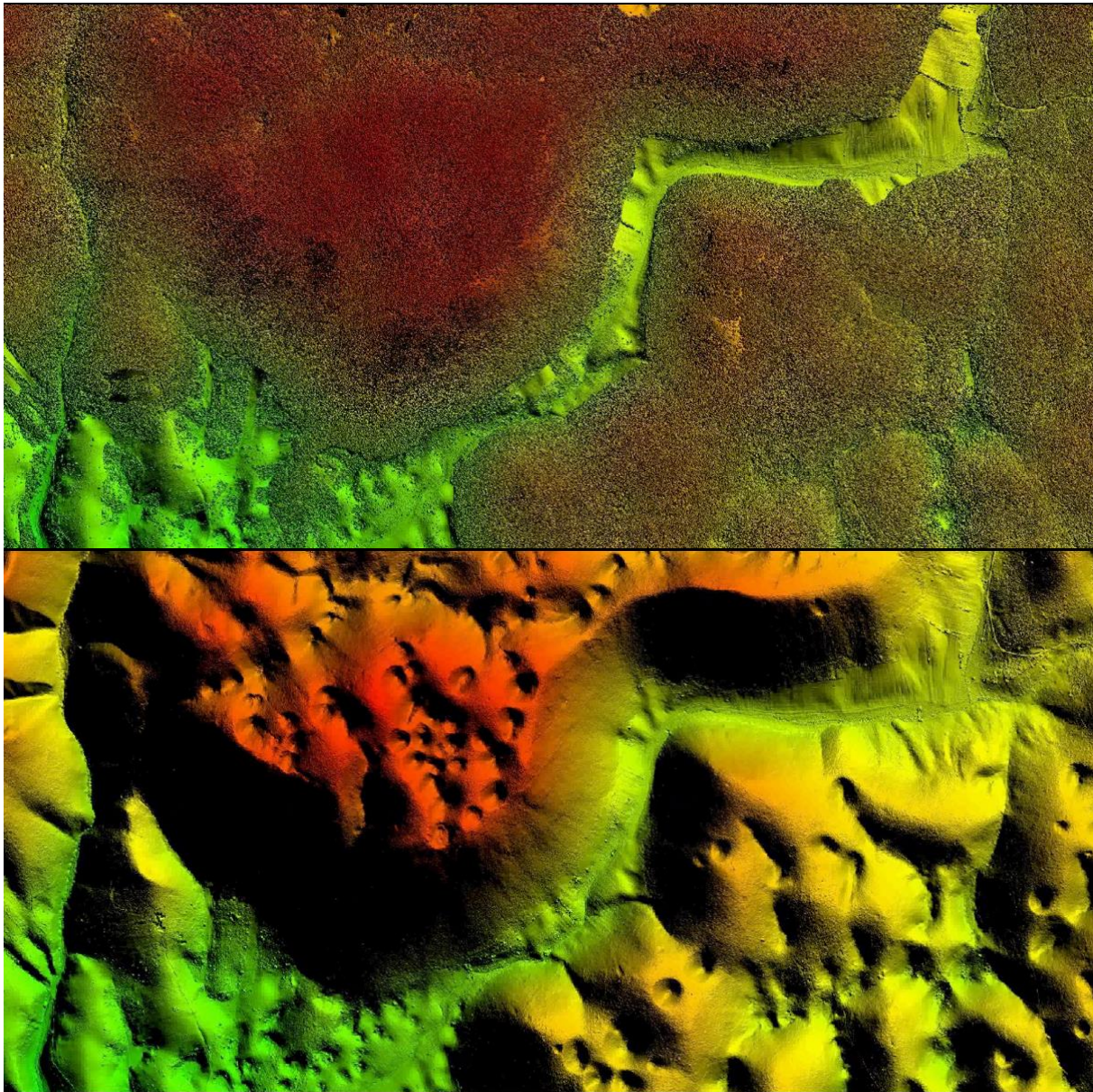
149. ábra: A vörösiszap-tároló medence 3D modellje a katasztrófa után



Forrás: Tomor (2011: 9–10)

Mivel a LIDAR által kibocsájtott lézernyaláb egy része keresztülhatol a lombozaton, ezért „egy menetben” készíthető vele digitális domborzatmodell (DSM) és digitális felszínmodell (DTM). A 146. ábrán az Aggteleki-karsztról készült LIDAR-mérés első és utolsó visszaverődésének eredményei szerepelnek. Az első visszaverődés a fák lombzatáról, az utolsó a talajról érkezett a műszerbe, amelyen jól kivehetők a víznyelők (150. ábra) (Tomor, 2015).

150. ábra: Aggteleki-karszt első (fent) és utolsó (lent) visszaverődés LIDAR-képei

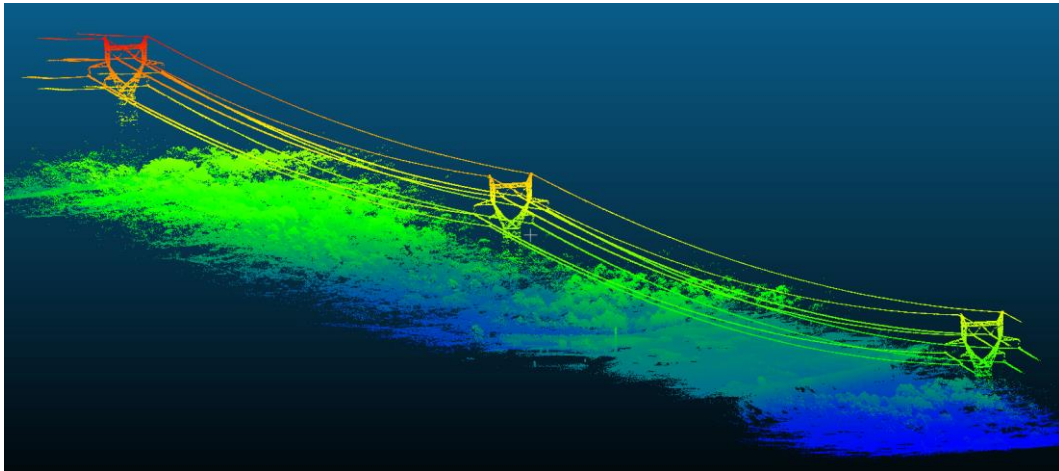


Forrás: Tomor (2015: 15)

A lézersugár a tartomány egy részén nem verődik vissza a víz felszínéről, emiatt a partvonalak azonosítása nehézkes. A rövidebb hullámhosszágú (kék és zöld) tartományban viszont alkalmazható vízmélység mérésére, ezáltal meder felszínének térképezésére. (Verőné Wojtaszek, 2010c)

A lézerpulzusok nagy sűrűsége az egészen kis tereptárgyak felmérését is lehetővé teszi. LIDAR-méréssel ellenőrizhető például a nagyfeszültségű vezetékhálózat. (151. ábra) (Tomor, 2017)

151. ábra: Nagy feszültségű vezeték LIDAR-felmérése



Forrás: Wp.com <[URL](#)>

LIDAR felhasználási területe:

- digitális terep- és domborzatmodellek készítése,
- geomorfológiai vizsgálatok, például gleccserek tömegváltozásának nyomon követése (NASA ICESat műhold) vagy tűzhányók felszínemelkedésének/-süllyedésének vizsgálata),
- meteorológiai, légköri jelenségek vizsgálata, szélesebbég mérése,
- légkör összetételének (aeroszolok) monitorozása (CALIPSO: *Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observation* műhold, NASA),
- csillagászati, geofizikai megfigyelések (Föld–Hold-távolság mm-pontosságú mérése; a Mars felszínének feltérképezése, *Mars Global Surveyor*, NASA),
- erdészeti alkalmazások (fafajok megkülönböztetése, osztályozása),
- archeológiai kutatások. (*Vágó és mtsai.*, 2011)

LIDAR-távérzékelés előnyei:

- A mérés független a napszaktól.
- Teljes felhőborítás esetén a felhőzet alatt még végezhető mérés.
- Erdős területek topográfiai felmérésére is alkalmas.
- Nagy mennyiségű adat gyűjtésére alkalmas, nagyon rövid időn belül.
- Nagy pontosságú mérés, jó vertikális és horizontális felbontás.
- A mérések költséghatékonysága rendkívül nagy.

Hátrányai:

- A légköri viszonyok befolyásolják a mérést, az eső és a köd akadályozza a lézervény terjedését.
- Speciális szakértelmet igényel.
- Magas eszköz- és üzemeltetési költség.
- Nagy a számítási kapacitás igénye. (*Verőné Wojtaszek*, 2010c).

8. KOPERNIKUSZ-PROGRAM

„A Kopernikusz az Európai Unió Föld-megfigyelési programja, amely megfigyeli bolygónkat és környezetét az európai polgárok érdekében. Műholdas Föld-megfigyelésen és helyszíni (nem űrbeli) adatokon alapuló információs szolgáltatásokat kínál.” (Copernicus.eu, n. a., a)

A Kopernikusz-program hat szolgáltatást nyújt:

1. Légkörmonitoring (Copernicus Atmosphere Monitoring Service – CAMS);
 2. Tengerikörnyezet-monitoring (Copernicus Marine Environment Monitoring Service – CMEMS);
 3. Szárazföld-monitoring (Copernicus Land Monitoring Service – CLMS);
 4. Klímaváltozás (Copernicus Climate Change Service – C3S);
 5. Biztonság (Copernicus Security Service – CSS);
 6. Veszélyhelyzetek menedzselése (Copernicus Emergency Management Service – CEMS).
- Copernicus.eu (n. a., b)

A Kopernikusz-program szolgáltatásai közel valós idejű adatokat biztosítanak a Föld bármely részén (Copernicus.eu, n. a., c).

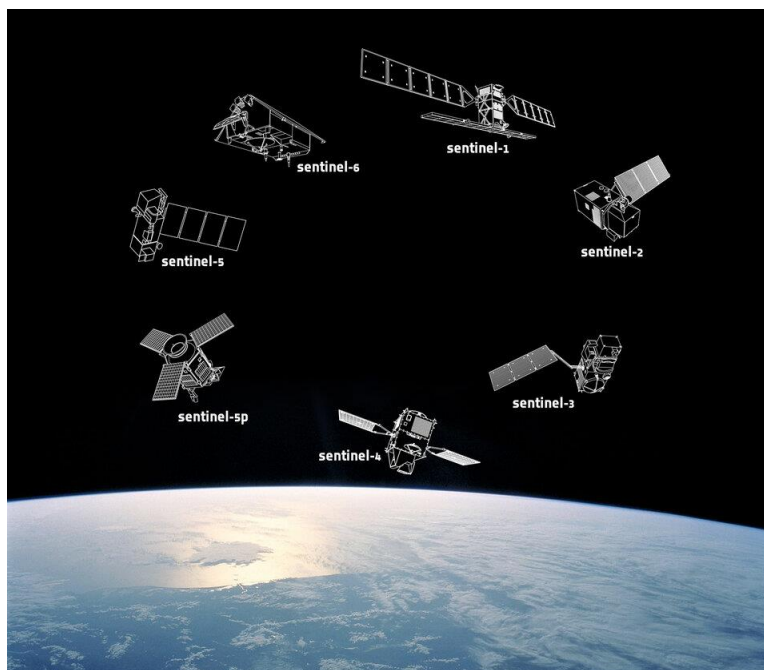
A naponta előállított 12 terabájtnyi adat „nagy része díjmentesen, korlátozás nélkül és nyílt hozzáféréssel elérhető és hozzáférhető bármely polgár és szervezet számára az egész világon.” (Copernicus.eu, n. a., d).

„A programot az Európai Bizottság koordinálja és irányítja. A program végrehajtásában résztvevő partnerek a tagállamok, az Európai Űrügynökség (ESA), a Meteorológiai Műholdak Hasznosításának Európai Szervezete (EUMETSAT), a Középtávú Időjárás Előrejelzések Európai Központja, az uniós ügynökségek és a Mercator Océán.” (Copernicus.eu, n. a., a)

8.1. Sentinel-misszió

A Kopernikusz-program számára készített műholdcsalád neve Sentinel (őrszem), tagjai aktív és passzív távérzékelést végeznek (152. kép).

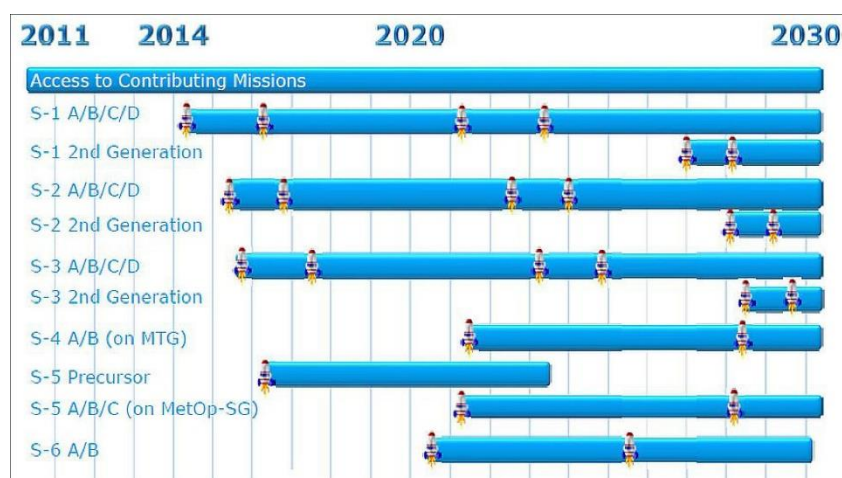
152. ábra: A Sentinel-műholdcsalád



Forrás: Copernicus.eu <[URL](#)>

A Sentinel-műholdak az *Envisat* műhold feladatait folytatják, amely 2002-től 2012-ig működött, a fedélzetén elhelyezett tíz különböző érzékelővel az eddig működő legnagyobb, legösszetettebb távérzékelő műhold volt. Ezzel szemben a Sentinel-műholdak egyszerre egyetlen vagy csak néhány különböző feladatra készülnek, ezáltal gyártásuk és pótlásuk is egyszerűbbé válik. A hat különböző feladatra tervezett műholdak sorszámozottak, feladatonként 4-4 készül belőlük, amelyeket a szám mögötti A, B, C és D betűvel jelölnek a felbocsátás sorrendjében. Az egyforma feladatot ellátó műholdak párosával, azonos pályán 180 fokként elosztva keringenek, hogy ezáltal a visszatérési idő egy adott helyre rövidebb legyen. Először az A és B jelű műholdak kerülnek pályára, ezeket fogja majd leváltani a C és D jelű (153. ábra). Az első működő műhold a Sentinel-1A volt. Az eszközöket az Európai Űrügynökség (ESA) gyártatja le és állítja pályára. A műholdak pályaadatát a 10. táblázat tartalmazza. (Geo-sentinel.hu, 2016)

153. ábra: A Sentinel-műholdak üzembehelyezésének hosszútávú forgatókönyve



Forrás: Eoport.org <[URL](#)>

10. táblázat: A Sentinel-műholdak pályaadatái

Műhold	Fellevés	Pálya	Pálya magasság	Inklináció	Visszatérési idő
Sentinel-1	2014. 04. 03. S1-A	LEO, közel poláris SSO	693 km	98,18°	6 nap
	2016. 04. 25. S1-B				
Sentinel-2	2015. 06. 23. S2-A	LEO, közel poláris SSO	786 km	98,62°	5 nap
	2017. 03. 07. S2-B				
Sentinel-3	2016. 02. 16. S3-A	LEO, közel poláris SSO	814.5 km	98,65°	<2 nap
	2018. 04. 25. S3-B				
Sentinel-4	Terv: 2020 November	GEO	35 786 km	-	60 min
Sentinel-5P	2017. 10. 13	LEO, közel poláris SSO	824 km	98,7°	1 nap
Sentinel-5	Terv: 2022 November	LEO, közel poláris SSO	817 km	98,7°	1 nap
Sentinel-6	Terv: 2020 November	LEO, nem SSO	1336 km	66,05°	10 nap

Forrás: Copernicus.eu <[URL1](#)>, Itc.utwente.nl <[URL2](#)> és Eoport.org <[URL3](#)> alapján

8.1.1. A SENTINEL-MŰHOLDOK ÉRZÉKELŐI

A Sentinel-misszió műholdjai aktív és passzív szenzorokat hordoznak (11. táblázat).

A Sentinel-1A és Sentinel-1B műholdak radaros távérzékelést végeznek, így napszaktól és időjárástól függetlenül is képesek a felszín leképezésére a szárazföldön és az óceánokon.

Sentinel-2A és Sentinel-2B műholdak elsősorban a szárazföldi területek vizsgálatára készültek. A fedélzetükön vitt multispektrális, nagy felbontású szenzor a látható fény és a közeli infravörös tartományban készít felvételeket.

11. táblázat: A Sentinel-műholdak szenzorai

Műhold	Szenzor	Sávszám/Mód	Pásztaszélesség	Térbeli felbontás
Sentinel-1	C-SAR (C-band Synthetic Aperture Radar)	Strip Map Mode	80 km	5 × 5 m
		Interferometric Wide Swath Mode	250 km	5 × 20 m
		Extra-Wide Swath Mode	400 km	20 × 40 m
		Wave-Mode	20 × 20 km	5 × 5 m
Sentinel-2	MSI (Multi Spectral Instrument)	13 sáv [0,4–2,2] μm VIS/NIR/SWIR	290 km	4 sáv 10 m (VIS/NIR) 6 sáv 20 m 3 sáv 60 m
Sentinel-3	SRAL (Sentinel-3 Radar Altimeter)	-	-	-
	MWR (MicroWave Radiometer)	-	-	-
	OLCI (Ocean and Land Color Instrument)	VIS/NIR 21 sáv [0,4–1,02] μm	1270 km	300 m
	SLSTR (Sea and Land Surface Temperature Radiometer)	VIS/NIR/SWIR/MWIR/TIR 9 sáv [0,554–12,022] μm	1420 km	500 m (VIS/NIR/SWIR) 1 km (MWIR/TIR)
Sentinel-4	UVN (Ultra-violet Visible Near-infrared)	3 tartomány UV [0,305–0,400] μm, 190 sáv VIS [0,400–0,500] μm, 200 sáv NIR [0,750–0,775] μm, 208 sáv	-	8 × 8 km
Sentinel-5P	TROPOMI (Tropospheric Monitoring Instrument)	8 sáv (UV/VIS/NIR/SWIR) [0,270–2,385] μm	2600 km	21 × 28 km (UV1) 7 × 7 km (összes többi),
Sentinel-5	UVNS (Ultra-violet, Visible and Near-infrared Sounder)	UV [0,27–0,37] μm 608 sáv VIS [0,37–0,5] μm 1500 sáv NIR [0,685–0,775] μm 512 sáv SWIR [1,59–2,385] μm 2048 sáv	2670 km	50 × 50 km (UV1) 7,5 × 7,5 km (összes többi)
Sentinel-6	AMR-C (Advanced Microwave Radiometer – C) SRAL (Synthetic aperture Radar Altimeter)	-	-	-

Forrás: Copernicus.eu <[URL1](#)>, Itc.utwente.nl <[URL2](#)> és Eoport.al.org <[URL3](#)> alapján

A Sentinel-3A és 3B műholdakon négy szenzor kapott helyet: egy közepes felbontású, optikai kamera, egy a felszínhőmérséklet mérésére alkalmas infravörös sugázmérő, egy mikrohullámú sugázmérő, és egy az apertúraszintézis elvén működő radaros magasságmérő (altiméter). A műszerek elsősorban az óceánok hőmérsékletét, színét és felszínének szintjét detektálják, ezenkívül a szárazföldek fölött például a növényzet állapotának megfigyelésére és tüzek detektálására alkalmazzák őket.

A Sentinel-4 műholdak a levegő minőségét, a légkör kémiai összetételét, az aeroszolokat vizsgálják majd, adataikat a levegő minőségének monitorozásához és a klímaváltozás kutatásához használják. Geostacionárius pályán keringenek majd, így Európa, Afrika északi és az Atlanti Óceán keleti partvonala esik a látómezejükbe. Szenzoraik az ultraibolya, látható és infravörös tartományban működő nagyfelbontású spektrométerek a légkör megfigyelésére alkalmasak. A mérések Európa területéről nagyon jó területi felbontással óránként készülnek.

A Sentinel-5 Precursor (előfutár) (Sentinel-5P) a Sentinel-5 előfutára, az Envisat sikeres SCIAMACHY (*Scanning Imaging Absorption SpectroMeter for Atmospheric CHartography*) műszerének pótlására készült, amíg az első „igazi” Sentinel-5 pályára nem áll majd.

A Sentinel-5 – csakúgy mint a Sentinel 4 – műholdak szintén a levegő minőségét a légkör kémiai összetételét, az aeroszolokat vizsgálják majd, és a mérésekről globális, széles körű, nagy felbontású napi adatokat szolgáltatnak majd.

A Sentinel-6 (Az ESA, NASA, NOAA és az Eumetsat együttműködésével) nagy pontosságú radaros altiméterével az óceán, a part menti területek és a szárazföldi vizek topográfiai mérésére, a Jason-műholdsorozat feladatainak folytatására készülnek. Az AMR-C mikrohullámú radiométer a légkörben található páratartalom meghatározására szolgál, ami befolyásolja a radarméréseket. Méréseit oceanográfiai és éghajlati vizsgálatokhoz, illetve az időjárás-előrejelző modellek bemenő adataiként használják majd. (*Sentinel.esa.int*, 2020)

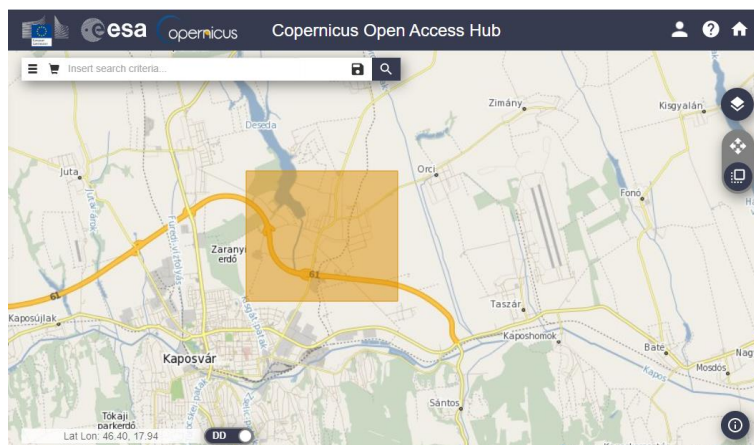
8.1.2. HOZZÁFÉRÉS A NYERS SENTINEL-ADATOKHOZ

A Copernicus Open Access Hub online hozzáférést biztosít a Sentinel-missziók adataihoz, ami csupán regisztrációhoz kötött. Az összes működő Sentinel-műhold mérési eredményei letölthetők a <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> linkről.

A letöltéshez először ki kell választanunk azt a területet, amelyről adatokat szeretnénk kapni (154. ábra), majd a nagyítóra kattintva megkapjuk a területről készített mérések listáját. Keresőszó megadásával (pl. szenzor neve) a találati lista szűkíthető (155. ábra).

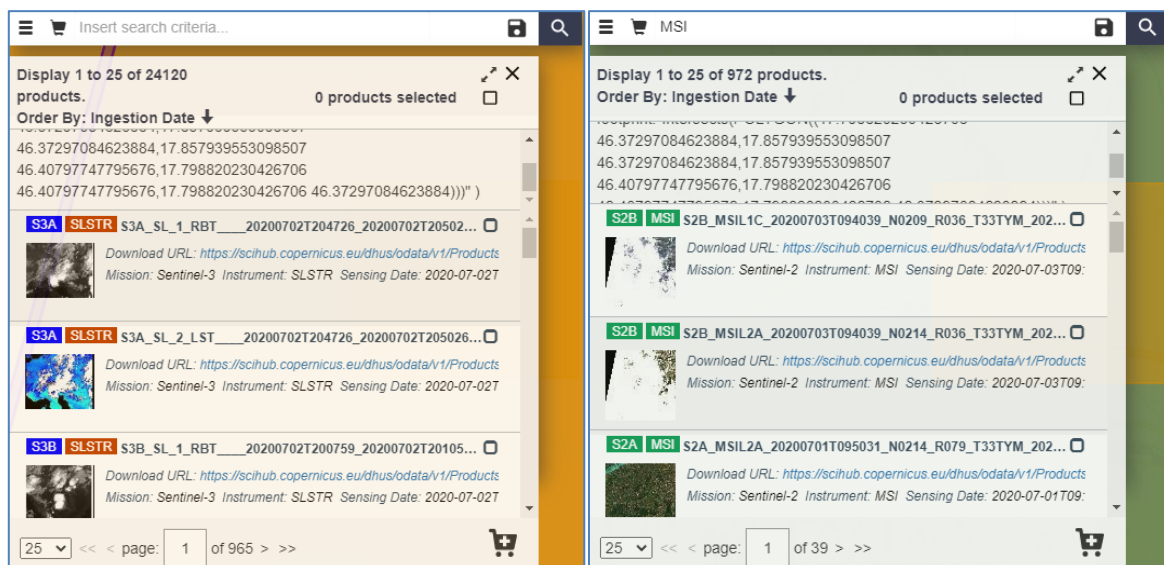
A letöltött adatok ezután térinformatikai programokkal feldolgozhatók (156. ábra).

154. ábra: Terület kiválasztása a Copernicus Open Access Hub weboldalon



Forrás: Copernicus Open Access Hub <[URL](https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home)>

155. ábra: A kiválasztott területre vonatkozó találatok (bal) és a szűkített találati lista (jobb)



Forrás: Copernicus Open Access Hub <[URL](https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home)>

156. ábra: A letöltött adatokból készített virtuális raszter és NDVI-térkép



Az adatokhoz való hozzáférésen kívül szerkesztési, elemzési funkciókat is biztosít a SNAP (*Sentinel Application Platform*) Toolbox. A toolbox saját számítógépre telepíthető, teljes értékű alkalmazás. A telepítő letölthető a <http://step.esa.int/main/download/snap-download/> linkről.

8.1.3. SZÁRAZFÖLD-MONITORING

Az említett adatletöltési lehetőségeken kívül feldolgozott adatállományokhoz, térképekhez lehet jutni az egyes Kopernikusz-szolgáltatásokon kívül. Hazánk fekvéséből adódóan elsősorban szárazföldi adatokra van szükségünk.

A *Copernicus Land Monitoring Service* program keretében globális, páneurópai és helyi adatok tölthetők le.

Globális (*Global*) adatok érhetők el a növényzet (*Vegetation*), az energia (*Energy*), a víz (*Water*), a jégtakaró (*Cryosphere*) állapotáról, ezenkívül az érdeklődésre számot tartó területekről (*Hot Spot*), valamint a validációt lehetővé tevő földi megfigyelésekről (*Ground-Based Observations for Validation*).

A páneurópai (*Pan-European*) szolgáltatások Európa területéről biztosítanak adatokat.

A *CORINE*¹⁰ *Land Cover* a talajtakarással és földhasználattal kapcsolatos adatokat tartalmaz. Az első *CORINE*-téradatbázis 1990-ben készült, 2000 óta pedig hatévente frissül.

A nagyfelbontású rétegek (*High Resolution Layers*) kiegészítik a *CORINE*-adatokat. Ezek között térképek érhetők el a talaj vízáteresztő képességének százalékos arányáról és annak változásáról (*Imperviousness*), az erdőkről (*Forests*), gyepekről (*Grassland*), az állandó és ideiglenes vizekről az állandó és ideiglenes vizes élőhelyekről (*Water and Wetness*). A kis fás területek (*Small Woody Features*) menüpont alatt a nem összefüggő erdőkkel borított területekről, parkokról, fasorokról közölnek adatokat (*157. ábra*).

A biofizikai paraméterek (*Biophysical parameters*) a talajfelszín állapotát és alakulását mutatják be. Két nagy térbeli felbontású adatsor érhető el, az egyik a növényzetfenológia-¹¹ és termelékenység-, a másik a hó- és jégtakaró-megfigyelés.

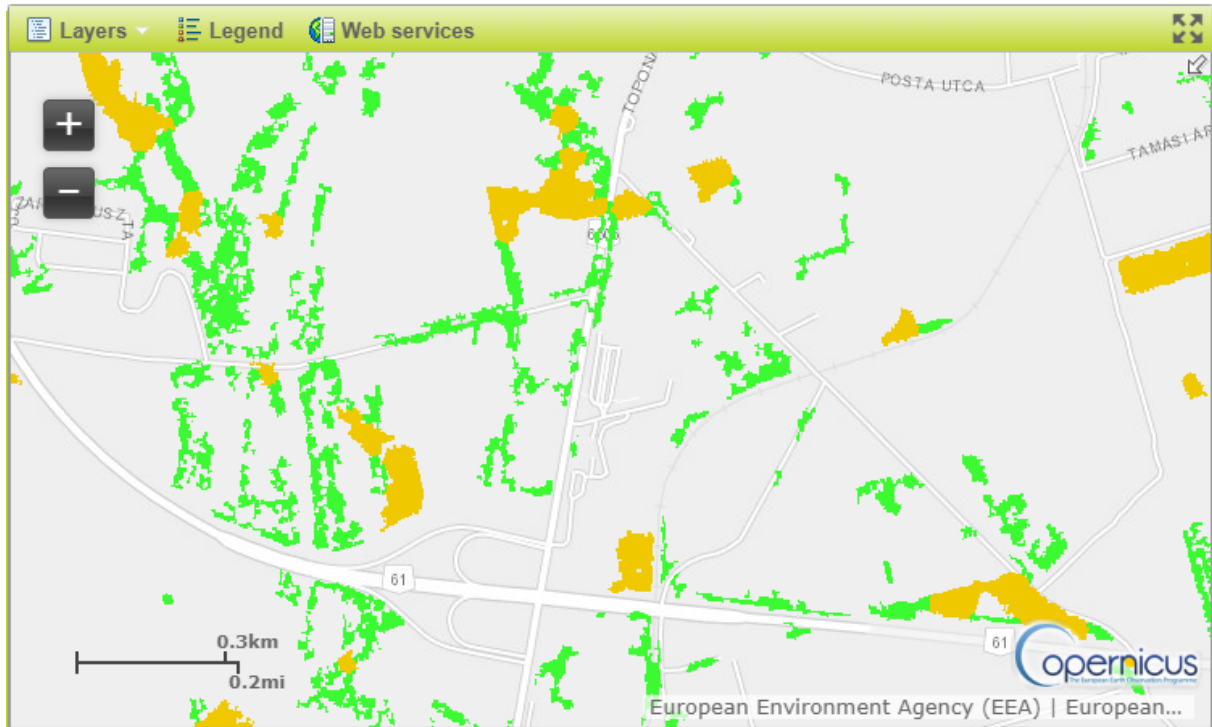
Az Európai Föld Mozgás Szolgáltatás (*European Ground Motion Service*) keretében milliméter pontosságú adatok érhetők el a földfelszín elmozdulásairól, beleértve a földcsuszamlásokat és a süllyedést, valamint az infrastruktúra deformációját.

¹⁰ *CORINE: Coordination of Information on the Environment* (Összehangolt Környezeti Információk) Forrás: *European Environment Agency* <[URL](#)>

¹¹ Fenológia: A növény és állatvilág évszakonként változó fejlődésének és jelenségeinek tanulmányozásával foglalkozó tudomány. Forrás: *Tudományos és Köznyelvi Szavak Magyar Értelmező Szótára* <[URL](#)>

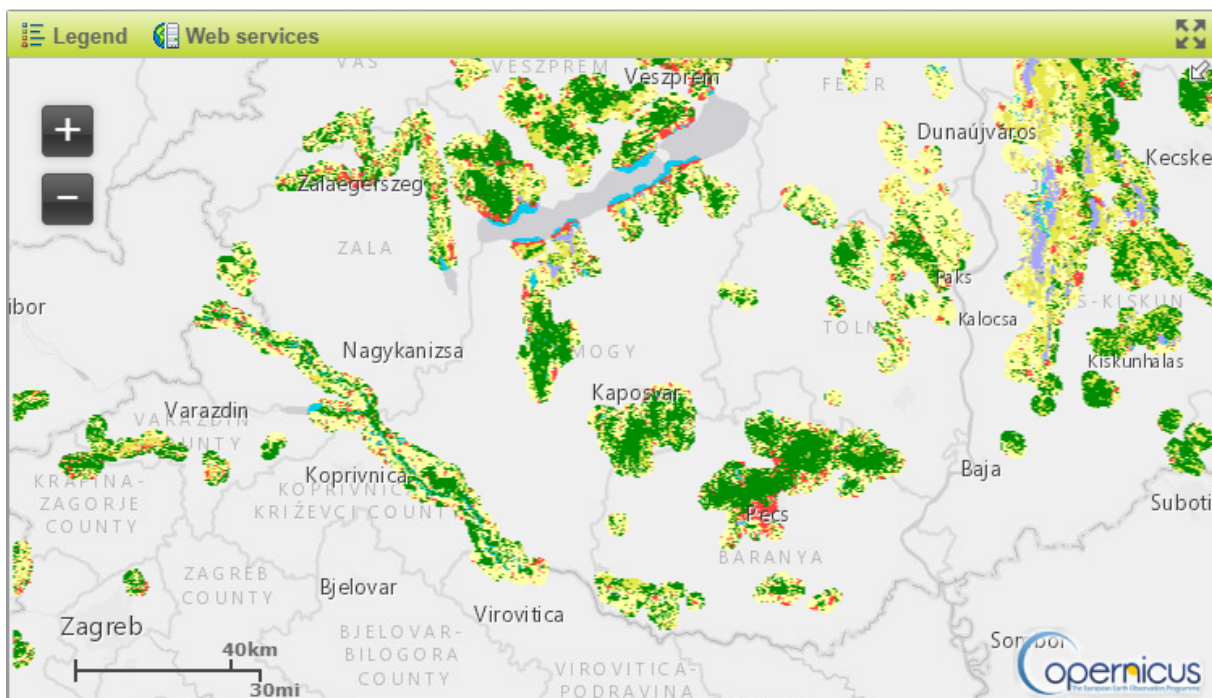
A helyi (*Local*) adatok között találhatóak a városi atlaszok (*Urban Atlas*), folyó- és tengerparti zónák (*Riparian Zones, Coastal Zones*), valamint a Natura 2000-es területek adatai (*N2K*) (158. ábra)

157. ábra: Kis fás területek a Kaposvári Egyetemen és környékén



Forrás: Copernicus.eu <[URL](#)>

158. ábra: A Natura 2000-es területek a Dél-Dunántúli régióban



Forrás: Copernicus.eu <[URL](#)>

Az eddigieket képek és referenciaadatok (*Imagery and reference data*) egészítik ki. Itt érhető el az *EU Digital Elevation Model* (EU-DEM), a 25 m térbeli felbontású domborzati adatsor. Az *EU-Hydro* egyrészt a folyami hálózat és a tavak (*River Network Database*), másrészt a tengerpartok (*Coastline*) adatállománya. A LUCAS¹²-felmérés az Európai Unió földhasználatának és lefedettségének változására és állapotára vonatkozik, amelyet az EUROSTAT 2006 óta háromévente végez. A felmérésben több mint 270 000 pontot jelöltek ki különféle földterületeken (termőföld, gyepek, erdő, beépített területek, közlekedési hálózat stb.). Ezekon a pontokon a vizsgálgják a talajtakarót, a földhasználatot, az öntözést és a táj szerkezetét. Az ott vett talajminták laboreredményei a környezeti tényezők változásának követésére használhatók. Ugyancsak itt található egy európai és egy globális képgyűjtemény (*European Image Mosaics, Global Image Mosaics*). Az Európáról készült képek 10 m (*High Resolution Image Mosaics*) és 2,5 m (*Very High Resolution Image Mosaics*) terepi felbontásban érhetőek el. (*Land.copernicus.eu*, 2020)

¹² LUCAS: *Land Use/Cover Area frame Survey* (Földhasználati és földfelszínborítottsági összeírás) Forrás: Galambosné Tiszberger (2006)

9. GLOBÁLIS NAVIGÁCIÓS MŰHOLDRENDSZEREK

A globális, mesterséges holdakon alapuló navigációs rendszereket, mint sok más technológiát, elsődlegesen katonai célra fejlesztették ki. Mára nagyon sok civil területen használják ezt a helymeghatározási módszert, így például térinformatikai adatgyűjtésre is alkalmazható.

Legismertebb rendszer ezek közül az amerikai NAVSTAR GPS (NAVigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System, egyszerűen csak GPS), illetve az orosz GLONASS (*Globalnaja Navigacionnaja Szputnyikovaja Szisztjema*¹³ – *GLOBAL NAVIGATION Satellite System*, globális műholdas navigációs rendszer) (Detrekői és Szabó, 2002).

Várhatóan 2020-ban teljesen működőképes lesz az Európai Unió által fejlesztett *Galileo* navigációs rendszer. A kínai regionális *Beidou* rendszer és a globális *Beidou-2* (北斗卫星导航系统) vagy más néven *Compass* műholdas rendszer fejlesztése 2000 óta folyik. Várhatóan egyre több hasonló rendszer fog működni. Ezek összefoglaló neve a Globális Navigációs Műholdrendszer (*Global Navigation Satellite System*, GNSS) (Károly, 2018a, 2018b).

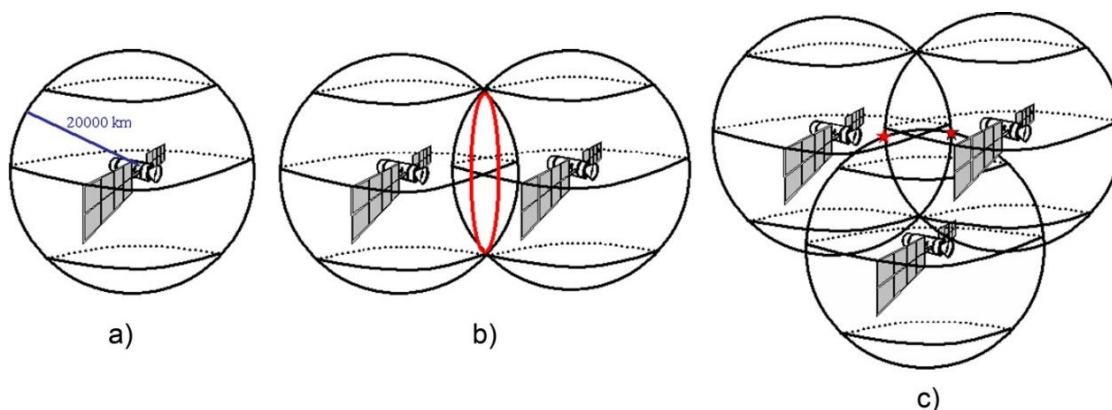
A műholdas navigációt a legkorábbi működőképes rendszer, a GPS példáján ismertetjük részletesen, amelyet az Egyesült Államok Légierője (*U.S. Air Force*) korszerűsít, üzemeltet és tart karban. Ezután a Galileónak, az Európai Unió saját GNSS-rendszerének jellemzőit tárgyaljuk.

9.1. A GPS

9.1.1. A MŰHOLDAS HELYMEGHATÁROZÁS GEOMETRIAI ALAPELVE

A mérés alapja a háromszögelés elve. Ehhez szükséges, hogy meghatározzuk az egyes műholdaktól a távolságunkat. Ha tudjuk, hogy milyen messze vagyunk egy műholdtól, akkor egy gömb felületén elvileg bárhol lehetünk. Ha két műholdtól való távolságunkat ismerjük, akkor a két gömb metszete által meghatározott körön lehetünk. Három gömb két pontban metszi egymást, de ezek közül, az egyik koordinátái annyira extrém helyzetet adnak, hogy az azonnal kizárható (vagy a Föld belsejében vagy valahol az űrben lesz a koordinátahármas által megadott pont) (159. ábra). (Belényesi és mtsai., 2008)

159. ábra: Távolság a: 1 műholdtól, b: 2 műholdtól, c: 3 műholdtól

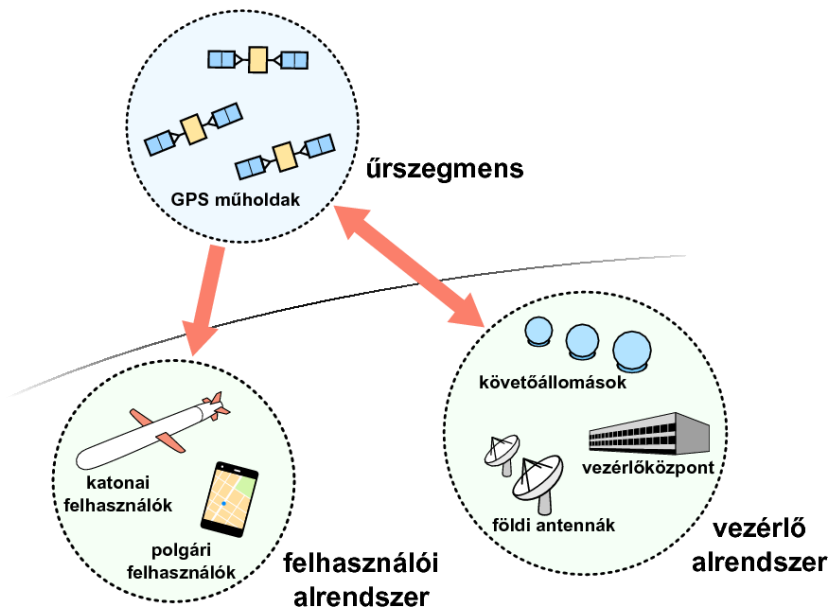


Forrás: Belényesi és mtsai. (2008: 53)

A műholdas helymeghatározásnak három szegmense van: a műholdrendszer (*Space Segment*), az azt felügyelő földi ellenőrzőrendszer (*Control Segment*), valamint a felhasználók által használt eszközök (*User Segment*) (160. ábra) (Busznyák, 2011).

¹³ ГЛОНАСС: ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система

160. ábra: A műholdas helymeghatározás szegmensei

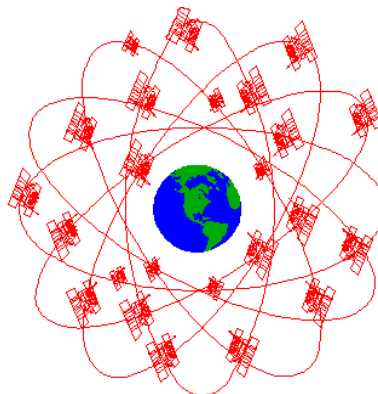


Forrás: Autolab.uni-pannon.hu <URL>

9.1.2. A MŰHOLDRENDSZER (SPACE SEGMENT)

A rendszer 24 műholdja hat pályasíkon kering, amelyek az egyenlítő mentén egyformán, 60 fokként vannak elosztva, inklinációjuk 55°. A pályák közel kör alakúak, pályamagasságuk 20 200 km (szemiszinkronpálya), minden műhold naponta kétszer kerüli meg a Földet. A pályák kialakítása olyan, hogy minden földi pont felett 24 óránként a műholdak konstellációja (egymáshoz viszonyított pillanatnyi helyzete) ugyanolyan. A felhasználók a Föld bármelyik pontjáról 5-8 műholdat mindig láthatnak (161. ábra).

161. ábra: GPS-műholdak hat pályája

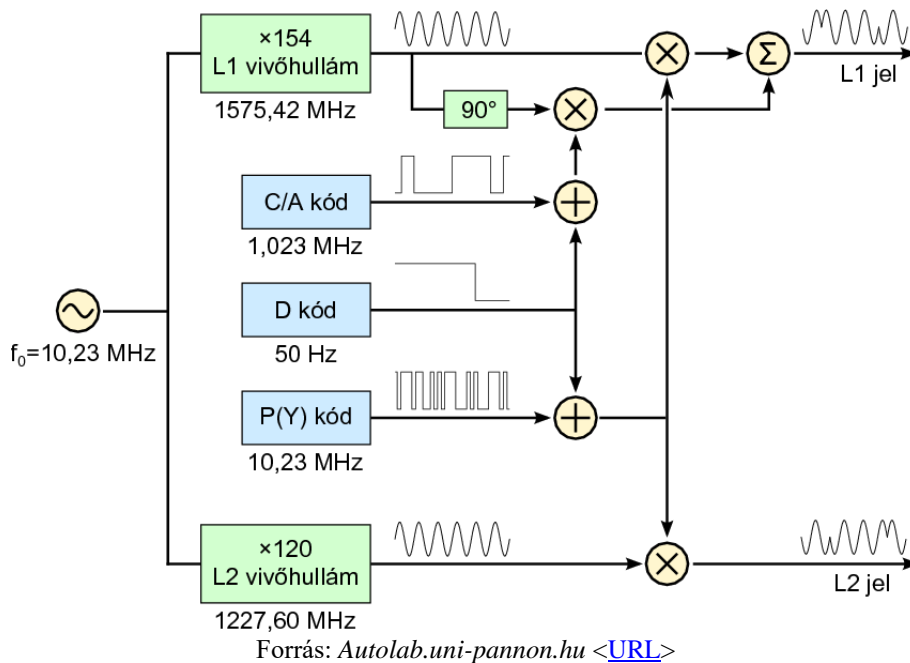


Forrás: Sárközy (2009) <URL>

A GPS-műholdak az L1 és L2 jelet sugározzák (162. ábra). Az L1 vivőfrekvenciája 1575,42 MHz, a hullámhossza $\lambda = 19,03$ cm, az L2 pedig 1227,60 MHz, $\lambda=24,42$ cm. A vivőjelet a nagy pontosságú atomórával stabilizált 10,23 MHz-es alappfrekvencia sokszorozásával állítják elő. A vivőhullámokra modulálják (tulajdonképpen hozzáadják) az információt hordozó jeleket. Mindkét vivőhullám „hordozza” a P kódot (Precision, pontos), az L1 jel ezenkívül „viszi” még a C/A (Coarse/Acquisition, durva/elérés) kódot. (Sárközy, 2009)

A modernizáció eredményeképpen a GPS-műholdak jelenleg három frekvencián nyolc jelet sugároznak (GPS.gov, 2020).

162. ábra: A GPS-műholdak által sugárzott jelek



A polgári célra szánt C/A-kód szolgáltatást SPS-nek (*Standard Positioning Service*) nevezik. A P-kódot katonai célú felhasználása miatt csak bizonyos típusú vevők képesek feldolgozni, szolgáltatásának neve PPS (*Precise Positioning Service*).

Mindkét vivőfrekvenciára modulálják a harmadik, D-kódot (*Data, adat*), amely a műholdak navigációs adatait tartalmazza.

Kezdetben a műholdak sugározták az SA- (*Selective Availability*) kódot, amely a mérési pontosságot szándékosan torzította a nem katonai felhasználók számára. A zavarás eredményeként a civil felhasználók csak 100 méteres hibával tudtak helymeghatározást végezni. Az SA-t 2000. május 2-án kikapcsolták.

A minden felhasználó számára hozzáférhető C/A-kód 1023 bit hosszúságú jel, amelynek a sugárzása egy milliszekundum (0,001 s) időt vesz igénybe. A műhold a bitsorozatot folyamatosan, egymilliszekundumonként (0,001 s) kibocsátja. Egy bit sugárzási ideje egy mikroszekundum (0,000001 s), ami alatt a jel fénysebességgel, közel 300 m-es távolságot tesz meg, amit impulzushossznak (*chip-rate, chip-hossz*) hívnak. A P-kód frekvenciája tízszerese a C/A-kódénak, emiatt az impulzushossza a tizede annak, körülbelül 30 m. A navigációs üzeneteket tartalmazó D-kód egy bitjének sugárzási időtartama a leghosszabb, 20 milliszekundum (0,02 s).

A C/A- és P-kódot úgynevezett PRN-kódozással (*Pseudorandom Noise, Álvéletlen zaj*) állítják elő. Az álvéletlen kód (*Pseudo Random Code, PRC*) véletlenszerűnek látszó, valójában az idő függvényében egy bonyolult matematikai képlettel leírható kódsorozat. (*Busics, 2010e*)

Minden műhold kódja egyedi (163. ábra). A kód kialakítása olyan, hogy a vevő minden műholdat pontosan tud azonosítani. (*Belényesi és mtsai., 2008*)

163. ábra: Az egyes műholdak Pszeudo Random Kódjának részlete (1 sor 1 műhold)



Forrás: [Sárközy \(2009\)](#) <URL>

A GPS-holdak navigációs adatai

A D-kód a műholdak helyzetére és a méréseket terhelő hibákra vonatkozó adatokat tartalmazza. A földi ellenőrzőrendszer állomásai folyamatosan figyelik a műholdak paramétereit és más, az átvitelrel kapcsolatos jellemzőket. A műholdak adatait rendszeresen pontosítják, ezek közül a vevők számára szükségeseket tartalmazza a D-kód. A teljes 1500 bit átviteléhez 50 bit/sec sebességgel 12,5 percre van szükség. A működéshez szükséges a teljes üzenet, melynek „letöltése” okozhatja a vevők bekapcsolásakor tapasztalható késlekedést. A kód a következőket tartalmazza:

- *Órajavítási paraméterek*: A GPS időrendszere az úgynevezett GPS-rendszeridő, amit a földi vezérlőállomások atomórákkal ellenőriznek. Az egyes műholdak óráit összehasonlítják a földi GPS-idővel, és meghatározzák a műholdak órajavítási paramétereit. Az órakorrekcióknak köszönhetően a műhold órahibája kiküszöbölhető.
- *Közelítő (durva) pályaadatok (almanach)*: Mindegyik műhold sugározza az összes többi almanachját, amelynek célja a műholdak közelítő helyzetének előrejelzése hosszútávra, km-es pontossággal. A vevő a D-kód első letöltése után tárolja az almanachfájlt és a következő bekapcsoláskor a tárolt adatok alapján keresi meg a műholdakat. A mérés helyétől távol (több száz kilométerre) bekapcsolva a vevőnek újra meg kell várni az almanachadatok újbóli letöltését.
- *Fedélzeti pályaadatok (broadcast ephemeris)*: Minden műhold csak a saját fedélzeti pályadatait sugározza, amelyek a műhold helyzetének néhány méter pontosságú meghatározását biztosítják. A Nap, a Hold és más égitestek folyamatosan megváltoztatják a nehézségi erőteret. Ennek a műholdak pályájára gyakorolt hatását ki kell küszöbölni. Erre szolgálnak a fedélzeti pályaadatok, melyek figyelembevételével a műholdak helyzete ismertnek tekinthető. Az ephemeriszadatok nagyon gyorsan változnak, csak néhány óráig érvényesek. A különleges pontosságot igénylő mérések utólagos feldolgozásához használhatók az úgynevezett *precíz pályaadatok (precise ephemeris)*. Ezeket a cm-es pontosságú adatokat a folyamatosan működő földi ellenőrző-állomások mérései biztosítják.
- *Ionoszférikus modell paraméterei*: Az ionoszférában a Nap sugárzásának hatására megnő a szabad elektronok és ionok előfordulása, ami a műholdról küldött jelet késlelteti. Ennek hatására a műholdak távolsága nagyobbak tűnik a valóságnál, ami miatt a mérés pontatlan lenne. A hatás csökkentésére a vezérlő alrendszer mérései alapján a műholdak korrekciós paramétereit sugároznak.
- *Műholdállapot*: Azt mutatja, hogy a műhold működőképes vagy sem (*Healthy/Unhealthy* vagy *OK/Bad*). Az adatátvitel vagy pályakorrekció alatt a műhold *Unhealthy* állapotban van.
- *UTC-adatok*: Az UTC (*Universal Time Coordinated*, Egyezményes koordinált világidő) és a GPS-idő különbségét tartalmazza.
- *Egyéb adatok*: Például titkos, katonai célt szolgáló információk. (*Busics, 2010e*)

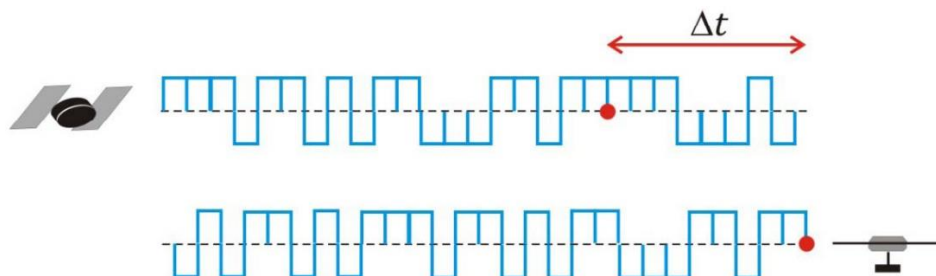
A távolságmérés – könnyen belátható okból – közvetlenül nem lehetséges, de a távolság kiszámítható. Ha ismerjük a jel terjedési sebességét, és le tudjuk mérni azt az időt, ami alatt megteszi az utat a műholdtól a vevőig, akkor a sebesség és az idő szorzata megadja az utat. A jel sebessége ismert (fénysebesség, c), tehát az idő mérése a megoldandó feladat. Az időmérés pontossága alapvető, hiszen egy ezredmásodpercnyi tévedés 300 km-es hibát okoz. Emiatt a műholdak fedélzetén több (3-4) atomóra működik.

Kódmérés elve

A C/A- és a P-kód magába foglalja a küldő műhold azonosítóadatát, valamint egy időbélyeget. A műholdak által sugárzott kódsorozat a GPS-időrendszerben mért kisugárzási időpontot tartalmazza. A kódmérés akkor hajtható végre, ha a vevőberendezés is ismeri a kódok előállításának algoritmusát. A vevő saját órájának időjelét felhasználva előállítja az úgynevezett replikakódot,

amely teljesen egyforma a műholdról „ugyanabban” az időben küldött kóddal. Ekkor elkezd mérni az időt és várja, hogy a műholdról megérkezzen az ugyanilyen „mintájú” jel, a saját kódját a vett műholdkódot egy komparátorral összehasonlítja. Amikor az érkező kód fedi a replikakódot, leáll az időmérés. A mért idő értéke (az időkésleltetés) a jel futási ideje (Δt), ami a mért valódi terjedési időnek és a vevő órahibájának összege (164. ábra). Amint láttuk, a műhold a saját órajavítási paramétereit a navigációs adatok keretében sugározza, így a fedélzeti óra hibája nem számottevő. A futási idő és a terjedési sebesség (c) szorzata megadja az úgynevezett pszeudótávolságot. Azért pszeudó- (ál)távolság, mert csak közelíti az észlelés időpontjában a műhold és a vevő valódi (geometriai) távolságát. Az eredményt módosítják az órahibák és egyéb hardverkésleltetések. (Ádám és mtsai., 2012)

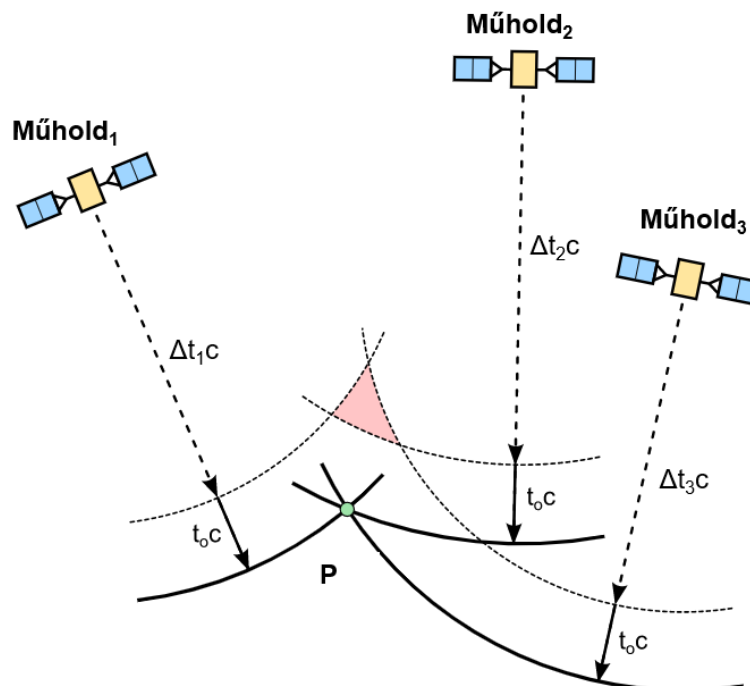
164. ábra: A kód mérés elve



Forrás: Ádám és mtsai. (2012: 39)

Az elvi feltételezés szerint a műholdak órái mindig tökéletes szinkronban futnak a vevőkészülékek óráival. A műholdak óráit pontosnak tekintjük, viszont a vevőbe nem lehet atomórát beépíteni, egyrészt költséges, másrészt nagyméretű, ráadásul szinkronizálni is kellene azt. Ha a vevő órája tökéletes lenne, akkor a három mérés egy valós pontot metszene ki a térben. A gyakorlatban azonban mindig van időkülönbség (t_0) a vevő és a műhold órái között. A pontatlan vevőóra miatt mindegyik mérés ugyanakkora hibával terhelt ($t_0 \cdot c$) (165. ábra).

165. ábra: A vevő órahibája miatti eltérés



Forrás: Autolab.uni-pannon.hu <URL>

A vevő órahibáját egy újabb mérés elvégzésével lehet kiküszöbölni. Négy műhold távolságértékeiből különböző mérési eredményeket, különböző pontokat kapunk. A vevő egy olyan közös t_0 időértéket keres, amivel korrigálva mind a négy eredményt a mérési pontok egybe esnek. Emiatt a pontos méréshez minden vevőnek minimálisan négy műholdat látnia kell. (*Belényesi és mtsai.*, 2008)

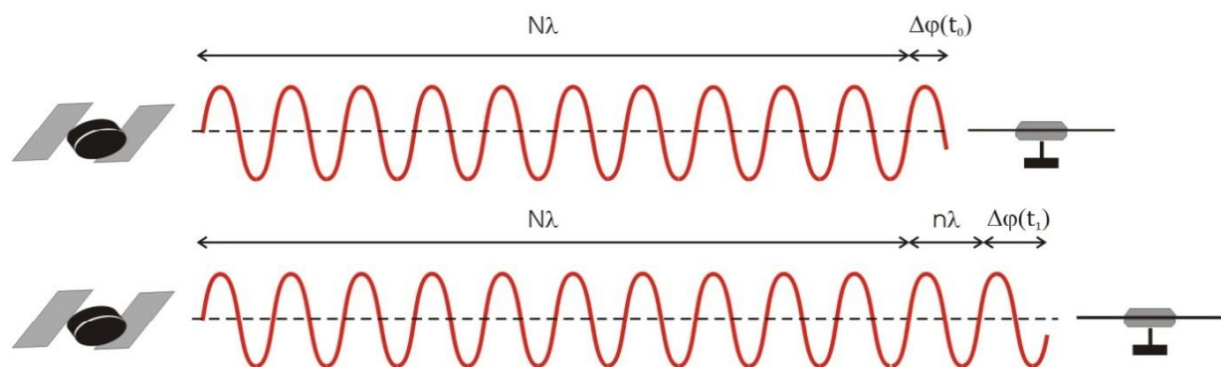
A kódérés pontossága a gyakorlatban elterjedt ökölszabály szerint a chiphossz 1%-a. Amint láttuk, a C/A-kód chiphossza közel 300 méter, így az elérhető pontosság elvileg három méter. A P-kód chiphossza 30 méter, ami 0,3 méteres pontosságot ad. (*Ádám és mtsai.*, 2012)

Fázismérés elve

A pontosabb eredmény érdekében használják a fázismérést. A C/A- és a P-kódból a vevő vissza tudja állítani a nyers vivőhullámot, ami szükséges a fázisméréshez. A fázismérés eredménye a $\Delta\varphi(t)$ fázishelyzet, vagyis a hullámhosszon belüli maradék távolságot tudjuk meghatározni. A mérendő pszeudótávolság két részből áll: az egész periódusok ismeretlen N egész számú szorzatából ($N \times \lambda$) és a fázisméréssel meghatározható maradék távolságból ($\Delta\varphi/2\pi \times \lambda$). (*Busics*, 2010e)

Az egész ciklusok számát (N) elegendő az első mérés időpontjára meghatározni. Ha a vevő követi a műholdat, miközben folyamatosan fázismérést végez, akkor N értéke négy egymást követő mérés eredményéből kiszámítható. A vevő rögzíti a mérés kezdete után beérkezett teljes ciklusok számát (n). Ezt követően a távolság számítható: $N\lambda + n\lambda + (\Delta\varphi/2\pi)\lambda$ (166. ábra).

166. ábra: A fázismérés végrehajtása t_0 és t_1 időpontban



Forrás: *Ádám és mtsai.* (2012: 41)

Fázismérésre jellemző hiba a ciklusugrás. Ez akkor következik be, ha a fázismérés során az észlelt műholdat valamilyen objektum átmenetileg eltakarja, majd újra láthatóvá válik. Hatására a megkezdett ciklusszámlálás időlegesen megszakad, majd tovább folytatódik. Az ily módon hibával rögzített ciklusszám mérési hibát okoz. A ciklusugrás észlelésére és kiküszöbölésére léteznek szoftveres megoldások. (*Ádám és mtsai.*, 2012)

A fázismérés elérhető pontossága a hullámhossz 1%-a, ezt figyelembe véve a távolságmeghatározás elvileg két mm-es pontosságot ad mind a két vivőhullám esetén ($\lambda_1=19,03$ cm és $\lambda_2=24,42$ cm). A geodéziai célú adatokat emiatt fázisméréssel gyűjtik. (*Busics*, 2010e)

9.1.3. A FÖLDI KONTROLLÁLLOMÁSOK RENDSZERE (OPERATIONAL CONTROL SEGMENT)

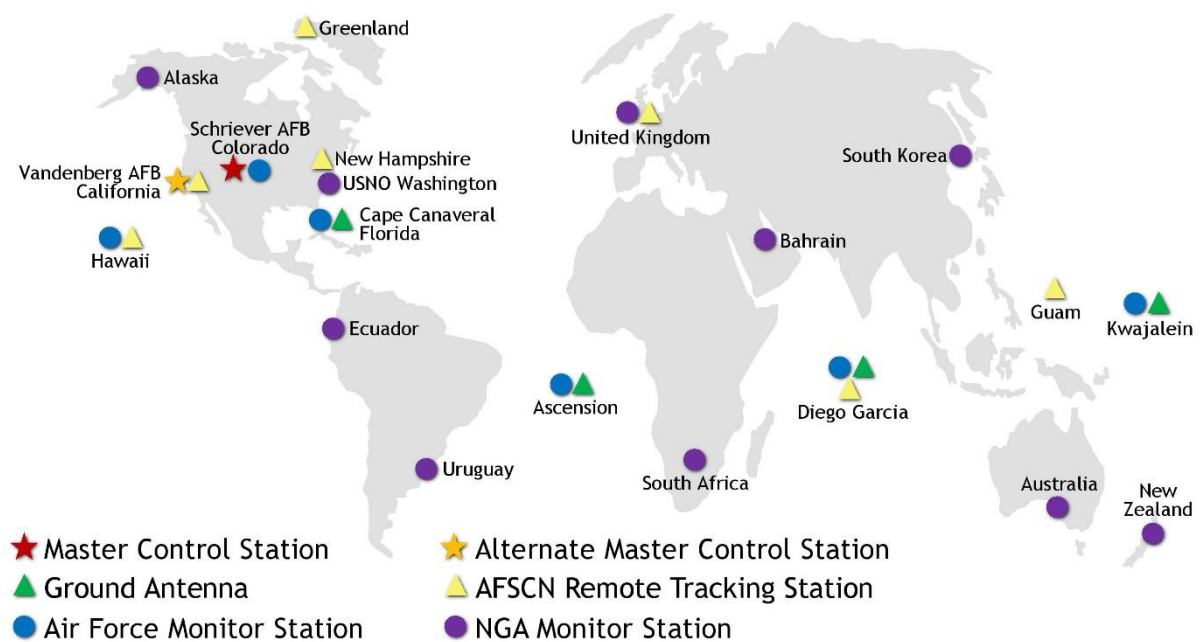
A vezérlőszegmens földi létesítmények globális hálózata, amely nyomon követi a GPS-műholdakat, figyelemmel kíséri az általuk sugárzott jeleket, elemzéseket végez, és parancsokat és adatokat küld az űrszegmensnek. A földi irányítóállomások folyamatosan mérik és javítják a műholdak paramétereit, és ha szükséges, pályamódosítást végeznek.

A kezdetben öt állomásból álló vezérlőszegmensben jelenleg egy vezérlőközpont, egy alternatív vezérlőközpont, 11 földi vezérlőantenna és 16 monitorállomás található (167. ábra).

A katonai bázisokra telepített állomások a következő feladatokat látják el:

- A monitorállomások (*Monitor Station, MS*) követik a látható NAVSTAR-műholdakat. Az állomások rendelkeznek atomórával, így nagy pontosságú kód- és fázisméréseket végeznek. Mivel az állomások pozíciója nagy pontossággal ismert, a mérésekből a pályaadatok meghatározhatók. Az összesen 16 monitorállomásból 6-ot a Légierő, 10-et az NGA (*National Geospatial-Intelligence Agency, Nemzeti Térinformatikai Hírszerző Ügynökség*) működtet. A telepített állomások globális lefedettséget biztosítanak, ezáltal minden műhold három állomásról látható, ami lehetővé teszi pontos pályaadatok számítását. A troposzférikus késleltetés meghatározására meteorológiai adatokat is mérnek. Az összegyűjtött adatokat a vezérlőközpontba továbbítják.
- A fő vezérlőközpont (*Master Control Station, MCS*) biztosítja a GPS-rendszer működését. A monitorállomásokról begyűjtött követési adatokat felhasználva kiszámítják a műholdak pontos helyét, elvégzik az órakorrekciók számítását, meghatározzák az ionoszférikus modell paramétereit, tulajdonképpen generálják a navigációs üzeneteket. Ha egy műhold pályája eltér a számítottól, akkor pályakorrekciót számítanak ki és alkalmaznak, szükség esetén gondoskodnak műholdak áthelyezéséről az optimális konstelláció fenntartása érdekében. A fő vezérlőközpontot támogatja egy teljesen működőképes alternatív vezérlőállomás (*Alternate Master Control Station*).
- A földi antennaállomások (*Ground Antennas*) feladata adatok, parancsok és processzor-programok feltöltése a műholdakra. Az adatok lehetnek például a navigációs üzenet elemei (pályaadatok, órakorrekciók stb.). A négy, csak a GPS által használt földi antennát kiegészíti hét, a Légierő által működtetett távfelügyeleti állomás (*Air Force Satellite Control Network – AFSCN – Remote tracking Station*), amelyek más feladatokat is ellátnak. (Busics, 2010f; GPS.gov, 2020)

167. ábra: Földi GPS-állomások



Forrás: GPS.gov (2020).<URL>

9.1.4. GPS-VEVŐK, -FELHASZNÁLÓK ALRENDSZERE (USER SEGMENT)

A GPS-vevők alapfeladata a saját, pillanatnyi pozíció meghatározása. Ehhez a szükséges a horizont feletti műholdak kiválasztása, azonosítása, a műholdakról érkező jelek vétele, feldolgozása. A vevő rendelkezik a mérésekre alkalmas hardverrel, valamint a kiértékeléshez és az esetleges utófeldolgozáshoz szükséges szoftverrel. A vevőket három csoportba sorolhatjuk: navigációs vevők, térinformatikai vevők és geodéziai vevők (168. ábra).

168. ábra: A különböző célú felhasználói vevők



Forrás: Amazon.com <URL1>, Wp.com <URL2> és Prom.st <URL3>

Navigációs vevők

A leggyakoribb és legolcsóbb készülékek, amelyeket abszolút helymeghatározásra és navigációra használatosak. A kézbe fogható méretű vevők pontossága 10 méter körüli. A navigációs vevők alkalmazhatók magányos pontok és egymást követő pontok, útvonalak *helyzetének rögzítésére*. Alkalmasak *navigálásra*, az előre megadott pontok, illetve útvonalak felkeresésére a valóságban. Az aktuális pozíció megjelenítése a beépített térképeken segíti a tájékozódást. A két említett alapszolgáltatásra nagyon sok hasznos applikáció épül (kulturális, sport stb.), a navigációs szoftverek is egyre fejlettebbek. A GPS kezdetben maroknyi kézi számítógépen (PDA: *Personal Data Assistant*) volt elérhető, illetve az autókban ma is használatos PNA- (*Personal Navigation Assistant*) eszközön. Manapság az okostelefonok és a tabletek kijelzője nagyobb méretű, így a térképek megjelenítése részletgazdagabb lett. Elérhető áron kaphatók GPS-karórák, gépjárműnyomkövetők és háziállatokra feltehető nyakörvek.

Térinformatikai adatgyűjtést szolgáló vevők

Drágább készülékek, pontosságuk méteres nagyságrendű, de lehetséges a méter alatti pontosság elérése is. A készülékek egy adatgyűjtő (vezérlő) egységből és egy antennából állnak. A vezérlőt kézben, az antennát gyalogos mérésnél hátizsákban, gépkocsin a tetőre rögzítve szállítják.

Geodéziai vevők

Fázismérést végeznek, így pontosságuk mm-nagyságrendű. Általában kettő vevő mérési eredményeit használják egyidejűleg (relatív mérés). A geodéziai vevők relatív álló helyzetben történő (statikus) mérésnél 5 mm-es, míg mozgásban (kinematikus mérés) cm-es pontosságot érnek el. (Busics, 2010f)

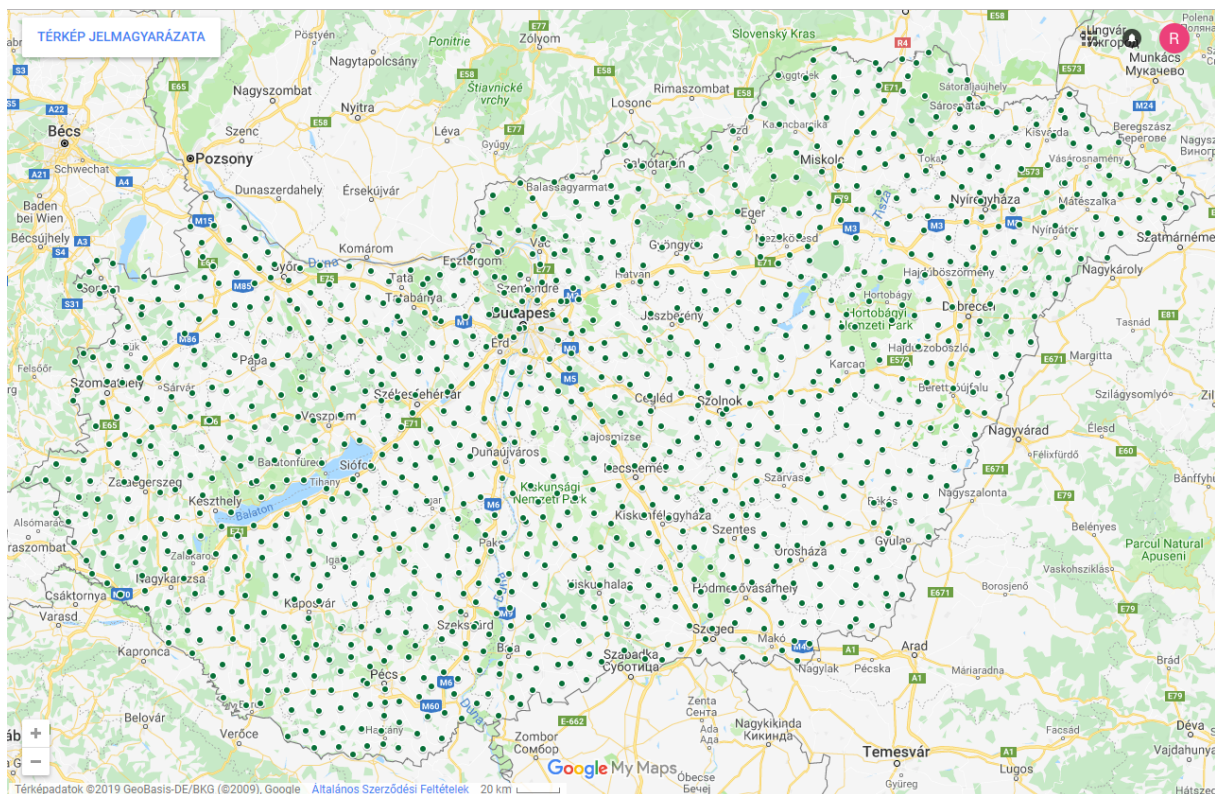
9.1.5. A MÉRÉS EREDMÉNYE

A GPS-vevők a horizontális (Λ, Φ), illetve magassági (h) koordinátákat a WGS 84 referenciarendszerben szolgáltatják. Más vetületi rendszer esetén a mérési eredményeket át kell számítani

(transzformálni) a használt vetületi rendszerbe, Magyarországon az EOVS-koordinátarendszerbe. A transzformáció akkor lehetséges, ha a mérés helyének közelében legalább három, mindkét rendszerben ismert koordinátájú alappontunk van. (Sárközy, 2009)

Ezt szolgálja az Országos GPS Hálózat (OGPSH) (169. ábra). A hálózat 1153 pontból áll, ami egyenletes, körülbelül 10 km-es pontsűrűséget biztosít. Az alappontok pontleírása tartalmazza „a pont WGS 84 és EOVS koordinátáit, a pont számát/nevét, a pont jellegét, a pontvédelem típusát, megközelítésének leírását és a megközelítés térképét, a pont helyszínrajzát és a település nevét, amelynek közigazgatási területén az alappont megtalálható” (170. ábra). A GPS-koordináták hibája az alappontokon legfeljebb 2 cm lehet. (Lechner Tudásközpont, 2019)

169. ábra: GPS-alappontok




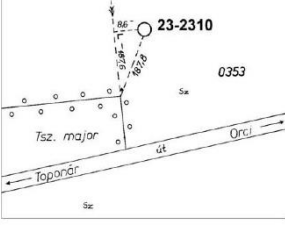
Mérési eljárások

Többféle mérési módszer létezik, a gyakorlatban a felsoroltak kombinációi is előfordulnak. A mérési módszer kiválasztásánál elsősorban a szükséges pontosságot célszerű szem előtt tartani.

Abszolút és relatív mérés

Abszolút helymeghatározásnál (*Single Point Positioning, SPP*) egy vevővel, egyetlen pont koordinátáinak meghatározását végezzük el csak az adott ponton történő kód és/vagy fázismérésrel (171. ábra). Háromdimenziós (Λ , Φ , h) koordinátákat akkor tudunk meghatározni, ha a mérés során minimálisan négy műholdat észlelünk egy időben. Ha csak három műhold észlelhető egyidejűleg, akkor az ellipszoid felületi koordinátáit (Λ , Φ) határozhatjuk meg. Az abszolút helymeghatározást legtöbbször navigációs vevőkkel kód-méréssel hajtjuk végre, de mozdulatlan vevővel fázismérés is végezhető, ezt nagy pontosságú abszolút helymeghatározásnak (*Precise Point Positioning, PPP*) nevezik.

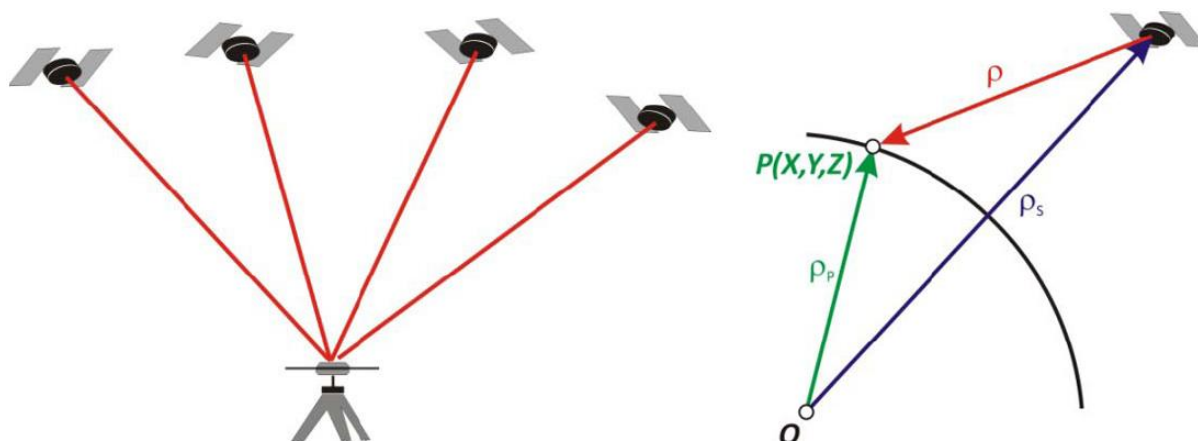
170. ábra: Az Orci felé haladó út melletti GPS-alappont pontleírása

OGPSH PONTLEÍRÁS 2007			
A hálózat pontosított elhelyezésével az ETRS89/ETRF05 vonatkozási rendszerben			
A pont EOVSzáma: 23-2310		Település: Kaposvár (Toponár)	
Kiválasztotta: Bod E., Boros Gy. 1994		A pont jellege: HP	
Pontvédelem: jelzőoszlop		Spec. info.:	
ETRF05			
ETRF05			
WGS-84			
EOV			
<p>Megközelítési leírás</p> <p>Toponár községből Orci felé haladó közl. úton a vasútig, a vasút K-i oldalán É-ra (Siofok felé) haladva kb. 1400 m, majd K-re szántón keresztül kb. 500 m.</p>			
Megközelítési térkép 1 : 200 000		Helyszínrajz	
			

H_{GPS} - GPS-szel meghatározott geoid feletti magasság

Forrás: Geoshop.hu <URL>

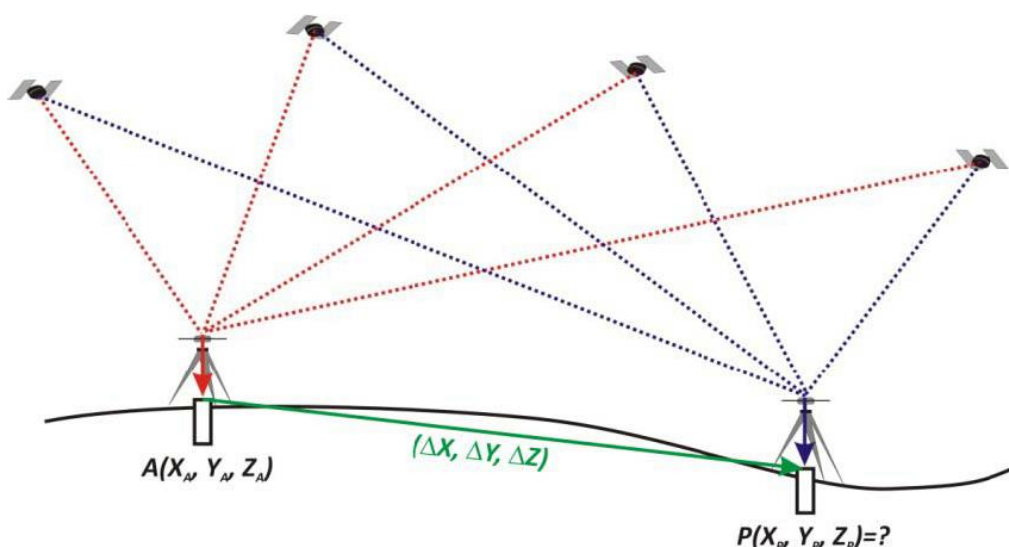
171. ábra: Az abszolút helymeghatározás elve



Forrás: *Ádám és mtsai.* (2012: 78)

Relatív helymeghatározás esetén egy ismert koordinátájú referenciaponton és egy (vagy több) ismeretlen ponton végzünk egy időben méréseket. A referenciaponton kiszámítható az éppen mért és az ismert koordináták különbsége, a ΔX , ΔY és ΔZ . Ezeket a koordinátakülönbségeket a referenciállomás valós idejű kommunikációs csatornán (rádió, GSM-telefon, mobil internet) elküldi a többi vevőnek, amelyek ezzel korrigálják a saját koordinátájukat. Fontos, hogy minden vevő ugyanazokat a műholdakat ugyanabban az időpillanatban észlelje (172. ábra).

172. ábra: A relatív helymeghatározás elve



Forrás: *Ádám és mtsai.* (2012: 78)

Valós idejű és utólag feldolgozott mérés

A mérések feldolgozásuk szerint lehetnek valós idejű (*Real-Time*) vagy utólag feldolgozott (*Post-Processing*) mérések. A valós idejű eljárásnál a mért koordináta a mérést követően gyakorlatilag azonnal rendelkezésre áll. Utólag feldolgozás esetén a pontok koordinátáit utólag határozzák meg, a terepi mérések csak előzetes eredményt adnak, amelyet később az irodában szoftverrel feldolgozva pontosítanak. Általánosságban igaz, hogy az utólag feldolgozott eljárások eredménye pontosabb, mint a valós idejű méréseké.

Statikus és kinematikus módszer

A vevők elhelyezése szerint megkülönböztetünk statikus és kinematikus mérést. Statikus mérés közben a vevő a földfelszínhez képest nem mozdul el. A kinematikus mérések esetén a mérés során a vevők közül egy vagy akár több is mozog. A kinematikus mérések alatt nagyobb valószínűséggel fordulhat elő ciklusugrás. (*Ádám és mtsai.*, 2012)

Egybázisos és több-bázisos megoldás

Egybázisos megoldásról (*Single Base Solution*) akkor beszélünk, ha az új pont koordinátáinak meghatározásában csak egyetlen ismert pont (bázispont) vesz részt. Ha egy új pont meghatározásához több ismert pontról mért adatokat használunk fel, akkor azt több-bázisos megoldásnak (*Multi-Base Solution*) nevezzük.

Autonóm mérés és szolgáltatásra épülő mérés

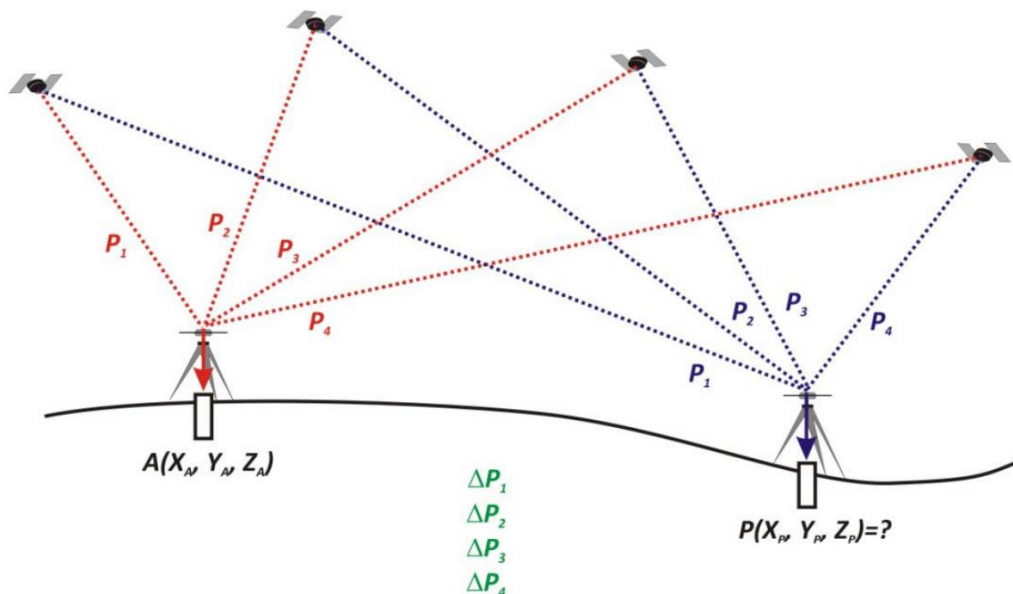
Az autonóm mérés esetén a felhasználó maga biztosítja a relatív helymeghatározás feltételeit. Az egy időben több helyen történő méréshez legalább két vevőkészülék szükséges. Ha valós idejű a mérés, akkor az adatforgalomhoz biztosítani kell a megfelelő kommunikációs feltételeket is. Ebben az esetben a felhasználó nem függ más szolgáltatóktól. A sok autonóm rendszer helyett célszerűbb egy olyan aktív hálózat kiépítése, amelyik a felhasználók számára szolgáltatja a szükséges korrekciós adatokat. (*Busics*, 2010a)

DGPS és RTK

A valós idejű kinematikus mérést kód mérés esetén DGPS- (*Differenciális GPS*, *Differential GPS*) helymeghatározásnak (173. ábra), fázismérés esetén RTK- (*Valós idejű kinematikus*,

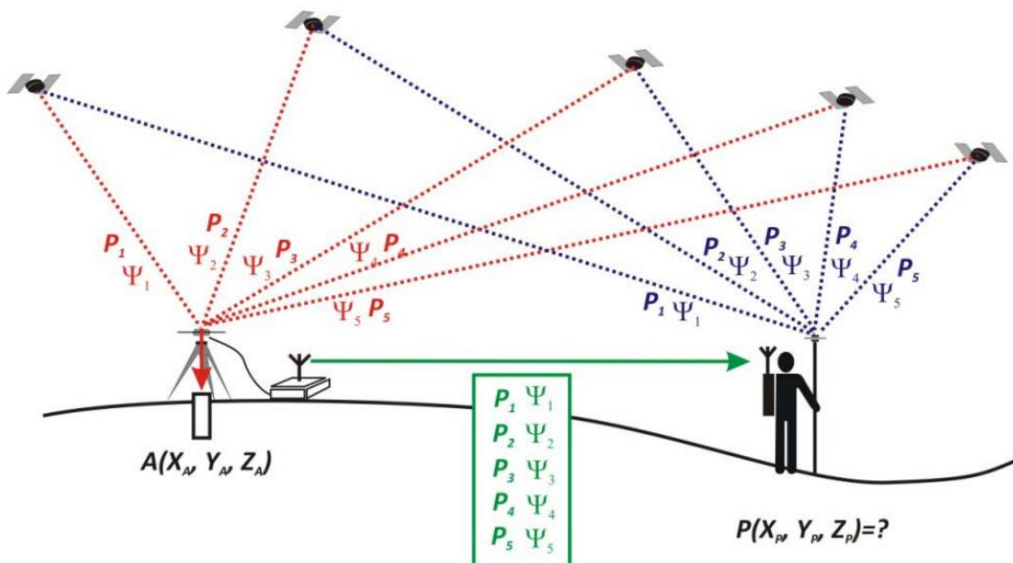
Real-Time Kinematic) helymeghatározásnak (174. ábra) hívjuk. Mindkét módszernél szükséges a korrekciós adatok kiszámítása és azok eljuttatása a vevő számára valamilyen gyors kommunikációs csatornán, például rádión vagy interneten. A méréshez DGPS esetén legalább négy, RTK esetén öt műhold láthatósága szükséges. Az RTK épülhet egy vagy több bázisra. Az egy-bázisos rendszer egy ismert koordinátájú pontra telepített referenciaállomásból (*reference*) és mozgó vevő(k)ből (*rover*) áll. Autonóm mérés esetén a bázis ideiglenes, csak a mérés idején működik, míg a szolgáltatásra épülő mérésnél a bázis állandó (*permanent*), például a GNSSnet.hu alappontjainak egyike. Hálózatos RTK-mérés esetén a több, egymással összehangoltan működő permanens bázis által mért adatokból számított korrekciókat egy központ szolgáltatja a vevőknek. (Ádám és mtsai., 2012)

173. ábra: Differenciális GPS-mérés



Forrás: Ádám és mtsai. (2012: 88)

174. ábra: Valós idejű kinematikus (RTK-) mérés

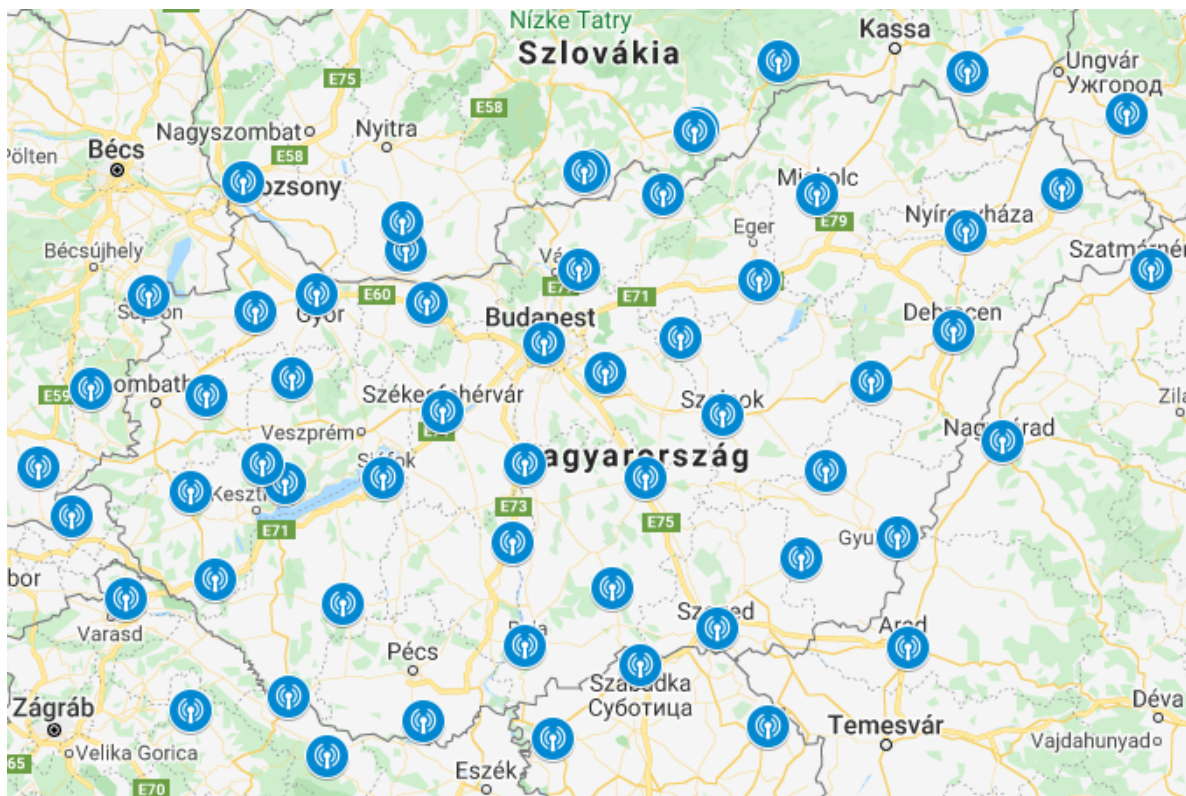


Forrás: Ádám és mtsai. (2012: 88)

GNSSnet.hu

Törvényben rögzített meghatározása: „a központi földmérési és térinformatikai államigazgatási szervezet által fenntartott magyar aktív GNSS hálózat és az arra épülő szolgáltatások rendszere” (15/2013. (III. 11.) VM rendelet). A hálózat nemcsak a GPS-hálózatra hanem más navigációs rendszerekre (GLONASS, Galileo) is támaszkodik. Az ország egyenletes lefedettségéhez az állomásokat 60-70 km-es távolságban helyezték el. Összesen 35 magyarországi állomás épült ki, amihez a szomszédos országokból még 19 állomás besegít a határközeli területek teljes lefedettségének biztosítására (175. ábra). Az állomások pontleírása három különböző koordináta-rendszerben adja meg a referenciapont pozícióját (176. ábra).

175. ábra: A GNSSnet.hu alappontjai





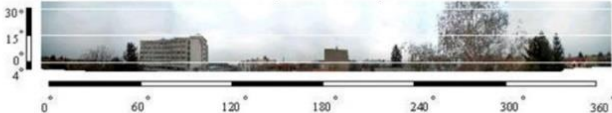
Forrás: Sgo.penc <[URL](#)>

A GNSS Szolgáltató Központ valós idejű GNSS-korrekciós szolgáltatásokat és utófeldolgozáshoz szükséges adatokat nyújt. A DGNSS- (*Differential GNSS*) szolgáltatás méter alatti pontosságot biztosít térinformatikai, navigációs és hobbialkalmazásokhoz. A geodéziai és precíziós mezőgazdasági célokra cm-es pontosságú RTK- és hálózati RTK-korrekciókat szolgáltatnak. (KGO, n. a.)

Az AGPS

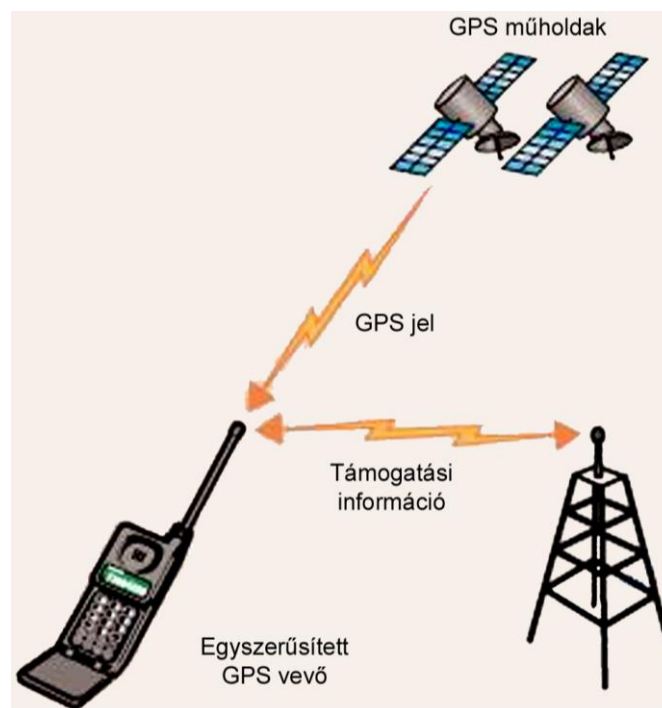
Jellemzően okostelefonokban található helymeghatározási eljárás. Az AGPS (*Assisted GPS*, támogatott GPS) olyan módszer, ahol a műholdak helyzetének pontos számításához szükséges adatokat a vevőkészülék mobilszolgáltatón vagy WiFi-hálózaton keresztül kapja meg (177. ábra). Ez az adatátvitel lényegesen gyorsabb a műhold adatátviteli sebességénél. Normál GPS-vételnél a vevőnek nagyjából 30-40 másodpercre van szüksége az első koordináta vételéhez, ha előtte nem kell letöltenie a navigációs üzenetet, ami 12,5 percet vesz igénybe. A megkapott – következő hétre szóló – műholdalmanach-adatokat a vevő tárolja, így a koordináták meghatározása csupán néhány másodpercet vesz csak igénybe. (Li és Wu, 2009)

176. ábra: A kaposvári Földhivatal tetején található GPS-alappont adatai

Referenciaállomás pontleírása: KAPO			
Pontleírás érvényes	2009. január 9-től		
Település	Kaposvár		
Cím	Somogy Megyei Kormányhivatal Földhivatala 7400 Kaposvár, Damjanich u. 11-15.		
Tulajdonos	Földmérési, Távérzékelési és Földhivatali Főosztály		
Létesítve	2004. február		
ETRS89/ETRF2000 Epoch: 2007.4	X=4198371.6292	Y=1347805.3245	Z=4593271.0585
WGS 84 (ETRS89)	$\phi=46^{\circ}21'43.95509''$	$\lambda=17^{\circ}47'53.57124''$	h=203.601
EOV	y=553863.747	x=113850.128	H _{GPS} =158.953
Referenciapont	A referenciapont koordinátái nem a fáziscentrumra vonatkoznak, hanem az antenna aljára!		
GNSS vevő	LEICA GRX1200GGPRO		
GNSS antenna	LEICA LEIAT504GG LEIS (Choke Ring Antenna + Dome)		
Földhivatal épülete			
Referenciapont			
Horizontkép a referenciaponton			
			

Forrás: GNSSnet.hu <URL>

177. ábra: Az AGPS működési elve

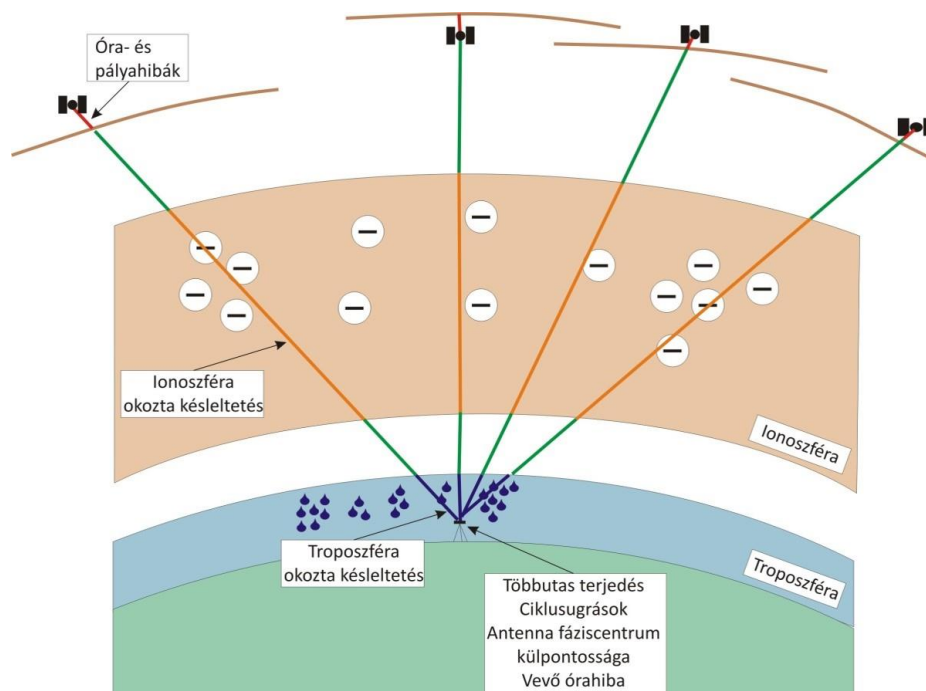


Forrás: Mobilitydigest.com <URL> alapján

Mérési hibák

A mérés során a műholdról kibocsájtott jel hosszú utat tesz meg a műholdtól a vevőig. A hely-meghatározást több tényező befolyásolja, amelyek mérési hibát okozhatnak: a műhold okozta hibák, a terjedési közeg miatti hibák, a vevőtől függő hibák és a műholdgeometria hatása (178. ábra).

178. ábra: A mérési hibái és azok keletkezési helye



Forrás: Tóth (2016: 15)

Műhold okozta hibák

A műhold pályahibái és a műhold órahibája a földi követőállomásokon végzett mérésekkel határozhatók meg. Az órahiba pontos ismerete nélkülözhetetlen a geodéziai pontosság eléréséhez. A Nemzetközi GNSS Szolgálat ezeket az értékeket is közzéteszi minden egyes műholdra.

Terjedési közeg miatti hibák

A légkör 50 km-től 500 km-ig terjedő tartománya az *ionoszféra*, ami a Nap ionizáló sugárzása miatt elektromos töltöttségű részecskéket tartalmaz. Az ultraibolya sugárzás intenzitása függ a napszaktól, évszaktól, napfolttevékenységtől és a földrajzi szélességtől is. Ezek hatnak a jel terjedésére. Az ionoszféra késleltetése miatt a ténylegesnél nagyobb a mért távolság, amit korrigálni kell, különben nagy lesz a helyzetmeghatározási hiba. Ez függ a jel frekvenciájától, az alacsonyabb frekvenciájú jel több késleltetést szenved, mint a magasabb frekvenciájú. Ezért egy műhold két különböző frekvenciáján történő méréssel csökkenthető az ionoszféra miatti késleltetési hiba. Ezt kihasználva egy műholdra, egy időben több frekvencián történő méréseket végezve az eredmény jelentősen pontosítható.

Az ionoszférikus hatást folyamatosan mérik, és ebből kiszámítják a modellparamétereket, amelyeket a földi követőállomások a műholdakra továbbítanak. A műholdak a navigációs üzenetben sugározzák a korrekciós tényezőket, amelyeket a vevők felhasználnak, és így az ionoszférikus hatás részben csökkenthető.

A GPS-rendszer ionoszférikus paramétereit kiegészíthetik az SBAS- (*Satellite Based Augmentation System* – műholdalapú kiegészítő rendszer) és a GBAS- (*Ground Based Augmentation System* – földi alapú kiegészítő rendszer) szolgáltatások. A referenciaadatokat és

távolságkorrekciókat az SBAS-szolgáltatás geostacionárius pályán lévő műholdakról, a GBAS-szolgáltatás pedig földi kommunikációs csatornákon (rádióantennákon) továbbítja a vevőre.

A módszer alapja az, hogy földrajzi helytől függő korrekciók számíthatók ki úgy, ha nagy (kontinentális) területre kiterjedően mérik a pályaadatokat, a műhold órahibákat és az ionoszférikus hatást, valamint ezek időbeli változását. A rendszer elemei az állandó megfigyelőhálózat, a feldolgozóközpont, az adatok műholdakra juttatására szolgáló földi antenna, földi kommunikációs eszközök és a távközlési műholdak.

Az EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*) ingyenesen elérhető Európában. Az EGNOS földi GNSS-méréseket alkalmaz az ismert koordinátájú referenciaállomásokon Európában. Az állomások minden mérési adatot egy központi számítógépes központba továbbítanak, ahol a szükséges korrekciókat kiszámítják. Ezeket továbbítják az Egenlítő feletti három műholdra. A műholdak Európából elvileg mindenhol láthatók. Mivel viszonylag alacsonyan látszanak a horizont fölött, ezért fedett környezetben a vétel korlátozott lehet.

Az EGNOS mellett három regionális, polgári felügyelet alatt álló, közösségi tulajdonú SBAS-rendszer létezik: a WAAS (*Wide Area Augmentation System*) Észak-Amerikában, a MSAS (*Multifunctional Satellite-Based Augmentation System*) Japánban és a GAGAN (*GPS and Geo Augmented Navigation System*) Indiában. (*Busics, 2010d*)

A troposzféra a légkör alsó, körülbelül 12 km-es rétege, itt található a légkör tömegének jelentős része, beleértve a vízpárát is. A troposzféra hatására hosszabb távolságokat mérünk, mind a kód-méréssel, mind pedig fázis-méréssel. A jel terjedését befolyásolja a légnyomás, a hőmérséklet, a parciális párányomás és a mérési szög. (*Busics, 2010c*)

Vevőtől függő hibák

Többutas terjedés (*multipath*) esetén a rádióhullámokat jól visszaverő felületek (sima fal, nagy üveg-, fém- vagy vízfelület) közelében nemcsak közvetlenül a műholdról, hanem a visszaverő felületről hosszabb utat megtevő jel is a vevő antennájába jut (*Ádám és mtsai., 2012*).

A vevő az antenna elektronikai középpontjában (fáziscentrumban) észleli a műholdak jeleit, ami általában eltér a geometriai középponttól. A fáziscentrum-külpontosság alatt a fáziscentrum és az antenna geometriai középpontja közötti eltérést értjük, ami néhány mm-es. A feldolgozó-szoftverek általában ismerik az egyes antennatípusok értékeit. A fáziscentrum helye nem állandó, a műholdról érkező jel irányának, erősségének és frekvenciájának függvényében változhat.

Ciklusugrás során az elkezdett ciklusszámlálás valamilyen okból átmenetileg megszakad, majd az ok megszűnése után folytatódik tovább.

A vevőkbe egyszerű elektronikus órákat építenek. Ezek jóval kisebbek és olcsóbbak a műholdakra telepített atomóráknál és egyúttal pontatlanabbak is. (*Busics, 2010c*)

Precise Point Positioning (PPP)

A precíz-pont-pozicionálást a Nemzetközi GNSS Szolgálat (IGS – *International Global Navigational Satellite System [GNSS] Service*) hálózatszolgáltatása teszi lehetővé. Az IGS a GNSS-alaprendszerek fenntartóitól független, civil GNSS-referenciaállomások, adatközpontok és analízisközpontok világméretű rendszere. Célja „olyan minőségi, nagy pontosságú, mintegy szabványként használható GNSS adatok és termékek biztosítása, amelyek a földtudományi kutatást, a több tudományterületre kiterjedő (interdiszciplináris) alkalmazást és az oktatást támogatják”. Az IGS aktív világhálózat, de legtöbb szolgáltatása nem érhető el valós időben.

A PPP során a GNSS-vevővel hosszabb ideig történő mérést utólag dolgozzák fel, amihez nem az adott rendszer fedélzeti pályaadatát használják fel, hanem az IGS által szolgáltatott precíz pályaadatokat, utólag meghatározott óraparamétereket és légköri modelleket.

Az aktív IGS-hálózat által biztosított pályá-, óra- és légköri modellek az idők során egyre javultak, emiatt a PPP-módszer is egyre pontosabb eredményeket biztosít. (*Busics, 2010d*)

Mérési hibák nagysága

A hibák lehetnek véletlen hibák (zaj), szabályos vagy szisztematikus hibák és durva hibák. A mérések hibái ezek különböző kombinációjaként jönnek létre (179. ábra).

- 1) A környezetben előforduló elektromágneses zajok *véletlen hibákat* idéznek elő, az eredmények a valós pozíció körül *elszórtnan* helyezkednek el. Ha végtelen sok mérést végeznénk, akkor a mérések átlaga a valódi helyzetet adná meg. A véletlen hibák elsősorban a *Pseudo Random Code* zajából (~1 m) és a vevő belső zajából származnak (~1 m).
- 2) A *szabályos hiba* minden mérést egyformán torzít. Ha a mérési számot növeljük, az átlagos torzítási érték akkor sem csökken. A szabályos hibák okai:
 - A műholdórák nem korrigált hibái egy méter eltérést okozhatnak.
 - A műhold által sugárzott pályaadatok által okozott hiba szintén egy méter körüli.
 - A troposzféra csökkenti a jel terjedési sebességét, ha a mérés során ezt nem veszik figyelembe, akkor emiatt egy méteres hiba léphet fel.
 - A jel az ionoszférában is késleltetést szenved. A navigációs üzenet tartalmaz a hatás kiküszöbölésére szolgáló korrekciós tényezőket, de ezek sem tökéletesek, így akár 10 méter körüli szabályos hiba keletkezhet.
 - Többutas terjedés (*Multipath*) esetén a jel nemcsak a közvetlenül műholdról, hanem a különböző tereptárgyakról visszaverődve is beérkezik a vevőbe. A visszavert jel hosszabb utat tesz meg, mint a műholdról közvetlenül érkező, emiatt ez körülbelül fél méteres szabályos hibát okoz.
 - A fáziscentrum külpontossága néhány mm-es nagyságrendű. A feldolgozószoftverben rosszul beállított antennatípus esetén dm-es hiba is keletkezhet.
- 3) A mérési pontosságot jelentősen meghaladó *durva hibák* akár több száz kilométeres eltéréseket is okozhatnak. Szerencsére nem gyakoriak, és a mérési szám növelésével kiszűrhetők.
 - A földi ellenőrzőrendszerben előforduló emberi vagy technikai hibák miatt a mérési eltérés egy métertől akár több száz kilométerig terjedhet.
 - A felhasználók rossz vevőkészülék-beállításai egy métertől több száz méterig terjedő hibák forrásai.
 - A vevő hardver- vagy szoftverhibája tetszőleges nagyságú hibát okozhat. (Sárközy, 2009; Belényesi és mtsai., 2008)

179. ábra: Mérési hibák



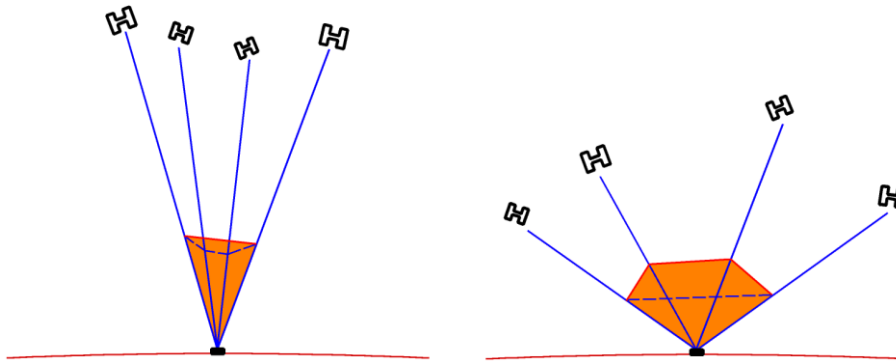
Forrás: Belényesi és mtsai. (2008: 56)

Műholdgeometria hatása

A koordinátameghatározás pontosságát befolyásolja a vevőkészülék és a műholdak pillanatnyi helyzete, geometriája. Mivel az elhelyezkedés hat a mérés eredményére, ezért szükséges a geometriai hatást leíró módszer, amire a GDOP- (*Geometric Dilution of Precision* – geometriai pontosság hígulás) mérőszám alkalmazható

A GDOP értéke fordítottan arányos a mérendő pontról a műholdakra mutató egységvektorok által határolt gúla térfogatával, ha a gúla térfogata kicsi, a GDOP nagy, ha a gúla térfogata nagy, a GDOP kicsi (180. ábra).

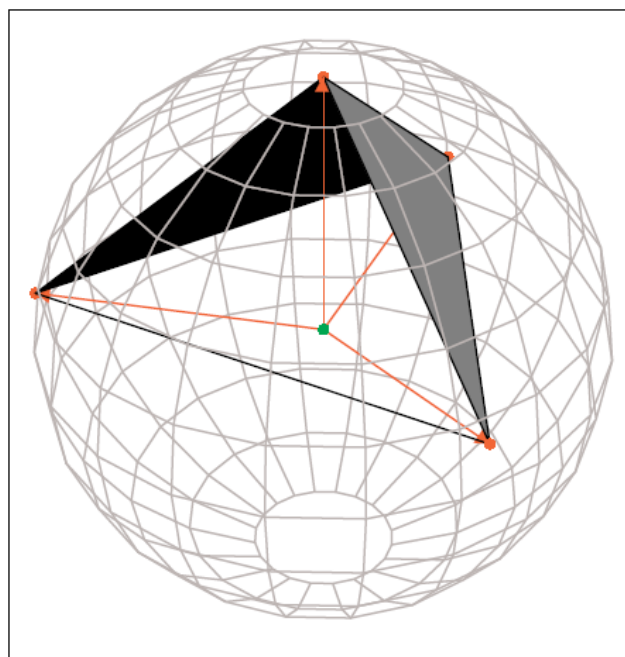
180. ábra: Rossz GDOP-érték (a), jó GDOP-érték (b)



Forrás: Gpsdebrecen.hu <URL>

Csökkenő GDOP-érték a pontmeghatározás javuló pontosságát jelenti. Az elméleti legjobb elhelyezkedés esetén egy műhold a vevő fölött van, és három a horizont alatt 19,47 fokkal, ekkor a $GDOP = 1,581$. Természetesen a földi vevők nem „látják” a horizont alá, így a legjobb esetben a GDOP értéke 1,732 lehetne, ha egy műhold a zeniten van, három a horizonton (181. ábra) (Langley, 1999). Ez is csak elméleti érték, hiszen az ilyen műhold-elhelyezkedés valószínűsége kicsi, ezenkívül vízszintesen szinte mindig kitalarná valami a műholdakat.

181. ábra: Az elméletileg elérhető legjobb GDOP-érték



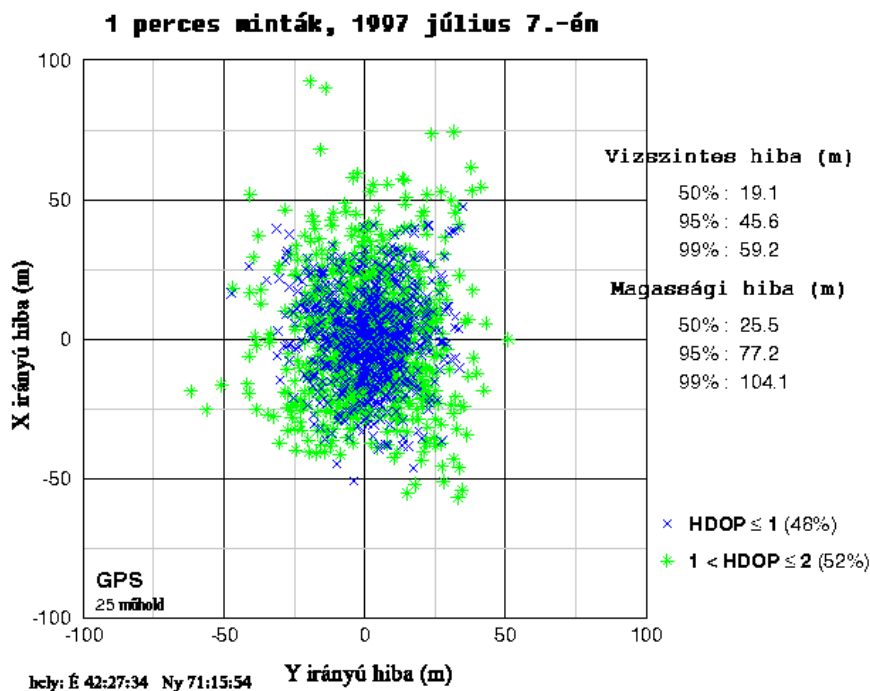
Forrás: Langley (1999: 56)

A GDOP egyaránt figyelembe veszi a műholdak térbeli helyzetéből és az időmérés hibájából adódó pontatlanságot. Úgy is végezhetünk számítást, hogy csak az összetevők egy részét vizsgáljuk. Ilyenkor a következő mérőszámokat kaphatjuk:

- HDOP = Horizontal Dilution of Precision (Latitude, Longitude): A horizontális pontosság hígulásának oka, hogy a műholdak vízszintesen állnak túl közel egymáshoz. Ilyenkor a hosszúsági és szélességi érték megbízhatósága romlik.
- VDOP = Vertical Dilution of Precision (Height): A vertikális pontosság hígulása, azaz ha a műholdak függőlegesen állnak túl közel egymáshoz. Ilyenkor a magassági érték megbízhatósága romlik.
- PDOP = Position Dilution of Precision (3-D), másként Spherical DOP: A pozíció pontosságának hígulása, ha a műholdak függőlegesen és vízszintesen is túl közel állnak egymáshoz. Ilyenkor mindhárom koordináta megbízhatósága romlik.
- TDOP = Time Dilution of Precision (Time): Az idő pontosságának felhígulása, ami a vevő órahibájának és a jelterjedési idő megváltozásának következménye..
- Az összetevők között érvényesek a következő összefüggések: $PDOP^2 = HDOP^2 + VDOP^2$ és a $GDOP^2 = PDOP^2 + TDOP^2$. (Sárközy, 2009; Belényesi és mtsai., 2008)

A 182. ábra jól illusztrálja, hogy a jobb vízszintes geometria esetén ($HDOP < 1$) jobb volt a mérési eredmény is. Jól látszik a véletlen hibák miatt megjelenő mintázat, a mérések átlaga a pontos eredményt adná (Sárközy, 2009).

182. ábra: A HDOP és a mérések pontossága

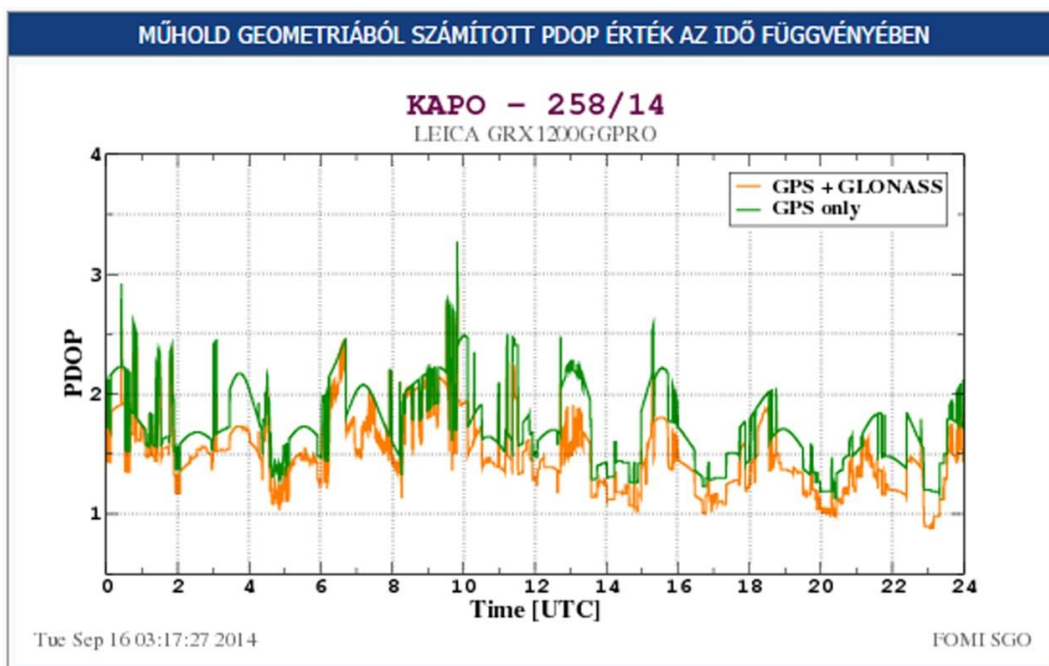


VEVŐ : Ashtech GG24

Forrás: Sárközy (2009) <[URL](#)>

A műholdak pályadatai előre ismertek, így kiszámítható, hogy egy adott helyen melyik időszakban várható jó GDOP-érték. Ezáltal a pontos mérés érdekében előre tervezhető ütemterv készíthető. A GNSS Szolgáltató Központ honlapján megtalálható az egyes GPS-alappontokra egy adott napra vonatkozó PDOP változása (183. ábra).

183. ábra: A PDOP változása a kaposvári (KAPO) GPS-alapponton

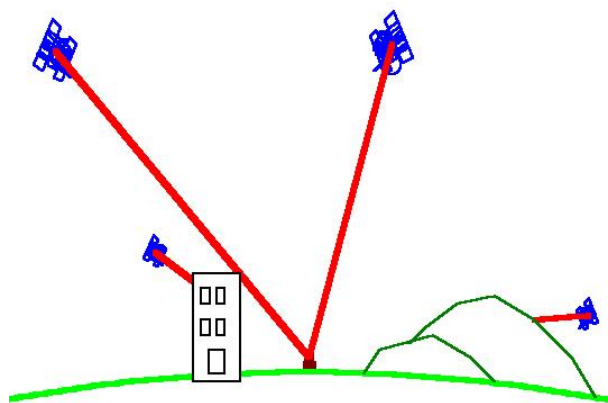


Forrás: GNSSnet.hu <URL>

Láthatóság

A GPS-jelek terjedését a legtöbb anyag akadályozza, így például az épületek, a fémek, a hegyek vagy a fák. A levelek vagy a dzsungel lombkoronája annyira képes csökkenteni a GPS-jeleket, hogy azok akár használhatatlanná válhatnak. Tervezőszoftverekkel megtudhatjuk, hogy mikor várható jó GDOP-érték, de a kedvezőtlen terep megakadályozhatja a szükséges műholdak jelének vételét (184. ábra) (Dana, 1997b).

184. ábra: Jó GDOP, rossz láthatóság



Forrás: *Digital Communication Systems* <URL> alapján

9.1.6. A GPS FELHASZNÁLÁSA

Térképezés és adatgyűjtés

Térképen rögzítjük az objektumok koordinátáit és azokhoz leíró adatokat kapcsolhatunk. A GPS-vevő WGS 84 vonatkoztatási rendszerben adja meg az objektum koordinátáit, amit a felhasználó attribútumokkal (időbélyeggel, szöveges leírással, fényképpel és/vagy videóval) egészíthet ki.

Navigáció:

A leggyakoribb alkalmazási mód. A legegyszerűbb GPS-készülék is odanavigál egy ismert koordinátájú ponthoz vagy egy korábban már megmért pozíciójú helyre.

Adatfrissítés:

A meglévő GIS-adatbázis adatainak pontosítása, kiegészítése.

GPS használatának előnyei és hátrányai

A GPS modern technológia, amelynek számos előnye mellett hátrányai is vannak:

A GPS előnyei:

- könnyű használhatóság,
- nincs szükség magasan kvalifikált munkaerőre,
- pontos, hatékony, objektív helymeghatározást tesz lehetővé,
- nincs szükség terepi tájékozási pontokra (mint például geodétáknak a háromszögelési hálózat),
- a mérés időjárás- és napszakfüggetlen,
- pontos nagy területek esetén is,
- bárhol a világon elérhető és ugyanabban a rendszerben használható,
- a munkavégzés során végig az elektronikus adatfolyam jellemző,
- lehetőség van a helyszínen történő attribútumozásra és érvényességvizsgálatra,
- adatai könnyen integrálhatóak a térinformatikai rendszerbe,
- nincs kézimunkaigénye, és nincs szükség többszöri adatbevitelre,
- könnyen lehetővé teszi a visszatalálást egy tereptárgyra.

A GPS hátrányai:

- az adatfelvétel a helyszínen történik, ezért minden tereptárgyat végig kell látogatni, fel kell keresni,
- mindenképpen „látni” kell a műholdakat, ezért önmagában nem használható épületekben, alagutakban, szűk völgyekben (kombinálható a mérés lézerletapogató-készülékkel a GPS-szel megközelíthetetlen helyeknél). (*Belényesi és mtsai.*, 2008)

9.1.7. A GPS-MŰHOLDOK FEJLŐDÉSE

A GPS űrszegmense folyamatosan fejlődik. 1995-ben a teljesen telepített rendszer 24 Block IIA (2nd generation, „Advanced”) műholdat tartalmazott. Azóta újabb műholdak kezdték meg működésüket: Block IIR („Replenishment”), Block IIR-M („Modernized”), Block IIF („Follow-on”), GPS III, and GPS IIIF („Follow-on”).

A 2005. szeptembere és 2010 között elindított nyolc Block IIR-M műhold már sugározta az új L2C polgári kódot. Mivel az L2C-jelet a műholdak nagyobb energiával továbbítják, mint az L1-jelet, ez jobb vételt biztosít beltérben és erdőben, lombkorona alatt. Mint azt már tárgyaltuk, az ionoszféra késleltetése frekvenciafüggő, így ugyanazon jel két frekvencián történő vételével jelentősen csökkenthető az ionoszféra hatása. Ez előtt ez a lehetőség csak a katonai felhasználók számára volt elérhető. Ezenkívül ezek a műholdak voltak az elsők, amelyek az új, nehezen fel-törhető, titkosított M-kódot (M: *Military*) sugározták. (*GPS.gov*, 2020)

2010 májusától 2016 februárjáig 12 Block II-F műholdat lóttak fel. Ezek között új, pontosabb atomórákat, könnyebben átprogramozható számítógépes rendszert vittek, és az új L5-frekvenciasávon (1176,45 MHz) is sugározni kezdtek. (*Busics*, 2010b)

Az L5 és az L1 C/A kombinációja javítja a pontosságot az ionoszféra korrekciója révén. Három GPS-frekvencia (L5, L1 C/A és az L2C) használata lehetővé teszi a méteren belüli pontosságot kiegészítő szolgáltatások nélkül (SBAS, GBAS) is. Az L5 hivatalos besorolása „nem működőképes”, de saját felelősségre használható.

Az első Block IIIA műholdat 2018. december 23-án indították, amit kilenc további követett. Legnagyobb újdonsága az újabb L1C polgári jel, amelyet szintén az L1-frekvencián sugároznak úgy, hogy az L1 C/A-jel továbbra is elérhető.

Az L1C-t eredetileg az Egyesült Államok és az Európai Unió közösen fejlesztette ki a GPS és a Galileo számára közös polgári jelként, de az L1C jellegű jeleket a japán, a kínai és az indiai GNSS-rendszerek is befogadták. (*GPS.gov*, 2020)

Az L1C a negyedik polgári GPS-jel. Úgy tervezték, hogy lehetővé tegye a GPS és a nemzetközi műholdas navigációs rendszerek együttműködését, így javítva a vételt a városokban és más kihívásokkal teli környezetben.

A japán Quasi-Zenith Satellite System (QZSS), az indiai Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS) és a kínai BeiDou rendszer szintén használ L1C jellegű jeleket a rendszer határokon átnyúló működéséhez. (*Xu és Xu*, 2016)

A fejlesztések eredményeként a GPS-műholdak három frekvencián nyolc jelet (négy polgári és négy katonai jelet) továbbítanak (*GPS.gov*, 2020).

9.2. Galileo navigációs rendszer

Az Európai Unió saját fejlesztésű globális navigációs rendszere, a Galileo¹⁴. Elvi működése megegyezik a GPS-szel. A Galileo rendszer várhatóan 2020-ban lesz teljes mértékben működőképes. (*GSA*, n. a.)

A teljes Galileo rendszer négy globális szolgáltatást kínál:

- Nyílt Szolgáltatás (*Open Service – OS*): Nyílt és ingyenes helymeghatározási és időmérési szolgáltatás okostelefonokon vagy autós navigációs rendszereken. A teljes kiépítés után a mérési pontossága egyetlen frekvenciamérés esetén 7,7 méter lesz vízszintesen, 12,6 méter függőlegesen, két frekvenciás mérésnél pedig 1,8 méter vízszintesen és 2,9 méter függőlegesen.
- Nagy Pontosságú Szolgáltatás (*High Accuracy Service – HAS*): További kódot adnak az *Open Service* kódjához egy másik frekvenciasávban, amivel centiméteres pontosság érhető el. A HAS lehetővé teszi professzionális vagy kereskedelmi alkalmazások fejlesztését. A hozzáférés ellenőrzése céljából a HAS-jel titkosítható. A Galileo nagy pontosságú szolgáltatása a korábbi Galileo Kereskedelmi Szolgáltatás (*Commercial Service – CS*) újra fogalmazása.
- Nyilvános Szabályozott Szolgáltatás (*Public Regulated Service – PRS*): A szolgáltatás hozzáférése korlátozott a kormány által felhatalmazott felhasználók számára (polgári védelem, tűzoltóság, vámhatóság és rendőrség). Nemzeti vészhelyzetek vagy válságok, például terrorista támadások esetén ez biztosítja számukra bizonyos szolgáltatások elérhetőségét.

¹⁴ „Galileo Galilei volt az, aki 1610-ben saját fejlesztésű távcsövével felfedezte a Jupiter négy holdját, melyeket a navigációban alapvetően fontos időmérésre alkalmasnak talált. Az ún. Galilei-holdak óraműszerű precíz mozgásának megfigyelésével ugyanis arra a következtetésre jutott, hogy a holdak alkalmasak lennének egy referenciaidő meghatározására, amivel pedig a földrajzi hosszúság lenne könnyedén kiszámítható. A műholdas helymeghatározásban pedig az időmérésnek alapvetően fontos szerepe van!” Forrás: *Compass Magazin* <URL: <http://compassmagazin.hu/compass-extra/tech-tudomany/eloadassorozat-a-tengeri-hajozas-fortelyairol---a-gps-es-tarsai---iii-resz-1993/>> [2020.04. 24.]

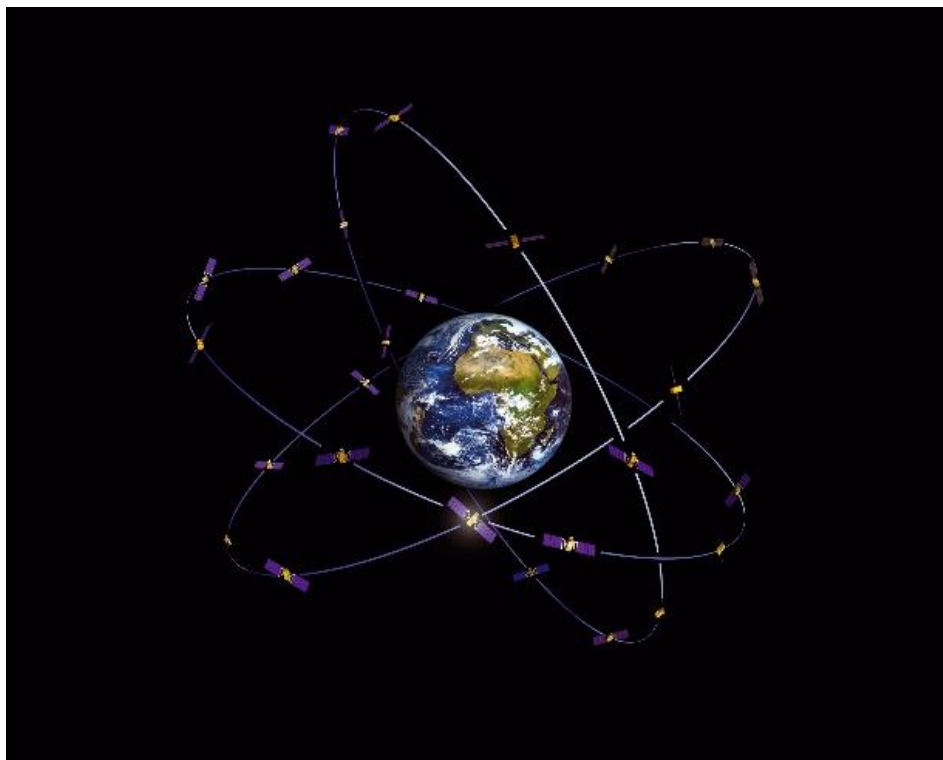
- Keresési és Mentési Szolgáltatás (*Search and Rescue Service – SAR*): korábbi elnevezése SOL (*Safety of Life, Életbiztonság*) volt. Európa ezzel járul hozzá a COSPAS-SARSAT¹⁵ nemzetközi műholdas kutatási és mentési riasztórendszerhez. Az SAR használatával a riasztás indítása utáni keresési idő három órától tíz percre csökken akár a tengeren, akár a hegyekben. Ezenkívül a riasztás helyének meghatározása a jelenlegi 10 km helyett 5 km-en belüli pontossággal meghatározható. (GSA, 2020)

A Galileo rendszer interoperábilis, képes együttműködni a GPS- és a GLONASS-rendszerrel (ESA, 2012).

9.2.1. ŰRSZEGMENS

A Galileo űrszegmense három pályasíkon 23 222 km magasságon (MEO) keringő 30 egyenletes távolságra elosztott műholdból¹⁶ áll. A három pályasík egymástól 120°-os távolságban helyezkedik el, a pályainklináció 56° (185. ábra). Minden pályán kilenc működő és egy tartalék műhold kering. (ESA, n. a.)

185. ábra: A Galileo űrszegmense



Forrás: *ESA.int* <[URL](#)>

¹⁵ A COSPAS–SARSAT-rendszer (COSPAS: *Space System for the Search of Vessels in Distress*; SARSAT: *Search And Rescue Satellite-Aided Tracking*) egy olyan SAR- (*Search And Rescue*) rendszer, amely poláris és geostacionárus műholdakból áll, és vészhelyzeti riasztási, valamint pozícióinformációkat továbbít légi, tengeri, szárazföldi felhasználók számára. Forrás: *Egmdss.com* <[URL: https://www.egmdss.com/gmdss-courses/mod/page/view.php?id=1135](https://www.egmdss.com/gmdss-courses/mod/page/view.php?id=1135)> [2020.04. 25.]

¹⁶ Az Európai Bizottság létrehozott egy gyermekrajz-versenyt a felbocsájtott műholdak elnevezésére. A versenyen részt vettek az összes tagállam gyermekei. Az egyes műholdak az országokban nyertes gyermekek neveit kapták meg. Forrás: *ESA.int* <[URL: https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_Space_Segment#cite_note-5](https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_Space_Segment#cite_note-5)> [2020.04. 24.] A magyar győztes Kraaijvanger Lisa Viktória lett. Forrás: *Europe.eu* <[URL: https://ec.europa.eu/growth/sectors/space/galileo/history/gallery_hu](https://ec.europa.eu/growth/sectors/space/galileo/history/gallery_hu)> [2020.04. 24.]

Minden műholdon két rubidium és két passzív hidrogénmérő atomóra biztosítja a pontos időmérést. A rubidiumóra pontossága 1,8 ns, míg a hidrogénmérő atomóra 0,45 ns 12 óránként. A hidrogénmérő óra hárommillió évenként mindössze egy másodpercet téved.

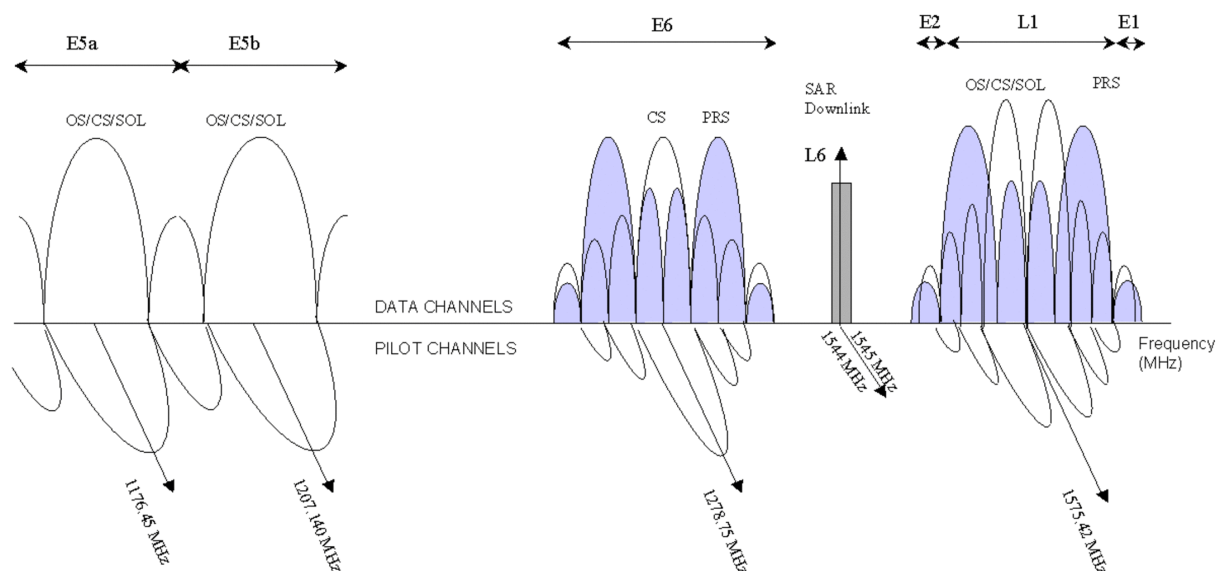
A műholdrendszer több mint 90% valószínűséggel biztosítja, hogy bárhol a világon legalább négy műhold minden pillanatban látható, és így a vevő helyzete mindig meghatározható. A pályák dőlésszöge biztosítja a sarki területek jó lefedettségét, amit a GPS rosszul szolgál ki.

A legtöbb helyről 6-8 műhold mindig látható, ami lehetővé teszi a pozíció nagyon pontos – akár néhány centiméteren belüli – meghatározását.

Ez a konstelláció jó helyi geometriákat biztosít, tipikus függőleges pontossága (VDOP) 2,3 és vízszintes pontossága (HDOP) 1,3 körüli érték. (ESA, 2011a)

Minden Galileo-műhold 10 különböző navigációs jelet közvetít, amelyekre a négy ismert szolgáltatás épül. A jelek kétfélek lehetnek, navigációs adatokat tartalmazó jelek (*data channels* – adatsatornák) és navigációs adatokat nem tartalmazó jelek (*pilot channels* – pilotsatornák). A műholdak hat adatjelet és négy pilotjelet sugároznak (186. ábra). (ESA, 2018)

186. ábra: A Galileo által használt jelek



Forrás: Esa.int <URL>

A pilotjelek olyan „adatmentes” jelek, amelyek csak egy távolságkódot, tartalmaznak navigációs adatokat pedig nem. A távolságkód a GPS-hez hasonlóan egy bináris, 0-át és 1-et tartalmazó álvéletlen zaj (PRN), amely lehetővé teszi a vevő számára, hogy meghatározza a jel utazási idejét. Az adatjelek bináris kódolású navigációs üzeneteket is tartalmaznak. A navigációs üzenetek a GPS-hez hasonlóan tartalmazzák a műhold helyzetét, sebességét, az órajavítás paramétereit, a műhold állapotát és egyéb kiegészítő adatokat. (Spaceflight101.com, n. a.)

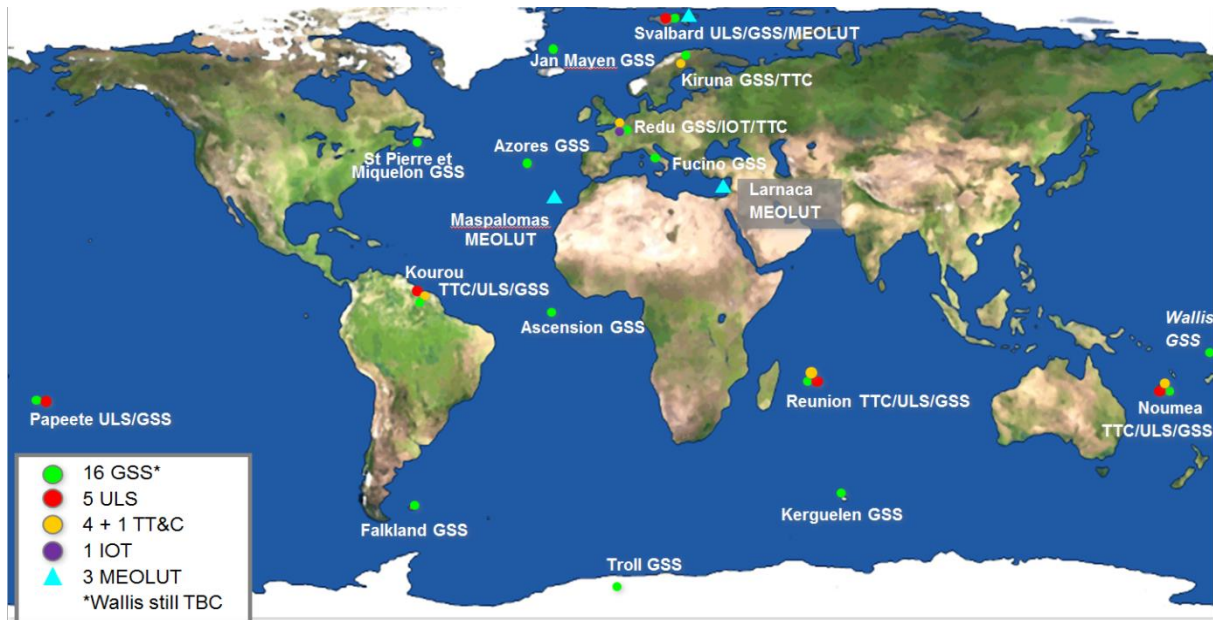
A Galileo alternatív kódokat kínál, különböző jellemzőkkel, különböző igényekhez (belső, helyhez kötött felhasználó hosszú kódot igényel, míg egy kültéri, gyorsan mozgó autó inkább rövid kódot igényel). A hosszú kódok lehetővé teszik az olyan nagyon gyenge jelek értelmezését is, mint például az épületen belüli jelek, ehhez természetesen több időre van szükség, de ott a sebesség sem nagy. A rövidebb kódok vételéhez kevesebb időre van szükség, nagyobb sebesség esetén is megfelelő, de a vevő könnyebben összekeverheti két műhold jeleit. A két kód közötti megkülönböztetés a vevőben fordítottan arányos az egyes kódok hosszával.

A sok különböző kód lehetővé teszi a vevő ionoszféra által okozott késleltetési hibájának becslését is. Ez az oka annak, hogy a Galileo-szolgáltatásokat általában jelpárokban valósítják meg. (ESA, 2018)

9.2.2. FÖLDI KONTROLLSZEGMENS

A Galileo földi szegmense (187. ábra) két vezérlőközpontból, egy globális adó- és vevőállomás-hálózatból áll, amelyek megfigyelő és vezérlő funkciókat hajtanak végre, valamint számos szolgáltatási eszközből, amelyek a Galileo-szolgáltatásokat támogatják.

187. ábra: A Galileo földi kontrollszegmense



Forrás: Galileognss.eu <[URL](http://Galileognss.eu)>

A földi szegmens két vezérlőközpontja az olaszországi Fucinóban és a németországi Oberpfaffenhofenben található. Mindegyik központ két részből áll: Galileo Ellenőrző Szegmens (*Galileo Control Segment – GCC*) és Galileo Küldetés Szegmens (*Galileo Mission Segment – GMS*). A GCS feladata a műholdszegmens mérése, karbantartása, míg a GMS feladata a navigációs rendszer ellenőrzése.

A GCS és a GMS felügyeli a globális állomáshálózatot, amely ellenőrzési és megfigyelési funkciókat valósít meg. Ennek elemei:

- Galileo Érzékelő Állomások (*Galileo Sensor Stations – GSS*): a Galileo SiS (*Signal-in-space – Jel az űrben*) adatmérésének valós időben történő gyűjtéséért és központba küldéséért felelősek.
- Feltöltő Állomások (*Uplink Stations – ULS*): feladata a vezérlő adatok műholdakra küldése.
- Telemetriai¹⁷, Nyomkövető és Vezérlő állomások (*Telemetry, Tracking & Control stations – TT&C*): a műholdak telemetriai adatainak gyűjtéséért és központba küldéséért felelősek, valamint a parancsok műholdakra küldése is a feladatuk, amennyiben szükséges a műholdak és a konstelláció karbantartása.
- A földi szegmenshez tartozik három Medium Earth Orbit Lokális Felhasználói Terminál (*Medium-Earth Orbit Local User Terminal – MEOLUT*), amelyek a Galileo Keresési és Mentési Szolgáltatását (SAR) szolgálják (ESA, 2011b).
- Egy állomás, az *In-Orbit Test Centre (IOT – Pálya Teszt Központ)* a műholdak sugárzott rádiófrekvenciás jeleinek méréseit végzi. (ESA, 2010)

¹⁷ Telemetria: távolból mérés. Valamely mennyiség mérésének, az eredmények rádió útján egy távoli állomásra történő továbbításának, ottani kiértékelésének, feljegyzésének vagy tárolásának tudománya. Forrás: *Tudományos és Könyvelvi Szavak Magyar Értelmező Szótára* <[URL: https://meszotar.hu/keres-telemetria](https://meszotar.hu/keres-telemetria)> [2020.04. 28.]

9.2.3. FELHASZNÁLÓI SZEGMENS

A Galileo felhasználói szegmensét az összes kompatibilis vevő alkotja, amelyek veszik a Galileo-műholdak jeleit (SiS) és azt felhasználják, például kiszámítják a pozíciójukat.

Az Európai Bizottság hat kiemelt területen támogatja a Galileo alkalmazását:

- egyedi mobiltelefonokra készített alkalmazások (*Location Based Services – LBS*);
- közúti szállítás;
- repülés;
- tengeri szállítás;
- precíziós mezőgazdaság és környezetvédelem;
- polgári védelem és megfigyelés. (ESA, 2011 c)

A piacon kapható mobiltelefonok egyre nagyobb hányada alkalmas a Galileo-jelek vételére és felhasználására.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- 15/2013. (III. 11.) VM rendelet. <URL: https://www.gnssnet.hu/pdf/MK_13_041_15-2013.pdf> [2019. 06. 10.]
- Ádám J., Rózsa Sz., Takács B. (2012): GNSS elmélete és alkalmazása. Oktatási segédlet. Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Földmérő és Térinformatikai mérnök mesterszak <URL: <https://edu.epito.bme.hu/lo-cal/coursepublicity/mod/resource/view.php?id=57051>> [2019. 07. 22.]
- Battersby, S. E., Finn, M. P., Usery, E. L., Yamamoto, K. H. (2014): Implications of Web Mercator and Its Use in Online Mapping. In: Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, 49. 2. 85–101. p. doi: [10.3138/carto.49.2.2313](https://doi.org/10.3138/carto.49.2.2313)
- Bartha G., Havasi I. (2011): Térinformatikai alapismeretek. Miskolc: Miskolci Egyetem Földtudományi Kar <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFGGT6002/sco_00_01.htm> [2019. 08. 21.]
- Bácsatyai L., Márkus I. (2001) Fotogrammetria és távérzékelés. Sopron: Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar <URL: http://nyme.hu/fileadmin/dokumentumok/emk/efelt/doc-ftt/03_Oktatas/02_Jegyzetek/Bacsatyai-Markus_2001_Fotogrammetria_es_taverzekeles.pdf> [2019. 07. 14.]
- Bácsatyai L. (2005): Magyarországi vetületek. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem. Szaktudás Kiadó Ház Rt. <URL: http://www.nyme.hu/fileadmin/dokumentumok/emk/efelt/doc-ftt/03_Oktatas/02_Jegyzetek/Bacsatyai_2005_Magyarorszag_i_vetuletek.pdf> [2019. 07. 10.]
- Belényesi M., Kristóf D., Magyar J. (2008): Térinformatika elméleti jegyzet. Egyetemi jegyzet. Magyar J. (szerk.). Gödöllő: Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet <URL: http://zeus.nyf.hu/~foldrajz/geo/files/elmeleti_jegyzet.pdf> [2019. 03. 05.]
- Berke J., Bíró T., Burai P., Hoffmann I., Józsa J., Kovács L., Kozma-Bognár V., Nagy T., Németh T., Tomor T., Tóth F. (2011): A vörösiszap katasztrófa telemetriai adatfeldolgozásának eredményei. In: Cser, L., Herdon, M. (szerk.) „Informatika a felsőoktatásban 2011” konferencia, Debrecen: Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, 849–854. p.
- Beynon-Davies P. (1996): Object-Oriented Data Model. In: Database Systems. Computer Science Series. London: Palgrave, 49–58. p. doi:[10.1007/978-1-349-13722-0_5](https://doi.org/10.1007/978-1-349-13722-0_5)
- Bhattacharya, A. (n. a.): Optical-infrared sensors (GNR 401) Lecture 7. Bombay: Indian Institute of Technology, Centre of Studies in Resources Engineering <URL: http://www.csre.iitb.ac.in/~avikb/GNR401/RS/RS_401_lecture_7.pdf> [2020. 05. 18.]
- Bilki, F. (2015): Scanning and vectorising old mine drawings and maps – Part 1: Introduction <URL: <https://www.micromine.com/scanning-and-vectorising-old-mine-drawings-and-maps-part-1-introduction/>> [2019. 05. 30.]
- Burai P. (2012): Alkalmazott távérzékelés. Gyöngyös: Károly Róbert Főiskola, <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0010_02_Alkalma-zott_taverzekeles/4150/index.html> [2019. 06. 12.]
- Butler, H., Schmidt C., Springmeyer D., Livni J. (n. a.): spatialreference.org weboldal <URL: <http://spatialreference.org>, <https://spatialreference.org/ref/sr-org/6864/>> [2019. 07. 12.]
- Busics, Gy. (2010a): Műholdas helymeghatározás 1. – A GNSS-ről általában. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_MHM1/index.html> [2019. 06. 23.]
- Busics, Gy. (2010b): Műholdas helymeghatározás 2. – GNSS alaprendszerek. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_MHM2/index.html> [2019. 06. 23.]
- Busics, Gy. (2010c): Műholdas helymeghatározás 3. – Matematikai modellek. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_MHM3/index.html> [2019. 06. 23.]
- Busics Gy. (2010d): Műholdas helymeghatározás 7. – Aktív GNSS hálózatok és szolgáltatásaik. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_MHM7/index.html> [2019. 06. 23.]

- Busics Gy. (2010e): Geodéziai hálózatok 1. – A geodéziai pont és a geodéziai hálózat fogalma. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_GEH1/ch01s03.html> [2019. 06. 24.]
- Busics Gy. (2010f): Geodéziai hálózatok 4. – A GNSS alapjai. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem <URL: http://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_GEH4/index.html> [2019. 06. 24.]
- Busznyák J. (2011): Az informatika ágazati alkalmazásai. 4. fejezet: Globális helymeghatározás eszközeinek agrárfelhasználása. Debrecen: Debreceni Egyetem, Sopron: Nyugat-Magyarországi Egyetem, Veszprém: Pannon Egyetem <URL: http://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_20_Az_informatika_agazati_alkalmazasai/ch04.html> [2019. 07. 12.]
- Cain, J. (2013): Coordinate Reference Systems (Best Practices for Assignment, Manipulation and Conversion in GIS Systems). [Presentation] 2013 ESRI Petroleum GIS Conference, 9 May 2013 Houston, Texas <URL: https://proceedings.esri.com/library/userconf/petrol13/papers/petrol_10.pdf> [2019. 05. 03.]
- Carter J., Schmid, K., Waters, K., Betzhold, L., Hadley, B., Mataosky, R., Halleran, J., Coastal Services Center (2012): Lidar 101: An Introduction to Lidar Technology, Data, and Applications. Charleston, SC: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Coastal Services Center. 72 p. <URL: <https://spationetblog.files.wordpress.com/2016/01/an-introduction-to-lidar-technology.pdf>> [2020. 02. 27.]
- Copernicus.eu (n. a., a): A Kopernikusz program. <URL: <https://www.copernicus.eu/hu/kopernikusz-program>> [2020. 07. 10.]
- Copernicus.eu (n. a., b): Szolgáltatások. <URL: <https://www.copernicus.eu/hu/szolgáltatások>> [2020. 07. 10.]
- Copernicus.eu (n. a., c): A Kopernikusz rövid ismertetése. <URL: <https://www.copernicus.eu/hu/kopernikusz-program/kopernikusz-rovid-ismertetese>> [2020. 07. 10.]
- Copernicus.eu (n. a., d): Adatokhoz való hozzáférés. <URL: <https://www.copernicus.eu/hu/adatokhoz-valo-hozzaferes>> [2020. 07. 10.]
- Cséfalvai, Z. (1994): A modern társadalomföldrajz kézikönyve. Budapest: IKVA Könyvkiadó Kft. 366 p. ISBN: 963-7757-84-8
- Csizmady A. (2013): A térinformatika a társadalomtudományban. Budapest: ELTE <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_2A_16_Csizmady_Adrienne_Terinformatika_a_tarsadalomtudomanyban_cimu_targyhoz_digitalis_tankonyv_fejl/adatok.html> [2019. 02. 13.]
- Dana, P. H. (1997a): The Shape of the Earth. NCGIA Core Curriculum in GIScience <URL: <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u015/u015.html>> [2019. 04. 02.]
- Dana, P. H. (1997b): Global Positioning System Overview. NCGIA Core Curriculum in GIScience <URL: <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u017/u017.html>> [2019. 04. 02.]
- Detrekői Á. (1999): A térinformatika szerepe a városi informatikában. In: „Térinformatika a helyi önkormányzatokban” konferencia, Budapest, 1999. október 19. 9–13. p.
- Detrekői, Á., Szabó, Gy. (2002): Térinformatika. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó, 380 p. ISBN: 963-195-266-5
- Detrekői Á., Szabó Gy. (2013): Térinformatika – Elmélet és alkalmazások. Budapest: Typotex Kiadó, 292 p. ISBN: 978-963-4930-16-7
- Elek I. (2006): Bevezetés a geoinformatikába. Budapest: ELTE Eötvös Kiadó, 365 p. ISBN: 963-463-864-3
- Engler P. (2010): Fotogrammetria 2., A fotogrammetria geometriai és matematikai alapjai. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem <URL: http://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_FOT2/ch01s02.html> [2019. 04. 27.]
- Eoportal.org (ESA Earth Observation Portal) (n. a.): SPOT-6 and SPOT-7 Commercial Imaging Constellation <URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/spot-6-7>> [2019. 05. 13.]
- EPSG.io (n. a.): EPSG:3857 – WGS 84 / Pseudo-Mercator -- Spherical Mercator, Google Maps, OpenStreetMap, Bing, ArcGIS, ESRI. <URL: <https://epsg.io/3857>> [2019. 05. 21.]

- Esri.com (2002): ArcGIS Brings Topology to the Geodatabase. <URL: <https://www.esri.com/news/arcnews/summer02articles/arcgis-brings-topology.html>> [2019. 03. 28.]
- Esri.com (2019): What is Gis? <URL: <http://www.esri.com/what-is-gis/overview>> [2019. 08. 21.]
- Evans, D. L., Plaut, J. J., Stofan, E. R. (1997): Overview of the Spaceborne Imaging Radar-C/X-band Synthetic Aperture Radar (SIR-C/X-SAR) missions. In: Remote Sensing of Environment, 59. 2. 135–140. p. doi:[10.1016/s0034-4257\(96\)00152-6](https://doi.org/10.1016/s0034-4257(96)00152-6)
- ESA (European Space Agency) (n. a.): Galileo satellites. <URL: https://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo/Galileo_satellites> [2019. 10. 13.]
- ESA (European Space Agency) (2010): Inauguration of Galileo in-orbit test facilities in Redu. <URL: https://www.esa.int/Applications/Navigation/Inauguration_of_Galileo_in-orbit_test_facilities_in_Redu> [2019. 10. 13.]
- ESA (European Space Agency) (2011a): Galileo Space Segment. <URL: https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_Space_Segment> [2019. 10. 13.]
- ESA (European Space Agency) (2011b): Galileo Ground Segment. <URL: https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_Ground_Segment> [2019. 10. 13.]
- ESA (European Space Agency) (2011c): Galileo User Segment. <URL: https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_User_Segment> [2019. 10. 13.]
- ESA (European Space Agency) (2012): Space signal demonstrates Galileo interoperability with GPS. <URL: https://www.esa.int/Applications/Navigation/Space_signal_demonstrates_Galileo_interoperability_with_GPS> [2019. 10. 13.]
- ESA (European Space Agency) (2018): Galileo Open Service (OS). <URL: [https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_Open_Service_\(OS\)#cite_note-ESA_GALILEO-3](https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_Open_Service_(OS)#cite_note-ESA_GALILEO-3)> [2019. 10. 13.]
- Földváry L., Kiss A., Kemény M. (2015): GOCE műhold: Eötvös-inga mérések föld körüli pályán. In: Magyar Tudomány, 176. 9. 1063–1069. p. <URL: http://epa.niif.hu/00600/00691/00144/pdf/EPA00691_mtud_2015_09_1063-1069.pdf> [2019. 11. 17.]
- Galambosné Tiszberger M. (2006): A Földhasználati és földfelszín-borítottsági összeírás módszertani háttere. In: Statisztikai Szemle, 84. 9. 829–847. p. <URL: https://www.ksh.hu/statszemle_archive/2006/2006_09/2006_09_001.pdf> [2020. 07. 10.]
- Geo-sentinel.hu (2016): Mi a Sentinel? <URL: <http://geo-sentinel.hu/mi-a-sentinel-2/>> [2020. 07. 10.]
- Geocarto International (1986): The SPOT grid reference system (GRS). (1986). In: Geocarto International, 1. 3. 55–57. doi: [10.1080/10106048609354056](https://doi.org/10.1080/10106048609354056)
- GISGeography.com (2018): Multispectral vs Hyperspectral Imagery Explained. <URL: <https://gisgeography.com/multispectral-vs-hyperspectral-imagery-explained/>> [2020. 01. 12.]
- GPS.gov (Official U.S. government information about the Global Positioning System (GPS) and related topics) (2020): The Global Positioning System. <URL: <https://www.gps.gov/systems/gps/>> [2019. 09. 18.]
- GSA (European GNSS Agency) (n. a.): Programme. <URL: <https://www.gsc-europa.eu/galileo/programme>> [2019. 09. 17.]
- GSA (European GNSS Agency) (2020): Galileo Services. <URL: <https://www.gsa.europa.eu/galileo/services>> [2019. 09. 17.]
- Google Maps Platform (2020): Map and Tile Coordinates. <URL: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/coordinates#tile-coordinates>> [2019. 11. 12.]
- Györffy J. (2012) Térképvetületek. In: Klinghammer I. (szerk): Térképészet és geoinformatika II. Budapest: ELTE Eötvös Kiadó Kft. 1–318 p. ISBN: 978-963-312-1382
- Honfi V. (2004): Jegyzet a Térinformatika tantárgyhoz. Kaposvár: Kaposvári Egyetem, 45 p. [CD]
- Horváth Z. Gy. (2015): Mitől lézer a lézer? In: Magyar Tudomány, 176. 10. 1198–1208. p. <URL: http://epa.oszk.hu/00600/00691/00145/pdf/EPA00691_mtud_2015_10_1198-1208.pdf> [2019. 07. 12.]
- Index.hu (2013): Régi szifiliszterkép került elő az USA-ról. <URL: http://index.hu/tudomany/tortenelem/2013/10/21/szifiliszterkep_keszult_az_usa-rol/> [2019. 02. 10.]
- Jacobsen, K. (2004): DEM Generation by SPOT HRS, ISPRS XXth Congress, Istanbul, July 2004, <URL: <https://www.isprs.org/hrs/PDF/79.pdf>> [2019. 07. 13.]

- Károly, K. (2018a): Applications of Global Navigation Satellite Systems in Military and Civilian Fleet and Force Tracking Systems (1.). Globális műholdas navigációs rendszerek alkalmazási lehetőségei katonai és polgári célú flotta- és erőkövetési rendszerekben (1.) In: Honvédségi Szemle, 146. 1. 83–97. p.
- Károly, K. (2018b): Applications of Global Navigation Satellite Systems in Military and Civilian Fleet and Force Tracking Systems (2.). Globális műholdas navigációs rendszerek alkalmazási lehetőségei katonai és polgári célú flotta- és erőkövetési rendszerekben (2.). In: Honvédségi Szemle, 146. 2. 77–88. p.
- Kertész Á. (1997): A térinformatika és alkalmazásai. Budapest: Holnap Kiadó, 240 p. ISBN: 978-963-3461-99-0
- KGO (Kozmikus Geodéziai Obszervatórium) (n. a.): GNSS Szolgáltató Központ. <URL: <http://www.sgo-penc.hu/szolgaltatasok.php>> [2019. 12. 07.]
- Klinghammer I., Papp-Váry Á. (1983): Földünk tükre a térkép. Budapest: Gondolat Kiadó 386 p. ISBN: 963-28-1161-5
- Kollányi Á., Prajczér T. (1995): Térinformatika a gyakorlatban. Budapest: Geogroup Bt. 148 p. ISBN 963-04-5406-8
- Kovács F., Lóki J., Nagyvárad L., Gyenizse P., Bugya T., Rábay A. (2013): Környezeti Informatika. <URL: http://www.geo.u-szeged.hu/~feri/kornyezeti_informatika/ch02.html> [2019. 05. 17.]
- Kubassek J. (2011): Teleki Pál, a magyar politikai földrajz atyja. In: Magyar Tudomány, 172. 8. 987–996. p. <URL: http://epa.oszk.hu/00600/00691/00092/pdf/mtud_2011_08_0987-0996.pdf> [2019. 05. 10.]
- Land.copernicus.eu (2020): Land Monitoring Service. <URL: <https://land.copernicus.eu/>> [2020. 07. 10.]
- Langley, R. B. (1999): Dilution of Precision. In: GPS World, 10. 5. 52–59. p. <URL: <http://gauss.gge.unb.ca/papers.pdf/gpsworld.may99.pdf>> [2019. 11. 23.]
- Lechner Tudásközpont (2011): Az Archívumban található úrfelvételek rövid ismertetése. <URL: <http://www.ftf.bfkh.gov.hu/portal/index.php/termekeink/urfelvetek/179-az-archivumban-talalhato-rfelvetek-rovid-ismertetese>> [2019. 10. 23.]
- Lechner Tudásközpont (2019): Országos GPS Hálózat pontjai. <URL: <http://www.ftf.bfkh.gov.hu/portal/index.php/termekeink/foldmeresi-alappontok/orszagos-gps-halozat-pontjai>> [2019. 10. 22.]
- Li, J., Wu, M. (2009): A Positioning Algorithm of AGPS. 2009 International Conference on Signal Processing Systems (ICSPS 2009) Proceedings of a meeting held 15–17 May 2009, Singapore. 385–388. p. doi:[10.1109/icsps.2009.80](https://doi.org/10.1109/icsps.2009.80)
- László I., Csornai G., Fekete I., Giachetta R. (2011): Távérzékelte felvételek elemzése – A távérzékelés fizikai és technikai alapjai. Budapest: ELTE <URL: http://tamop412.elte.hu/tananyagok/taverzekelt/lecke2_lap1.html> [2019. 09. 05.]
- Márkus B. (1988): Térinformatikai értelmező szótár. <URL: http://www.emrtk.unimiskolc.hu/demo/uniphorm_demo/uniphorm_magyar/gis_szotar/index.htm> [2019. 04. 19.]
- Mélykúti G. (2010a): Topográfia 1. – Térképészeti alapfogalmak. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_TOP1/ch01s05.html> [2019. 05. 07.]
- Mélykúti G. (2010b): Topográfia 2. – Vetületi alapfogalmak. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_TOP2/ch01s04.html> [2019. 05. 07.]
- Mélykúti G. (2010c): Topográfia 3. – Térképek jellemző tulajdonságai. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_TOP3/ch01s04.html> [2019. 05. 07.]
- Molnár G. (n. a.): Földkutatás a világűrben. Elektronikus jegyzet. Budapest: ELTE <URL: http://sas2.elte.hu/mg/foldkutatas_v3/index.htm> [2019. 05. 12.]
- Moreira A. (2013): Synthetic Aperture Radar (SAR): Principles and Applications. 4th Advanced Training Course in Land Remote Sensing, 01–05 July 2013 <URL: <https://earth.esa.int/documents/10174/642943/6-LTC2013-SAR-Moreira.pdf>> [2019. 11. 12.]

- Mucsi L. (2013): Műholdas távérzékelés – Elmélet és gyakorlat. Szeged: Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék <URL: <http://www.geo.u-szeged.hu/~laci/ab-RS-jegyzet/TAMOP-RS-tananyag.html>> [2019. 10. 27.]
- Mucsi L., Kovács F., Szatmári J., Nagyvárad L. (2011) Geoinformatika alapjai. Szeged: Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék <URL: <http://www.geo.u-szeged.hu/~laci/ab-Geoinfo-tananyag/ch02s03.html>> [2019. 04. 30.]
- Murai, S. (1998): GIS Work Book Technical Course. Tokio: Japan Association of Surveyors (JAS) <URL: <http://wtlab.iis.u-tokyo.ac.jp/wataru/lecture/rsgis/giswb/vol2/contents.htm>> [2019. 05. 26.]
- NGA (National Geospatial-Intelligence Agency) (2014): Standardization Document Implementation Practice Web Mercator Map Projection. 2014-02-18 Version 1.0.0. <URL: [http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/web_mercator/\(U\)NGA_SIG_0011_1.0.0_WEBMERC.pdf](http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/web_mercator/(U)NGA_SIG_0011_1.0.0_WEBMERC.pdf)> [2019. 08. 06.]
- Nógrádi L. (1999): PC Suli I. Győr: Nógrádi PC-Suli, 471 p., ISBN: 963-640-193-4
- Openlayers.org (n. d): Spherical Mercator. <URL: http://docs.openlayers.org/library/spherical_mercator.html> [2019. 06. 07.]
- Papp-Váry Á. (2007): Térképtudomány – A pálcikatérképtől az úrtérképig. Budapest: Kossuth Kiadó, 464 p. ISBN: 963-095-511-9
- Pethő G., Vass P. (2011): Geofizika alapjai. Miskolc: Miskolci Egyetem Földtudományi Kar <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFGFT6001T/sco_01_03.htm> [2019. 05. 27.]
- Pődör A. (2010): Kartográfia + Webmapping 1., A térképek tartalma és jellege? Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_KAR1/ch01s02.html> [2019. 04. 29.]
- PROJ contributors (2018): PROJ coordinate transformation software library. Open Source Geospatial Foundation. <URL: <https://proj4.org/>> [2019. 09. 30.]
- Radartutorial.eu (n. a.): Altimeters. <URL: <http://www.radartutorial.eu/02.basics/Altimeter.en.html>> [2019. 10. 16.]
- Rose G. (n. a.): Pan Sharpening. <URL: <http://imstrat.ca/uploads/files/Brochures/PanSharpening.pdf>> [2019. 09. 08.]
- Sárközy F. (2001): A GIS adatmodell harmadik évtizede. Budapest: BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék <URL: http://www.agt.bme.hu/public_h/adatmodell/adatmodell.htm> [2019. 05. 28.]
- Sárközy F. (2009) : Térinformatikai elméleti oktatóanyag. Budapest: BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék <URL: http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinform/> [2019. 05. 27.]
- Schlutz, M. (2009). Synthetic Aperture Radar Imaging Simulated in MATLAB. Thesis. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, doi: [10.15368/theses.2009.106](https://doi.org/10.15368/theses.2009.106) <URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/0cd1/b6e76233c364c64b9ed0672498abe6990e1e.pdf>> [2019. 11. 27.]
- Selinger S. (n. a.): Bevezetés a térinformatikába. [Prezentáció] Budapest: Gábor Dénes Főiskola
- Seligman, J. (2020). Artificial Intelligence / Machine Learning In Marketing. New York, Egyesült Államok: McGraw-Hill; [n. a.]: Lulu.com, 250 p. ISBN 9780244563882
- Senoner, M. (2007): Google Earth and Microsoft Virtual Earth – two Geographic Information Systems. <URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/95a0/c0a4481d131e5e8df52ddef8ffb63b92919b.pdf>> [2019. 05. 22.]
- Sentinel.esa.int (2020): Missions. <URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions>> [2020. 07. 10.]
- SEOS-Project.eu (n. a.): The Side-looking Airborne Radar. <URL: <https://seos-project.eu/marinepollution/marinepollution-c02-s02-p01.html>> [2019. 10. 27.]
- Síkhegyi F., Tisza A., Unger Z. (2001): Útmutató a felszín alatti vizeket és a földtani közeget károsító területhasználatok és szennyezőforrások távérzékelési módszerekkel történő számbavételéhez. In: Németh T. (Szerk.): Kármentesítési útmutató 3. Budapest: Környezetvédelmi Minisztérium 1-146 p. ISBN: 963-0344-08-4 <URL: <http://www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/kiadvanyok/karmutmutato3/karmutm3-2.htm>> [2019. 07. 13.]
- Siki Z. (2009): Adatbáziskezelés és szervezés. Budapest: BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék <URL: <http://www.agt.bme.hu/szadm/adatb/adatb.htm>> [2019. 04. 02.]

- Stefanakis, E. (2015): Web Mercator: the de facto standard, the controversy, and the opportunity. <URL: http://www2.unb.ca/~estef/papers/go_geomatics_stefanakis_october_2015.pdf> [2019. 08. 08.]
- Spaceflight101.com (n. a.): Galileo Overview. <URL: <http://spaceflight101.com/spacecraft/galileo/>> [2020. 05. 16.]
- Szatmáry K., Székely P., Szalai T., Szabó M. Gy. (2011) Csillagászat. Elektronikus segédanyag a fizika BSc és a földtudományi BSc szakos hallgatók számára, Szeged: Szegedi Tudományegyetem <URL: <http://astro.u-szeged.hu/oktatas/csillagaszat.html>> [2020. 06.18.]
- Tamás J. (2001): Precíziós mezőgazdaság. Budapest: Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, 144 p. ISBN: 963-356-339-9
- Lénárt Cs., Tamás J., Juhász Cs., Cifer A., Szabó A. (2003): Általános térinformatikai alapok. Tamás J. (szerk.). Miskolc: Miskolci Egyetem. 91 p. ISBN 963-661-599-3
- Tarsoly P. (2010): Geodézia 5., Vízszintes mérések alpműveletei. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_GED5/adatok.html> [2019. 06. 18.]
- Thapa, R., Murayama, Y. (2010): Remote sensing: platforms and sensors. In: B. Warf (szerk.), Encyclopedia of geography, 2421–2424. p. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc. doi: [10.4135/9781412939591.n979](https://doi.org/10.4135/9781412939591.n979)
- Timár G. (2008): Georeferencia – Térképi vetületek és geodéziai dátumok szabatos használata a térinformatikában. Elektronikus jegyzet. Budapest: Eötvös Loránd Tudományegyetem <URL: <http://sas2.elte.hu/tg/georeferencia.htm>> [2019. 06. 06.]
- Timár G., Molnár G. (2013): Térképi vetületek és alapfelületek. Budapest: Eötvös Loránd Tudományegyetem <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0073_terkepi_vetuletek_alapfeluletek/index.html> [2019. 06. 29.]
- Tomor T. (2011): Az ajkai vörösiszap-katasztrófa hatásainak felmérése során alkalmazott domborzatmodelllezési technikák bemutatása. „Európai Unió közgazdasági eljárások kidolgozása a környezeti kockázatok csökkentése és kezelése érdekében” nemzetközi konferencia, Budapest, Veszprém, Szekszárd, 2011. május 23–25. <URL: http://okopoliszklaszter.hu/download/eloadasok/icemt_2011.05.25_05.tamas.tomor.pdf> [2019. 12. 03.]
- Tomor T. (2015): Légi távérzékelési projektek a Károly Róbert Főiskolán. [Prezentáció] „GIS Open 2015, Jogszabályi megújulás - növekvő lehetőségek” konferencia, Székesfehérvár, 2015. március 25–27. <URL: <https://docplayer.hu/6214252-Legi-taverzekelesi-projektek-a-karoly-robert-foiskolan.html>> [2019. 12. 03.]
- Tomor T. (2017): Mezőgazdasági adatnyerési lehetőségek távérzékelési technológiák alkalmazásával. [Prezentáció] Gyöngyös: Eszterházy Károly Egyetem, Gyöngyösi Károly Róbert Campus Távérzékelési és Vidékfejlesztési Kutatóintézet, Gyöngyös, 2017. február 7.
- Tóth Cs. A. (2016): A műholdas helymeghatározás alapjai. Oktatási segédlet. Debrecen: Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék <URL: https://elearning.unideb.hu/pluginfile.php/236777/mod_resource/content/1/A_muholdas_helymeghatározás_alapjai.pdf> [2019. 12. 02.]
- Tóth L. (2018): Tájékoztató a pilóta nélküli légi jármű-rendszerek (UAS) frekvenciahasználatáról és engedélyezési kérdéseiről. Budapest: Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság, Spektrumgazdálkodási Osztály <URL: http://nmhh.hu/dokumentum/193162/UAV_tajekoztato.pdf> [2019. 11. 29.]
- USGS (n. a.): Landsat missions. <URL: <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat>> [2019. 08. 10.]
- Vágó J., Seres A., Hegedűs A. (2011): Alkalmazott térinformatika. Miskolc: Miskolci Egyetem Földtudományi Kar <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFGGT218/sco_00_01.htm> [2019. 08. 24.]
- Várady L. (n. a.): Adatbázis-kezelés. Előadás vázlat. Debrecen: Debreceni Egyetem <URL: http://www.inf.unideb.hu/~fazekasg/oktatas/Adatbazisok/adatbelm_nyh_pdf.PDF> [2019. 03. 21.]
- Varga J. (2000): Hasonlóságok és különbségek a Gauss-Krüger és az UTM vetületek között. In: Geodézia és Kartográfia 52. 1. 14–19. p.

- Varga J. (2005): A vetületnélküli rendszerektől az UTM-ig. Budapest: BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék <URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/Osszes/Dok3uj.htm> [2019. 03. 11.]
- Varga J. (2007): Geodéziai vetületek. Budapest: BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék <URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/vetulettan/katvet.html> [2019. 03. 14.]
- Varga J. (2009a): Vetülettan. Budapest: BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék <URL: <http://www.agt.bme.hu/tantargyak/vetulettan/vetulet.pdf>> [2019. 03. 12.]
- Varga J. (2009b): GPS alapismeretek. Budapest: BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék <URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/gps/kezdoknek.html> [2019. 03. 12.]
- Verőné Wojtaszek, M. (2010a): Földhasználati tervezés és monitoring 3. – Távérzékelés, mint földhasználati adatforrás. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_FHT3/index.html> [2019. 07. 20.]
- Verőné Wojtaszek, M. (2010b): Fotointerpretáció és távérzékelés 1. – A távérzékelés fizikai alapjai. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_FOI1/index.html> [2019. 03. 22.]
- Verőné Wojtaszek M. (2010c): Fotointerpretáció és távérzékelés 3. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_FOI3/index.html> [2019. 03. 04.]
- Vincze L. (2010): Nagyméretarányú térképi alapfogalmak, térképkészítési technológiák. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_NMT1/index.html> [2019. 03. 25.]
- Wikipedia.org (n. a.): Web Mercator projection. <URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Web_Mercator_projection> [2019. 05. 31.]
- WW2010 (n. a.): Scanning Modes – PPI and RHI. <URL: [http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(Gh\)/guides/rs/rad/basics/cnmod.rxml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides/rs/rad/basics/cnmod.rxml)> [2019. 12. 01.]
- Xu, G., Xu, Y. (2016) GPS: Theory, Algorithms and Applications. 3rd edition. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag 489 p. doi: [10.1007/978-3-662-50367-6](https://doi.org/10.1007/978-3-662-50367-6)
- Zentai L. (2000): Számítógépes térképészet. Budapest: ELTE Eötvös Kiadó ISBN 963 463 317 X
- Zentai L (2004): Térképészet és térinformatika. 1–12. p. In: Márkus, B (szerk.): „Térinformatika, 2004” konferencia, Székesfehérvár : Nyugat-magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Főiskolai Kar <URL: <http://real.mtak.hu/5537/1/1146803.pdf>> [2019. 04. 01.]
- Völgyesi L., Tóth Gy., Ulmann Z. (2015): Új fejezet az Eötvös-ingával végzett magyarországi mérések és felhasználásuk történetében. In: Magyar Geofizika, 56. 2. 108–118. p. <URL: http://epa.oszk.hu/03400/03436/00222/pdf/EPA03436_magyar_geofizika_2015_02_108-118.pdf> [2019. 04. 07.]

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat: Papír térkép és GIS összehasonlítása.....	15
2. táblázat: Magyarországon térképezési célokra használatos ellipszoidok.....	22
3. táblázat: Az MGRS-azonosító pontossága különböző megadás esetén.....	39
4. táblázat: Vektoros és raszteres modell előnyei, hátrányai.....	57
5. táblázat: Műveletek összehasonlítása a vektoros és raszteres modellben.....	57
6. táblázat: A térbeli adatnyerési források területi kiterjedés alapján.....	65
7. táblázat: A Landsat-műholdak szenzorai.....	95
8. táblázat: A SPOT-műholdak szenzorainak tulajdonságai.....	99
9. táblázat: A különböző tartományokban működő radarrendszerek és felhasználásuk.....	107
10. táblázat: A Sentinel-műholdak pályadatai.....	124
11. táblázat: A Sentinel-műholdak szenzorai.....	125

TÁBLÁZATOKBAN HIVATKOZOTT INTERNETES FORRÁSOK

3. táblázat: <URL: https://www.maptools.com/tutorials/mgrs/quick_guide> [2019. 03. 02.]
4. táblázat: <URL http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/datacon/datacon_f.html> [2019. 03. 22.]
7. táblázat: <URL1: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/>> [2019. 05. 17.]
<URL2: <https://eo.belspo.be/en/satellites-and-sensors>> [2019. 05. 17.]
<URL3: https://webapps.itc.utwente.nl/sensor/getsat.aspx?name=Landsat_1> [2019. 05. 17.]
8. táblázat: <URL1: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/>> [2019. 06. 08.]
<URL2: <https://eo.belspo.be/en/satellites-and-sensors>> [2019. 06. 08.]
<URL3: <https://webapps.itc.utwente.nl/sensor/getsen.aspx?name=HRV>> [2019. 06. 09.]
9. táblázat: <URL: <https://earthdata.nasa.gov/learn/what-is-sar>> [2019. 09. 03.]
10. táblázat: <URL1: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions>> [2020. 05. 22.]
<URL2: <https://webapps.itc.utwente.nl/sensor/default.aspx?view=searchsat>> [2020. 05. 22.]
<URL3: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus>> [2020. 05. 22.]
11. táblázat: <URL1: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions>> [2020. 05. 23.]
<URL2: <https://webapps.itc.utwente.nl/sensor/default.aspx?view=searchsen>> [2020. 05. 23.]
<URL3: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus>> [2020. 05. 23.]

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra:	A Boston Centinel lap karikatúrája a bizarr formájú választókörzetről	11
2. ábra:	Dr. John Snow koleratérképe	12
3. ábra:	Szifilisztérkép	13
4. ábra:	„Nagyvárosok slumjai” térkép	13
5. ábra:	A Vörös Térkép	14
6. ábra:	Nagy méretarányú földmérési alaptérkép részlete.....	18
7. ábra:	1:50 000 állami topográfiai térkép	19
8. ábra:	Tematikus térképek módozatai	20
9. ábra:	A Föld geoid alakja, az eltérések „felnagyításával”	21
10. ábra:	Forgási ellipszoid	22
11. ábra:	Különböző igények szerinti ellipszoidok	23
12. ábra:	Geocentrikus és topocentrikus koordinátarendszer	24
13. ábra:	Ellipszoidi koordináták értelmezése	25
14. ábra:	Gömbfelületi koordináták.....	25
15. ábra:	Felszín és magassági adatok	26
16. ábra:	A WGS 84 ellipszoid és a Földfelszín eltérései a GOCE műhold mérései alapján	26
17. ábra:	A WGS 84 ellipszoid és a földfelszín eltérései hazánkban	27
18. ábra:	Vetítés egy pontból kiinduló (a) és párhuzamos egyenesek (b) segítségével.....	27
19. ábra:	Középpontos vetítés	28
20. ábra:	Vetületek alakjuk szerint: hengervetület (a), kúpvetület (b), síkvetület (c)	29
21. ábra:	Vetületek a Földhöz viszonyított elhelyezésük szerint: normális (a), transzverzális (b) ferdetengelyű (c).....	29
22. ábra:	Érintő (a) és süllyesztett vetület (b).....	29
23. ábra:	Perspektív (szerkeszthető) vetületek: sztereografikus (a), gnomonikus (b), ortografikus (c).....	30
24. ábra:	Gauss–Krüger-vetítés	32
25. ábra:	Gauss–Krüger-vetületi sávok	32
26. ábra:	A Gauss–Krüger-vetület szelvényezése	33
27. ábra:	Magyarország a Gauss–Krüger-vetületi sávokban	33
28. ábra:	Az 1:1 000 000 méretarányú Gauss–Krüger-szelvény felosztása	34
29. ábra:	Az 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000 és 1:10 000 méretarányú Gauss–Krüger-szelvények... ..	34
30. ábra:	UTM-vetítés	35
31. ábra:	Egy UTM-szelvény	35
32. ábra:	Az UPS-vetület hatóköre.....	36
33. ábra:	Az UTM-vetület szelvényezése.....	36
34. ábra:	Magyarország az UTM-vetületi sávokban	37
35. ábra:	Síkkordináta-rendszerek az UTM-vetületi sávon	38
36. ábra:	MGRS-keresőhálózat Magyarország területén.....	39
37. ábra:	Az MGRS-azonosítóval „megtalált” Körépület	40
38. ábra:	A Spherical Mercator-vetület a Google Térképen.....	41
39. ábra:	Eltérés a Mercator- (kék) a Spherical Mercator- (piros) vetületek között.....	41
40. ábra:	Képpiramis	42
41. ábra:	Pixelkoordináták.....	42
42. ábra:	A piramis egy csempéjének koordinátái.....	43
43. ábra:	Google-térkép koordinátáinak előállítás.....	43
44. ábra:	Példa a koordinátákra különböző nagyítási szinteken.....	44
45. ábra:	A Google Earth és a négyzetes hengervetület	44
46. ábra:	Az Egységes Országos Vetület (EOV).....	45
47. ábra:	Az EOV-vetület koordinátarendszere.....	46
48. ábra:	Az EOVR szelvényhálózata. Az 1:100 000 méretarányú szelvények	46
49. ábra:	Az EOV-szelvények aláosztása.....	47
50. ábra:	Kiépített vízszintes és magassági alappont.....	48

51. ábra:	Vízszintes és magassági alappont leírása	48
52. ábra:	Modellezés a térinformatikában	49
53. ábra:	Térbeli és leíró adatok térinformatikai rendszerben	51
54. ábra:	Az objektumok definiálása	51
55. ábra:	A hierarchikus adatbázis modellje.....	52
56. ábra:	A hálós adatbázis modellje.....	53
57. ábra:	A relációs adatbázis modellje.....	53
58. ábra:	Hatszög, négyzet és háromszög alapú tesszallációk.....	55
59. ábra:	Raszteres adatmodell	56
60. ábra:	Vektoros adatmodell.....	56
61. ábra:	Fedvénybe hozott raszteres (űrfotó) és vektoros (úthálózat) tér adatok	58
62. ábra:	Átalakítás raszter- és vektormodellek között	58
63. ábra:	Topológiai szabályok	59
64. ábra:	Rétegek egy térinformatikai rendszerben.....	60
65. ábra:	Térinformatikai adatbázis és egy külső adatbázis kapcsolata	60
66. ábra:	GIS-projekt lépései.....	61
67. ábra:	Geokódolt pontok a Kaposvári Egyetemen	62
68. ábra:	Georeferálás.....	63
69. ábra:	Online geokódolás postai cím alapján.....	63
70. ábra:	A térbeli adatnyerés eszközei	64
71. ábra:	Derékszögű koordinátamérés sémája	67
72. ábra:	Mérés derékszögű szögprizmával.....	68
73. ábra:	A tahimetria koncepciója.....	68
74. ábra:	Korszerű elektronikus tahiméterek.....	69
75. ábra:	Magasságkülönbség meghatározása szintezőműszerrel	70
76. ábra:	Példa digitalizálási folyamatra GIS-programmal a) szkennelés, b) georeferálás, c) feldolgozás	71
77. ábra:	Komplett térképszkenner-munkaállomás	72
78. ábra:	Digitalizáló tábla	73
79. ábra:	Digitalizáló tábla mutatóeszközei.....	73
80. ábra:	On-screen digitalizálás QGIS-programban	74
81. ábra:	Digitalizálási hibák (a) és javításuk (b).....	74
82. ábra:	Az elektromágneses hullámhossztartomány (spektrum)	75
83. ábra:	Az elektromágneses energia és a földfelszín közötti kölcsönhatások	76
84. ábra:	Visszavert sugárzás és az általa mérhető jellemzők	76
85. ábra:	Légköri ablakok.....	77
86. ábra:	Hőkamerás bemutató a Fővárosi Állat- és Növénykertben	78
87. ábra:	Az eredeti felvétel (A) radiometriai és atmoszferikus korrekció után (B)	78
88. ábra:	Radiometriailag korrigált (bal) és geometriailag korrigált kép (jobb)	79
89. ábra:	Földfelszín osztályozása.....	79
90. ábra:	A távérzékelés elemei és kapcsolatok	80
91. ábra:	A távérzékeléshez használt szenzorok felosztása.....	80
92. ábra:	Aktív és passzív távérzékelés	81
93. ábra:	Aktív és passzív távérzékelési szenzorok.....	81
94. ábra:	Tárgysíkszkennelés (bal) és képsíkszkennelés (jobb)	82
95. ábra:	Távérzékelésben használt eszközök és a megfigyelési távolság	83
96. ábra:	Multispektrális felvétel sávjai (5 széles sáv)	83
97. ábra:	Hyperspektrális felvétel sávjai (több száz keskeny sáv)	83
98. ábra:	Távérzékelési termékek	85
99. ábra:	A légi felvétel készítésének elve	87
100. ábra:	A légi fotók feldolgozása	88
101. ábra:	Különbség az ortofotó a DSM és a DTM között.....	88
102. ábra:	Légi felvételek készítésére alkalmazott kamera és a sztereoszkópikus felvételezés időzítését bemutató ábra az első világháború idejéből	89
103. ábra:	Sztereo képpár: Francia csapatok a lövészárkokban a somme-i csata idején.....	89

104. ábra: A sztereoszkóp	90
105. ábra: A Kaposvári Egyetem ferde tengelyű, nem mérőképes légi fotója	90
106. ábra: A különböző műholdérzékelők spektrumai és alkalmazási területeik.....	91
107. ábra: Műholdpályák excentricitása.....	92
108. ábra: Műholdpályák inklinációja.....	93
109. ábra: Műholdak pályamagasságai	93
110. ábra: A Landsat-program idővonala.....	93
111. ábra: Landsat-műholdak földi vevőállomásai	94
112. ábra: A WRS-2 path/row-beosztása.....	95
113. ábra: RBV-kamerák a Landsat-1-2. (bal) és a Landsat-3 (jobb) műholdakon	96
114. ábra: Az MSS-szkenner felépítése	97
115. ábra: A Pansharpening folyamata: nagy felbontású pankromatikus kép (a),	98
116. ábra: A Landsat-8 felvétele a Paluweh vulkánról (Indonézia).....	98
117. ábra: A SPOT-program idővonala.....	99
118. ábra: A SPOT-6, SPOT-7 és a Pléiades-1A, Pléiades-1B műholdak konstellációja	99
119. ábra: A SPOT-szenzorok elmozdítható optikai tengelye és az így felvételezhető sávok.....	100
120. ábra: Sztereo felvételek készítése különböző pályákról	100
121. ábra: A SPOT Grid Reference System	101
122. ábra: A VEGETATION-szenzor pásztaszélessége	101
123. ábra: NDVI-térkép a SPOT VEGETATION-szenzor felvételei alapján.....	102
124. ábra: A zagyvíztároló és Kolontár SPOT-5 felvételen a katasztrófa előtt	102
125. ábra: A HRS-szenzor felépítése és a sztereófelvétel-készítés jellemzői	103
126. ábra: A HRS-szenzorral készített felvételekből generált 120 × 600 km méretű DEM	103
127. ábra: A HRS-szenzorral készített felvételekből generált 3D nézet	104
128. ábra: Ikonos-felvétel a vörösiszap-katasztrófáról.....	105
129. ábra: Nem képalkotó radarok működési elve, felépítése, képernyőképe	108
130. ábra: Tenger hullámmagasságának mérése	108
131. ábra: Felszíni szelek az Iván hurrikán alatt a QuikScat scatterométeres becslései alapján	109
132. ábra: Az oldalra néző radar működési elve	110
133. ábra: Harrisburg, Pennsylvania repülőgépről készített RAR-képen (K Band) és a területről készített űrfotó.....	110
134. ábra: Szintetikus apertúrájú rádiólokátor (SAR) elve	111
135. ábra: Harckocsi egy éjszakai SAR-felvételen és a Halál-völgy színezett SAR-képe.....	111
136. ábra: Az SRTM által mért földfelszín	112
137. ábra: Az SRTM-mérés elvi vázlata	112
138. ábra: SRTM domborzati modellje Budapest környékéről.....	113
139. ábra: Az elektromágneses hullám polarizációja	113
140. ábra: Különböző polarizációjú L-sávú RADAR-felvételek: a: vízszintes adó és vevő (LHH), b: függőleges adó és vevő (LVV), c: vízszintes adó, függőleges vevő (LHV)	114
141. ábra: L-sávú hamis színes kép, HH = kék, HV = zöld, VV = vörös	114
142. ábra: Különböző hullámhosszakon készített színes kompozit kép a Weddell tengerről (Antarktisz, az Atlanti Óceán déli része).....	115
143. ábra: Hagyományos fotó és radarkép a Klucsevszkij Vulkanról (Kamcsatka, Oroszország, Szibéria)	115
144. ábra: A LIDAR-mérés eszközei	116
145. ábra: A LIDAR-mérés elve	117
146. ábra: Többszörös visszaverődés	118
147. ábra: A visszavert impulzusok megoszlása erdős területen.....	118
148. ábra: LIDAR-mérés során keletkezett pontfelhő.....	119
149. ábra: A vörösiszap-tároló medence 3D modellje a katasztrófa után	119
150. ábra: Aggteleki-karszt első (fent) és utolsó (lent) visszaverődés LIDAR-képei	120
151. ábra: Nagy feszültségű vezeték LIDAR-felmérése	121
152. ábra: A Sentinel-műholdcsalád	123
153. ábra: A Sentinel-műholdak üzembehelyezésének hosszútávú forgatókönyve	124
154. ábra: Terület kiválasztása a Copernicus Open Access Hub weboldalán	126

155. ábra:	A kiválasztott területre vonatkozó találatok (bal) és a szűkített találati lista (jobb).....	126
156. ábra:	A letöltött adatokból készített virtuális raszter és NDVI-térkép	127
157. ábra:	Kis fás területek a Kaposvári Egyetemen és környékén.....	128
158. ábra:	A Natura 2000-es területek a Dél-Dunántúli régióban.....	128
159. ábra:	Távolság a: 1 műholdtól, b: 2 műholdtól, c: 3 műholdtól	131
160. ábra:	A műholdas helymeghatározás szegmensei	132
161. ábra:	GPS-műholdak hat pályája.....	132
162. ábra:	A GPS-műholdak által sugárzott jelek	133
163. ábra:	Az egyes műholdak Pszeudo Random Kódjának részlete (1 sor 1 műhold).....	133
164. ábra:	A kódérés elve	135
165. ábra:	A vevő órahibája miatti eltérés.....	135
166. ábra:	A fázismérés végrehajtása t_0 és t_1 időpontban	136
167. ábra:	Földi GPS-állomások	137
168. ábra:	A különböző célú felhasználói vevők.....	138
169. ábra:	GPS-alappontok.....	139
170. ábra:	Az Orci felé haladó út melletti GPS-alappont pontleírása	140
171. ábra:	Az abszolút helymeghatározás elve.....	140
172. ábra:	A relatív helymeghatározás elve	141
173. ábra:	Differenciális GPS-mérés.....	142
174. ábra:	Valós idejű kinematikus (RTK-) mérés.....	142
175. ábra:	A GNSSnet.hu alappontjai	143
176. ábra:	A kaposvári Földhivatal tetején található GPS-alappont adatai	144
177. ábra:	Az AGPS működési elve	144
178. ábra:	A mérés hibái és azok keletkezési helye	145
179. ábra:	Mérési hibák.....	147
180. ábra:	Rossz GDOP-érték (a), jó GDOP-érték (b).....	148
181. ábra:	Az elméletileg elérhető legjobb GDOP-érték.....	148
182. ábra:	A HDOP és a mérések pontossága	149
183. ábra:	A PDOP változása a kaposvári (KAPO) GPS-alapponton.....	150
184. ábra:	Jó GDOP, rossz láthatóság	150
185. ábra:	A Galileo űrszegmense.....	153
186. ábra:	A Galileo által használt jelek.....	154
187. ábra:	A Galileo földi kontrollszegmense.....	155

INTERNETRŐL SZÁRMAZÓ ÁBRÁK FORRÁSAI

1. ábra: <URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/63/The_Gerry-Mander.png/1024px-The_Gerry-Mander.png> [2019. 01. 12.]
2. ábra: <URL: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c7/Snow-cholera-map.jpg>> [2019. 01. 27.]
3. ábra: <URL: http://kep.cdn.index.hu/1/0/501/5013/50132/5013268_5104c38774eb4db863eedba7850c244c_wm.jpg> [2019. 01. 11.]
4. ábra: <URL: <http://www.encyclopedia.chicagohistory.org/pages/10870.html>> [2019. 01. 13.]
5. ábra: <URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ea/Ethnographic_map_of_hungary_1910_by_teleki_carte_rouge.jpg> [2019. 01. 12.]
6. ábra: <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_TOP3/images/TOP3_A23.png> [2019. 02. 28.]
7. ábra: <URL: http://shop.hmzrinyi.hu/images/26/ujtopo_50000_hu.jpg> [2019. 01. 18.]
9. ábra: <URL: https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2008/05/Earth_s_geoid_as_seen_by_GOCE> [2019. 10. 19.]
10. ábra: <URL: http://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_TOP1/images/TOP134.png> [2019. 01. 06.]
11. ábra: <URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/gps/GPS2.gif> [2019. 02. 04.]
15. ábra: <URL: http://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_TOP1/images/TOP139.png> [2019. 02. 06.]
16. ábra: <URL: https://www.universetoday.com/wp-content/uploads/2010/06/goce_gravity_field_786map.png> [2019. 02. 16.]
18. ábra: <URL: <http://www.sze.hu/~szabof/elsoea.htm>> [2019. 12. 07.]
19. ábra: <URL: <https://cms.sulinet.hu/get/d/e0ccf912-e1f0-4eb4-9d6b-c44277c0de3b/1/6/b/Large/fama-k3-046-nagy.svg>> [2019. 10. 26.]
26. ábra: <URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d1/Division_of_the_Earth_into_Gauss-Krueger_zones_-_Net.svg> [2020. 06. 13.]
31. ábra: <URL: <https://www.e-education.psu.edu/geog862/sites/www.e-education.psu.edu/geog862/files/images/Lesson05/OneZoneUTM.bmp>> [2019. 10. 12.]
32. ábra: <URL: https://www.meted.ucar.edu/oceans/navy_geodesy/media/graphics/ups_map.jpg> [2020. 06.11.]
33. ábra: <URL: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ed/Utm-zones.jpg>> [2019. 06. 26.]
36. ábra: <URL: <http://www.agt.bme.hu/varga/Osszes/utmd.gif>> [2019. 04. 12.]
37. ábra: <URL: https://www.google.com/search?rlz=1C1GCEV_hu&ei=pKCQXePsB--ymwXa7L6oBA&q=33TYM+17334+40713&oq=33TYM+17334+40713&gs_l=psy-ab.3...1660153.1660153..1661066...0.0..110.110.0j1.....0.....2j1..gws-wiz.QhQgt3WskE&ved=0ahUKEwjzG5gfbkAhVv2aYKHVq2D0UQ4dUDCAs&uact=5> [2020. 06. 07.]
38. ábra: <URL1: https://alastaira.files.wordpress.com/2011/01/image_thumb23.png> [2019. 09. 04.]
<URL2: <https://www.google.com/maps/>> [2019. 09. 04.]
40. ábra: <URL: <https://www.maptiler.com/tools/tiles-a-la-gmaps/img/pyramid.png>> [2019. 09. 17.]
41. ábra: <URL: <https://developers.google.com/maps/documentation/images/pixelCoordinates.png>> [2019. 09. 14.]
42. ábra: <URL: <https://developers.google.com/maps/documentation/images/tileCoordinates.png>> [2019. 09. 14.]
43. ábra: <URL: <https://www.maptiler.com/google-maps-coordinates-tile-bounds-projection/>> [2019. 09. 14.]
44. ábra: <URL: <https://jsfiddle.net/17fvyb8a/1/>> [2019. 09. 14.]
45. ábra: <URL: <http://mapsopensource.com/images/world-plate-carree-projection-map.gif>> [2019. 09. 22.]

50. ábra: <URL1: <http://img.jarasihivatalok.bekesmegye.com/Kormanyhivatal/3abra.JPG>>
[2019. 09. 24.]
<URL2: <http://img.jarasihivatalok.bekesmegye.com/Kormanyhivatal/2-abra.JPG>>
[2019. 09. 24.]
51. ábra: <URL1: https://geoshop.hu/assets/uploads/product_informations/VAB_minta_75-2403_lowres.jpg> [2019. 03. 12.]
<URL2: https://geoshop.hu/assets/uploads/product_informations/MAG_minta_1035117-1_lowres.jpg> [2019. 03. 12.]
55. ábra: <URL: <http://www.geo.u-szeged.hu/~laci/ab-Geoinfo-tananyag/images/2-1image.jpg>>
[2019. 06. 27.]
56. ábra: <URL: <http://www.geo.u-szeged.hu/~laci/ab-Geoinfo-tananyag/images/2-2image.jpg>>
[2019. 06. 27.]
57. ábra: <URL: <http://www.geo.u-szeged.hu/~laci/ab-Geoinfo-tananyag/images/2-3image.jpg>>
[2019. 06. 27.]
58. ábra: <URL: http://mathworld.wolfram.com/images/eps-gif/RegularTessellations_1000.gif>
[2019. 09. 19.]
59. ábra: <URL: <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/datacon/gif/raster.gif>> [2019. 10. 10.]
60. ábra: <URL: <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/datacon/gif/vector.gif>> [2019. 10. 10.]
61. ábra: <URL:
<https://www.google.hu/maps/@46.3829165,17.8289742,1429m/data=!3m1!1e3?hl=hu>>
[2019. 12. 11.]
62. ábra: <URL: http://gsp.humboldt.edu/OLM_2017/Lessons/GIS/08Rasters/Images/convertingdatamodels2.png> [2019. 06. 06.]
63. ábra: <URL: https://apollomapping.com/blog/g-faq-spatial-topology-gis-part/topology_rules_poster-2> [2019. 08. 11.]
64. ábra: <URL: <http://www.srh.noaa.gov/images/bmx/gislayers.jpg>> [2019. 05. 08.]
67. ábra: <URL: <https://www.google.hu/maps/@46.3843203,17.8252193,16z?hl=hu>> [2020. 06. 09.]
68. ábra: <URL: <http://www.rucon-engineering.de/system/html/Georeferenzierung-5e675b8e.jpg>>
[2019. 04. 30.]
69. ábra: <URL: <https://www.latlong.net/convert-address-to-lat-long.html>> [2019. 05. 31.]
71. ábra: <URL: http://bme-geod.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/gif/31fig16.gif> [2019. 12. 27.]
72. ábra: <URL: <https://www.geoport.hu/images/termekek/367/img.jpg>> [2019. 11. 11.]
<URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tarta-lom/tamop425/0027_GED5/images/GED506.png> [2019. 11. 10.]
73. ábra: <URL: http://bme-geod.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/gif/31fig17.gif> [2019. 12. 27.]
74. ábra: <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tarta-lom/tamop425/0033_SCORM_MFGGT6002/content/3/1_1/3_4.jpg> [2019. 10. 18.]
75. ábra: <URL: http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/gif/31fig10.gif> [2019. 12. 05.]
76. ábra: <URL: http://www.geomega.hu/chkut/wp-content/uploads/Georef_Georeferencing.jpg>
[2019. 11. 30.]
77. ábra: <URL: <http://www.terc.hu/uploads/default/files/gxt42-stand-basket-pc-map-angle-lojpg.jpg>> [2019. 11. 13.]
78. ábra: <URL:
<http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc01/professional/papers/pap894/p08942.jpg>>
[2019. 11. 28.]
79. ábra: <URL: http://www.soltechs.com/Large_SL3_Cursors.jpg> [2019. 11. 28.]
80. ábra: <URL: <http://www.qgistutorials.com/en/images/261.png>> [2019. 11. 06.]
81. ábra: <URL: http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t42a.htm> [2019. 11. 03.]
82. ábra: <URL:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/ce/EM_spectrum_hu.svg/1280px-EM_spectrum_hu.svg.png> [2019. 12. 04.]
83. ábra: <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tarta-lom/tamop425/0027_FHT3/images/FHT306.png> [2019. 12. 15.]
85. ábra: <URL: http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/gif/34atmosa.gif> [2019. 12. 13.]

87. ábra: <URL: http://www.frontiersin.org/files/Articles/232994/feart-05-00017-HTML/image_m/feart-05-00017-g004.jpg> [2019. 08. 07.]
89. ábra: <URL: <https://www.korinfo.hu/sites/default/files/elohelyterkep.jpg>> [2019. 12. 12.]
90. ábra: <URL: http://www.geo.u-szeged.hu/~feri/kornyezeti_informatika/images/images2_2.jpg> [2019. 08. 27.]
91. ábra: <URL: <http://wtlab.iis.u-tokyo.ac.jp/wataru/lecture/rsgis/rsnote/cp2/2-1-1.gif>> [2020. 04. 11.]
92. ábra: <URL: http://www.treasure-hunt.alaska.edu/ch3/info_sensing.html> [2020. 05. 07.]
93. ábra: <URL: <https://seos-project.eu/marinepollution/images/active-passive-sensors.png>> [2020. 05. 23.]
95. ábra: <URL: http://www.geo.u-szeged.hu/~feri/kornyezeti_informatika/images/images2_7.jpg> [2019. 10. 18.]
96. ábra: <URL: <https://gisgeography.com/wp-content/uploads/2014/07/multi.png>> [2020. 05. 17.]
97. ábra: <URL: <https://gisgeography.com/wp-content/uploads/2014/07/hyper.png>> [2020. 05. 17.]
99. ábra: <URL: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tarta-lom/tamop425/0027_FHT3/images/FHT312.png> [2019. 10. 31.]
100. ábra: <URL: <https://www.pipistrel.si/en/image/large/9226/ortofoto.jpg>> [2019. 10. 23.]
101. ábra: <URL: <https://www.arctron.de/wp-content/uploads/2018/04/airborne-laserscanning-als-ortho-dom-dgm.jpg>> [2019. 04. 04.]
102. ábra: <URL1: <http://fly.historicwings.com/wp-content/uploads/2016/08/StereoscopicGreatWar-10-300x266.jpg>> [2019. 06. 30.]
<URL2: <http://fly.historicwings.com/wp-content/uploads/2016/08/StereoscopicGreatWar-12.jpg>> [2019. 06. 30.]
103. ábra: <URL: <http://fly.historicwings.com/wp-content/uploads/2016/08/StereoscopicGreatWar-Somme.jpg>> [2019. 06. 30.]
104. ábra: <URL: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/37/Stereoscope.jpg>> [2019. 06. 30.]
105. ábra: <URL: <https://szallashelyek-utazas.info/wp-content/uploads/2015/04/Kaposvár-felül-ról.jpg>> [2019. 04. 13.]
106. ábra: <URL: http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/gif/34ase.gif> [2019. 02. 26.]
107. ábra: <URL: <http://www.urvilag.hu/show.php?fn=orb-3.jpg>> [2019. 02. 28.]
108. ábra: <URL: http://astro.u-szeged.hu/oktatas/csillagaszat/5_Egi_mechanika/images/05_05_muholdpalyak.jpg> [2019. 02. 28.]
109. ábra: <URL: <https://i2.wp.com/article1000.com/wp-content/uploads/2017/12/types-of-satellite-orbits.jpg>> [2019. 02. 28.]
110. ábra: <URL: https://landsat.gsfc.nasa.gov/wp-content/uploads/2013/01/program-timeline_2015-L9-2020.png> [2019. 02. 09.]
111. ábra: <URL: https://landsat.usgs.gov/landsat/igs_maps/about_ground_stations_2_historical/> [2019. 06. 05.]
112. ábra: <URL: <https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/images/wrs2.gif>> [2019. 06. 05.]
113. ábra: <URL1: http://employees.oneonta.edu/baumanpr/geosat2/RS_Landsat/FIGURE_5.JPG> [2019. 02. 14.]
<URL2: http://employees.oneonta.edu/baumanpr/geosat2/RS_Landsat/FIGURE_6.JPG> [2019. 02. 14.]
114. ábra: <URL: http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/gif/34amsssk.gif> [2019. 03. 13.]
115. ábra: <URL: https://www.geoimage.com.au/images/services/pan_sharp_bne_qb.jpg> [2019. 04. 17.]
116. ábra: <URL1: https://www.nasa.gov/sites/default/files/images/746503main_paluweh_oli_2013119_geocrop.jpg> [2019. 02. 28.]
<URL2: https://www.nasa.gov/sites/default/files/images/746504main1_paluweh_tir_2013119_b10_web-673.jpg> [2019. 02. 28.]
117. ábra: <URL: https://earth.esa.int/documents/10174/1822379/SPOT_timeline> [2019. 02. 07.]
118. ábra: <URL: https://earth.esa.int/documents/163813/200625/Pleiades_Auto15> [2019. 03. 16.]
119. ábra: <URL1: http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/gif/34aspot3.gif> [2019. 05. 15.]
<URL2: http://spot5.cnes.fr/gb/images/310b_1.gif> [2019. 05. 02.]

120. ábra: <URL:
http://charim.net/sites/default/files/handbook/datamanagement/3/3.2/Spot_dem.jpg>
 [2019. 04. 29.]
122. ábra: <URL: <http://www.spot-vegetation.com/images/other/spot4.gif>> [2019. 04. 29.]
123. ábra: <URL:
https://wiki.landscapetoolbox.org/lib/exe/fetch.php/remote_sensor_types:spotveg2.jpg>
 [2019. 04. 21.]
124. ábra: <URL: <http://content.satimagingcorp.com/static/galleryimages/spot-5-ajka-hungary-before.jpg>> [2019. 04. 20.]
125. ábra: <URL: https://directory.eoportal.org/documents/163813/2197401/SPOT5_Auto2.jpeg>
 [2019. 04. 29.]
126. ábra: <URL:
https://www.researchgate.net/profile/Armin_Gruen/publication/243787338/figure/fig1/AS:298510256754688@1448181799079/DEM-generated-for-the-whole-are-of-120km-x-60km_W640.jpg> [2019. 03. 14.]
127. ábra: <URL: https://cnes.fr/sites/default/files/migration/automne/standard/2009_03/p7022_31e679fc48f011d5fcb9e240743c842Alaska_3Dview.jpg>
 [2019. 03. 14.]
128. ábra: <URL: <http://content.satimagingcorp.com/static/galleryimages/ikonos-toxic-red-sludge-hungary.jpg>> [2019. 03. 01.]
129. ábra: <URL1: <http://ww2010.atmos.uiuc.edu/guides/rs/rad/basics/gifs/cnmod1.gif>> [2019. 07. 15.]
 <URL2: <http://ww2010.atmos.uiuc.edu/guides/rs/rad/basics/gifs/cnmod2.gif>> [2019. 07. 15.]
 <URL3: https://www.pentech.com/wp-content/uploads/2017/10/shutterstock_449041102.jpg> [2019. 07. 15.]
 <URL4: <http://www.radartutorial.eu/19.kartei/11.ancient/pic/img9181.jpg>> [2019. 07. 15.]
 <URL5: <http://www.radartutorial.eu/12.scopes/pic/PPI-scope.prn.jpg>> [2019. 07. 15.]
 <URL6: <http://www.radartutorial.eu/12.scopes/pic/RHI-Hires.gif>> [2019. 07. 15.]
130. ábra: <URL: http://www.altimetry.info/wp-content/uploads/2015/06/methode_en.jpg>
131. ábra: <URL: https://cimss.ssec.wisc.edu/sage/oceanography/lesson4/images/IVAN_20040909c-br500.jpg> [2019. 07. 17.]
132. ábra: <URL: http://www.seos-project.eu/modules/marinepollution/images/aircraft_slar1.png>
 [2019. 06. 09.]
133. ábra: <URL1: http://webapp1.dlib.indiana.edu/virtual_disk_library/index.cgi/4296757/FID2494/sect8/harrisburgpardr.gif> [2019. 06. 17.]
 <URL2: <https://www.google.com/maps/@40.4325233,-77.0783417,58884m/data=!3m1!1e3>> [2019. 06. 19.]
135. ábra: <URL1: <https://www.mak.com/images/stories/mak/products/RadarFX-tank-1.png>>
 [2019. 06. 13.]
 <URL2: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/20/Death-valley-sar.jpg>>
 [2019. 06. 14.]
136. ábra: <URL: https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/images/bin/srtm_covmap_hi.jpg> [2019. 04. 22.]
137. ábra: <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0073_terkepi_vetuletek_alapfeluletek/images/49.jpg> [2019. 06. 07.]
138. ábra: <URL: http://sas2.elte.hu/mg/foldkutatas_v3/SRTMv04_files/image003.jpg>
 [2019. 04. 11.]
139. ábra: <URL: https://fizipedia.bme.hu/images/thumb/8/8d/Emh_2.JPG/400px-Emh_2.JPG>
 [2019. 04. 30.]
140. ábra: <URL: http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t34a.htm> [2019. 06. 03.]
141. ábra: <URL: http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/gif/34all.gif> [2019. 06. 03.]
142. ábra: <URL: http://webapp1.dlib.indiana.edu/virtual_disk_library/index.cgi/4296757/FID2494/sect14/srl2-w1.jpg> [2019. 08. 11.]
143. ábra: <URL: <http://www.geo.mtu.edu/volcanoes/klyuchevskoi/images/kliuch-compare.gif>>
 [2019. 08. 13.]
145. ábra: <URL: <https://www.onyxscan-lidar.com/wp-content/uploads/drone-lidar-echoes.png>>
 [2019. 05. 06.]

146. ábra: <URL: <https://www.onyxscan-lidar.com/wp-content/uploads/lidar-light-transmitter-receiver-drone-1.png>> [2020. 05. 06.]
147. ábra: <URL: http://gsp.humboldt.edu/OLM/Courses/GSP_216_Online/images/lidar-returns.png> [2020. 05. 08.]
148. ábra: <URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0010_02_Alkalma-zott_taverzekeles/4150/objects/il_0_mob_8886/kep_02_05_14_07.jpg> [2020. 05. 17.]
151. ábra: <URL: <https://i2.wp.com/altigator.com/wp-content/uploads/altigator-drone-uav-yellowscan-surveyor-lidar-high-voltage-power-lines-1.png>> [2020. 05. 27.]
152. ábra: <URL: https://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2014/04/sentinel_family/14493549-1-eng-GB/Sentinel_family_pillars.jpg> [2020. 05. 25.]
153. ábra: <URL: https://directory.eoportal.org/documents/163813/5738423/Copernicus_Auto1D.jpeg> [2019. 10. 18.]
154. ábra: <URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>> [2020. 05. 29.]
155. ábra: <URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>> [2020. 05. 29.]
157. ábra: <URL: <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/small-woody-features/small-woody-features-2015>> [2020. 05. 27.]
158. ábra: <URL: <https://land.copernicus.eu/local/natura/natura-2000-2012>> [2020. 05. 27.]
160. ábra: <URL: http://moodle.autolab.uni-pannon.hu/Mecha_tananyag/mechatronikai_rendszer_k_specialis_erzekeloi_es_aktuatorai/images/fig3.png> [2019. 11. 12.]
161. ábra: <URL: http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/gif/35afig96.gif> [2019. 02. 24.]
162. ábra: <URL: http://moodle.autolab.uni-pannon.hu/Mecha_tananyag/mechatronikai_rendszer_k_specialis_erzekeloi_es_aktuatorai/images/fig7.png> [2019. 11. 12.]
163. ábra: <URL: http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/gif/35afig99.gif> [2019. 02. 24.]
165. ábra: <URL: http://moodle.autolab.uni-pannon.hu/Mecha_tananyag/mechatronikai_rendszer_k_specialis_erzekeloi_es_aktuatorai/images/fig2.svg> [2019. 11. 12.]
167. ábra: <URL: <https://www.gps.gov/multimedia/images/GPS-control-segment-map.pdf>> [2020. 03. 05.]
168. ábra: <URL1: https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/515707B3SIL_SX425_.jpg> [2019. 10. 05.]
<URL2: https://i1.wp.com/www10.giscafe.com/blogs/gissusan/files/2015/10/GIS_Trimble-R2_tablet_Uilities_227.jpg> [2019. 10. 05.]
<URL3: https://images.kz.prom.st/111718065_w200_h200_priemnik-trimble-r7.jpg> [2019. 10. 05.]
169. ábra: <URL: http://www.sgo-penc.hu/geo_halozatok.php> [2019. 12. 08.]
170. ábra: <URL: <http://www.geoshop.hu/geoportal/OGPSH/23-2310.pdf>> [2019. 02. 06.]
175. ábra: <URL: http://www.sgo-penc.hu/geo_halozatok.php> [2019. 12. 08.]
176. ábra: <URL: <https://www.gnssnet.hu/pdf/KAPO.pdf>> [2019. 03. 24.]
177. ábra: <URL: <http://www.mobilitydigest.com/wp-content/uploads/2009/09/agps.png>> [2019. 09. 30.]
180. ábra: <URL: http://www.gpsdebrecen.hu/kepek/pdop_ert.jpg> [2019. 02. 21.]
182. ábra: <URL: http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/gif/35afi104.gif> [2019. 10. 18.]
183. ábra: <URL: <http://www.gnssnet.hu/ASfigures.php?station=KAPO&button=%E1br%E1k>> [2019. 02. 20.]
184. ábra: <URL: https://sites.google.com/site/billmahroukelec675/_/rsrc/1472854047935/gps-study-guide/gdop.JPG> [2019. 09. 30.]
185. ábra: <URL: https://gssc.esa.int/navipedia/images/5/56/Galileo_Space_Segment.jpg> [2019. 11. 17.]
186. ábra: <URL: https://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2005/04/each_galileo_satellite_will_broadcast_10_different_navigation_signals/9268728-5-eng-GB/Each_Galileo_satellite_will_broadcast_10_different_navigation_signals_pillars.gif> [2019. 11. 23.]
187. ábra: <URL: <https://galileognss.eu/wp-content/uploads/2015/01/Galileo-remote-sites.png>> [2019. 11. 23.]

