

# A FELSZÍN ALATTI OBJEKTUMOK KUTATÁSÁT ÉS FELDERÍTÉSÉT TÁMOGATÓ TÉRINFORMATIKAI RENDSZER

DR WINKLER GUSZTÁV

A következőkben bemutatott térinformatikai rendszer alapvető célja támogatást nyújtani a föld alatti objektumok felderítéséhez, mégpedig nem csak a felderített objektumok térképi alapon való rögzítésével, hanem az ezek valószínűsíthető telepítési térségeinek területi elemzésével. Ez magába foglalja nem csak közvetlenül ide vonatkozó adatokat, hanem pl. környezeti információkat, technikai ismereteket, esetleg korábbi telepítési információkat is. Nyilvánvalóan még olyan adatok is szóba jöhetnek, mint például a különféle műszaki zárások elhelyezésének katonai megfontolásai.

## 1. A térinformatikáról, a kialakított rendszer alapjáról

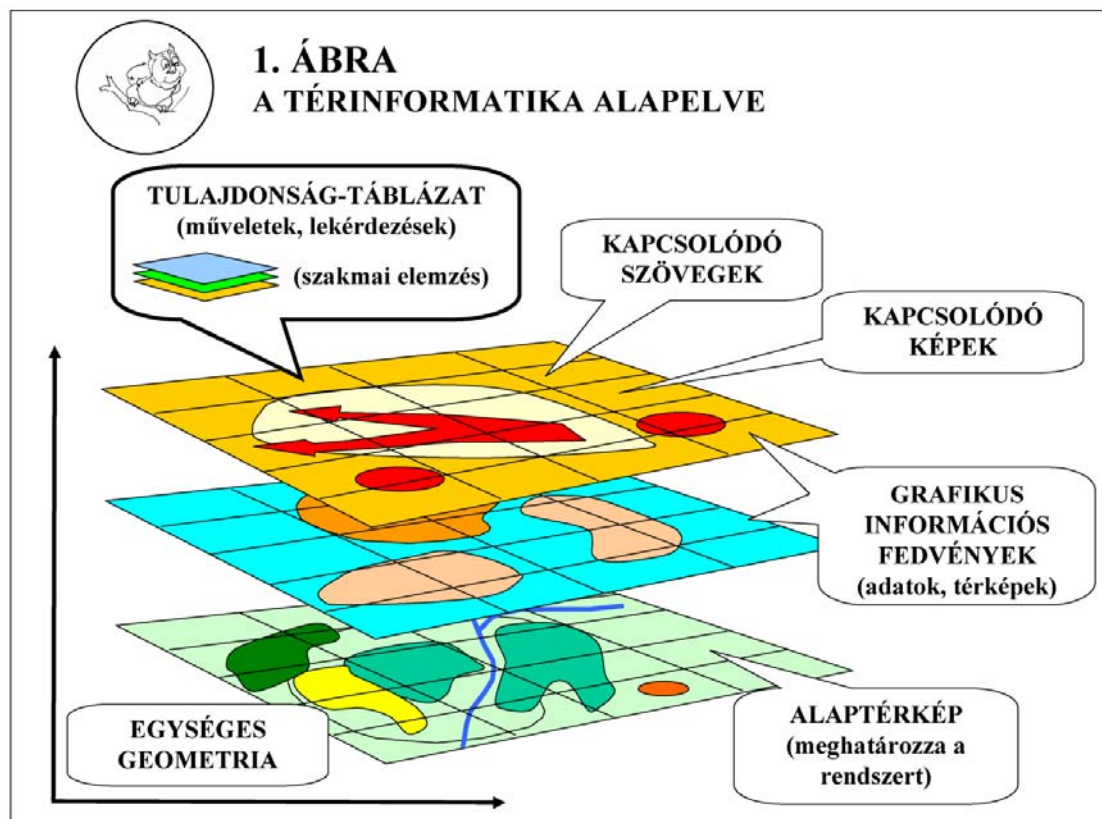
Az előzőkben említett feladat megoldására akkor van reális esély, ha összegyűjtjük mindazokat az információkat, amelyek szükségesek egy terület előzetes vizsgálatára. A teljesség nélkül, például az általános helyzet meghatározására többek között topográfiai, talajtani, környezeti ismeretek is szükségesek. Emiatt is szükség van egy olyan adatbázisra, amelyik eleve ezekre a földrajzi-térképészeti adatokra épül. A későbbi elemzéshez pedig, a térbeli kapcsolatok meghatározására természetesen területi kódolással kell ezeknek a bejövő adatoknak rendelkezniük. A kiinduló információk legnagyobb nehézsége, amivel szemben állunk az, hogy nagyon sok forrás, eredmény állhat rendelkezésre, de ezek tartalmi jellegű homogenitása (valóságtartalma) különböző lehet. Ezért a kérdés a megoldására, hogy egyáltalán áttekinthető legyen a nagymennyiségű anyag, kiszűrhetők legyenek a hamis adatok, illetve ami a legfontosabb, összefüggéseket tudjunk meghatározni közöttük, használjuk fel az alább ismertetett térinformatikát.

Tovább lépve, általában a katonai szakterületekhez kapcsolódó informatikai kutatásokról kiindulásképpen itt is meg kell jegyezni, hogy a későbbiekben felvillantott, viszonylag bonyolult problémák vizsgálatánál, a vizsgálati adatbázisok kialakításánál mindenképpen komplex adatgyűjtés szükséges. Ez azt jelenti esetünkben, hogy nem csak egyfajta adatforrásra szabad támaszkodni, hanem a rendelkezésre álló összes területi és főképpen leírt adat-információt is fel kell használni egy használható, korrekt funkcionális vizsgálathoz. Ez a kijelentés azért fontos, mert vizsgálati módszerünk alapvetően a földrajzi helyen alapszik, ebből indulunk ki, a szakadatokat ehhez rendeljük. Azonban egy kutatási folyamat elején nem tudható, hogy egy térbeli összehasonlításnál milyen kiindulási információk eredményeznek előremutató megoldásokat. Így az úgynevezett bemeneti adatokat az első lépésben csak modellezni tudjuk, tehát a praktikusán lehetséges (a modell szerint korlátozott) összes információt be kell gyűjteni.

A következő alapelv az, hogy megfelelő geometriai alaprendszer nélkül nincs elfogadható eredmény. Ez itt a következőket jelenti. Először is az úgynevezett adatgyűjtési méretarány határozza meg azokat a lehetőségeket, amelyek a továbbiakban befolyásolják a szemléletet, a részletgazdagságot, tehát az elemzések részletességét, pontosságát is. Ezt pedig befolyásolja az adatgyűjtés területi eloszlása, sűrűsége. Ugyanezek a tulajdonságok teszik lehetővé az összegyűjtött, feldolgozott információk elemzését, vizsgálatát is, ami a fő feladatunk. Itt már az elején felmerül egy ellentmondás, tehát nagyon sűrű területi eloszlású, geometriailag „pontos” adatokra van szükségünk, elvben nagyon nagy területekről. Ez pedig nem lehetséges a ráfordított idő, anyagi források és műszaki feltételek miatt. Ennek a

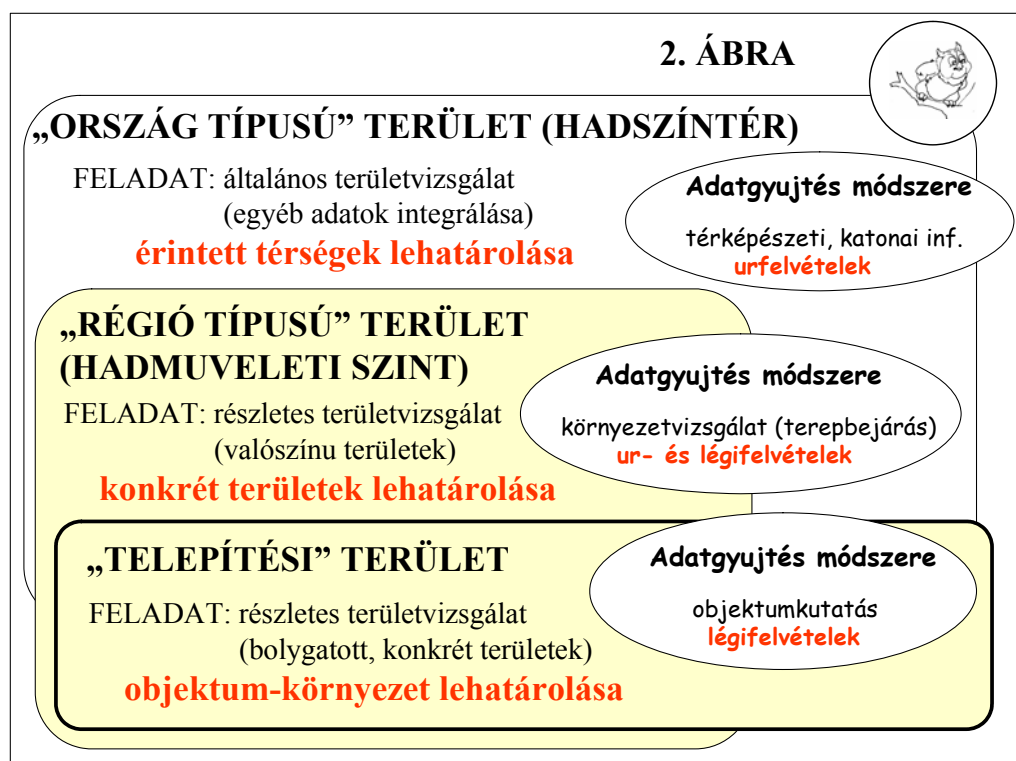
kérdésnek a megoldása is az alább tárgyalt térinformatikai rendszer felépítésétől függ. A megfelelő geometriai alap második kérdése könnyebben megválaszolható. Természetesen egy adatbázisban tárolt jellemzők terepi koordinátákhoz kötöttek, tehát „csak” azt kell eldönteni, milyen koordináta-rendszert használjunk. Két lehetőség van. Az egyik a katonai gyakorlatban alkalmazott UTM rendszer, a másik a polgári EOVS rendszer. Sajnos mindkettőnek megvannak az előnyei és hátrányai is. Például minden környezeti, földrajzi, talajtani információ EOVS-ben van, ugyanakkor a katonailag is felhasználhatók általában UTM-ben. Ennek nincs nagy jelentősége a területi vizsgálatoknál, azonban, amennyiben méter pontosságú kimeneti adatok kellenek, az átszámítások miatt korlátokba ütközünk. Ezt is meg kell tudni oldani.

A fentiek alapján mondhatjuk, hogy a humán területek kérdéseinek, problémáinak vizsgálata, az eredmények integrálása nagyon sok kiindulási információt kíván, illetve általában sok információ áll rendelkezésre. Ezeknek az adatoknak egységes rendszerben történő feldolgozása adja kezünkbe azt a lehetőséget, hogy komplex összehasonlító vizsgálatokat is el tudjuk végezni. Ennek az egységes (elsősorban geometriai) feldolgozásnak az eszköze a térinformatika. A térinformatika a geometriai, fizikai, tartalmi információk olyan egységes rendszerű kezelése, amely lehetővé teszi a benne található adatok rendszerezését, kezelését és lekérdezését, elemzését. Egy térinformatikai rendszer alapja a térkép, ami meghatároz minden geometriai kapcsolatot (1. ábra).



## Az alaptérkép-rendszer kiválasztása és elkészítése

A fentiekből kitűnhetett, hogy vizsgálatunk alapja egy olyan térképsorozat, amelyik környezet-hű módon kell, hogy tartalmazza a különböző tartalmú, de topográfiai jellegű információkat, ezért röviden foglalkoznunk kell az előállításával. A „térkép-rendszer” megjelölés nem túlzás, hiszen itt kell előkészíteni azoknak a kérdéseknek a megoldását (részletesség, pontosság, stb.), amelyek jelentősen meghatározzák a kész adatbázis használhatóságát, és ténylegesen több térképmű együttműködését jelenti. Ezek alapján a gyors megoldást csak az úgynevezett lépcsős rendszer biztosíthatja. Ez azt jelenti, hogy első lépésként egy általános, az egész vizsgálati térségre kiterjedő alapot hozunk létre, amiben már „megszűrjük” a szóba jöhető területeket a már rendelkezésünkre álló alapinformációk segítségével. Gyakorlatilag meghatározzuk azt a méretarányt (a szerkesztett térkép pontosságától, adatsűrűségétől függő jellemző), amelyben ábrázolva ezeket az információkat, a szemlélnél, elemzésnél sem nagy adatsűrűség, sem az elnagyoltság érzése nem lép fel. Ez a lépés a következő megfontolásokat igényli. A kutatási terület nagysága (célszerűen egy országnyi térség), a másik megfontolás a beszerezhető (előállított) adatokkal kapcsolatos. Hozzáférhető-e és milyen területi sűrűséggel a szükséges szakinformációk. A korábbi tapasztalatok, és a várható ismeretanyag alapján feldolgozási alapnak az 1:200000 körüli méretarányt választhatjuk. Ebben még egységesen szemlélni tudjuk a feldolgozott területet (amely első lépésben az egész országot takarja). Csak a szemléltetés kedvéért, ebben az esetben minden település egy térinformatikai pontként kezelhető (Budapestnél más a helyzet). A következőkben már kisebb területeket, de nagyobb felbontásban vizsgálhatunk, míg eljutunk a helyi szintű térképekhez, ahol már akár a méter pontosságú adatok is rögzíthetők és elemezhetők egyéb jellemzőkkel együtt. Ennek a térképrendszernek a kiszolgálása adatokkal jórészt az úgynevezett távérzékeléssel oldható meg (lásd később), amely esetben az alkalmazható módszerek megfelelnek e lépcsős adatgyűjtés igényének (2. ábra). Az ábra mutatja a különböző térinformatikai szintek egymásra épülését, a megoldható feladatokat.



A következő kérdés a már említett alaptérkép vetülete. Ez viszonylag könnyen megválasztható a kezdő méretarányokban, hiszen minden polgári célú térképmű kötelezően az úgynevezett Egységes Országos Vetületi Rendszerben készül (EOV). Esetünkben ennek ott van nagy jelentősége, hogy a kapcsolandó térképek vetülete is ez, így a rendszerünkbe való integrálás könnyebben megvalósulhat. Továbbá az EOV rendszerben állnak rendelkezésre olyan kiegészítő (topográfiai) információk, amelyek esetleg figyelembe veendők egy vizsgálatnál. Mint feljebb említettük, ennek pontossági jelentősége csak a helyi szintű vizsgálatoknál van, az átszámítások általában az 1:25000 méretarányig nem okoznak gyakorlati hibát.

## **Környezetrekonstrukció**

A fentiekhez kapcsolódik a térképi alapok egy speciális előállítási módszere, amelyik olyan vizsgálatokra szolgál, ahol a környezetnek egy korábbi időszakhoz képest bekövetkező változását kell feltárni. Ez akkor válik szükségessé, ha például vannak térképeink, vázlataink esetleges telepített objektumokról, de ezek egy korábbi környezet ábrázolásán alapulnak. Itt a feladat az ezekhez az időszakokhoz kapcsolódó térképek előállítása alapként, amely folyamatot környezetrekonstrukciónak nevezünk. Továbbá, néha szükséges a környezet ismerete korábbi időpontokban, mivel maguk a potenciálisan alkalmas területek is megváltozhattak, így a mai viszonyokat tekintve esetleg fel sem merülhet a gyanúja a telepítésnek. A rekonstrukció önmagában (megfelelő előzetes ismeretek birtokában) nem bonyolult folyamat, de a kívánatos nagytömegű felhasználható információ fajtája és típusa szükségessé teszi szintén a térinformatikai egységes környezetet, amelyben az adatok integrációja, az egymásra építkezés, valamint a végleges rekonstrukció megvalósulhat, hiszen pontosan a nagytömegű adatok kezelésére, feldolgozására találták ki.

A környezeti jellegű információk közvetlen meghatározása mellett nagyon fontos az időbeli adatgyűjtés lehetőségeinek integrált felhasználása (térinformatikai módszerek alkalmazásával) rekonstrukciós célokból. Az alábbiakban áttekintjük a rekonstrukció különféle típusainál alkalmazható térképészeti eljárásokat (a távérzékelési eljárásokat külön tárgyaljuk).

Ehhez kapcsolódóan tekintsük át a környezetrekonstrukció lehetséges térképi alapjait, információforrásait. Alapadatként legfontosabb források a modern geodéziai, topográfiai anyagok. Itt az alap általában az 1:10000 topográfiai térkép, ez a térinformatikai adatrendszer rekonstrukcióinak alaptérképeként szolgál, de más szempontból is fontos. Akár az 1:10000 méretarányú EOV, akár korábbi sztereografikus térkép (ezek több mikrodomborzati információval szolgálnak) a forrásunk, a szintvonalas magassági információk minden további vizsgálat magassági alapját képezik, hiszen ilyen méretarányokban a domborzat kevés változást szenved az idők folyásával, és így állandó, fix adatként kezelhetők. Természetesen, a drasztikus változások (pl. bányák nyitása) egyéb módokon könnyen felderíthetők, és a változások rögzíthetők. Így a vizsgálatok magassági modellje (ami hatással van pl. akár a korábbi mocsarak határvonalainak pontosítására is) fontos szerepet tölt be, és viszonylag egyszerűen előállítható. Azért is fontos kiinduló alap ebben az esetben a fent bemutatott térkép, mivel általában tartalmaz (az ábrázolt terület nagyságánál fogva) annyi úgynevezett illesztő elemet, amennyi szükséges az egyéb térképek, rajzok illesztéséhez a térinformatikai rendszerhez. A környezetrekonstrukció pontos meghatározását segítik még a nagy számban fellelhető és rendelkezésre álló geodéziai, nagyméretarányú felmérések, alaptérképek, amelyek főként az utóbbi 50 év rekonstrukciós munkáinál játszanak szerepet, illetve a korábbiak pontosításánál.

## **2. A térinformatikai rendszer adatfeltöltése**

A felszín alatti robbanótestek felkutatásának támogatására kialakítandó adatbázis adatfeltöltése a beintegrált térképek, szöveges adatok illetve egyéb információforrások tekintetében a fent említett paraméterekkel, megoldandó feladatokkal történik. Ennek az adatrendszernek az eredményessége természetesen függ a beintegrált információk megbízhatóságától, fajtájától is. Az így kialakított rendszer alkalmas lehet a nagy, országnyi területek áttekintésére, a további kutatásokat igénylő térségek lehatárolására, ugyanis ez esetben még nem a konkrét objektumok lokalizálásáról, hanem ezek valószínűségéről van szó, és ez is viszonylag kis méretarányban (1:200000-1:50000).

Amikor már kistérségi valószínűségekről, illetve konkrét területekről van szó, akkor mindenképpen célszerű a nagy területi homogén fedés miatt az úgynevezett távérzékelés alkalmazására. Ezek az alább ismertetett eljárások alkalmasak többek között a különböző felszíni elváltozások kimutatására, amelyek indikátorai lehetnek a föld felszíne alá telepített objektumoknak. Az így felderíthető objektumok mérete a térinformatikai adatbázis (felbontástól függő) lépcsőzetes kialakításával összhangban van, hiszen a nagy területeket átfogó űrfelvételek inkább a valószínű területek meghatározását támogatják (néhány méter pontossággal), míg a kisebb térségek vizsgálatára alkalmas légifelvételek már egyes objektumok felderítésére is alkalmasak méter alatti felbontással és dm nagyságrendű pontossággal. Megjegyzendő, hogy a pontosság erősen függ a terep domborzatának ismeretétől (lásd később), és ennek feldolgozási módjától és lehetőségétől.

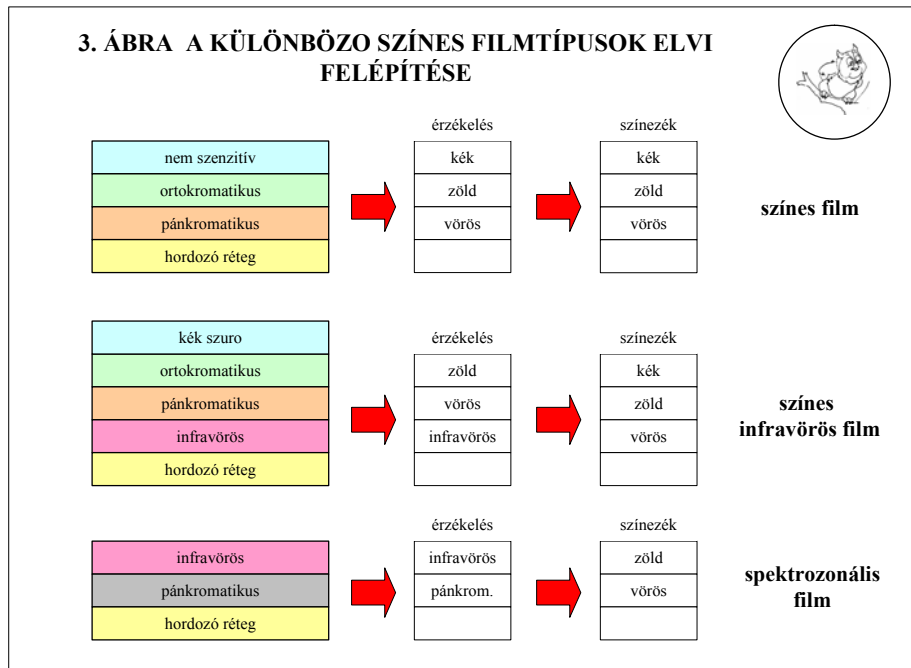
### **A távérzékelés**

Általában távérzékelésen a különböző célú adatfeldolgozások számára a vizsgált objektumról nem közvetlen kapcsolat alapján történő olyan információszerezést értünk, amely alkalmas a vizsgált objektumok geometriai paramétereinek, fizikai tulajdonságainak, tartalmának stb. közvetett úton való meghatározására. Mindezt pedig az elektromágneses (EM)-spektrum által közvetített adatokkal szolgáltatja, tehát a távérzékelés információ-közvetítő közegei az elektromágneses hullámok. Mint tudjuk, minden tárgy és jelenség (ami fizikai elemekből épül fel), illetve ezek környezetben való megjelenése, tulajdonsága szoros összefüggésben van az egész elektromágneses (EM) spektrummal. Ez az összefüggés általában az egész EM spektrumra vonatkoztatva folyamatos, és a fizikai építőelemek állapotától, tulajdonságaitól szét nem választható (jelen tudásunk szerint). Tehát ezek az összefüggések az EM sugárzással (amit a környezetünk minden objektuma kibocsát) a térben "továbbterjednek", így távolabb is észlelhetővé válnak. Ebből következik, hogy a távérzékelési eljárások ennek az EM sugárzásnak, illetve egyes részeinek észlelésén alapulnak.

### **Az alkalmazható távérzékelési eszközök az optikai tartományban**

Az optikai-fotográfiai egyidejű képalkotású felderítő-távérzékelő eszközök kifejlődése időben jóval megelőzte az egyéb (pl. infravörös radiométer, radar) távérzékelő berendezéseket. A fényérzékeny lemezen való képrögzítés már több, mint száz éve ismert. A fényképezés fő előnye az, hogy egy időben, nagy területekről egységes geometriával lehet információt szerezni, ez ezt a módszert korán a felderítés egyik fő eszközévé tette. A fényképezés kiterjesztése az úgynevezett (fotográfiai) infravörös tartományra pedig még szélesebb alapokra helyezte környezetünk objektumainak felismerését, értékelését. A használatos fotogrammetriai mérőkamarák legfőbb tulajdonsága, hogy optikájuk gyakorlatilag elrajzolásmentes, és pontosan ismert az optika fókuszpontjának és a kép síkjának a távolsága. A

mérőkamarák (és egyéb fotografiai berendezések) által, az optikai rendszerük segítségével rendezett sugárnyaláb a képsíkban filmre rögzítődik. A filmek érzékenységek és felbontóképességük szerint többféle célra használhatók (lásd később) (3. ábra).



A filmek érzékenysége attól függ, hogy az információt rögzítő ezüstvegyületet milyen hullámhosszakra érzékenyítik. A távérzékelésben legelterjedtebb a pánkromatikus film. A látható tartomány egészére érzékeny, így tónusátása, szétválasztó-képessége nagyon jó. További előnye, hogy jó felbontással rendelkezik (4. ábra: Középkori erődítmény megjelenése fekete-fehér légifelvételen).



Ennek oka az egyetlen emulziós réteg (kis mértékű torzulás, csúszkálás) és az elfogadhatóan kis szemcse nagyság. Főleg növényzetvizsgálati, illetve felderítési célokra kifejlesztettek ún. színes-infravörös vagy hamisszínes filmeket is. Ugyanis az úgynevezett klorofill-hatás miatt a növényzet nagyon erősen veri vissza az infrában a napsugárzást (5. ábra: Erődítés képe infravörös fényképen). Ezért itt a képalkotásban részt vesz egy IR érzékeny emulziós réteg is. Fontos megjegyezni, hogy a filmek érzékenyítése az IR tartományokra csak kb. a  $0,9\ \mu\text{m}$ -es határig lehetséges, ami a Nap infravörös sugárzási tartományába esik.



A térképező letapogató (pásztázó) radiométerek egészen más elven működnek. Egy forgó tükör, vagy prizmarendszer a hordozó járművekre (általában) merőlegesen letapogatja a felszínt. A sugárzás átjutva egy optikai egységen, egy úgynevezett "képszeletelő" zárszerkezeten keresztül leggyakrabban színbontó rácsszerkezetre (elviekben prizmára), vagy szűrőkre jut. A hullámhossz szerint szétbontott sugárzást ezek után több detektor (vagy detektorsor) érzékeli (multispektrális üzemmód). Fő felhasználási körük emiatt azonban nem a térképészet (hiszen véletlenszerű geometriai torzásaik miatt nagy pontosságú felmérésre nem is alkalmasak), hanem a terepről való sokrétű fizikai információszerzés, mivel a terepi objektumokról több hullámhosszon egybevágó geometriájú képeket szolgáltatnak. A szkennerek első családját az egyidejű, azonos geometriájú információszerzés igénye hozta létre. Ezek általában repülőgépre telepített rendszerek voltak. Az első, mindenki számára hozzáférhető űr-távérzékelési letapogató-rendszerek a Landsat műholdon elhelyezett berendezések, először az MSS, majd a TM és TM+ rendszer (6. ábra: Lineáris földalatti vonalrendszer LANDSAT felvételen, 25 m-es felbontás). A fejlesztések jelenleg részben a nagyobb spektrális felbontás, részben a nagyobb terepi felbontás elérésére irányulnak (7. ábra: Földalatti objektumok Quick Bird MS űrfelvételen, 3 m-es felbontás). Gyakorlatilag elmondható, hogy a felszínvizsgálatoknál minden esetben ilyen rendszerű távérzékelő eszközök képeit használjuk fel (8. ábra).

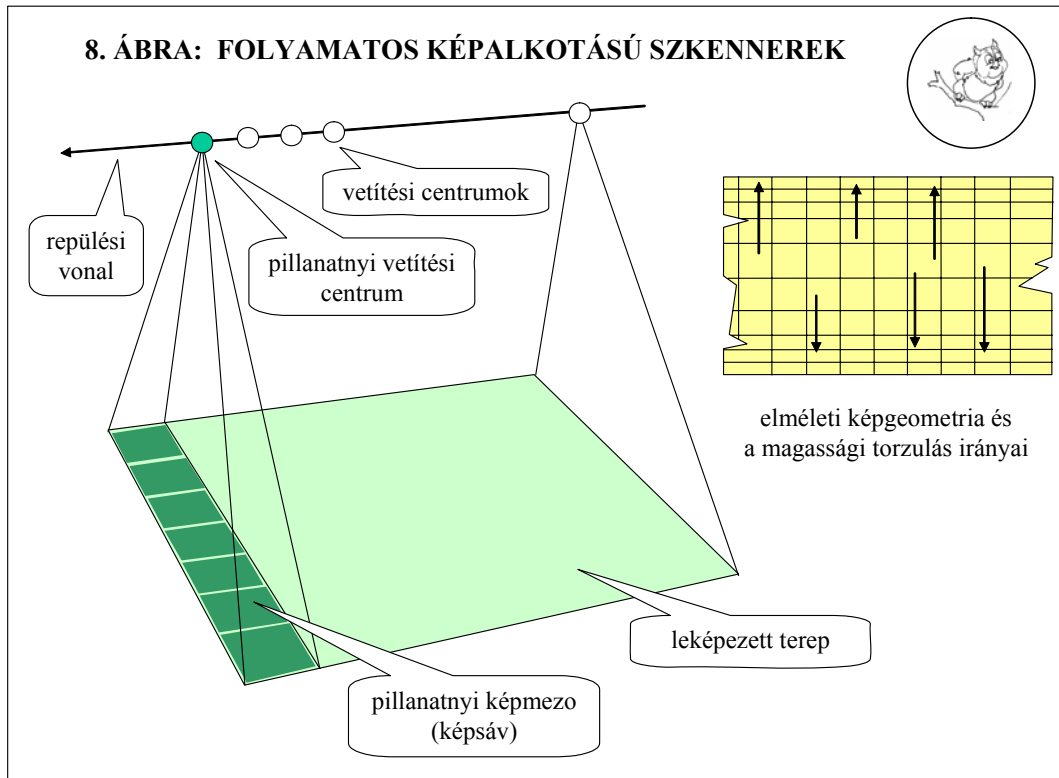


**6. ÁBRA**



**7. ÁBRA**

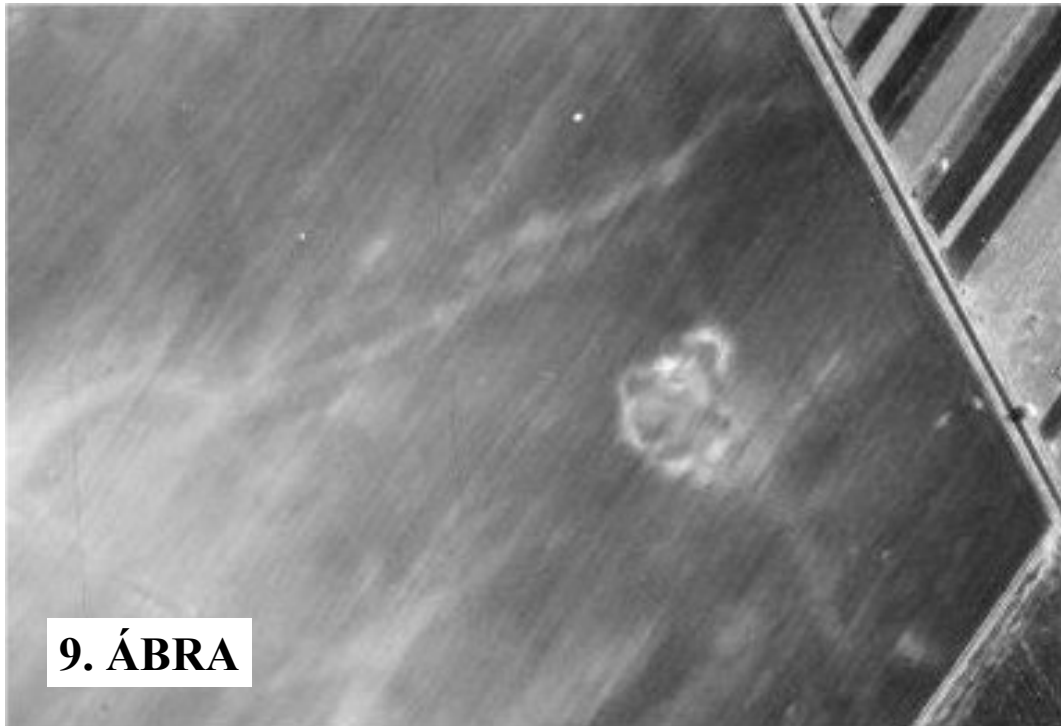




### Fotointerpretáció (képértelmezés)

A fotointerpretáció a távérzékelte képek minőségi jellegű feldolgozását, értelmezését jelenti. Itt az egyik legfontosabb kérdés, hogy egyáltalán mi az, amit keresünk a képen (mi a vizsgálódásunk célja), azért, hogy bizonyos feladatok megoldását támogassuk. Ugyanis a bennünket körülvevő világ bonyolult, tehát teljességében nem vizsgálható. Ezért modellt kell alkotni valamilyen megfontolásokkal. Ha ezek a megfontolások, és az ez alapján kialakított modellek tévesek, akkor bármit értékelünk ki, nem érhetünk el eredményt. Lefordítva a szűken vett fotointerpretációra, az egyszerűsített vizsgálatok cél-objektumainak, jelenségeinek reprezentálni kell a modellt (az egyszerűsített valóságot).

Ennek a modellnek a leírása szintén többféle lehet. Leggyakrabban a viszonylag bonyolult természeti és antropogén formákból vezethető le (pl. szennyeződések, erdőfelületek állapota, talajsebek, füst, stb.). A képek értelmezésének jelentős része megmarad az ilyen típusú modelleknél, mivel ezek egyértelműen utalnak a valós világra, igaz, hogy a használt modell mindenképpen nagyon egyszerű. Igazából a modell-meghatározás leghatásosabb az úgynevezett indikátorok segítségével (talajelváltozások, nedvességi anomáliák stb.). Ekkor ugyanis olyan jelenségek bevonására is lehetőség van, amelyek reprezentációs foka magas, igaz, hogy közvetlenül nem értelmezhetők (földalatti objektumok), míg az indikátorok jól azonosíthatók. Igaz, hogy sok háttértudás szükséges alkalmazásukhoz (9. ábra: Földalatti objektum fekete-fehér infravörös fényképen).



A további lépés ezek után az, hogy most már mit keresünk konkrétan a képen. Meglehetősen sok háttérinformáció alapján lehet erre a kérdésre válaszolni, hiszen tulajdonképpen a kérdés az, hogy hogyan néz ki a képen, amit keresünk. Tehát az objektum- és jelenség-meghatározáskor először is a jelenségek közötti kapcsolatokat kell definiálni. Fotóinterpretációnál akkor van nehezen megoldható kérdés eszerint, amikor sehogy sem látszik az, amit keresünk. Végül megjegyzendő, hogy a modellalkotás természetesen függ az adatgyűjtési lehetőségektől (milyen filmanyag, mikor készült, stb.).

### **A katonai felderítés speciális kérdései**

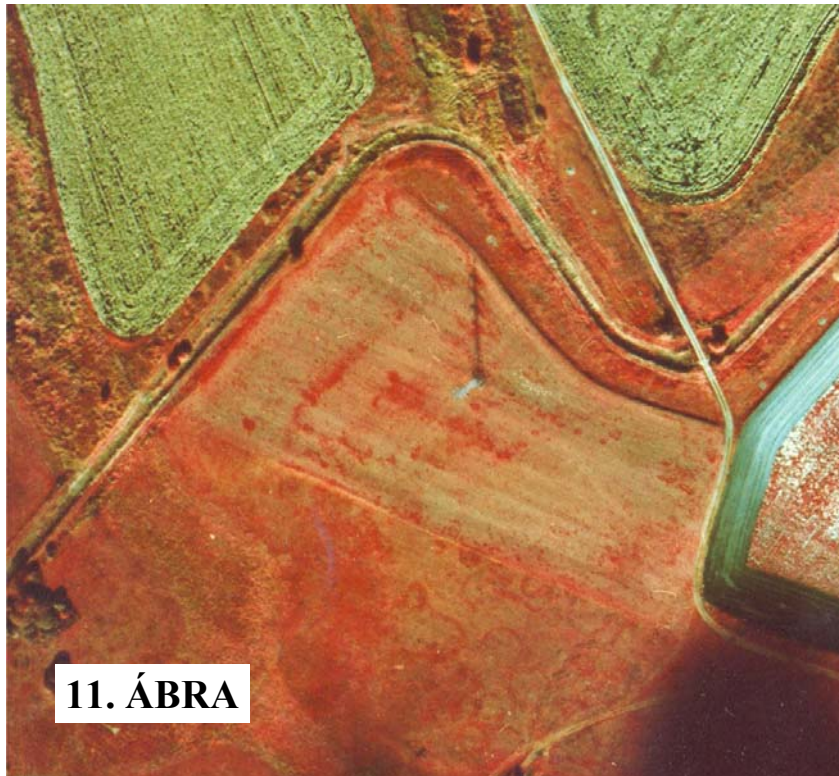
A katonai távérzékelés nem csak a természetben meglévő objektumok, jelenségek vizsgálatával foglalkozik, hanem ezek rejtési kérdéseivel is. A térképészeti alkalmazások gyakorlatilag ugyanazokat a módszereket alkalmazzák, mint a polgári eljárások, tulajdonképpen a hordozóeszközök paramétereiben van eltérés. Ez részben a repülési magasságnál, részben a repülési (és adatrögzítési) sebességnél jelentkezik. Ehhez jön még az álcázás, amihez kapcsolódóan meg kell jegyezni, hogy a technikai fejlődés miatt egyre nagyobb szerep jut a kiértékelő személy logikai szétválasztó-képességének, valamint a multitemporális (többidejű) vizsgálatoknak. Tehát a fotóinterpretáció egyik fő feladata ebben az esetben arra a kérdésre válaszolni, mi az igaz és a hamis, valamint milyen lehetőségek vannak a nem látható objektumok felderítésére?

A felderítés egyik, talán a legtöbb félremagyarázásra okot adó jelenségét a légi és az űrtechnika fejlődése hozza magával. Sok esetben szlogenként kezelik azt a kijelentést, hogy a világűrből "minden látszik", tehát a légi-felderítésnek nincs jövője. A valóság az, hogy a két technika egymás mellett fejlődik. A fő különbség a bevetések periodicitásán, az időpontok lehetőségeiben van. Míg a mesterséges holdak kötött pályán mozognak, egy adott terület fölé

tehát csak meghatározott időközönként juthat el (10. ábra: Fotófelderítő mesterséges hold felvétele (Corona, 1,5 m-es felbontás). Ennek ellensúlyozása a békében való felderítés lehetősége, valamint a viszonylagos sebezhetetlenség. A másik oldalon a repülőgépek veszélyeztetettsége, de a bármelyik időpillanatban való bevethetőség áll. Ez alapján kimondható, hogy a két lehetőség között nincs valós verseny, sőt a technikai lehetőségeket tekintve a légi-felderítés bizonyos előnyben van. Általában a katonai jellegű távérzékelés is a képek tónus, szín és világossági értékeit használja fel. Ugyanazoknak a fizikai törvényszerűségeknek alapján történik mindez, mint általánosan a polgári életben (11. ábra: betemetett erőd infravörös fényképen). Tehát gyakorlatilag nincs a tárgyakon áthatoló "csodaeszköz".



A katonai felderítésnek van egy állandóan a figyelem középpontjában lévő része, az űrfelderítés. Alapeszközei teljesen megegyeznek a távérzékelő rendszerek fejezetben tárgyalt eszközökkel. A különbség esetleges speciális jellegükben és az alkalmazás körülményeiben van. Ezért néhány szóval ki kell térni rájuk. Napjainkban is a legfontosabb felderítő eszközök a fotóberendezésekre épült rendszerek csoportjába tartoznak. Ennek oka a nagyfokú geometriai megbízhatóság és a felbontóképesség. Nincs másik eszköz, amelyik ilyen homogén geometriai adatszolgáltatás mellett olyan felbontóképességet produkál, ami eléri a légkör optikai felbontásának határát. Ezért van az, hogy a fotófelderítő mesterséges holdak még mindig a nagyobbik részét teszik ki az ilyen célú rendszereknek. Az eltérés a polgári távérzékeléstől talán ebben a legszembetűnőbb. Ugyanis a katonai felderítés számára a fotófelvételek továbbítására, gyors értékelésre rendelkezésre állnak azok a pénzforrások, amelyek lehetővé teszik az ehhez szükséges a drága eljárásokat (kazetták leküldése, fedélzeti szkennelés stb.).



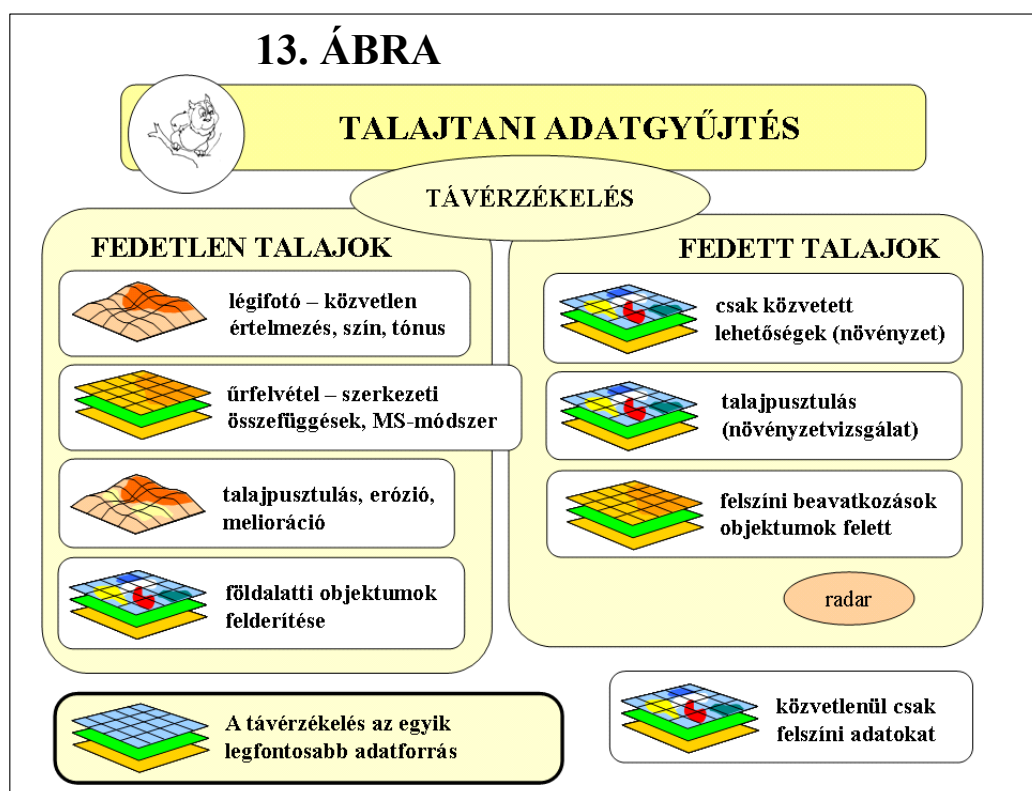
Természetesen a katonai távérzékelés is felhasználja a többi lehetőséget, különösen azokat, amelyek az IR vagy a mikrohullámú tartományban működnek. Ezek a digitális rendszerek gyors, nagy spektrális felbontást eredményező eljárásokon alapulnak, noha geometriai felbontásuk napjainkban is csak közelíti a fotográfiai felbontást (12. ábra: Földalatti objektumok Quick Bird űrfelvételén, 0,6 m-es felbontás). De ez a közelítés már ott tart, hogy elvileg alkalmazható minden nagyfelbontású polgári eljárás „kemény” katonai felderítési célokra is. Fő feladatuk többek között az előrejelzés, nagyobb csoportosulások mozgásának követése, minőségi paraméterek meghatározása.



### 3. A talajhoz kapcsolódó jellemzők meghatározása távérzékeléssel

Az ország területének mintegy 60%-a mezőgazdasági művelés alatt áll, vagy ehhez kapcsolódó felület (pl. parlag). Távérzékelési módszerekkel gyakorlatilag ezeken a térségeken tudunk eredményesen adatgyűjtést végezni mind a felszíni, mind a felszín közeli kisebb méretű objektumokra vonatkozóan.

A talajfelszín jellemzőinek meghatározásánál kétfajta úton tudunk elindulni. Az egyik a környezetvédelmi jelenségek vizsgálata. Itt az alapvető gond a mezőgazdasági technológiák által felfokozott degradáció (pl. savanyodás, szikesedés, erózió), aminek folyamatos szemmel tartása elsőrendű feladat. A másik út és feladat (amivel e tanulmányban foglalkozunk) a talajban elhelyezkedő egyéb objektumok felderítése, ami szintén e jellemzőkkel függ össze. Ezek első közelítésre szintén a környezeti problémákhoz hasonló képet mutatnak, a különbségtétel inkább az elhelyezkedés, szerkezet, méret alapján lehetséges. Ehhez kapcsolódik még egy érdekes probléma, a régi, már elfeledett talajszennyező források felderítése (tipikus távérzékelési feladat), melyek lehetnek régi szeméttelpek, de spontán módon feltöltött gödrök, talajmélyedések, esetleg bombatölcsérek is. Vagy esetleg az a jelenség, hogy a (betemetett) tölcser hiánya még éles robbanóeszköz jelenlétére utal.

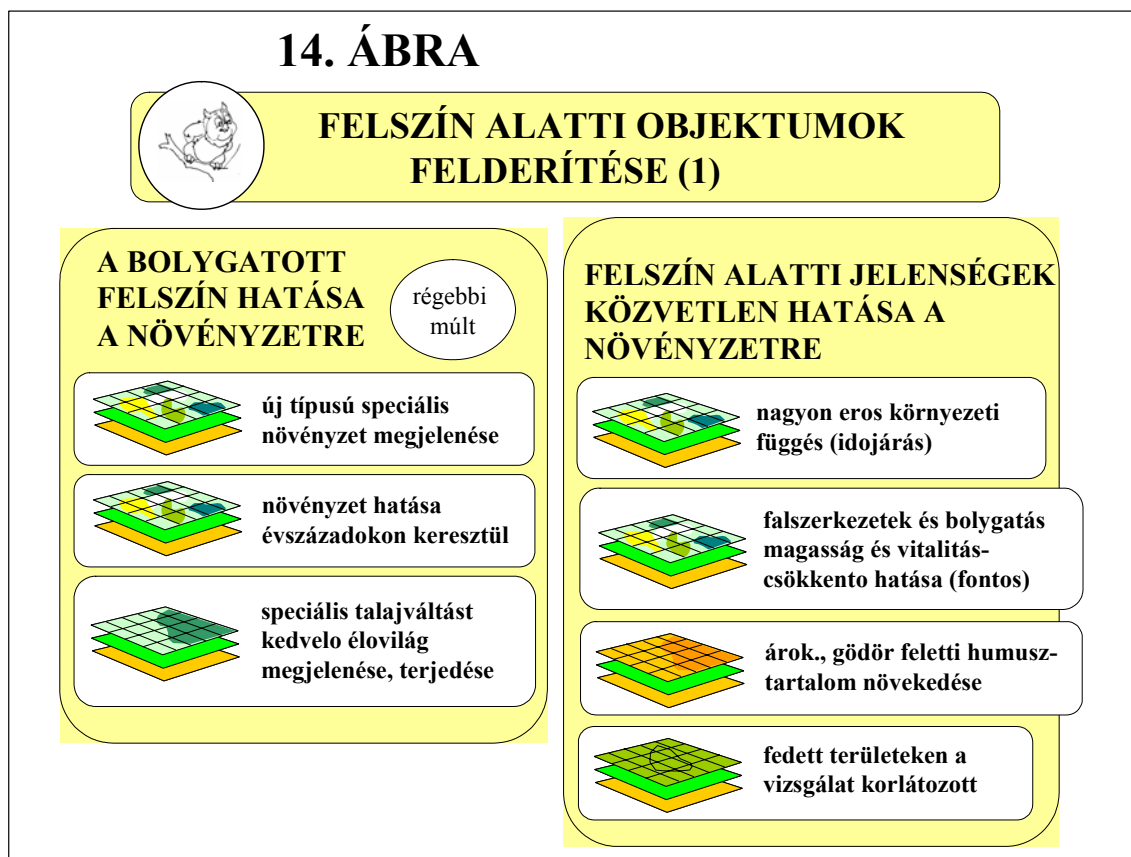


A talajvizsgálatokkal kapcsolatos legegyszerűbb feladatokat a 13. ábra mutatja. Amennyiben a kiértékelésnél szélső geometriai pontosságra törekszünk, a legjobb feldolgozási módszer itt is a fotogrammetria (lásd másik cikkben). A fotók segítségével összefüggő, nagy területekről lehet geometriailag homogén adatszolgáltatást biztosítani, így kiküszöbölhető a hagyományos eljárások néha pontatlan lehatárolási módszere. A színek, tónusok és a közvetlen értelmezhetőség akár a mérőkamarás, akár az amatőr felvételek tematikus interpretációját jó eredményekkel kecsegteti. Természetesen ezek a jellemzők

részben a talajnedvességtől, a szerkezettől is függenek a konkrét beavatkozás jelensége, hatásai mellett, tehát az egyéb háttér információknak komoly szerep jut (például a térségben volt-e valamilyen tevékenység, érdemes-e keresni). A különleges távérzékelési eljárások (pl. közepső-IR felvételek, radarképek) pedig a talajok hőháztartási tulajdonságai miatt további segítséget jelenhetnek. Ezek főleg a légifényképekre vonatkoznak, ebben a feladatkörben az űrfelvételeknek inkább a szerkezeti, tartalmi összefüggések keresésében van szerepük, noha a nagyfelbontású űrfelvételek napjainkban már alkalmasak kis kiterjedésű földalatti objektumok felismerésére is. Nagyobb problémát jelent a fedett talajok esete. Ekkor csak közvetett lehetőségeink vannak a talajvizsgálatra. Ilyen lehet a természetes és mesterséges növényzet váltakozása, a földhasználati határok. Ezen kívül a kora tavaszi vagy késő őszi felvételek hozhatnak elfogadható eredményt.

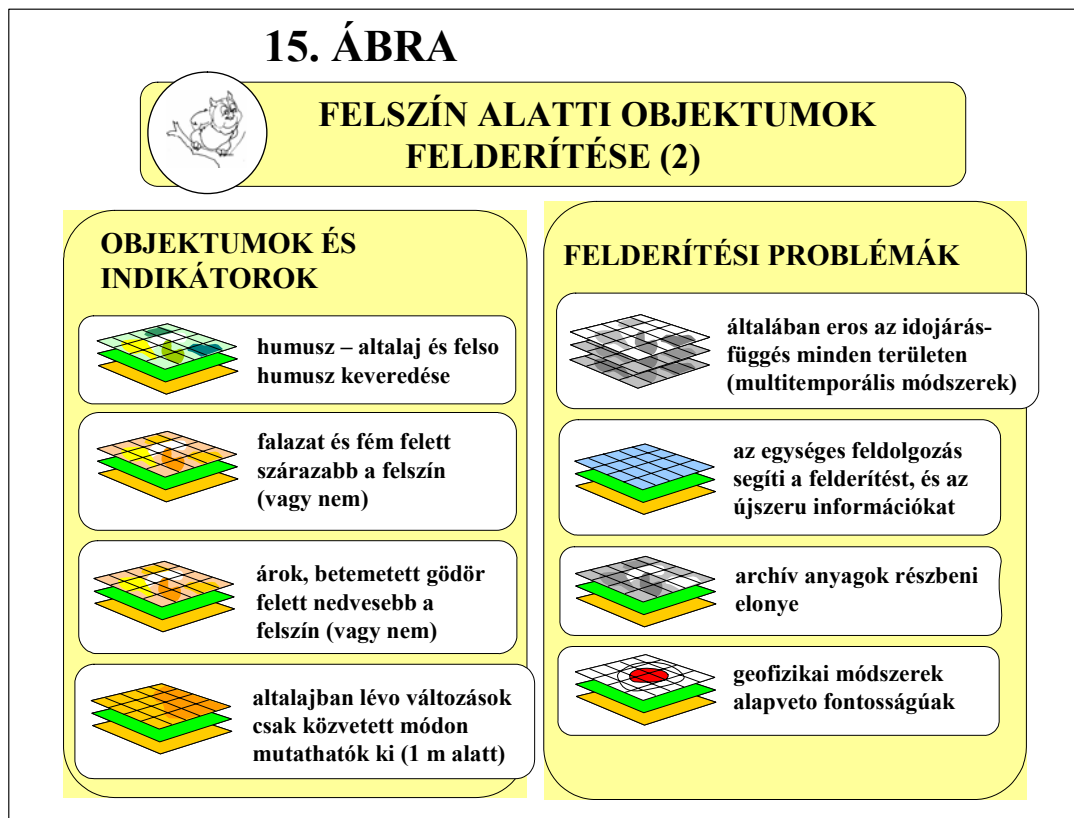
A színes és a színes infra anyagok között a talajvizsgálatok szempontjából leginkább az a különbség, hogy az utóbbin jobban látszódnak az akár kisméretű talajkopások, talajbolygatások, de ez is inkább a tónuskülönbségek fokozott mértékének köszönhető. A képeken részben közvetlenül, részben a növényzeten keresztül pontosan lehatárolható a különböző degradációk kiterjedése, iránya. Ugyanígy kimutathatók a talajhibák, korábbi változások a talaj szerkezetében, a rossz talajadottságból eredő károk. Ezeknek az okai azonban lehetnek akár mesterséges, a talaj felszíne alatti beavatkozások jelei is.

Részletesen a felszín alatti mesterséges objektumok felderíthetőségét a 14. és a 15. ábra mutatja.



Megjegyzés, minél régebbi a föld alatti objektum építési, telepítési ideje, annál jobb a felderíthetőség. Ennek oka a felszíni növényzet reagálása. Ha hirtelen erős behatás éri a növényt, negatív változással reagál (ami azonnal látható). Később ez regenerálódik, felderítési problémát okozva. Majd az objektum által megváltoztatott mikroklíma egyre erősebben hat.

Ugyanígy mutatkozik meg a talajoknál meglévő elváltozás is. A friss változás jól vizsgálható, később pedig lassú kiegyenlítődés következik be. A víztartalom-változás azonban különbözőképpen hat az eredetileg eltérő talajra, és ez felderítési lehetőséget okoz.



Végül a talajvizsgálatoknál a témához kapcsolódóan használható fotóinterpretációs elemek:

Felderítendő jelenség	Távérzékelő eljárás	Megjegyzés
talajszerkezet	légifényképek (fekete.fehér, színes)	részletes szerkezet
talajszerkezet	űrfelvételek (közepes és kis felbontás)	összefüggések
mesterséges erózió	légifényképek (fekete.fehér, színes)	típus, kiterjedés
földalatti objektumok (nagy)	légifelvételek (színes, SZIR)	típus, kiterjedés
földalatti objektumok (nagy)	űrfelvételek (közepes és nagy felb.)	lokalizálás
földalatti objektumok (kicsi)	légifelvételek (színes, SZIR)	lokalizálás
eltetett bombatölcsérek	légifelvételek (fekete fehér)	lokalizálás, kiterjedés
degradáció, erózió	űrfelvételek (nagy és közepes felbont)	kiterjedés, összefügg.
általános környezetrombolás	légifényképek (fekete.fehér, színes)	összefüggések

## A nagyfelbontású űrfelvételek alkalmazása katonai objektumok lokalizálására

Amennyiben a múlt eseményeit, objektumait kutatjuk (felderítés, lokalizáció, rekonstrukció), akkor általában a régebbi térképek, archív légi felvételek, korabeli leírások, ábrázolások jelentetik a folyamatok alapját. Ezeket nagyon jól kiegészíthetik a terepi bejárások, felmérések, az ott készített manuálék, melyek sokszor elengedhetetlenek bizonyulnak. Ehhez kiegészítésként természetesen mindig megvizsgáljuk a napjainkban elérhető adatforrásokat is, különös tekintettel a légi fényképekre, főleg akkor, ha összefüggéseket kívánunk megállapítani elszórt felszíni jelek között, vagy számíthatunk földalatti, elfedett objektumokra. A mostanában készült légi felvételek minden szempontból jóval magasabb minőségi színvonalat képviselnek a több évtizeddel ezelőttiekhez képest. Például a föld alá került objektumok, betemetett árkok esetében rögtön felmerülhet a színes infra felvételek használata, amelyek szintén alkalmasak ilyen irányú kutatásokra és használatukkal újszerű adatok kinyerésére is van esély. Azonban az utóbbi évtizedekben oly mértékben változott meg a körülöttünk lévő környezet, hogy az újabb légi fényképek, a jobb minőségük ellenére sem jelentenek előnyt, a háború után 5-8 évvel készült rosszabb minőségű felvételekkel szemben. Hiszen az erődítések, esetleges földalatti objektumok (méretüktől függetlenül) nagy része az intenzív mezőgazdasági művelés és beépítés miatt napjainkra eltűnt. Tehát az új anyagoktól eleve nem várhatunk általánosan áttörő sikereket.

Részben az esetenként hiányos fotografiai adatforrások, részben egy repülés túlzott árfekvése miatt felmerül a felvázoltakhoz hasonló eredményt produkáló, általában hozzáférhető nagyfelbontású űrfelvételek felhasználása is. Ezért érdemes megvizsgálni ezeknek az űrfelvételeknek tartalmi és geometriai viselkedését, lehetőségeit. A műholdas felvételek felbontásának növekedése ma már lehetővé teheti az esetleges felhasználásukat, az ilyen jellegű kutatásokban. A legnagyobb földfelszíni lefedést biztosító felvételek (Quickbird) kicsit megváltoztatott formában elemezhetők a Google Earth programrendszerében is. Emiatt a következőkben e felvételeket értékeljük.

Természetesen a katonai objektumok kutatásával kapcsolatban különböző kiindulási feltételeket kell szabni, hiszen ezek hiányában könnyen félresikerülhet „a világúrból úgyis minden látszik” elhamarkodott kijelentéssel indított munka.

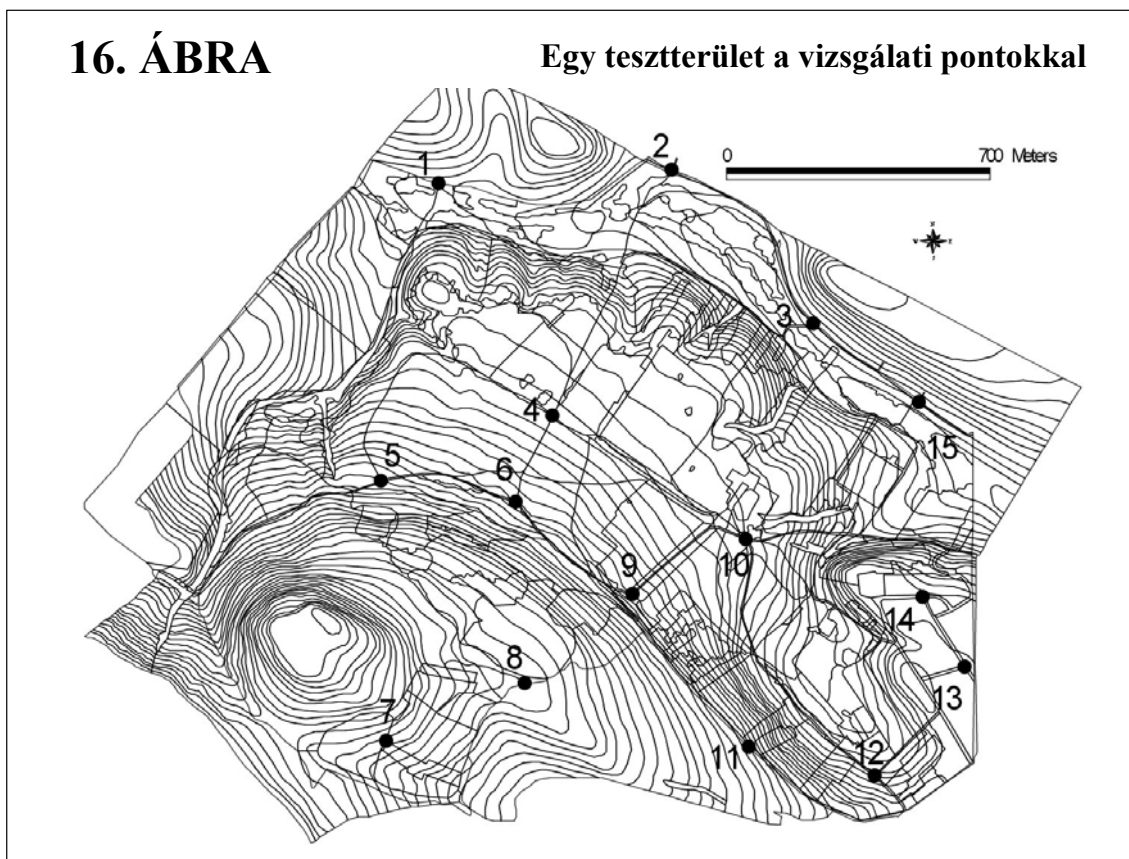
A nagyfelbontású űrfelvételek konkrét használatát meg kell, hogy előzze bizonyos területi lehatárolás történeti vagy térképészeti eszközökkel, hiszen hatalmas térségek részletes átvizsgálása nagyon sok időbe kerülne, valamint a figyelem megosztása miatt esetleg fontos jelenségek felismerése lehetetlenné válna. Erről a tényezőről a korábbiakban már beszéltünk. Továbbá a felbontás lehetővé kell, hogy tegye a nagyobb méretű (méter nagyságrendű) elemek lokalizálását, akár a földfelszín felett vagy az alatt helyezkednek el. Az így azonosított erődelemek jó kiindulási alapot jelenthetnek geometriailag és tartalmilag is a további részletes kutatáshoz. Erre alapozva azután a felbontás maximális kihasználásával egyes kiemelt helyeken kell a legrészletesebb, akár dm nagyságrendű objektumokra utaló jeleket keresni. Itt megjegyzendő, hogy a földalatti objektumok mérete általában nincs közvetlen kapcsolatban ennek földfelszíni jelével, hiszen ez utóbbinál mindig a felszín-bolygatottságot, vagy a kiszáradást, stb. vizsgálhatjuk.

A nagyfelbontású űrfelvételek felhasználásának megbízhatóságát két jellemzővel mérhetjük. Az egyik a geometriai pontosság, a másik a felismerés, kategorizálás pontossága. Először tekintsük át a geometriai pontosságot. Korábbi teszt-területeken elsősorban a viszonylag kis térségek viselkedését kutattuk, mert egy nagyon részletes objektumkutatás gyakorlati okokból ilyen koncentrált területeken képzelhető el. A vizsgálatokhoz közel 20-80 méter magasságkülönbségű dombos térséget választottunk ki átlagosan 2 x 2 km-es területen. Ennek oka az, hogy ennél nagyobb magasságkülönbségek ilyen távolsági viszonyok között



már hegyvidéki terepnek számítanak a hadviselésben, általában fákkal sűrűn fedettek, egyébként is kisebb a valószínűsége földalatti objektumoknak. Sík terepen pedig a domborzatból adódó torzulások értelemszerűen nem jelentkeznek. Természetesen sík területen is megvizsgáltuk a nagyméretarányú illesztési kérdéseket. Geometriai alapként az 1:10000 méretarányú EOV topográfiai térképet használtuk (16. ábra).

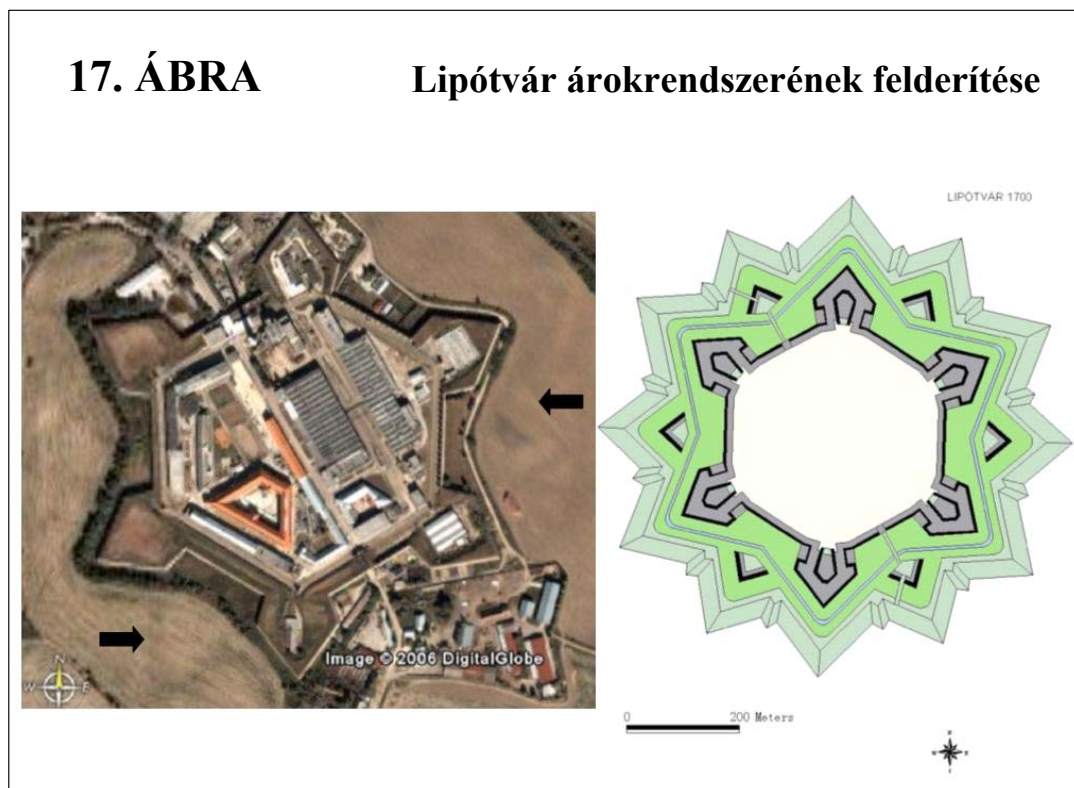
A sík területen elvégzett illesztés választ adott a kis területekre alkalmazható módszerre és a várható hibák nagyságára. Kiderült, hogy a 10-20 km<sup>2</sup> kiterjedésű interpretációs térségben (ami megfelel egy nagyobb támpontrendszer területének) elegendőek a használatos geodéziai transzformációk, a kiértékelt elemek geometriai pontossága a térkép és a kép közötti azonosítás függvénye, és gyakorlatilag 8-10 méter alatt marad. Amennyiben az illesztés nem térképre történik, a pontosság jelentősen növelhető. A domborzatos terep illesztése érdekes következtetésre adott lehetőséget. Amennyiben az illesztőpontok felismerése megfelelő volt (pl. útkereszteződések, telekhatárok), gyakorlatilag az ellenőrzésnél a korábbi esethez hasonló, 10-15 méteres maximális hibák adódtak (geodéziai mérések segítségével 6-8 m). Ez akkor is így volt, ha a legnagyobb magasságkülönbségű pontokon történt az illesztés illetve az ellenőrzés. Ebből az következik, hogy amennyiben a nagyfelbontású űrfelvételek kisebb részeit dolgozzuk fel, akkor ezek az ortofotóhoz hasonlóan viselkednek. Ha megvizsgáljuk a letapogatás viszonylag kis központi szögét, ez természetesnek is tűnhet.



Az illesztések pontosságát elsősorban a topográfiai térképhez viszonyítva vizsgáltuk. Az esetleges térképi, főleg a generalizálásból eredő síkrajzi eltolódások kiszűrésére a pontok koordinátáit navigációs GPS berendezéssel is meghatároztuk. Ennek a terepen mért általános szórása 5 és 10 méter között volt, néhány perces mérés után a koordináta-átlagok általában 4-8 méter között szórtak. Ez a pontosság elegendő volt az illesztés ellenőrzésére, azonkívül az

eredmény megmutatta, hogy a terepen felfedezett objektumok helyzetének GPS-sel történő gyors meghatározása szintén megfelelő pontosságot szolgáltat. Természetesen, a navigációs GPS-sel végzett térkép-ellenőrzés nem helyettesítheti a korábban említett geodéziai pontosságú illesztőpont-meghatározást.

A felderített elemek kiértékelésének megbízhatósága a geometriai pontosság mellett függ a felismerés pontosságától is. Tehát mennyire megbízhatóan tudjuk elkülöníteni az űrfelvételeken az elemek funkcióit, fajtáját. A felismerhetőség alapjául a felhasznált (felhasználható) űrfelvételek névleges felbontóképességét (0,6 m) vettük alapul. Ha meggondoljuk, hogy az erőelemek elvi felismeréshez több pixel együttes észlelése szükséges, akkor eljutunk az elvi interpretációs határhoz, ami 1-2 méteres felszíni jelhalmazt jelent. Ez egyben meghatározza azokat az elemeket, amelyek felismerése egyáltalán elképzelhető. Példaként az alábbi ábrán egy erődítmény már betemetett, elpusztított árokrendszerét és elővédműveit mutatjuk be (17. ábra).



A fentiekben bemutatottuk, hogy ez a modern adatforrás igen jól felhasználható régebbi időszakok kutatásában is. A hátrány, hogy a napjainkban készült felvételeken már csak az erődítések, objektumok kis részletei láthatók, ez esetben is fennáll, de a légi fényképekkel szemben vannak olyan előnyeik is (nagy terület ábrázolása, ortofotóhoz hasonló viselkedés kis vizsgálati terület esetén), amelyek indokolják a műholdas felvételek felhasználását. A felderítési és rekonstrukciós folyamatok első (közelítő lokalizálás), illetve végső (ellenőrzés, korrigálás) részeiben is segítséget nyújthatnak. A vizsgálatok kezdeti szakaszában, különösen új területek vizsgálatánál, hatékonyabban végezhetjük el a katonai, földalatti objektumok előzetes felderítését, lokalizálását. Az ábrázolt területek nagysága miatt jóval kevesebb számú, így könnyebben kezelhető anyaggal kell dolgoznunk. Az űrfelvételek tehát használhatók és hasznosak ebben a speciális alkalmazásban is.