



# Nagyfelbontású űrfelvételek használatának lehetőségei hadtörténeti rekonstrukciókban



*Dr. Winkler Gusztáv – Juhász Attila*  
BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék

## A vizsgálat indokai

Az utóbbi években a tanszékünk kutatási témái között szerepelt a hadtörténeti események rekonstrukciója a távérzékelés és a térinformatika segítségével. Eredményeink többek között a Kárpát-medencében található középkori erődítések, várak vagy például a II. világháborúban Budapestet védő „Attila-vonal” rekonstrukciója. E kutatásaink során döntően archív adatforrásokra támaszkodtunk. Régi térképek, archív légi felvételek, korabeli leírások, ábrázolások jelentették a rekonstrukciók alapját. Ezeket nagyon jól egészítették ki a terepi bejárások, az ott készített manuálék, melyek sokszor elengedhetetlenek bizonyultak. Természetesen megvizsgáltuk a napjainkban elérhető adatforrásokat is, különös tekintettel a légi fényképekre. 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 felmerült a színes infra felvételek használata, amelyek szintén alkalmasak ilyen irányú kutatásokra, és használatukkal újszerű adatok kinyerésére is van esély. Azonban a világháború óta eltelt évtizedekben, oly mértékben változott meg a körülöttünk lévő környezet, hogy az újabb légi fényképek, a jobb minőségük ellenére sem jelentettek előnyt, a háború után 5–8 évvel készült rossz minőségű felvételekkel szemben. Hiszen az erődítések nagy része (különös tekintettel a világháborús védelmi objektumokra) napjainkra eltűntek. A légi fényképek mellett szükségesnek gondoltuk az űrfelvételek vizsgálatát is. A műholdas felvételek felbontásának növekedése ma már lehetővé teszi esetleges felhasználását, az ilyen jellegű kutatásokban is. Az utóbbi időszakban a tanszékünk Quickbird felvételeket vásárolt. Ez jó alkalomnak bizonyult az űrfelvételek alkalmazási lehetőségeinek vizsgálatára a

hadtörténeti jellegű rekonstrukciókban. Emellett felhasználtuk a Google Earth programját is.

Általánosságban a rekonstrukciós folyamatot korábbi tapasztalataink alapján három fő részfeladatra osztottuk fel: a korabeli környezet vizsgálatára, az erődítési objektumok, valamint az események rekonstrukciójára. Ennek a három egymásra épülő lépcsőfoknak a végrehajtása mindig szükséges a megbízható eredmény eléréséhez. Az űrfelvételeket természetesen csak a környezeti és az erődítési objektumok kutatásánál vehettük figyelembe. A vizsgálat megkezdésekor a következő alapvető feltételezésekből indultunk ki:

1. A műholdas felvételek felbontása lehetővé kell, hogy tegye a nagyobb méretű (több méter széles) erődítési 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, illetve már rekonstruált részek ellenőrzéséhez.
2. A korábban általunk felhasznált adatforrások (hadműveleti térképek, egyedi ábrázolások, személyes visszaemlékezések) geometriai pontossága sokszor nem felelt meg az alapvető elvárásainknak, azonban más lehetőségek nem mutatkoztak. Ezeknek az információknak az esetleges korrigálására is lehetőséget láttunk a nagy területeket homogénean lefedő űrfelvételekkel.
3. Tartalmilag a felvételek segítségével egyszerre nagy területet vizsgálhatunk. Tekintettel például a világháborús védelmi vonalak több tíz kilométeres kiterjedésére, ez sem elhanyagolható szempont.

A nagyfelbontású űrfelvételek interpretációjának megbízhatóságát két jellemzővel mérhetjük. Az egyik a geometriai pontosság, a másik a felismerés, kategorizálás pontossága. Mindezeket tesztterületen vizsgálva bizonyítottuk alkalmazhatóságukat a rekonstrukciós kutatások területén.

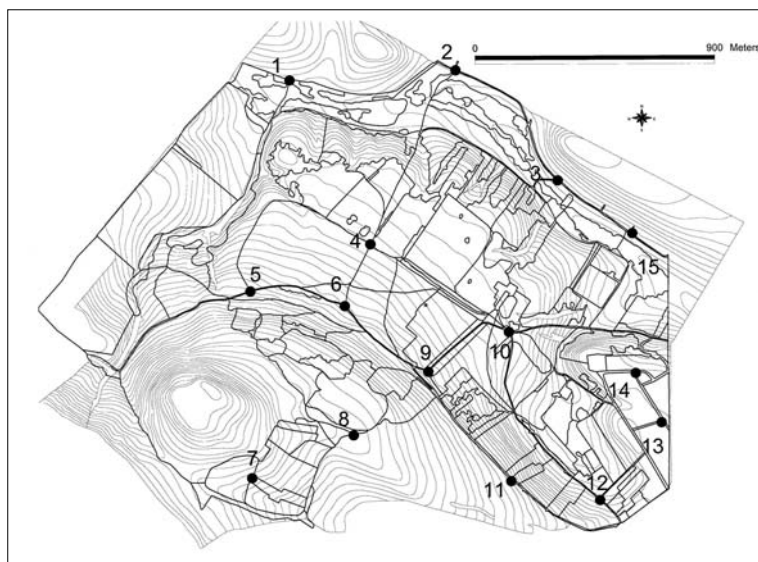
## Geometriai vizsgálat

Először tekintsük át a geometriai pontosságot. A vizsgálathoz egy közel 80 méter magasságkülönbségű dombos térséget választottunk ki mintegy 2×2 km-es területen. Ennek oka az volt, hogy ennél nagyobb magasságkülönbségek ilyen távolsági viszonyok között már hegyvidéki terepnek számítanak a hadviselésben, így gyakorlatilag az általunk keresett erődítési elemek már nem fordulnak elő. Sík terepen pedig a domborzatból adódó torzulások értelemszerűen nem jelentkeznek. Ezen kívül egy sík területen is megvizsgáltuk a nagyméretarányú illesztési kérdéseket. Geometriai alapként az 1:10000 méretarányú EOTR topográfiai térképet használtuk, mert a térkép adta pontosság teljesen megfelel egy hasonló rekonstrukciós célnak, azonkívül minden esetben úgyis ezt az alapot célszerű használni.

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) elegendő az affin-transzformáció, a kiértékelt elemek geometriai pontossága a térkép és a kép közötti azonosítás függvénye, és gyakorlatilag 8–10 méter alatt marad.

A domborzatos terep illesztése érdekes következtetésre adott lehetőséget. Minden esetben a beillesztendő kép sarkaihoz közel választottunk illesztőpontokat, a műveletet többször megismételtük. Amennyiben az illesztőpontok felismerése megfelelő volt (pl. útkeresz-

teződések, telekhatárok), gyakorlatilag az ellenőrzésnél a korábbi esethez hasonló, 10–15 méteres maximális hibák adódtak. 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



1. ábra Egy teszterület a vizsgálati pontokkal

### 1. táblázat

#### A vizsgált pontok koordinátáinak összehasonlító táblázata

pontszám	térképi pontok		képi koordináták		terepi koordináták	
	1	2	1	2	1	2
1	647 649	254 032	647 654	254 036	647 645	254 033
2	648 261	254 071	648 263	254 067	648 267	254 073
3	648 639	253 658	648 637	253 656	648 640	253 661
4	647 944	253 417	647 939	253 415	647 947	253 412
5	647 497	253 243	647 503	253 237	647 500	253 249
6	647 852	253 186	647 851	253 180	647 847	253 183
7	647 506	252 558	647 511	252 563	647 512	252 557
8	647 881	252 707	647 876	252 696	647 876	252 702
9	648 166	252 951	648 173	252 954	648 162	252 957
10	648 461	253 091	648 452	253 097	648 460	253 085
11	648 468	252 542	648 460	252 549	648 476	252 538
12	648 807	252 463	648 805	252 467	648 802	252 456
13	649 045	252 754	649 039	252 749	649 049	252 757
14	648 931	252 938	648 937	252 946	648 925	252 941
15	648 918	253 459	648 926	253 454	648 912	253 451

megvizsgáljuk a letapogatás viszonylag kis központi szögét, ez természetesnek is tűnhet.

Az illesztések pontosságát elsősorban a topográfiai térképhez viszonyítva vizsgáltuk, hiszen ez képezi a rekonstrukciók alapját. 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 erődemelek helyzetének GPS-sel történő gyors meghatározása szintén megfelelő pontosságot szolgáltat.

### Interpretációs vizsgálat

A felderített erődemelek 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 űrfelvételek névleges felbontóképességét (0,6 m) vettük alapul. Ha megfontoljuk, hogy az erődemelek elvi felismeréshez több pixel együttes észlelése szükséges, akkor eljutunk az elvi interpretációs határhoz, ami 1–2 méteres objektumokat jelent. Ez egyben meghatározza azokat az elemeket, amelyek felismerése egyáltalán elképzelhető.

Lipótvár a török háborúk második felében, a Pozsony–Bécs irány lezárására épült, Pozsonytól 60 kilométerre észak-keletre (jelenleg Leopoldov) Érsekújvár eleste után fontos szerepet töltött be. A nagyobb körzet ellenőrzésére tervezett erődvár a XVII. század erődépítészetének tipikus terméke. Az 500 méter átmérőjű település hatbástyas rendszer. A kérdés ebben az esetben a kötőgátak előtti pajzsgátak kiépítettsége és mérete volt, hiszen ezekből nem maradt fenn semmi, és a korabeli rajzok meglehetősen ellentmondásosak. Ezek meglétét, helyzetét és méretét szintén

nagyfelbontású űrfelvételek segítségével határoztuk meg a talajelszíneződések alapján (*lásd hátsó belső borítón*).

A világháborús erődítmény-maradványok interpretációs szempontból két csoportba sorolhatók. Az egyik a harckocsi-védelemmel kapcsolatos (nagy kiterjedésű záruk, akadályok, páncélvédelmi árkok). Ezek felismerése – mint majd látható – viszonylag egyszerű, főleg alakjuk, illetve linearitásuk alapján. A gyalogsági elemekkel már több gond van. A futóárkok, lövészállások, ha fel is lelhetők a terepen, kis szélességük miatt csak kivételesen, egyéb információkkal együtt értelmezhetők. A tévedések a nagyobb méretű löllásoknál (páncéltörő, légvédelmi, aknavető, tüzérségi) fordulnak elő. Gyakorlatilag kimondható, hogy amennyiben 3–4 méter átmérőjű objektumok fedezhetők fel, jó környezeti kontraszttal, akkor a szerkezeti, telepítési elvek ismeretében van jó esélyünk az interpretáció egyértelmű eredményére.



2. ábra Betemetett harckocsi árok az űrfelvételen

### Összegzés

Úgy gondoljuk, hogy az űrfelvételek alkalmazhatóságának vizsgálatáról leírt rövid összefoglalás egyértelműen bizonyítja, hogy ez a modern adatforrás igen jól használható régebbi korok kutatásában is. Azonban ez esetben is fennáll az a hátrány, hogy a napjainkban készült felvételeken már csak az erődítmények kis részletei láthatók, de a légi fényképekkel szemben vannak olyan elő-

nyek is (nagy terület ábrázolása, ortofotóhoz hasonló viselkedés kis vizsgálati terület esetén), amelyek indokolják a műholdas felvételek felhasználását. A rekonstrukciós folyamatok első (közelítő lokalizálás), illetve végső (ellenőrzés, korrigálás) részeiben is segítséget nyújthatnak.

1. A kezdeti szakaszban, különösen új területek vizsgálatánál, hatékonyabban végezhetjük el az erődlemek előzetes felderítését, lokalizálását. Az ábrázolt területek nagysága miatt jóval kevesebb számú, így könnyebben kezelhető anyaggal kell dolgoznunk.
2. A kész rendszerbe történő illesztésükkel pedig ellenőrizhetjük, illetve kijavíthatjuk a korábban más módszerekkel rekonstruált környezeti és erődítési elemeket is. A környezeti rekonstrukció minőségét egyszerűen ellenőrizhetjük, hiszen illesztő pontokat a legtöbb területen könnyedén azonosíthatunk.
3. Az objektum rekonstrukció során korábban nagyon sok esetben a környezeti elemekhez képest, relatív módon lettek ábrázolva az erődlemek. A környezeti rekonstrukció minőségi javítása így az objektumok pozícióján is pontosíthat.

Az űrfelvételek tehát használhatók és hasznosak ebben a speciális alkalmazásban is. Tapasztalatainkat felhasználjuk a most folyó és a későbbiekben remélhetőleg sorra kerülő rekonstrukciós munkáinkban is (Margit-vonal, Karola-vonal).

## IRODALOM

- Winkler, G.* (2004): Reneszánsz erődépítészet Magyarországon. Mérnöki szemmel. *Várak, erődök, erődítések 1*, Budapest, TINTA Könyvkiadó, pp. 202.
- Winkler, G.* (2004): Erődítés- és környezetrekonstrukció térinformatikai eszközökkel. *Geomatikai közlemények VII.* p. 127–133.
- Juhász, A.* (2004): A XIX–XX. századi tábori erődítések a Kárpát-medencében. Hadtörténeti re-

konstrukció térinformatikával. *Várak, erődök, erődítések 2*, Budapest, TINTA Könyvkiadó, pp. 160.

*Juhász, A.* (2004): II. világháborús országerődítések vizsgálata térinformatikával. *Geomatikai közlemények VII.* p. 133–138.

*DigitalGlobe: Quickbird Imagery Products, Product Guide* (2006)  
[www.digitalglobe.com](http://www.digitalglobe.com)

### **Potential of high resolution spaceborne images in military historical reconstruction**

*Winkler, G. – Juhász, A.*

#### *Summary*

Application of GIS and remote sensing in military historical reconstruction was our research topic in the last few years. During our work we have mostly used archive data sources such as maps and aerial photographs. We have also investigated the data sources of the present days. Since some parts of the fortifications have been destroyed or covered by soil after the WW II., the recent aerial photographs unfortunately does not mean additional help compared to the photos taken in the 50's. However, the images made by satellites could be applied also in this kind of research. At the beginning of the reconstruction work we can have an overview about a large area and we are able to locate the signs of the fortification parts. Certainly only the sizeable elements, like anti-tank dikes can be detected on these images but these signs could definitely speed up our work. Besides, we can apply the spaceborne images to verify the geometrical position of the previously reconstructed environment and fortification parts. If we focus only on small areas, these images can be considered as orthophotographs with about 10-15 meters accuracy. This precision seems adequate to our purposes.