

JUHÁSZ ATTILA* – BALOGH ÁRPÁD**

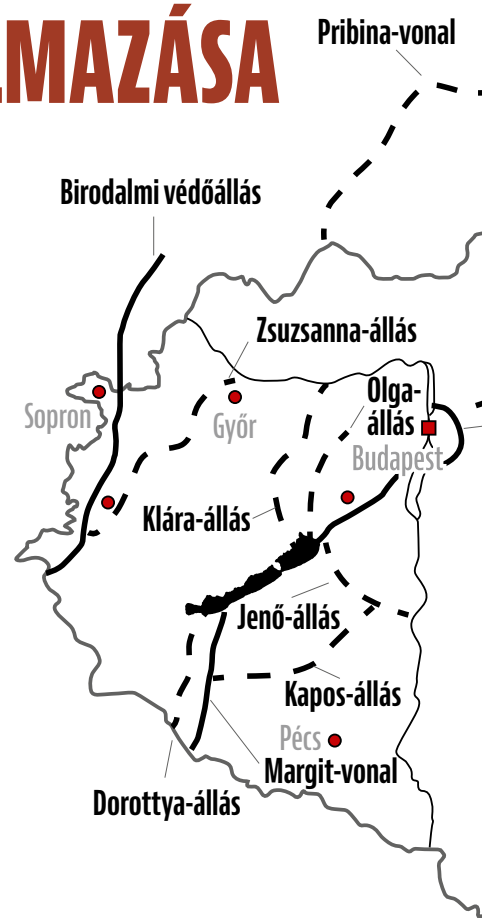
TÉRINFORMATIKA ALKALMAZÁSA KATONAI OBJEKTUMOK REKONSTRUÁLÁSÁHOZ

Összefoglalás: A térinformatikát és távérzékelést ma már széles körben alkalmazzák a hadtörténeti és régészeti kutatásokban is. Cikkünkben bemutatjuk, hogy miképpen támogatja e két technológia a 20. században kiépített magyarországi erődítési rendszerek egyes részeinek rekonstrukcióját, modellezését. Ismertetjük a rendelkezésre álló adatgyűjtési eljárásokat, adatfeldolgozási, elemzési módszereket és vizualizációs megoldásokat. A vizsgálatban szereplő objektumok a II. világháborús Attila- és Margit-vonal, valamint a hidegháborús Déli Védelmi Rendszer elemei voltak.

Kulcsszavak: térinformatika, távérzékelés, objektumrekonstrukció, Attila-vonal, Margit-vonal, Déli Védelmi Rendszer

Abstract: Geoinformatics and remote sensing are widely used in military history and archaeological research recently. This article reveals the role of these disciplines in supporting of reconstruction and modelling of fortification system parts built in Hungary during the 20th century. The available data sources, data processing and analysis methods and visualization solutions are described. The objects studied were the elements of the Attila and Margaret Lines of World War II and the elements of the Cold War Southern Defence System.

Keywords: geoinformatics, remote sensing, object reconstruction, Attila Line, Margaret Line, Southern Defence System



BEVEZETÉS

A háborúk, így a 20. századi konfliktusok története és az azokhoz kapcsolódó katonai objektumok mindig is nagy érdeklődésre tartottak számot mind katonai, mind polgári oldalról. A háborús erődítések és azok elemei sokszor csak érintőlegesen vannak megemlítve a hadtörténeti vizsgálatokban, tanulmányokban, hiszen ezek többnyire az események ismertetésére fókuszálnak. A védelmi objektumokat, vonalakat csak hozzávetőleges elhelyezkedésükkel ábrázolják a térképmellékleteken vagy a leírásokban. Az erődítések részletes ismertetésének hiányát két fő okra lehet visszavezetni. Sokszor csak kevés vagy semmilyen dokumentáció nem maradt fenn ezek kapcsolatban, illetve a hadtörténetesek nem ezek feldolgozására koncentrálnak. Egyes erődítési elemek nyomai napjainkban is fellelhetők, viszont ezek felmérése, térképezése, modellezése

igen komoly feladat, különösen a nagy kiterjedésű védelmi rendszerek esetében. Ez utóbbi feladat hatékonyabb megoldásában segíthetnek a térinformatikai és távérzékelési technológiák. Az elmúlt években megjelenő, nagy területéről nagy felbontású, 3D-s térbeli adatokat szolgáltató eljárásokat erre a speciális feladatra is tökéletesen fel lehet használni. Természetesen a mai állapotok rögzítése mellett nem lehet kihagyni az archív források párhuzamos felhasználását sem, hiszen ezek jól tükrözik a korabeli állapotokat. Vizsgálataink során mindig objektív mérnöki megközelítést és adatforrásokat használtunk, amelyek lehetővé teszik a kiválasztott objektumok részletes térbeli rekonstrukcióját. A következőkben ismertetett feladatok megoldása során a korabeli állapotok feldolgozásához alapvetően archív légi fényképeket, míg a mai állapotok elemzéséhez lézerszkennelt pontfelhőket használ-

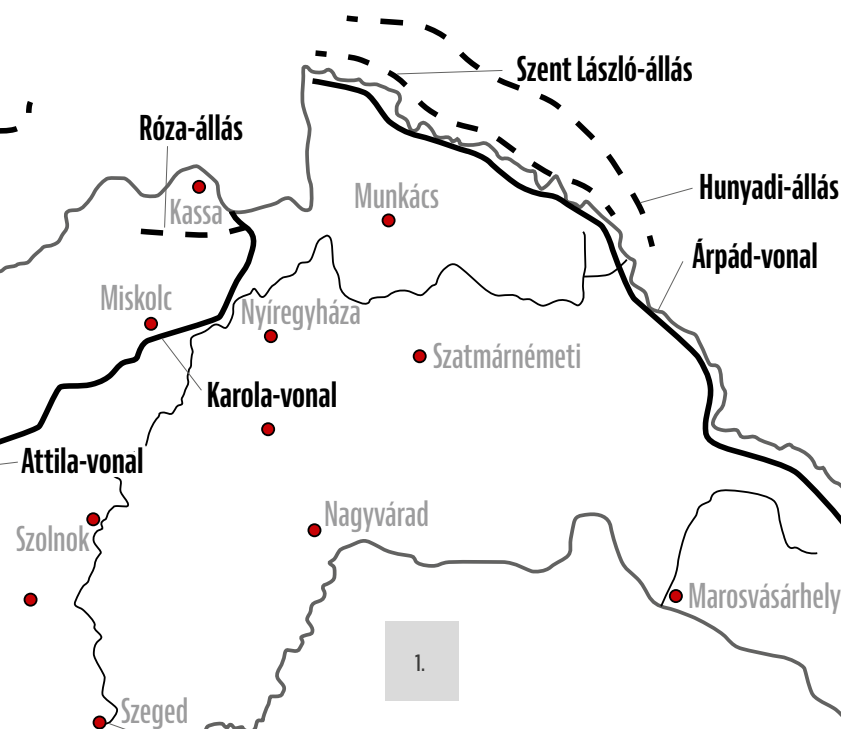
tunk fel. A különböző minőségű és más-más jellemzőkkel bíró információk egységes rendszerben való kezelésére a térinformatikai rendszerek egyértelműen alkalmasak. Az azonos vetületi rendszerbe integrált geometriai adatok és a hozzájuk kapcsolódó attribútumadatok segítségével nemcsak a nyilvántartásra és a hatékony vizualizációra van lehetőségünk, hanem 2D-s és 3D-s elemzésekre is. A kialakított módszertan alkalmas lehet országos kiterjedésű adathalmaz feldolgozására is. Az elért eredményekkel közvetlenül támogathatjuk a hadtörténetesek munkáját, és realisztikusabbá tehetjük a téma iránt érdeklődők élményét.

A VIZSGÁLT IDŐSZAKOK ÉS ERŐDÍTÉSI ELEMEK

A térinformatikai alapú katonai objektum-rekonstrukció mintaterületei és az érintett korszakok az alábbiak voltak:

* PhD, BME Építőmérnöki Kar, Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, egyetemi docens.
ORCID: 0000-0002-4605-7737

** PhD hallgató, BME Építőmérnöki Kar, Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, Magyar Nemzeti Múzeum Közgyűjteményi Központ, ORCID: 0000-0002-4017-8845



Magyarország tekintetében két időszakot választottunk ki, amikor jelentős védelmi rendszereket építettek. A II. világháborúban, amikor a szovjet csapatok elérték az országot, az eredetileg a Keleti-Kárpátokban kiépített Árpád-vonal részben elveszítette jelentőségét a román kiugrás miatt. A délkeleti irányból érkező támadást egy új védelmi vonalrendszerrel tervezte megállítani a magyar és a német hadvezetés. [1] Az Attila-vonal Budapest védelmét szolgálta 1944–45-ben; központi részét alkotta annak az országos védelmi rendszernek, melynek további fő elemei a Karola- és Margit-vonalak voltak. (1. ábra) Ez az állásrendszer a Zemplén-hegységtől Budapesten át a Balatonig, majd egészen a Drávaig húzódott. A német hadvezetés már 1944. szeptember 22-én elrendelte, hogy Budapest keleti oldalán három patkó alakú védőövet építsenek ki, szárnyaikkal a Dunára támaszkodva. (Attila I., Attila II., Attila III.) A munkában a szlovák műszaki hadosztály 3000 katonája, továbbá a kivezényelt civil lakosság és zsidó munkaszolgálatosok vettek részt. Összességében 28 000 fő dolgozott a védőövezet kiépítésén. A vonalak harckocsiárok, gyalogsági árokrendszerekből, megerősített tüzérségi és légvédelmi állásokból álltak.

A Margit-vonal a fővárostól a Velenicei-tó és a Balaton mentén húzódott a Drávaig. Budapest bekerítése során a szovjetek ezen a vonalon törtek át a fővárostól nyugatra, de ebben a térségben zajlottak le a *Konrad* és a *Tavaszi ébredés* hadműveletek [2] egyes mozzanatai is a későbbiekben.

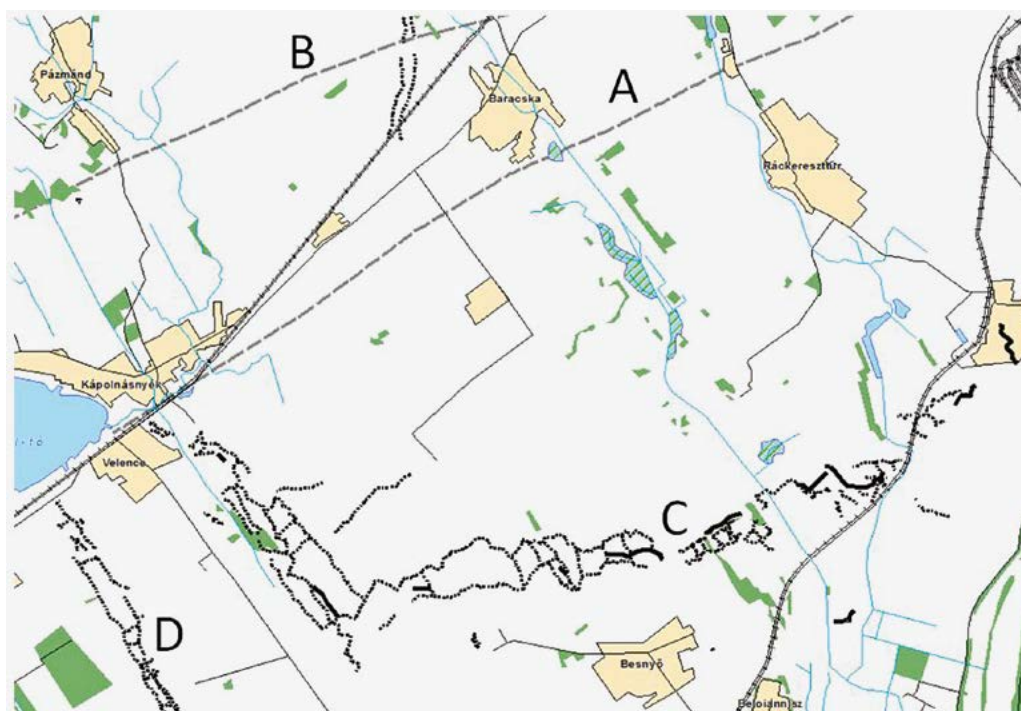
A korábban rendelkezésre álló leírások csak jó közelítéssel adták meg a vonalak elhelyezkedését, mint például az alábbi esetben:

Margit-vonal, fő ellenállási öv 1. vonala: Duna – Nagytétény vasútállomás – Szent László pusztája – Baracska-D – Kápolnásnyék-D – Kisvelence-D – Velenicei-tó északi partvonala (2. ábra „A” vonal) 2. vonala (12–20 km távolságban): Kismarton-É – Martonvásár-D – Baracska vasútállomás – Pázmánd-D (2. ábra „B” vonal)

A II. világháború után, a hidegháborús korszak derekán a magyar és a szovjet vezetés az akkori Jugoszláviával közös határ megerősítését tűzte ki célul. Óriási ráfordításokkal (az akkori GDP negyedét erre költötték) kezdtek el építeni a Déli Védelmi Rendszert (DVR), amely a tervek szerint 7687 darab tüzelőállást (harckocsi, rohamlöveg, tüzérségi, aknavető, géppuska), 2000 harcálláspontot és figyelőhelyet, 2469 darab kiszulózott óvóhelyet, 964 darab vasbetonból készült géppuska-kupolát, 219 darab tüzérségi erődöt, 4158 kilométernyi harc- és közlekedőárkot, valamint több mint 120 darab tankfedezéket tartalmazott volna a körülbelül 600 kilométer hosszúságú közös határ mentén. Ennek 40%-a készült el 1955-re, amikor is a bekövetkezett politikai változásoknak köszönhetően befejezték a további munkálatokat. [5] A mai napig megtalálhatjuk mindkét korszak katonai objektumainak nyomait a terepen.

1. ÁBRA. Magyarország védelmi vonalai (1944–45) [3]

2. ÁBRA. A Margit-vonal keleti szektora a korábbi dokumentációk (A, B) és a rekonstrukció (C, D) alapján [4]





3. ÁBRA. Lövészárók
(a) (47°37'52.08"É,
19°12'15.34"K)
és betemetett
harckocsiárók (b)
(47°3'50.22"É, 18°
3'55.05"K) a Google Earth
[11] képein (A szerzők
szerkesztése)

A FELHASZNÁLT ADATFORRÁSOK

A térinformatikai rekonstrukció első lépése a vizsgált időszakok, objektumok és események megismerése volt az elérhető írásos és térképi információk alapján. Az Attila-vonal esetében a dokumentációk széles köre elérhető egy-egy részlettel kapcsolatban, a teljesség igénye nélkül: korábbi publikációk [6], webes források [7] és személyes visszaemlékezések és gyűjtemények, mely esetünkben Hingyi László személyes emlékeit és gyűjteményét jelentette. A DVR alapvető dokumentációi szintén korábbi könyvek [5] és webes források voltak [8]. Ebben a publikációban csak a tényleges geometriai adatnyerés eljárásaira fókuszáltunk, és ezt mutatjuk be ebben a fejezetben.

A védelmi rendszerek rekonstrukciója legalább két szinten megvalósítható, jól elkülöníthető méretarányal és részletességgel. Első közelítésben a teljes rendszert érdemes vizsgálni, komplexen a hadműveleti szinten, a stratégiai megfontolásokat szem előtt tartva, kisebb méretarányoknak megfelelő pontossággal és adatsűrűséggel. Másodsorban pedig a rendszer egyes önálló elemeinek és a csataterék (pl. század védőkörlete) vizsgálata szükséges, a részletes és pontos védelmi taktika rekonstruálásához, ami nagy méretarányú feldolgozást igényel. Míg az előb-

bi esetben a nagyobb távolságból végrehajtott hagyományos távérzékelési eljárások is elégségesek, addig a másodikban már szükségünk van a vizsgált objektumok pontos helyzetére és irányultságára is. Például egy század- vagy szakaszparancsnoki figyelőhely kémlelőnyílásának iránya lefedte azt a területet, amelyet az adott egység felügyelt és tűz alatt tartott. Az ilyen részletességű rekonstrukciók korábban sok esetben igen körülményesen zajlottak terepen, hiszen a ma is fellelhető objektumok jellemzően részben vagy teljes egészében növényzettel fedettek, megközelítésük nehézkes lehet, és a korábbi eszközökkel csak kisebb mennyiségű, főleg kulcspontok bemérésére volt lehetőség. Azonban az utóbbi években megjelent korszerű adatgyűjtési eljárások óriási előrelépést jelentettek ezen a téren. A nagy térbeli felbontás és pontosság nagyon hatékonyra teszi ezeket az eszközöket a felszínen található objektumok vagy azok részeinek rekonstrukciójában. Emellett meg kell említeni, hogy a föld alatt lévő objektumok és üregek felderítése is megoldható már az olyan mai modern eljárásokkal, mint a földradar, elektromos ellenállás vagy földmágnesesség méréseivel.

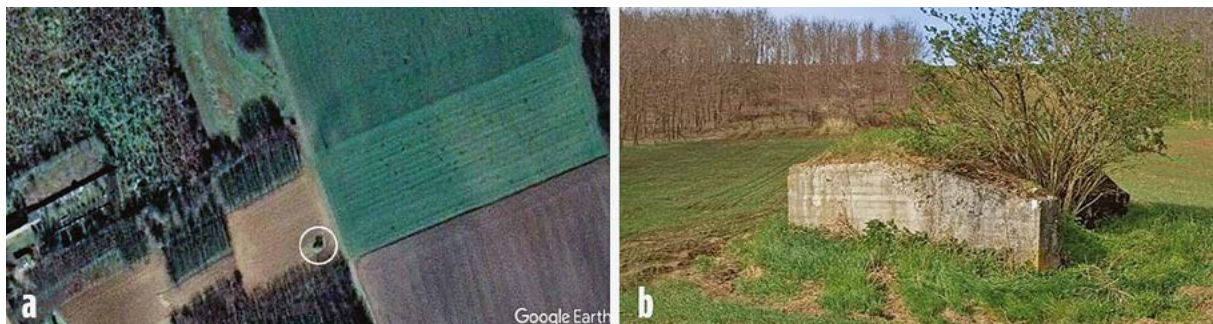
A következőkben a távérzékelési, illetve mérési távolság tekintetében a nagytól a kicsi felé haladva mutatjuk

be az adatforrásokat, néhány tipikus példával illusztrálva a lehetőségeket.

ÜRTÁVÉRZÉKELÉS

Ma már természetes, hogy a műholdképek esetében is méteres vagy az alatti térbeli felbontásról beszélünk a korai 20–30 méteres felbontások helyett. Amíg évtizedekkel ezelőtt a Landsat 4 és 5 misszió szenzorai (Thematic Mapper – TM, Multispectral Scanner – MSS) [9] által készített 30 méteres felbontású képei jelentették az elérhető legjobb minőséget, addig például a napjainkban működő Pléiades műhold Pan felvételei 0,5 m, míg MS képei 2 m felbontással rendelkeznek. [10] Ez a nagy felbontás már lehetővé teszi a legkisebb erődítési elemek azonosítását is a képeken. A 3. ábrán a Fót melletti Somlyó-hegy oldalában elhelyezkedő, az Attila-vonalhoz tartozó lövészárók (a) és a Margit-vonal betemetett harckocsiárka Balatonfűzfő és Papkeszi között (b) látható a Google Earth [11] felvételein.

Ennek ellenére a műholdas távérzékelés leginkább arra alkalmas, hogy redundáns módon ellenőrizzük egy-egy objektum létezését közvetlenül vagy a ráutaló nyomok alapján. Emellett segíthet a mai helyszínek hatékony beazonosításában és felkeresésükben, valamint a légi fényképekkel egyetemben jól használhatók a hagyományos régészetben is jól ismert prediktív modell készítéséhez. [12] A prediktív modellezés célja, hogy a potenciálisan kutató helyszíneket beazonosítsuk döntően környezeti jellemzők alapján. A klasszikus régészeti lelőhelyekhez hasonlóan az erődítési elemek elhelyezkedését is valószínűsíthetjük többek között a földrajzi környezet vizsgálatával. A távérzékelési eljárásokból származó magassági, vegetációs, víz-háztartási és egyéb adatok alapján



4. ÁBRA. A Déli Védelmi Rendszer géppuskaállása (A/10) műholdképen (a) (45°54'54.88"É, 18°36'8.10"K) és a terepen [13][14]

előzetesen lehatárolhatók a kutatandó területek. A 4. ábrán a DVR egyik nehéz (vasbeton) féloldalazómű géppuskaállása (A/10 típusú bunker) látható műholdképen (a), illetve a terepen (b). Természetesen a műholdképen való azonosítás feltételezi az előzetes ismereteket a területről. Ezek nélkül sokkal nehezebb felismerni az objektumokat, illetve a ráutaló jelenségeket: talajszíneződések, mintázatok a vegetációban stb.

LÉGI FÉNYKÉPEZÉS

A légi fényképezés minősége a műholdas távérzékeléshez hasonlóan sokat fejlődött az elmúlt évtizedekben. A hagyományos légi fotogrammetria újabb és újabb felvételei természetesen felhasználhatók a rekonstrukciókban, de alapvetően arra kell törekednünk, hogy a vizsgált korszakhoz minél közelebbi időpontban készült felvételekkel dolgozzunk. Az egyre jobb minőségű felvételekkel nem lehet kiváltani a régebbi archív anyagokat, azok korhű adattartalma miatt. Azonban a légi felvételek esetében is elmondhatjuk, hogy minél több redundáns adat biztosíthatja az egyértelmű objektumazonosítást, így a mai felvételekből is nyerhetők fontos információk. A látható fény és a közeli infravörös tartományban készített képeken a vegetáció és a talaj jellegzetes elváltozásait, mint indikátorokat használhatjuk akár a föld alatti objektumok azonosítására is. [15] (5. ábra)

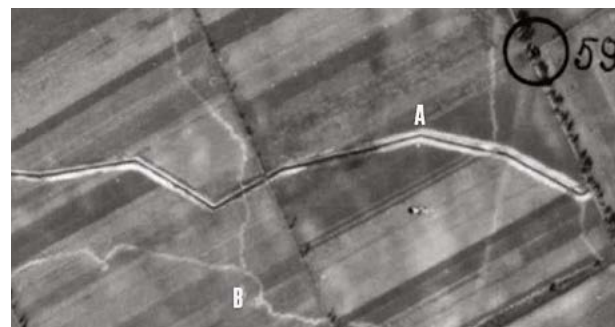
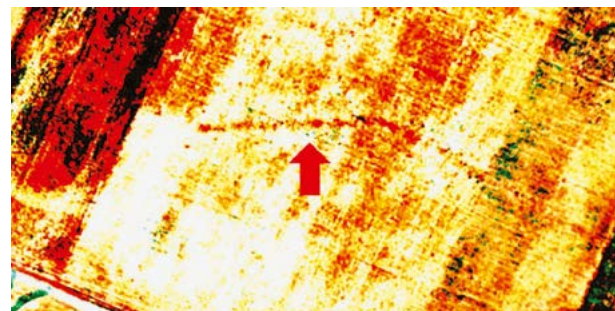
Összességében elmondhatjuk, hogy a kutatásunkban a korabeli állapotokat minél realiztikusabban megjelenítő archív felvételeket használtuk, esetenként kiegészítve a mai jó minőségű felvételekkel. Az 1950-es években készített magyarországi légi fényképezési kampányok légi fotói jelentették a legértékesebb alapanyagot. Sokszor igen rossz minőségük ellenére jól azonosíthatóak rajtuk a különböző világháborús katonai objektumok, akár a legkisebb méretű lövészárkokig bezárólag. Míg korábban igen fáradtságos munkát jelentett a feldolgozásuk, ma már akár georeferált (adott vetületi rendszerbe illesztett, transzformált raszterálmány) formában is letölthetők és használhatók erre a célra. Segítségükkel nemcsak a jelentős méretű harckocsiárkok, bombakráterek, hanem a kisebb

lövészárkok (szerencsés esetben akár betemetett állapotban is), illetve a különböző állások, építmények is beazonosíthatók, térképezhetők. (6. ábra)

LÉZERSZKENNELÉS

Az utóbbi évtizedekben terjedt el széles körben a lézerszkennelés (Light Detection and Ranging, LiDAR). Megkülönböztetünk légi (Airborne Laser Scanning – ALS) és földi (Terrestrial Laser Scanning – TLS) szkennelési eljárásokat, illetve megemlíthetjük a műholdas aktív távérzékelési eljárásokat is (pl. InSAR). [16] Előbbi végrehajtásakor a szenzor valamilyen repülő platformra van integrálva (drón, helikopter, repülőgép), és jellemzően 50–100 métertől 5000 méterig terjedő repülési magasságból mér. [17] Egy átlagos nagy magasságú légi szkennelés pontfelhőjének műszaki jellemzőit tekintve kijelenthetjük, hogy az eljárás tökéletesen alkalmas katonai objektumok terepi nyomainak, maradványainak felderítésére, azonosítására. Az 5–10 pont/m² pontsűrűség, a deciméteres / centiméteres nagyságrendű horizontális és vertikális pontosság lehetővé teszi az 50–70 évnnyi környezeti, mikrodomborzati változások után is az árkok és különböző építmények terepi pontjainak azonosítását, szűrését. A lézerszkennelés legnagyobb előnye a mi kutatásunk esetében is, hogy akár sűrű vegetációval fedett területek alatti tereppontok bemérésére is alkalmas, a többszörös visszaverődésből származó többszintű pontfelhő detektálása miatt. A repülőeszköztől készült LiDAR pontfelhők felhasználásával egyértelműen be lehet azonosítani korábban betemetett harckocsiárkot, lövészárkot vagy akár vasbeton építményeket is. (7. ábra)

Földi szkennerek használatával nagyon nagy felbontásban kaphatjuk vissza a terepi objektumok pontfelhőjét, ami lehetőséget ad arra, hogy valós mai állapotában rögzítsük és kívülről-belülről modellezzük. A terepi mérések végrehajtása ilyen esetekben igen körülményes az objektumokat körülvevő nagyon sűrű növényzet miatt. Esetünkben a földi méréseket egy Leica BLK360 műszerrel hajtottuk végre. Méréseink során legalább kétszer annyi álláspontra volt szükségünk, mintha növényzet hiányában kellett volna végrehajtani a fel-



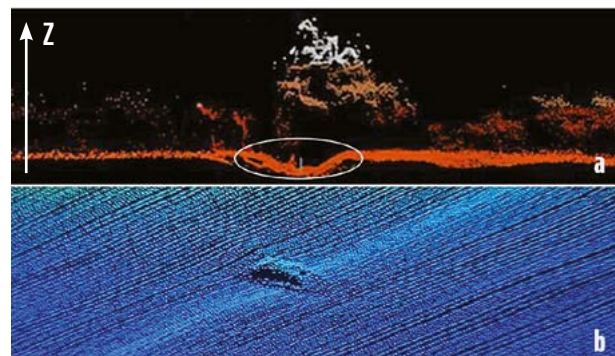
adatot. A nehéz körülmények ellenére a mérés átlagos hibája 2 cm alatt maradt. A 9. ábra bal oldalán a terepi felmérés álláspontjai (piros pontok) és pontfelhője (33 millió pont) felülnézetben, míg a jobb oldalon az A/20 típusú megerősített féloldalazómű 57 (76) mm-es páncéltörő ágyú állásának a vegetáció pontjaitól megtisztított pontfelhője (4,3 millió pont) látható.

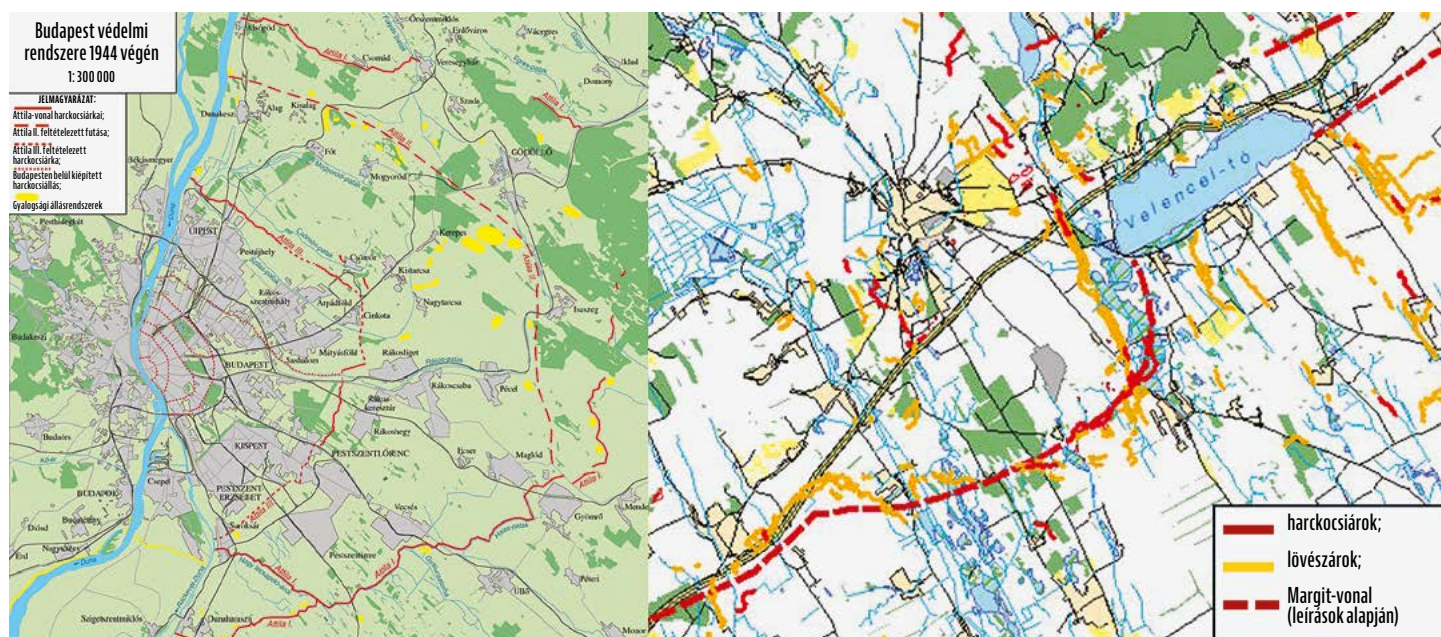
A klasszikus légi és a földi szkennelés mellett lehetőségünk van drónok használatára is. A drónok segítségével fotogrammetriai és szkennelési megoldásokat is választhatunk. A fotogrammetriai feldolgozás jelen katonai objektumok tekintetében nem szerencsés választás a sűrű növényzet takarása miatt. Drónos szkenneléssel tudjuk támogatni a rekonstrukciót, hiszen plusz információt jelenthetnek a felszíni objektumok drónról szkennelt pontjai és a közvetlen környezet pontjai is, azonban kizárólag drón használatával nem megoldható a teljes modellezés,

5. ÁBRA. Betemetett harckocsiárkok infravörös légi felvételen [1]

6. ÁBRA. Harckocsi- (A) és lövészárkok (B) archív légi felvételen [4]

7. ÁBRA. Lövészárkok metszete (a) és A/10 géppuskaállás (b) ALS pontfelhőben [13; 14.]





8. ÁBRA. A rekonstruált teljes Attila-vonal (balra) [18] és a Margit-vonal egy részlete (jobbra) [4] (A szerzők szerkesztése)

mert az objektumok belseje csak földi szkenneléssel mérhető fel.

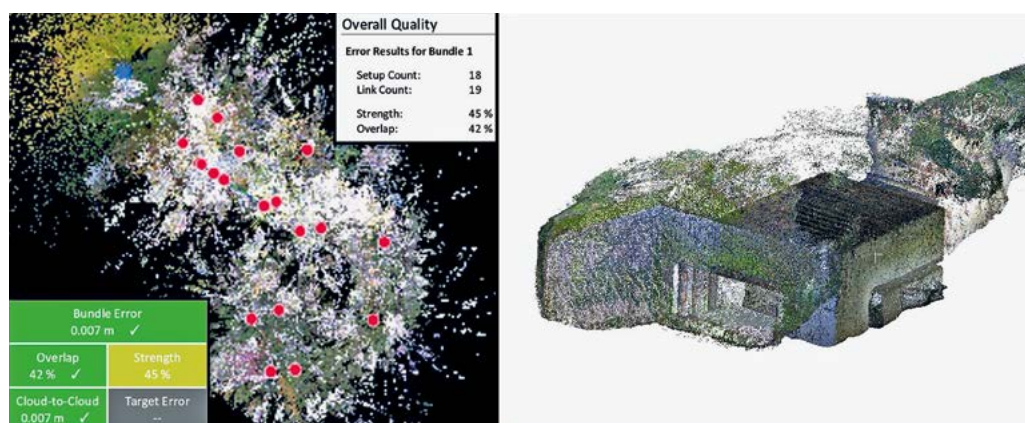
AZ ADATOK TÉRINFORMATIKAI FELDOLGOZÁSA ÉS EREDMÉNYE

Ahogy azt a korábbiakban is említettük, érdemes legalább két rekonstrukciós (áttekintő hadművelleti és részletes harcászati) szintben gondolkodni a katonai objektumok esetében. A hadművelleti szintű, áttekintő jellegű rekonstrukcióhoz elegendő a védelmi rendszerek és vonalak 2D-s térképi ábrázolása. Az archív térképi és archív légi fényképekről származó információk és az általunk a korábbi években végrehajtott terepi felmérések adatainak digitalizálása után létrehoztuk a vizsgált területek erősítéseinek térképeit, illetve ahol lehetséges volt, az egyes objektumokhoz attribútumadatokat is rendeltünk. A térképezés alapadatainak gerincét mindkét vonal esetében az archív légi fényképek biztosították,

melyeket georeferálás után dolgoztunk fel. A kutatás alapvető célja az erősítési rendszerek pontos elhelyezkedésének térképezése volt, ami az alapját képezheti különböző térinformatikai elemzéseknek is. A 8. ábra bal oldalán a teljes Attila-vonal térképét láthatjuk, amely alapján kijelenthetjük, hogy a korábbi információkkal ellentétben nem épült három teljesen egyenértékű védelmi vonal a rendszeren belül, hiszen például harcocsírok csak a külső és belső vonalban található (piros vonal). A középső vonalban jellemzően csak gyalogsági árkokat tartalmazó megerősített terepszakaszok láthatók (piros foltok). Az ábra jobb oldalán a Margit-vonal egy rekonstruált részlete található. A valósnymvonal – amely szinte csak lövészárkokból állt – a Velencei-tótól délnyugatra teljes egészében egybeesik a korabeli leírásokkal (szaggatott vonal), míg északkeletre egyáltalán nem

folytatódik. A tó déli oldalán, a partra merőlegesen kialakított lövészárkrendszereket, azok elhelyezkedése és irányultsága alapján valószínűleg már a szovjetek építették a német ellentámadások megakadályozására, amit hadtörténész kolléga is megerősített.

A DVR-hez kapcsolódóan nagy pontosságú térbeli adatok alapján elkészítettük egy mintaterület és objektumainak 3D-s rekonstrukcióját. Az alapadatokat egy légi lézerszkennelt pontfelhő biztosította, melyet a pécsi Janus Pannonius Múzeumtól kaptunk meg kutatási célra. A múzeum 2012 márciusában az „ArchaeoLandscapes Europe” (Arcland) pályázat keretei között egy 140 km² nagyságú területet mért fel roncsolásmentes lelőhelyazonosítás és régészeti munkálatok elősegítése érdekében. Ebbe integráltuk a saját – Leica BLK360 műszerrel végrehajtott – földi szkennelési eredményeinket. Így abszolút értelemben is el tudtuk helyezni a rendszer elemeit. A két pontfelhő illesztéséhez manuális megoldást kellett alkalmaznunk, mert a felhasznált szoftver (CloudCompare) [19] beépített illesztési funkciója nem tudta automatikusan megoldani. Ez nem is várható el olyan esetekben, mint például a 11. ábrán bemutatott helyszínen, amikor a föld alatti bunkernek (A/16 közepes típusú fedezékkel ellátott tüzelőállás) csak a rézsúje fedezhető fel az ALS pontfelhőben (piros pontok), és csak ezen néhány pont alapján kell megvalósítani az illesztést. Jól látható, hogy



a két pontfelhő eltérése (cloud to cloud distance) [20] a részsűnél éri el a legkisebb értékeket (~ 25 cm).

Miután az erődítési elemek a helyükre kerültek az egységes térinformatikai keretrendszerben, kétirányú vizsgálatot végeztünk el. A TLS pontfelhők alapján AutoCAD [21] rendszerben létrehoztuk az egyes bunkerek 3D-s modelljét a jelenlegi állapotoknak megfelelően. Ez alapján elvégeztük az összehasonlítást a jól dokumentált típustervekkel, rögzítettük a mai állapotokat és rekonstruáltuk a valós 3D-s terepen való elhelyezkedésük alapján a tervezett pásztázási irányokat és ezzel együtt a rendszer tervezett felépítését. (10. ábra)

A pásztázási területek ábrázolásához a géppuska esetében 600 métert, a páncéltörő ágyúknál 1000 métert vettünk alapul, ami természetesen szabadon változtatható az egyes bunkertípusokban használatos fegyverek paramétereinek tekintetében. Az ábrán jól azonosíthatók például azok a terepi adottságokból fedett területek, amelyeket nem lehet közvetlen tűz alatt tartani.

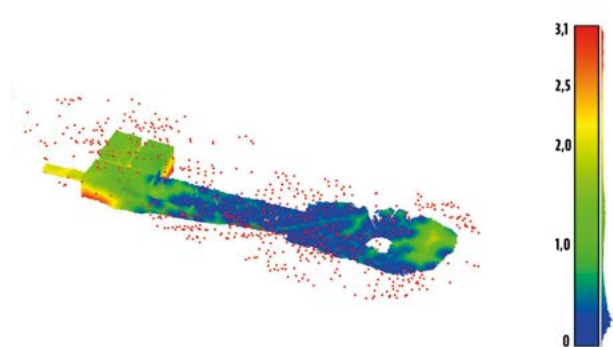
ÖSSZEGZÉS

A hadtörténeti vizsgálatok részét képező katonai erődítések rekonstrukciója nagy pontossággal végrehajtható a térinformatika adta egységes keretrendszerben, ahol az archív források adatait és a modern távérzékelési eszközök méréseit egyszerűen integrálhat-



10. ÁBRA. A bunkerek páasztázási területei és átfedései a 3D-s térinformatikai rekonstrukció alapján [14; 220.]

juk, így fokozva a vizsgálatok megbízhatóságát. A térinformatikai rendszerek lehetőséget adnak nemcsak az abszolút és relatív értelmű objektumrekonstrukcióra, valamint az eredmények két- és háromdimenziós megjelenítésére, hanem többféle térbeli elemzésre is. Ezeken a vizsgálatokon keresztül pontosítani tudjuk az egyes védelmi rendszerek és azok elemeinek pontos helyzetét, irányultságát, így rekonstruálva a hadművelleti és taktikai szintű tervet és a megvalósult részleteket. A térképezési feladatok és az elemzések eredményei felhasználhatók a további hadtörténeti kutatásokban, a vonatko-



zó események részletesebb kutatásában, valamint lehetőséget biztosítanak a realisztikusabb vizualizációra az érdeklődők számára.

11. ÁBRA. Az ALS és TLS pontfelhők illesztése és annak pontossága [9; 218.]

HIVATKOZÁSOK

- [1] Juhász A.: A XIX-XX. századi tábori erődítések a Kárpát-medencében. Hadtörténeti rekonstrukció térinformatikával. Várak, erődök, erődítések 2. Budapest, TINTA Könyvkiadó, 2004, 160.
- [2] Számvéber, N.: Kard a pajzs mögött. A „Konrád” hadművelet története, 1945. Budapest, Püldo Kiadó, 2007, 263.
- [3] Juhász, A.: A special GIS application. Military historical reconstruction. Periodica Polytechnica: Civil engineering, 2007/1, 25–31. <https://doi.org/10.3311/pp.ci.2007-1.04>
- [4] Juhász, A. – Winkler G.: Hadtörténeti rekonstrukciók új eredményei a távérzékelés és a GIS alkalmazásával. Geomatikai közlemények XVI., 2013, 89–101.
- [5] Suba J. et al.: Betonba zárt hidegháború. Budapest, HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum, 2010, 204.
- [6] Tóth Sándor: Budapest felszabadítása. Budapest, Zrínyi Katonai Könyv- és Lapkiadó, 1975, 288.
- [7] Поиск документов об участниках войны. <https://pamyat-naroda.ru/> (Letöltve: 2025.04.14.)
- [8] A Rákosi-erődvonal a láncos kutya árnyékában https://falanszter.blog.hu/2012/09/21/a_rakosi_erodvonal_a_lancos_kutya_arnyekaban (Letöltve: 2025.04.14.)
- [9] 50 Years of Landsat Science. <https://landsat.gsfc.nasa.gov/> (Letöltve: 2025.04.14.)
- [10] Pleiades instruments. <https://earth.esa.int/eogateway/missions/pleiades> (Letöltve: 2025.04.14.)
- [11] Put the globe to work. <https://mapsplatform.google.com/maps-products/earth/capabilities> (Letöltve: 2025.04.14.)
- [12] Mesterházy G.: Improving the Quality of Archaeological Predictive Models. Communicationes Archaeologicae Hungariae, 2019, 5–30. <https://doi.org/10.54640/CAH.2019.5>
- [13] Juhász, A. – Schlosser A.: Modern kori katonai objektumok rekonstrukciójának térinformatikai lehetőségei. Geomatikai közlemények XXVI., 2023, 7–22.
- [14] A. Juhász – A. Balogh: 3D GIS reconstruction of Hungarian Southern Defense Line. Geodetski vestnik, 2024/2, 211–222. <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2024.02.211-222>
- [15] Szabó M.: Régészet madártávlatból. Archaeolingua Alapítvány, Budapest, 2016, 304.
- [16] What is InSAR? <https://satsense.com/what-is-insar> (Letöltve: 2025.04.14.)
- [17] Lovas T. et al: Lézerszkennelés (Monográfia). TERC, Budapest, 2012, 166.
- [18] A. Juhász: New achievements in WW II. military historical reconstruction with GIS, 2014. Academic and Applied Research in Military Science (AARMS) 2014/ 3, 413–424
- [19] CloudCompare. <https://cloudcompare.org/presentation.html> (Letöltve: 2025.04.14.)
- [20] Cloud-to-Cloud Distance https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/Cloud-to-Cloud_Distance (Letöltve: 2025.04.14.)
- [21] Autodesk AutoCAD <https://www.autodesk.com/hu/products/autocad/overview> (Letöltve: 2025.04.14.)
- [22] A Típus erődítmények és azok álcázásának gyűjteménye (archív segédlet a szemrevételezők részére) segédlet. Honvédelmi Minisztérium, 1957.03.22., 38.