



Balogh Réka¹

LÉGIFELVÉTELEZÉS A TERMÉSZETTUDOMÁNY SZOLGÁLATÁBAN²

A légifényképezés, mint információnyerési eljárás nem nevezhető újnak, csupán a technológia fejlődésével egyre szélesebb körben (a katonai mellett közcélra is) elérhető és alkalmazható. Legkorábbi és napjainkban is egyik legnagyobb felhasználója a térképészet, de emellett egyáltalán nem elhanyagolható mértékű az egyéb természettudományos területen való alkalmazhatósága sem. A levegőből történő fotózás előnye, hogy a képalkotás nagy területet képes lefedni, a feldolgozás pedig ennek ellenére is gyors marad. Éppen ezen tulajdonságai miatt, előszeretettel használja fel a légifelvételeket – a teljesség igénye nélkül – a geomorfológia, hidrológia, mezőgazdaság, környezetvédelem és a régészet. Jelen munka célja egy, a geoarcheológia területéről vett példán keresztül, a távérzékelés, azon belül a légifotók gyakorlati hasznosságának bemutatása.

AERIAL PHOTOGRAPHY IN THE SERVICE OF NATURAL SCIENCES

The aerial photography, as an information retrieval method can't be called a new way, simply it can more widely available and applicable with the development of technology (military and public aims). The earliest and still one of the largest users of the aerial photography is the cartography, but it has not negligible applicability in other areas of natural sciences. The common advantage of the aerial photography, that the imaging can cover a large area and the processing remains still fast. As a result of advantages – without completeness – the aerial photographs frequently used by the geomorphology, hydrology, agriculture, environmental protection and archeology. The aim of my work is the presentation of remote sensing, and reveals a practical usefulness of aerial photographs via geoarchaeological example.

BEVEZETÉS

„Ki gépen száll fölébe, annak térkép e táj” kezdhethetném a költő szavaival bevezetőmet, és milyen igaz. Amint elemelkedünk a földfelszíntől, más dimenzióban látjuk a vizsgált területet, felfedezünk eddig nem ismert kapcsolatokat és rádöbbenünk egyszerű összefüggésekre, új értelmezést nyerhetnek a különböző folyamatok és jelenségek. Lehet az egy építési telek, vagy egy azonos fajokból álló erdőterület, egészen más képet mutat fentről. A vizsgálat terjedelmét a műszaki lehetőségeink mellett, elsősorban a kutatási cél és téma határozza meg, ennek megfelelően a fényképezés léptéke akár km²-es, városnyi méretű is lehet. A digitális korszakban ezek a felvételek jóval több adatot képesek szolgáltatni, mint hagyományos elődeik, bár éppen ezen előnyük miatt kell nagyon körültekintően megválasztani a fényképezés helyét és időpontját, a kutatásban megfogalmazott céloknak megfelelően. A technika fejlődésével - mind a repülés, mind a fotogrammetria terén – egyre pontosabb és nagyobb felbontású, zajmentes és különböző spektrális tulajdonságú képek készítésére nyílik lehetőség. A légifényképezés (kiegészülve a műholdas adatgyűjtéssel) legalapvetőbb felhasználási területe a térképészet, hiszen

¹ Doktorandusz hallgató, Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földtudományok Doktori Iskola

² Lektorálta: Dr. Bottyán Zsolt százados, egyetemi docens, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő Tanszék, bottyan.zsolt@uni-nke.hu

az Európai Unió előírása szerint rendszeresen az egész országra terjedő, légi fényképező repülést kell végrehajtani, a térkép-aktualizálási feladatokhoz szükséges friss adatforrás biztosítására [1]. Mint említettem, a műholdas képalkotás a levegőből való adatgyűjtés nagyobb léptékű, akár globális, ugyanakkor költségesebb formája. Jelen munkában a légifényképezés elméleti hátterét és gyakorlati alkalmazhatósági lehetőségeit kívánom áttekinteni; nem céloom a különböző hordozóműholdak és képalkotó rendszerek ismertetése.

TÁVÉRZÉKELÉS - A LÉGIFELVÉTELEZÉSRŐL ÁLTALÁNOSÁGBAN

A távérzékelés (fotogrammetria) olyan adatgyűjtési eljárás, melynek során valamely tárgy/objektum jellegéről és tulajdonságairól, a tárggyal való közvetlen kapcsolat nélkül, a tárgy által kibocsátott, vagy visszavert elektromágneses sugárzás intenzitás-mértékének vizsgálata alapján nyerünk információt [2][3]. A távérzékelés, mint „tudományterület” kialakulásához és fejlődéséhez, az embernek meg kellett tanulnia emelkedni a földfelszíntől. A légifényképezés, mint információnyerési eljárás nem nevezhető újnak, csupán a technológia fejlődésével egyre szélesebb körben (a katonai mellett közcéla is) elérhető és alkalmazható; hiszen több száz éves múltra tekint vissza. Már XIV. Lajos (a krónikák feljegyzései szerint; XVII. szd.) idejében történtek hőlégballonos repülések, megfigyelési célzattal. Léggömből készítették az első légifényképet is 1839-ben, Franciaországban. Az I. világháború idején, a különböző harci események és mozgások megfigyelése céljából már rendszeresen készültek légifelvételek.[4] Az elsősorban katonai célzattal kialakult és tökéletesített eljárás pedig fokozatosan került át a polgári (kezdetben elsősorban térképészeti) alkalmazási területre is. A levegőből történő fotózás előnye, hogy a képalkotás nagy területet képes lefedni, a feldolgozás pedig ennek ellenére is gyors marad; viszont az igényelt hardver- és szoftverhátér, valamint a feldolgozást és kiértékelést végző, képzett szakember alkalmazása miatt költséges; területegységre vetítve viszont a repülőgépes légifelvételzés jár a legkedvezőbb ráfordítással. A digitális fényképezés megjelenése előtt, már az analóg, repülőgépekről végzett képalkotási eljárások is fontos szerepet töltek be, például a térképészet területén [2]. A digitális képek különböző elven működő felvevőrendszerekkel készülhetnek, kiemelhetnek 1-1 spektrális tulajdonságot, vagy készülhetnek multispektrális felbontásban, a vizsgálat céljának megfelelően. Ezzel szemben hátrányként hozható fel, bár inkább csak korlátozó tényező, hogy a felvételezés időjárásfüggő, tehát a legtöbb esetben a képek készítésének idejét körültekintően kell megválasztani. A fotogrammetriai módszerekkel készített felvételek tartalmazzák azok geometriai, radiometriai és tartalmi adatait és alkalmazásuk többek között ortofotó-térképek, digitális magasságmodellek előállítására, valamint egyes pontok koordinátáinak meghatározására [2].

A távérzékeléses módszerek a megfigyelni kívánt tárgyat, objektumot a mérés során nem károsítják, nem okoznak változást annak tulajdonságaiban. A rendelkezésre álló eszközök lehetővé teszik az egyre nagyobb magasságokból, egyre pontosabb és a valóságnak megfelelő képek készítését, akár a látható tartományon kívül eső hullámhossztartományokban is. A távérzékelési megfigyeléssel mennyiségi és minőségi és térbeli információkhoz egyaránt hozzá tudunk jutni, annak megfelelően, hogy mit kíván meg az adott kutatási cél és témakör. Ezen térbeli adatoknak köszönhetően pedig a vizsgálat bármikor (pl. más vegetációs állapotban) megismételhető, így pedig összehasonlítás és változáskövetés végezhető a különböző időben/állapotban végzett megfigyelések között.[4]

A fotogrammetria eszköz és módszertana

A fotogrammetria vagy fényképes távérzékelési eljárás, a terepi/térbeli információk gyűjtésének nagy hatékonyságú és széles körben alkalmazott módszere [4]. A távérzékelési eljárások sokfélék lehetnek, az általában műholdas megfigyeléssel készített, globális felvételezésektől a pilóta nélküli, modellgépekről készített, lokális tereket, pl. egy holtág fizikai állapotát bemutató eljárásokig. Ennek megfelelően a felvevőrendszereket elhelyezhetik, pl. földfelszínen álló daruban, vagy mesterséges holdon, jelen munka témakörének megfelelően pedig eltérő magasságon haladó, különböző teljesítményű repülőgépen. A repülőgépes felvételezés az egyik legrégebbi, ennek ellenére napjainkban is széles körben alkalmazott térinformatikai eljárás. Kezdetben a fényképek készítéséhez analóg eszközöket alkalmaztak, a filmek lehettek fekete-fehérek vagy színesek. Az utóbbiak három fényérzékeny réteget tartalmaztak, melyek három különböző hullámhosszra érzékenyek, ezek a vörös, zöld és a kék. Ezek az analóg képek viszont nem teszik lehetővé az azonnali értelmezést, kiértékelést; ezeket előbb digitális állománnyá kell alakítani. A digitalizált (beszkennelt) analóg fényképekből pedig speciális elemző-szoftver segítségével tudunk adatokat nyerni és következtetéseket levonni.[3]

A távérzékeléses eszközöket az észlelési távolság és a hordozóeszköz alapján tudjuk megkülönböztetni. Ennek megfelelően különítünk el légi- és műholdas szenzorokat; a légi hordozók pedig lehetnek modell repülők és helikopterek, quadro- és hexakopterek, könnyűszerkezetes és normál repülőgépek. A repülőgépeket magasság szerint elkülönítve: a modellgépek, sárkányrepülők 100–300 m magasan, a normál gépek pedig „kis magasságon” (300 m–3 km) vagy „nagy magasságon” (3–10 km) haladhatnak. A felvételezést nehezítheti, hogy a repülőgépet állandó magasságban és lehetőleg stabil helyzetben kell tartani; utóbbira, a látószög változására, „billegés” elkerülésére, viszont már a képalkotó eszközök belső mechanikája nyújt megoldást.[4]

Az adatnyerési eljárás két lépésből tevődik össze: az egyik a képek centrális projekcióval történő előállítás, a második lépés pedig az elkészült felvételek meghatározott célnak megfelelő feldolgozása. Általában a légifelvételezéssel készített kép méretaránya a vizsgált területet ábrázoló térkép méretarányának egyharmada.

A repülőgépről készített felvételek nem alkalmasak (magasság, billegés) globális és regionális méretű vizsgálatokhoz, ilyen esetekben már műholdfelvételeket használunk.

A LÉGIFOTÓK TERMÉSZETTUDOMÁNYOS ALKALMAZÁSI TERÜLETEI

A távérzékelési eljárás során adatok nyerhetőek az adott tárgy vagy terület terepi/térbeli helyzetéről, a megfigyelés gyakoriságáról és az észlelés radiometriai tulajdonságairól egyaránt [4]. Az így előállított adatok pedig forrásul szolgálhatnak a különböző térképészeti, geológiai-geomorfológiai, hidrológiai, mezőgazdasági és környezetvédelmi, valamint régészeti célú vizsgálatoknak.

Térképészet

A napjainkban használatos térképi adatok nyerését a XX. századi technológia és a repülés fejlődése teszi lehetővé. A térképezés alapját kezdetben a helyszíni megfigyelés és felszíni, geodéziai felvételezés jelentette, míg a repülés és a levegőből való fényképezés elterjedésével a fotogrammetria vette át ezt a szerepet [4]. Az adatnyerés így jóval pontosabb lesz és jóval rövidebb időt vesz igénybe, mint a kezdeti módszerek. Magyarországon a topográfiai térképezés (felmérés, korrigálás) szinte kizárólagosan a légi fényképek fotogrammetriai kiértékelésével történik [4].

Geomorfológia

A levegőből való adatgyűjtés egészen más – és egyben nagyobb léptékű – képet szolgáltat a geomorfológus által kutatott területről. A részleteiben megismert és feltárt geomorfológiai folyamatok kölcsönhatásai könnyebben és egyértelműbben nyomon követhetőek, a különböző természetes formák egyszerűbben definiálhatóak légifelvételezés segítségével és kiegészítik a terepi vizsgálatokat. Ezen információkat kiegészítve, nem csupán a recens, de a múltban lezajlott felszínmozgások és felszínfejlődési folyamatok is detektálhatóak távérzékeléses módszerrel. Így előre meghatározhatóak a tömegmozgás-veszélyes területek és monitoring hálózat kiépítésével lehetőség van nagyobb események előrejelzésére is. A geomorfológiai alkalmazási lehetőségek közé sorolhatóak az egykori bányaterületek rekultivációs-tervezési munkálatai, valamint felszínfejlődési rekonstrukciós vizsgálatok alaptérkép szerkesztési adatforrásai.

Hidrológia

A vízzel és annak tulajdonságaival, mozgásaival foglalkozó szakembereknek kiváló alapot biztosítanak a légifelvételek. A víz ugyanis egységes „színű” (általában sötét vagy fekete, mert nagyon kis mértékben veri vissza az elektromágneses sugárzást) minden fotón, függetlenül kiterjedésétől, természetes vagy mesterséges voltától, így megfelelő szoftver segítségével könnyedén leválogatható a többi képi elem közül (növényzet, talaj). A vízfelületek színét a biológiai aktivitás jelenléte és intenzitása befolyásolhatja (általában világosítja). A felszínen, különböző halmazállapotban jelen lévő víz mennyiségi és minőségi paramétereinek elemzésére a távérzékelés kiválóan alkalmas [3]. A légifelvételezés legjelentősebb hidrológiai alkalmazhatósági területe a vízrajzi térképezés, vízgazdálkodási, lefolyás-szabályozási, rehabilitációs és revitalizációs kérdések tervezése, megoldása. Ezek mellett a hidrológiai felhasználási lehetőségei közé sorolható a hévíz és gyógyvízgazdálkodás, ivó és ipari vízellátás, a csatornázás és szennyvízkezelés, valamint a mezőgazdasági vízhasználat [3].

Mezőgazdaság

A távérzékelés egyik, ha nem a legnagyobb felhasználója, nem csupán hazai, hanem nemzetközi kitekintésben is az agrárszektor. Ez nem is meglepő, ha belegondolunk, hogy a mezőgazdaság az az ágazat, mely a leginkább hasznosítja azokat a természeti erőforrásokat (talaj, bioszféra, víz), melyek állapotváltozásainak nyomon követése távérzékeléses eljárással a leghatékonyabb, hiszen a különböző tereptárgyak jellemző hullámhossztartományban sugároznak vissza. Éppen ezért multispektrális felvételek készítésével könnyen el tudjuk különíteni a különböző felszínborítás-típusokat, vagy az egyes populációk, társulások egészségi állapotát. [3] A légifotók mezőgazdasági alkalmazhatósági lehetőségei rendkívül széles skálán mozognak,

kezdve a fákat károsító betegségek terjedésétől, vagy az előkészített talaj térképezésétől, a belvízzel sújtott földterületek felmérésén át egészen a termésbecslésig.

Környezetvédelem

A mezőgazdasági és hidrológiai széles körű alkalmazási lehetőségekhez hasonlóan a légifelvételek nagy segítséget nyújtanak a természeti környezetünket érintő, elsősorban negatív hatások felderítéséhez és a környezetállapot-változásainak értelmezéséhez. Az elkészített fotókból tematikus térképek készíthetők – a vizsgálati célnak megfelelően – melyek elemzési eredményeiből pedig a környezet egyes elemire, vagy környezeti rendszerekre vonatkozó modell születhet. A légifotózás alkalmas a védett területek meghatározott időszakonkénti monitorozására; szennyezett területek nagyságának, állapotának, a szennyező forrásnak és a szennyezés terjedésének meghatározására. A teljesség igénye nélkül felsorolva, lehetőséget nyújt a védett populációk mozgásának, növénybetegségek továbbterjedésének, özönfajok megtelepedésének azonosítására.

Mindezen lehetőségek figyelembe vételével elmondható, hogy egyre sürgetőbb az igény a környezet- és természetvédelem terén egy egységes, speciális szakembergárdát nem igénylő, tehát könnyen kezelhető térinformatikai rendszer üzembe helyezése iránt [3]; a begyűjtött információk így egy közös, országos (esetleg nemzetközi) adatbázis részét képeznék és megkönnyítenék a különböző szervek és hatóságok közötti együttműködést és a környezetben lejátszódó folyamatok komplex értelmezését.

Régészet (Légirégészet)

A légifelvételek egyik első alkalmazási területe a térképészet után a régészet volt, a feltárt lelőhelyek dokumentálásától és térképezésétől, a feltételezett lelőhelyek vizuális megerősítéséig egyaránt. A régészetre különösen igaz az a megállapítás, miszerint eltávolodva a földfelszíntől, a légifotókon sokkal szembetűnőbbek, könnyebben meghatározhatóak egykori települések, sírok, falak nyomai, körvonalai, ugyanis az eltemetett szerves anyag, antropogén eredetű talaját-halmazódások és például logikus(nak tűnő) rendszerben elhelyezett tárgyak, kövek eltérő színe, nedvességtartalma, szerkezete enged következtetni egykori, a maitól eltérő területhasználatra, utak, építmények elhelyezkedésére [3].

EGY PÉLDA A GEOARCHEOLÓGIA TERÜLETÉRŐL

Talajtani és geofizikai módszerek a kognitív régészet szolgálatában, Belvárdgyula példáján

A légifotók nagyon nagy segítséget nyújtanak a geoarcheológia területén dolgozó szakembereknek. A geoarcheológus nem „csupán” régész, hiszen munkája bizonyos tekintetben kiterjedtebb, más megközelítésben viszont szűkebb egy régészeti kutatásnál. A régészet és a természettudományok párbeszéde, több mint százéves múltra tekint vissza. Napjainkban egyre nagyobb hangsúly helyeződik a geomorfológia és különböző határtudományai közül az antropogén geomorfológiai és a geoarcheológiai kutatásokra. Amióta az ember megjelent a Földön, alakítja, saját szükségleteinek megfelelően formálja a környezetét [7]. A geoarcheológia tudománya

geológiai, geomorfológiai, geofizikai és geokémiai vizsgálatokkal, valamint őslénytani (archeobotanikai és archeozoológiai) módszerek használatával bővíti ki a régészeti kutatásokat, a természetes és az azt befolyásoló, antropogén felszínalakító tevékenységének felismerése érdekében [8][9].

A Baranyai-dombság löszös területén, Belvárdgyulától (Baranya megye) DK-re, a Karasica és a Vasas-Belvárdi-vízfolyás összefolyásánál, a Dél-Baranyai-dombság kistáj (4.4.34) területén található, környezetéből 5 méterre kiemelkedő felszínforma kialakulásának kutatását határoztam meg kutatási célokként [7]. A vizsgált forma Baranya megyében, a Mecsek – Villányi-hegység közötti dombvidék morfológiai körzetben fekszik [5][6] Pécestől DK-i irányban körülbelül 30 kilométerre (1. ábra). Áttekintve a vonatkozó vízrajzi, felszínalakítási szakirodalmat, elmondhatom, hogy a vizsgált terület domborzatáról és hidrológiai adottságairól, kis méretük és jelentőségük miatt (2011/12-ben) viszonylag szűkös forrásmennyiség állt rendelkezésemre [6][7][10][11][12]. A kiemelkedés morfológiai hovatartozása kutatómunkámat megelőzően nem volt tisztázott, így nem állt rendelkezésemre a területtel foglalkozó, komplex kutatástörténeti előzmény [7].

Az ártéren, a kiemelkedés tágabb környezetében számos régészeti lelőhely található és a régész munkatársak véleménye szerint egy ilyen izoláltan elhelyezkedő, relatíve kis méretű halom antropogén eredetű – legalábbis ember által átformált – lehet. A felmerült kérdések megválaszolására, 2010 októberétől geoarcheológiai, geomorfológiai és talajtani kutatási módszereket alkalmaztam a későbbi régészeti feltárások megalapozása céljából [7]. A kutatómunka megkezdéséhez, a kialakulási lehetőségek elméleti „latolgatásához” alap”térkép” szerkesztése volt szükséges, melyet a területről készített légifelvételek (2. ábra) alapján készítettem el.



1. ábra A vizsgált forma földrajzi elhelyezkedése ([6] és Google Earth alapján saját szerk.)



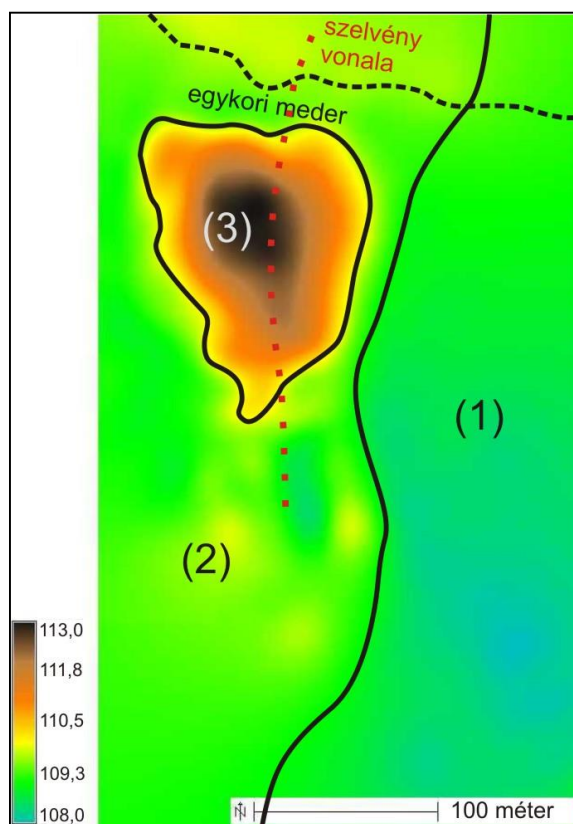
1. ábra Légi felvétel-sorozat a kiemelkedés tágabb környezetének értelmezéséhez (saját szerk.)

A geoarcheológiai kutatások során következtetni próbáltam elsősorban a domb keletkezésének körülményeire, a terület történelmi tájhasználatára, valamint egykor betöltött szerepére. E célból készültek a területet lefedő légifotók, és végeztem el a terület talajtani, morfológiai elemzését, majd vizsgálataimat kiterjesztettem a dombot határoló ártérre is, mivel feltételeztem, hogy az áthalmozódási folyamatok révén, a környezetének eltemetett rétegei további információval szolgálnak majd a főbb kérdések megválaszolását illetően. Az így előállított térbeli/vizuális és kvantitatív adathalmaz elemzése alapján pedig igyekeztem meghatározni a terület felszínfejlődését, segítve és irányozva ezzel a régészek munkáját [7]. A légifelvételek segítséget nyújtottak a kiemelkedés és a környező terület aktuális (2010 őszi) felszínborítottságának és

művelési ágainak meghatározásában, valamint a domb alakjának (3. ábra/3), és ezzel kialakulási hipotézisének pontosításában. A képek segítségével sikerült beazonosítani a kiemelkedést észak felől határoló egykori csatorna medrét (3. ábra), illetve elkülöníteni az alacsonyabb (3. ábra/1) és magasabb (3. ábra/2) ártéri szinteket.

A domb szerkezetének talajtani feltárása leírása és a begyűjtött talajminták (3. ábra/szelvény vonala) és műtárgytöredékek laboratóriumi elemzésének összegzése nem tartozik jelen publikáció témájához, így ettől eltekintek. A felvázolt példában csupán a légifelvételek alkalmazhatóságát, hasznosságát és jelentőségét kívánom bemutatni.

A kutatómunka kezdetén, a felszínfejlődési hipotézisek felállítása után részletes hálós rendszerű térképezést végeztünk a kiemelkedésen és közvetlen környezetében az így előállítható a 2D-s modellen (3. ábra) való morfológiai pontosítás érdekében [7].



3. ábra Légifelvételek vizuális értelmezése és a lemért pontok alapján szerkesztett 2D-s modell (saját szerk.)

A fent vázolt kutatómunka lehetővé teszi, hogy Belvárdgyula területén a morfológiai, talajtani és régészeti kutatások együttesen tárják fel a terület különleges formakincsét, kultúrtörténeti értékeit. Munkám alapvető célja az volt, hogy megállapítsam, a kiemelkedés fejlődésében milyen arányban játszottak szerepet a természetes és az antropogén folyamatok. A kiemelkedés természetes leválasztódással jött létre és önmagában formálódott tovább, természetes és mesterséges folyamatok által egyaránt. Az elvégzett munka eredményeként javasolni tudom, hogy érdemes a domb feltárását elvégezni. A felszínforma részletes morfológiai és talajtani állapotfelmérése, a fúrások és a földradaros vizsgálat eredményei jó alapot szolgáltattak a jövőbeli régészeti feltárás megvalósításához [7].

A fotogrammetria elméleti, és elsősorban technikai fejlődése a ráépülő tudományterületek, vele együtt történő szerves fejlődését hozta maga után. A távérzékelés, azon belül a légifotózás tehát rengeteg lehetőséget tartogat a természettudományok, elsősorban a geográfia területén. Röviden bemutatva egy-két kiragadott tudományterületet, látható, hogy napjainkban megkerülhetetlen a fotogrammetria alkalmazása. Saját szakmai tapasztalatom, hogy bármilyen természetföldrajzi kutatás központi részét kell, hogy képezze a területet az aktuális vizsgálat szempontjából bemutató alaptérkép. Geoarcheológiai célzatú kutatási munkám bázisát is a területről készített légifelvétel adta, megalapozva tehát, hogy légifelvételek alkalmazása nélkül elképzelhetetlen lenne manapság egy felszínfejlődési rekonstrukció elkészítése.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] TEMESVÁRI Veronika (2010): Légifényképező repülés tervezése a hagyományos eljárásoktól a digitális technológiáig. Szakdolgozat. ELTE, Budapest. 47 p.
- [2] DETREKŐI Ákos – SZABÓ György (2002): Térinformatika. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 380 p.
- [3] NAGYVÁRADI László – VARGA Gábor szerk. (2007): Térinformatika és alkalmazása. PTE TTK Földrajzi Intézet, Pécs. 102 p.
- [4] GYENIZSE Péter – NAGYVÁRADI László szerk. (2008): Térinformatika és alkalmazása II. PTE TTK Földrajzi Intézet, Pécs. 235 p.
- [5] LOVÁSZ György szerk. (1977): Baranya megye természeti földrajza. Baranya Megyei Levéltár, Pécs, 384 p.
- [6] DÖVÉNYI Z. szerk. (2010): Magyarország kistájainak katasztere. 2. átdolgozott és bővített kiadás. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 876 p.
- [7] BALOGH Réka (2012): Geoarcheológiai kutatások a Karasica ártéren. Talajtani és geofizikai módszerek a kognitív régészet szolgálatában, Belvárdgyula példáján. PTE TTK Diplomadolgozat. Pécs, 61 p.
- [8] French, CHARLES (2003): Geoarchaeology in action. Routledge. London. 292. p.
- [9] SÜMEGI Pál (2003): A régészeti geológia és a történeti ökológia alapjai. JATEPress, Szeged. 223. p.
- [10] LOVÁSZ György (1968): Vízföldrajzi tanulmányok a Rinya és a Karasica vízgyűjtőjében. Különnyomat a MTA Dunántúli Tudományos Intézetének „Értekezések 1967 - 1968” c. kötetéből. Akadémiai Nyomda, Budapest. 32. p.
- [11] LOVÁSZ György (1974): Délkelet-Dunántúl geológiája és felszínfejlődése. Baranya Sorozat. Baranya Megyei Levéltár. Pécs, 215. p.
- [12] www.vizeink.hu/files3/1_15_Also_Duna_jobb_part_vgt.pdf