

## AZ ERDŐ NÖVEKEDÉSÉNEK VIZSGÁLATA TÉRINFORMATIKAI ÉS FOTOGRAMMETRIAI MÓDSZEREKKEL KARSZTOS MINTATERÜLETEN

ZBORAY Zoltán

Honvédelmi Minisztérium Térképészeti Közhasznú Társaság, Felmérő Osztály, Fotogrammetriai Alosztály  
1024 Budapest, Szilágyi Erzsébet fasor 7–9., e-mail: zboray.zoltan@topomap.hu

**Kulcsszavak:** karszt, famagasság, légifelvétel, digitális felületmodell

**Összefoglalás:** Az erdő növekedését, a famagasságok változásának vizsgálatát ma már korszerű térinformatikai megoldások támogatják. A távérzékelés és a digitális fotogrammetria módszereinek alkalmazásával nagy területről nagy mennyiségű magassági adat mérhető. Ezen adatok a terep felszínének magasságán túl a tereptárgyak – erdős területen a fák – magasságát is tartalmazzák. A magasságkülönbségekből famagasság térkép, különböző időpontok felületmodelljeinek összehasonlításával növekedési térkép készíthető. Vizsgálatainkat a Bükk-hegység egy kiválasztott 100 km<sup>2</sup>-es mintaterületén végeztük 1965 és 2004 években készült légifelvételek alapján. A fotogrammetria módszereivel előállítható magassági adatok a domborzat, valamint erdős területen a fák magasságának mérésére is alkalmazható. A légifelvételek átfedő területein automatikus magasságmérések lehetségesek, amiből egységes felületmodell állítható elő. A digitális felületmodellekből számított famagasság-térképek az erdőgazdálkodás területén jól kiegészíthetik a manuális műszeres vagy terepi méréseket. A termőhelyek különbözőségéből eredő növekedésmentek ismeretében mód nyílt a karsztokon végzett optimalizációs vizsgálatok kiterjesztésére. A magasságváltozások és az ortofotók összehasonlítása alapján, a mintaterületen az átlagos famagasság és az erdőterületek növekedésére következtethetünk.

### Bevezetés

A karsztos területek felszínére vonatkozó kutatásokat ma már széles körű térinformatikai megoldások támogatják, melyben a légifelvételek, a fotogrammetria alkalmazása is egyre nagyobb teret hódít. A Bükk-fennsík területén végzett karsztmorfológiai vizsgálatokban a fotogrammetria alkalmazása tette lehetővé a terület karsztformáinak részletesebb és pontosabb felmérését, a valós adatokon alapuló morfológiai és morfometriai következtetések bemutatását (ZBORAY és KEVEINÉ BÁRÁNY 2004).

A légifelvételek alapján jól nyomon követhetők az erdőben bekövetkezett változások is. A vizuális interpretáción túl a fotogrammetria módszereinek alkalmazásával a légifelvételek további elsődleges magassági információforrások lehetnek, ami alapján lehetséges a famagasságok meghatározása és a növekedés vizsgálata.

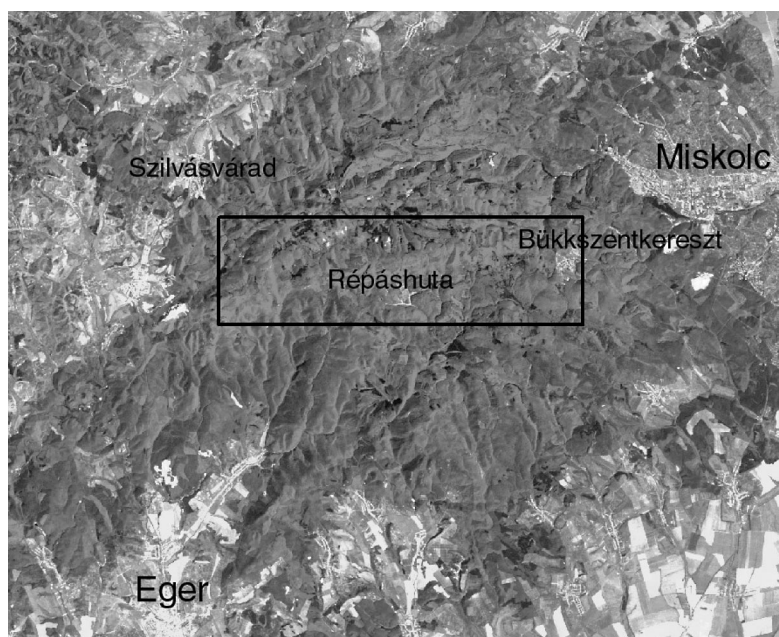
A famagasságok meghatározása korábban kizárólag terepi mérésekkel volt megvalósítható. Nagy magasságú fák mérésénél már több méteres eltérések is gyakoriak voltak. Légifényképekről történő famagasság mérésre tett kísérletet BÁN (1996), melyben lombos és lombtalan (lombfakadás előtti) légifelvételeket készített a vizsgált területéről, fotogrammetriai eljárással (planigráf) határozta meg a fák csúcsainak és gyökfőinek tengerszint feletti magasságát, a kettő különbségéből pedig számította a famagasságot. A módszer hátránya kétségtávol a kis elemszámban rejlik, nagy területek felmérése ilyen módszerrel igen időigényes feladat.

A famagasság mérése lehetséges műholdfelvételekből előállított térmodellen is. LANDSAT és SPOT adatok alapján DONOGHUE et al. (2004) vizsgálataiban – terepi

mérésekkel összehasonlítva – a famagasság eltéréseiben a négyzetes középhiba 1,5 méternek adódott. Napjaink legkorszerűbb magasságmérései lézeres műszerekkel történnek, magyarországi elterjedésüket azonban a módszer igen magas költségei hátráltatják.

### Anyag és módszer

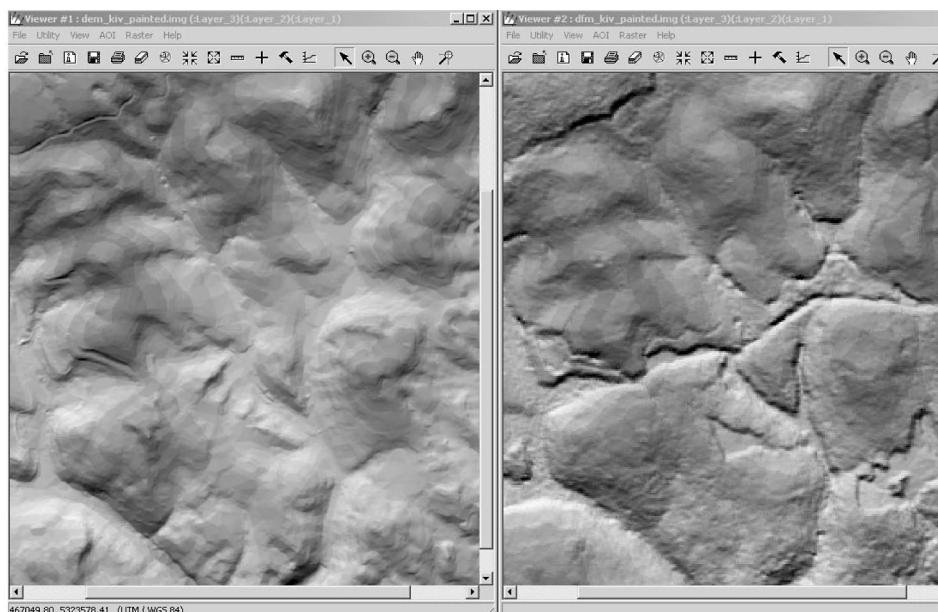
Jelen munkánkban a Bükk-hegység egy 100 km<sup>2</sup>-es területét vizsgáltuk (1. ábra).



1. ábra A mintaterület elhelyezkedése LANDSAT műholdfelvételen  
Figure 1. Location of the study area on the LANDSAT satellite image

A katonai térképészet a korábbi térképfelújítási programokhoz kapcsolódóan a Bükk-hegységről 1956, 1965, 1975, 1987-88 években végzett légifelméréseket, változatos (1:20000-1:60000) méretarányokkal. A terület 2004-ben ismételt felmérésre került 1:30000 méretarányal. A 2004-es állapottal történő összehasonlításhoz az 1965 nyarán készült felvételeket választottuk, melyek hasonló méretarányal (1:32000) készültek. A felvételek feldolgozásához az alapot a 2004-es felvételekből készült ortofotók, valamint GPS-szel mért terepi illesztőpontok képezték.

A térinformatikai rendszerekben egyre nagyobb teret hódítanak a digitális fotogrammetriai munkaállomásokon előállított felületmodellek. A felületmodell hipszometrikus képén – a domborzatmodellel összehasonlítva – megfigyelhetők a fakivágások az utak mentén, valamint a nagyobb területeket érintő végvágások helyei. Az adatok megjelenítésére, elemzésére az *ERDAS IMAGINE* képfeldolgozó szoftvert használtuk (2. ábra).



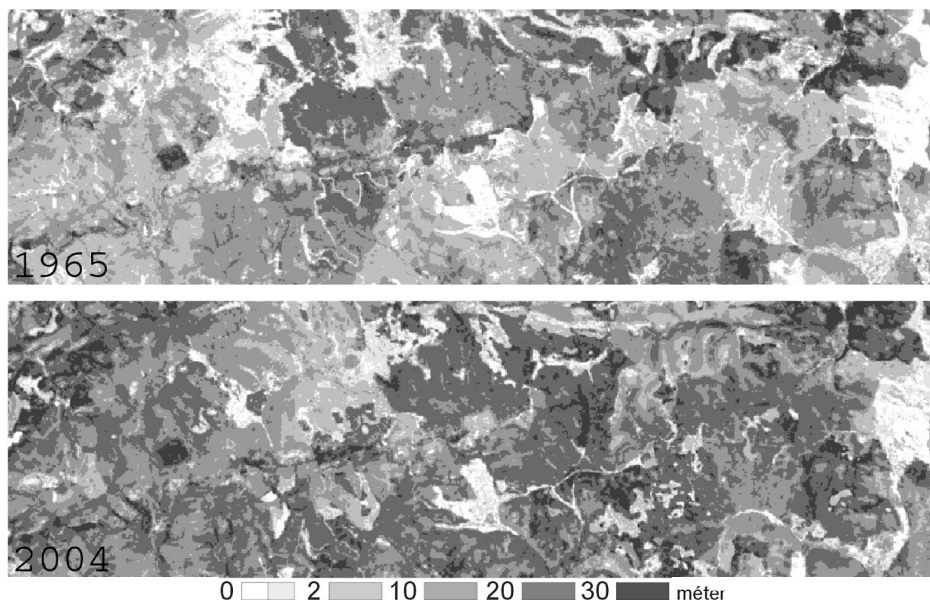
2. ábra A domborzatmodell (balra) és felületmodell (jobbra) hipszometrikus képe  
Figure 2. Digital elevation model (left) and surface model (right) with hue function

A digitális felületmodell a domborzat magasságán túlmenően a természetes és mesterséges objektumok magasságát is magában foglalja. A felületmodell elkészítése a tájékozott légifelvételek átfedő területein lehetséges (sztereo párok), mely során a feldolgozó szoftver (SOCET SET) azonos pontokat keres a modellterületen (autokorreláció), megméri a magasságot, és az előre definiált rácssűrűséggel számolva (10 méter) tovább lép, és ismételt magasságot mér. Az elkészült felületmodell tehát automatikusan mért magassági adatok összessége, melyben erdős területen a lombkoronaszintben mért magasságok is megtalálhatók. Amennyiben rendelkezésre áll a terület domborzatmodellje, úgy az adatok különbségéből számítható a fák magassága. Különböző időpontokból vett felületmodelleket összehasonlítva pedig következtethetünk a fák magassági adatainak változására, a változások területi elhelyezkedésére.

A felületmodell előállítása – a fotogrammetriai munkafolyamat részeként – tehát automatikus. További előnye, hogy archív felvételek feldolgozásával több évtizedre visszatekintve is adatot szolgáltat a fák magassági viszonyairól. Az általunk előállított digitális felületmodell megbízhatóságával kapcsolatban TANÁCS (2006) részletesen foglalkozott. Vizsgálataiban terepen mért famagasságokat hasonlított össze a felületmodell magassági adataival. Megállapításai szerint a felületmodell és az abból előállított famagasság-térkép – zárt erdőterületek esetén – összhangban áll a terepi mérésekkel, továbbá a famagasságok területi viszonyairól is több információt ad, mint a jelenleg hozzáférhető erdészeti adatbázisok.

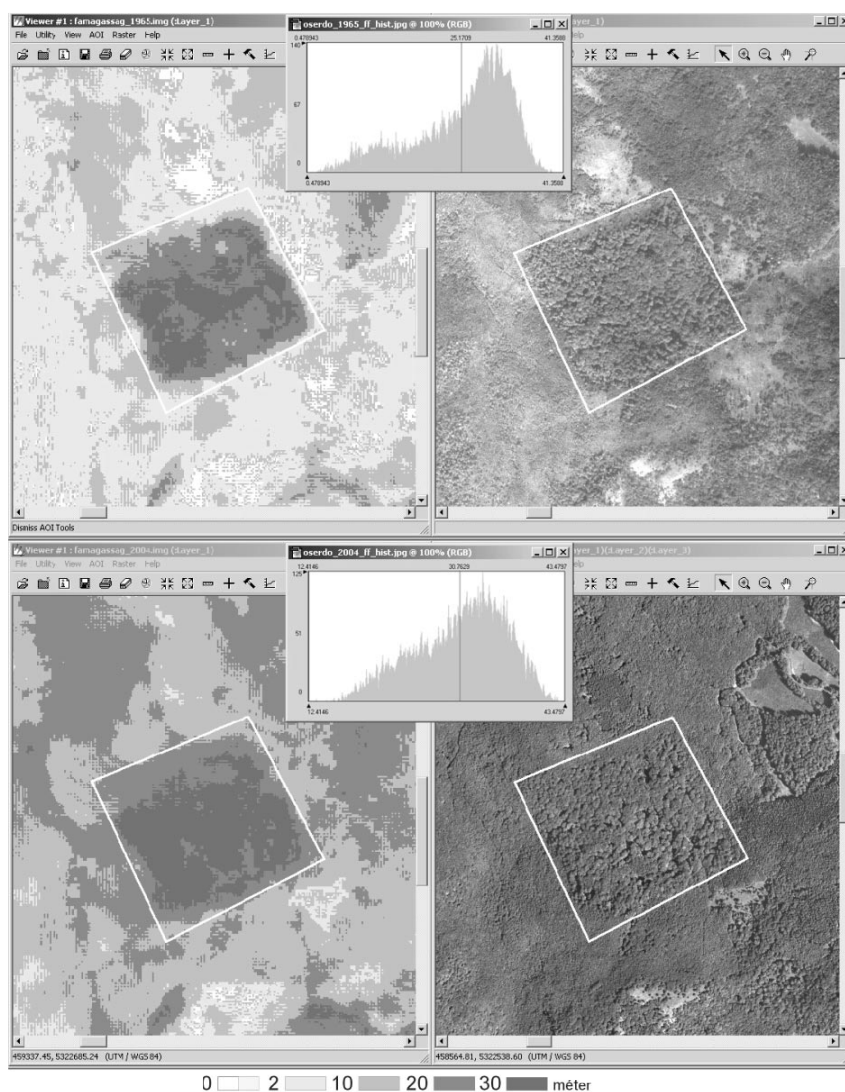
### Eredmények és értékelés

A mintaterületről rendelkezésre álló domborzatmodell, és a fotogrammetrai eljárással készült felületmodell magasságkülönbségeiből digitális famagasság térképeket készítettünk (3. ábra). Jól látható a települések területe, középen Répáshuta, a kép jobb szélén Bükkszentkereszt nagyságrendileg 0 (nulla) magassággal, melyek egykoron az erdőirtások területén alakultak ki. A magassági adatok számszerűsítése nélkül is szembevetendő, hogy összességében véve növekedett a területen található erdők magassága (és ezzel párhuzamosan a kora), ami elsősorban a Nemzeti Park megalakulásának, és a fenntartható erdőgazdálkodásnak köszönhető (KEVEINÉ BÁRÁNY 2003).



3. ábra A mintaterület famagasság térképe 1965 és 2004 évekből  
 Figure 3. The height of the forest in 1965 and 2004

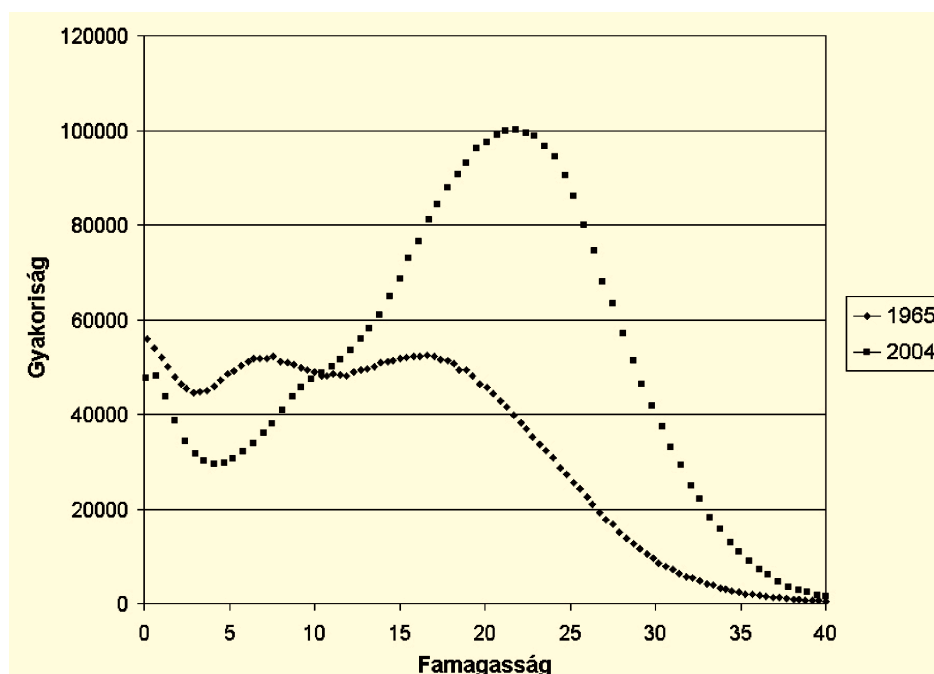
A Bükk-fennsík DNy-i részén különös figyelmet érdemel egy 27 hektáros szigorúan védett terület az Őserdő, ahol már közel 200 éve nem folyik erdőgazdálkodás. Az 1965-ös légifelvételen látható, hogy a magas fák szigetszerűen emelkednek ki a környező területekből. Ez a famagasság-térképnél is jelentkezik. A 2004-es állapot már kevésbé kontrasztos, az Őserdő körüli erdők megközelítették az erdőgazdálkodás alól kivont terület magasságát. A két időpontból vett famagasság térképen a magasabb fák elhelyezkedésének a struktúrája az Őserdőben hasonló képet mutat, a famagasságok azonban láthatóan növekedtek. A területen belüli magassági adatok hisztogramjait elemezve kiderül, hogy az átlagos famagasság több mint 5 méterrel, a famagasságok módusza (leggyakoribb előfordulás) 3 méterrel, a legnagyobb famagasságok 41 méterről 43 méter fölé emelkedtek (4. ábra).



4. ábra Az Őserdő területén bekövetkezett famagasság változások (balra), torzításmentes légifelvétel, ortofotó (jobbra), valamint az Őserdőn belüli magassági adatok hisztogramjai az 1965-ös (fent) és 2004-es (lent) állapotok szerint

Figure 4. Changes of tree heights in the „Őserdő” (left), aerial image without distortions, orthophoto (right), and the elevation data histograms of this area in 1965 (above) and 2004 (below)

A famagasság térképek alapján megszerkesztettük a magasságok gyakorisági görbéit (5. ábra). A gyakorisági értékek alapján az erdővel borított területek aránya 2004-re 7%-os növekedést mutat. A legnagyobb famagasságok összhangban vannak a bükk fatermési tábláinak átlagos maximális értékeivel (120 éves állomány: 40 m). A grafikont elemezve

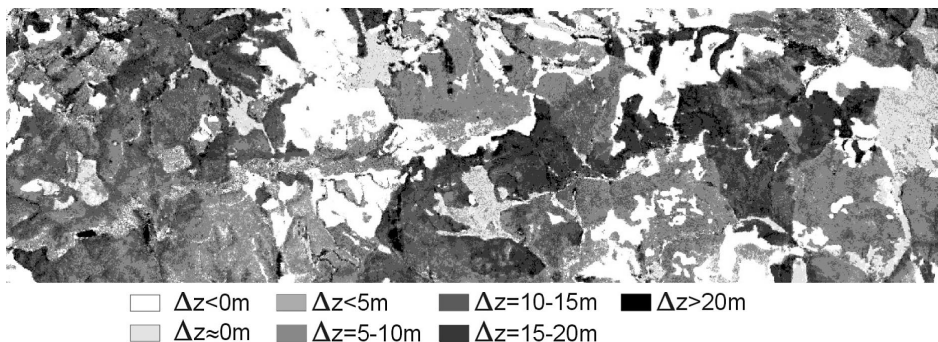


5. ábra A famagasságok gyakorisági értékei 1965 és 2004 években  
 Figure 5. Frequency distribution of the tree heights in 1965 and 2004

megállapítható, hogy 1965-ben egy idősebb (15–20 méteres) valamint egy fiatalabb (5–10 méteres) állomány volt domináns, míg 2004-re ez a két maximum egy kétszer akkora értékű egyetlen maximumban egyesült. Ez alapján következtethetünk arra, hogy a II. világháború utáni ipari mértékű erdőirtások helyén az újraterelített erdők 2004-re utolérték a II. világháború előtt telepített állományok magasságát.

A két időpontból készített felületmodellek magasságkülönbségei a fák növekedésmentéről – negatív érték esetén az 1965–2004 közötti fakivágásokról – ad átfogó képet. 39 év távlatában a mintaterület 78%-án maradt érintetlen az erdő (zömmel a terület nyugati része), 22%-án (2040 ha) történt fakitermelés (6. ábra). A növekedésmentben tapasztalható eltérések több tényező együttes következménye, ami függ a fák korától (az idősebb fák kisebb mértékben növekednek, mint a fiatalabbak, ezért ismernünk kell a telepítés idejét), a termőhelyi viszonyok (döntően a talaj, az éghajlat, valamint a domborzat) különbözőségétől, amiben kis területen belül is igen nagy eltérések mutatkozhatnak.

Az erdőszeti adatok és a növekedésment ismeretében következtethetünk a termőhelyi viszonyokra, azonos faj és kor esetén pedig a termőhelyi típusok rendszerezhetők, tipizálhatók. Termőhelyi adatok feldolgozását, értékelését végezte KEVEINÉ BÁRÁNY et al. (2003) az Aggteleki Nemzeti Park területén, mely bizonyította, hogy a vizsgált erdők egy része nem felel meg a karsztos táj ökológia viszonyainak.



6. ábra A fák növekedésmenete, 1965-2004

Figure 6. Changes in tree heights (logging  $\Delta z < 0$ , constant  $\Delta z \approx 0$ , increase  $\Delta z > 0$ ) 1965–2004

#### Irodalom

- BÁN I. 1996: Erdészeti alkalmazott biomatematika. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- BONDOR A. 1986: A Bükk. A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztályának erdészeti kismonográfia sorozata, Akadémiai Kiadó, Budapest.
- DONOGHUE D., WATT P., COX N., DUNFORD R., WILSON J., STABLES S., SMITH S. 2004: An evaluation of the use of satellite data for monitoring early development of young Sitka spruce plantations forest growth. *Forestry* 77: 383–396.
- KEVEINÉ BÁRÁNY I. 2003: Táj szerkezet és tájváltozás vizsgálatok karsztos mintaterületen. *Tájökológiai Lapok* 1: 145–151.
- KEVEINÉ BÁRÁNY I., BOTOS, Cs., BÓDIS, K. 2003: Erdő optimalizációs vizsgálatok az aggteleki karszton. *Karsztfeljődés VIII, BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely.*
- KEVEINÉ BÁRÁNY I. 2004: A karsztökológiai rendszer szerkezete és működése. *Karsztfeljődés IX, BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely.*
- TANÁCS E. 2006: Terepmodellből származtatott famagasság térkép felhasználhatóságának vizsgálata karsztos területen. II. Magyar Tájökológiai Konferencia, Debrecen.
- ZBORAY Z., KEVEINÉ BÁRÁNY I. 2004: Domborzatértékelés a Bükk-fennsíkon légifelvétel felhasználásával. *Karsztfeljődés IX, BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely.*

#### EXAMINATION OF FOREST GROWTH WITH GIS AND PHOTOGRAMMETRY METHODS ON KARST AREAS

Z. ZBORAY

War Department Topographic Public Co., Dept. of Appraising  
H-1024 Budapest, Szilágyi Erzsébet fasor 7–9., e-mail: zboray.zoltan@topomap.hu

**Summary:** The most common form of land use in Hungarian karsts is forestry. The rate of tree growth in the forest is of utmost importance for forest management, but it is also useful for monitoring purposes. In this study author reviews the possible uses of digital surface models derived from aerial photos in investigating tree growth rates. Two digital surface models were created of a 100 km<sup>2</sup> study area in the Bükk Mountains, Hungary by using air photography from the years 1965 and 2004. Tree growth maps were created by extracting the areas' digital elevation models from these surface models. The results suggest that these digital maps could help for the field measurements in the future.