



Magyarország digitális ortofotó programja (MADOP) és nagyfelbontású digitális domborzat modell (DDM) az ország teljes területére

Winkler Péter Földmérési és Távérzékelési Intézet

1. Előzmények

A Magyar Köztársaság modernizációs programja a Kormány 2159/1996. (VI. 28.) számú határozatában önálló feladatként tartalmazza Magyarország légifelmérését. A határozat végrehajtása érdekében a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium Földügyi és Térképészeti Főosztálya (FVM FTF) EU Harmonizációs ANP programja (1, 2) keretében 2000-ben három, egymással összefüggő nagy programot (együttesen: Magyarország Digitális Ortofotó Programja – MADOP) indítottunk el:

- 1:30 000 méretarányú légifelvétel készítése;
- 5 m x 5 m rácsméretű, ± 1 m magassági pontosságú digitális domborzat modell (DDM) előállítás;
- az előző kettő adatainak felhasználásával, 1:10 000 méretarányú megfelelő digitális ortofotó előállítás Magyarország teljes területére.

Az ország közel egyidőben, egységes méretarányban végrehajtott légifényképezésének elsődleges célja a mérőkamerás légifelvétel digitális fotogrammetriai feldolgozásával, a meglévő térképi alapok felhasználásával, legalább 1 m felbontású, 1:10 000 méretarányú megfelelő, az ország teljes területét Egységes Országos Vetületi rendszerben lefedő digitális képi adatbázis létrehozása. Ez az adatbázis – a térképészeti célú további felhasználás mellett – az ország geometriai

rendjének biztosítása érdekében alapul szolgálhat bármely, tetszőleges térinformatikai rendszer létrehozásához, illetve a különböző helyeken, különböző céllal felépített térinformatikai rendszerek egymás közötti átjárhatóságának, összekapcsolásának biztosításához. Ennek jelentőségét, az így megnyíló alkalmazási lehetőségek különböző szintű (országos, regionális, lokális, majd az EU-hoz való csatlakozás során kontinentális) és különböző szakterületi (környezetvédelem, mezőgazdaság, vízgazdálkodás, polgári védelem, területfejlesztés stb.) nemzetgazdasági hasznosítását könnyű átlátni.

Célunk volt olyan légifelvétel készítése, melyek alkalmasak többcélú felhasználói igények kielégítésére is, többek között:

1. A tervezett Magyar Topográfiai Program igényei szerint háromdimenziós digitális adatok előállítás.
2. 1:10 000 méretarányú EOVS topográfiai térképek helyesbítése/felújítása digitális ortofotók alapján.
3. 1:4000 méretarányú külterületi térképek digitális felújításának tervezéséhez a Nemzeti Kataszteri program számára digitális ortofotók előállítás.
4. Az agrártámogatási ellenőrzési rendszer feladatainak végrehajtásához kataszteri térképekkel összevethető, parcella szintű digitális fotótérképek előállítás.

5. Belvízzel, árvízzel sújtott területek rendezési tervéhez aktuális térképi adatok szolgáltatása.

6. CORINE 1: 50 000 felszínborítási adatbázis előállításához kiegészítő információ biztosítása.

7. Különböző célú interpretációs feladatok végrehajtása egyéb felhasználási területeken, úgymint:

- az adott időponthoz rögzítetten a szántóföldi növények, szőlő, gyümölcsösök állapotának felmérése,

- művelési állapot ellenőrzése,
- parlagon hagyott területek lehatárolása,
- talajtérképek állapotának ellenőrzése,
- talajerózió lehatárolása,
- belvízkárok kimutatása,
- meliorációs feladatok megtervezése,
- agrár támogatási ellenőrzési rendszerhez egyezes állapotot tükröző etalon adatbázis megteremtése, a későbbi ellenőrző légi-, úrfelvételekkel az adott állapot összevetési lehetőségének megteremtése,

- művelési anomáliák kimutatása,
- erdőterületek felmérése, erdőterületen belül faállomány felmérése,

- a tényleges erdőterületek és a jogi állapot összevetése (a meglévő kataszteri adatokkal való összehasonlítás alapján),

- falvak, települések, városok tényleges állapotának rögzítése,

- településfejlesztési feladatok végrehajtása,
- elmaradt régiók, települések EU normák szerinti lehatárolása,

- agglomerációk lehatárolása,
- környezeti állapot felmérése,

- szemétkerakó telepek kimutatása,
- engedély nélküli építkezések felderítése,

- kárpótlási viták eldöntése,
- birtokrendezési, földrendezési feladatok megtervezése,

- út-, vasút-hálózat jogi és tényleges határvonalainak kimutatása,

- autópálya tervezéseknél az optimális változat kiválasztása, meghatározása,

- mobil telefonhálózatok antennáinak „összelátási” vizsgálata és

- számtalan egyéb, sokszor a felhasználók által meghatározott területen...

2. „Magyarország légifényképezése 2000” (3)

Az egész országot lefedő, gazdaságosan előállítható és kezelhető, többcélnú felhasználható légifényképezési méretarány megválasztásához

elkészítettük a különböző méretarányú légi-fényképezések repülési tervét. Ehhez – Magyarországot egy képzeletbeli téglalapba helyezve – végzetük el a számításokat. Ennek alapján egy összehasonlító, elemző táblázatot állítottunk össze (1. sz. táblázat). Az így kapott adatok megfelelő támpontot adtak az országos méretű légifényképezési program végrehajtásának döntéselőkészítéséhez.

Döntéselőkészítési tervezési adatok				
Légifelvétel méretaránya	Felvételek száma [db]	Légifényképezési idő (fordulókkal együtt) [óra]	Légifelvétel terepi felbontása [cm]	Szkennelés 21µm: egy kép 375 MB
1:10 000	58.812	192	8-12	22,1 TB
1:20 000	14.732	96	20-25	5,5 TB
1:25 000	9.338	77	25-32	3,5 TB
1:30 000	6.591	65	30-36	2,5 TB

1. sz. táblázat.

(Megjegyzés az 1. sz. táblázathoz: hasonló elemző számításokat végeztünk a 21 µm szkennelési apertúra megválasztásának indoklásához is.)

A légifényképezési és fotogrammetriai feldolgozási gazdaságossági szempontok mérlegelésével az 1:30 000 felvételi méretarány mellett döntöttünk. Ezen méretarány alkalmazása esetén – a táblázat adatai alapján – az 1:25 000 méretarányhoz viszonyítva is mintegy 50 %-kal kevesebb kép feldolgozásával, közel azonos felhasználási célokra érhetünk el.

2000-ben, a millennium évében a közbeszerzési eljárásban nyertes cég, az EUROSENSE Kft. mintegy három hónapos intervallumban sikeresen végrehajtotta az ország teljes területének légifényképezését az Intézetünkben kidolgozott, szigorú feltételeket tartalmazó „Műszaki dokumentáció” előírásainak megfelelően (4).

A „Magyarország légifényképezése 2000” program keretében elkészült és a FÖMI-nek archiválásra, szolgáltatásra átadott felvételek felsorolását a 2. sz. táblázat tartalmazza.

3. Digitális ortofotók előállítása

A digitális ortofotók előállításának technológiáját három fő lépésre (5) oszthatjuk (ld.: 1. ábra):

I. LÉPÉS: a képek abszolút tájékozási elemeinek meghatározása sugárnyaláb légiháromszögelési eljárással.

II. LÉPÉS: a digitális domborzat modell előállítása.

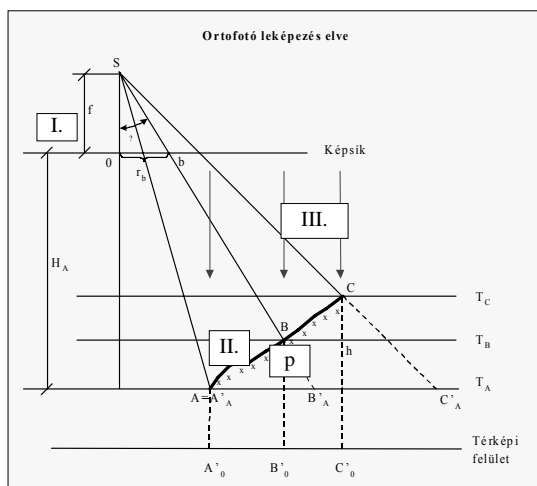
	Ismétlések száma				Összes felvételi álláspont	Digitáliskép	Színes diapozitív	Papír kontakt-másolat*
	1 ^x	2 ^x	3 ^x	4 ^x				
Felvételi álláspontok száma	5884	719	32	7	6642			3321 db
Ismétlésekkel együtt	5884	1438	96	28			7446 db	
FÖMI-nek átadott összesen:						6667 db	7446 db	3321 db

*ügyfelek kiszolgálása érdekében

2. sz. táblázat

A FÖMI-ben archivált felvételek száma

III. LÉPÉS: az I. és II. lépésben meghatározott adatok egyidejű felhasználásával, a képek képelemeinek ($p = \text{pixel}$) transzformációjával, a digitális ortofotó előállítás.



1. ábra

Ezen feladatok végrehajtása – igen magas szintű technológiai eszközök alkalmazása és a technológiai fegyelem szigorú betartása mellett – jelentős munkaidő és költség ráfordítást igényel. Ezért az országos feladat végrehajtását csak olyan egységes technológia alapján szabad elvégezni, amely:

- biztosítja az adott légifelvételekből gazdaságosan kinyerhető maximális pontosság elérését;
- figyelembe veszi a tradicionális és korszerű fotogrammetriai eljárások nyújtotta lehetőségeket;
- költségkímélő, gazdaságos műszaki megoldás mellett optimális az időráfordításban is;
- a FÖMI-nél évtizedek alatt kiépült, jelentős értékű képviselő országos adatbázisokra támaszkodik;
- biztosítja a digitális ortofotók egységes minőségét, pontosságát – bárhol is történjen azok előállítása;

- biztosítja az ortofotók minőségi tanúsítványal igazolt állami átvételét;
- támogatja a további forgalmazáshoz, archiváláshoz szükséges metaadatbázis kiépítését;
- alapul szolgál az 1:10 000 méretarányú EOV topográfiai térképek felújításához, valamint a Magyar Topográfiai Program beindításához.

3.1. Légiháromszögelés

Magyarországon az 1970-es évek közepén indították el a IV. rendű háromszögelési hálózat kiépítését, mely 1992-ben fejeződött be. Az előírásoknak megfelelően, a IV. rendű pontok sűrűsége 1 pont/2 km² a külterületeken, míg belterületen ennél sűrűbb, 1 km²/pont. A IV. rendű hálózat pontossága igen jó: $\pm 3-4$ cm; felépítésében a felsőrendű háromszögelési hálózat pontjaira támaszkodik, így az egész ország vonatkozásában egységes geometriai alapot képez.

A MADOP program megvalósításánál tehát célszerűnek tartottuk ezen pontokhoz illeszteni a légiháromszögelési tömböket. A IV. rendű pontok pontossága nagyságrenddel jobb az 1:30 000 méretarányú légifelvételekből elérhető pontossági értéknél, így megbízható alapot szolgáltatnak a légiháromszögelési tömbök geometriai illesztéséhez. A légiháromszögelés kiegyenlítő számítása eredményeként megkapjuk az egyes légifelvételek tájékozási paramétereit is, melyek a légiháromszögelés hibahatárán belül biztosítják a légifelvételek illesztését az országos geodéziai alaphálózathoz (ld.: 1. ábra I. lépés). A képek tájékozási paramétereinek pontossága, valamint a digitális domborzat modell megbízhatósága együttesen határozzák meg az előállítandó ortofotók pontosságát, azaz azok illeszkedési pontosságát az országos geodéziai rendszerhez.

A terepen betonlapokkal állandósított IV. rendű pontok a légifelvételeken terepi előjeljelés nélkül nehezen azonosíthatók. A technikai lehetőségeket figyelembe vevő, erre a célra kidolgozott légiháromszögelési mérési eljárás segítségével azonban az kiegyenlítő számításához elegendő számban azonosítható és mérhető IV. rendű pontok illesztőpontként történő alkalmazásával elér-

tük, hogy a digitális ortofotók az egész ország területére vonatkozóan egységes geometriai rendben illeszkedjenek egymáshoz.

2001–2003 között elvégeztük az ország teljes területét lefedő 6667 db légifelvétel légiháromszögelését, kezdetben az eredeti színes diapozítívok felhasználásával, analitikus eljárással (Carto-Hansa), majd a raszteres képi állomány alapján digitális eljárással (Eurosense). A légiháromszögelési tömbök mérete az éppen aktuális feladat függvényében 50–500 légifelvételi darabszám között váltakozott. A 3. sz. és 4. sz. táblázat a 2003. július 5-éig elvégzett statisztikai elemzést (melybe még nem vontunk be minden eredményt, de az adatok jól reprezentálják a légiháromszögelés volumenét és pontosságát) tartalmazza. A 4. sz. táblázatból megállapíthatjuk, hogy az egész ország területére az eredeti légifelvelelek geometriai illesztésének pontossága $\pm 0,20, 0,25$ m X, Y koordináta középhibával jellemezhető, ami igen jó érték.

Légiháromszögelési eljárás	Képek száma (db)	Kapcsoló száma pontok (db)	Illesztőpontok száma (db)
Analitikus	2 843	59 282	10 012
Digitális	3 056	94 194	11 968
Összesen	5 899	153 476	21 980
Kép- és pontfüggő ismeretlenek száma	41 293	460 428	

3. sz. táblázat

Légiháromszögelési eredmények összesítő statisztikája

Légiháromszögelési eljárás	Terepi pontosság			Képsíkra vetített pontosság		
	m_x (m)	m_y (m)	m_z (m)	m_x (μ m)	m_y (μ m)	m_z (μ m)
Analitikus 2 843 kép	$\pm 0,22$	$\pm 0,25$	$\pm 0,42$	$\pm 7,7$	$\pm 8,8$	$\pm 14,8$
Digitális 3 056 kép	$\pm 0,18$	$\pm 0,17$	$\pm 0,10$	$\pm 6,0$	$\pm 6,0$	$\pm 3,3$

4. sz. táblázat

Tömbönkénti légiháromszögelések összesített pontossága

3.2. A digitális domborzat modell (DDM) előállítás

Az ortofotó előállításához szükséges digitális domborzat modell többféle módon nyerhető:

1. analitikus műszerben fél-automatikus rácsméréssel;

2. automatikus eljárással, megfelelő szoftver/hardver segítségével, a digitális sztereoképek alapján;

3. a meglévő topográfiai térképek szintvonalainak és egyéb domborzati elemeinek vektorizálásával;

4. egyéb módszerekkel (pl. laser légifelmérés, részletes GPS felmérés stb.).

Mint ismeretes, a FÖMI archívumában nemcsak az 1:10 000 m.a-ú topográfiai térképek színes nyomatait, hanem az egyes fedvények – domborzat, síkrajz, vízrajz és névrajz – eredeti, mérettartó fóliáit is őrizzük. A MADOP esetében úgy döntöttünk, hogy az 1:10 000 m.a-ú topográfiai térképek domborzati fedvényein ábrázolt szintvonalak vektorizálásával hozzuk létre az ortofotó előállításához elegendő pontosságú, ún. csökkentett tartalmú EL-DDM_5 rácsmodell. (A csökkentett tartalom arra utal, hogy a topográfiai térképek síkrajzi, vízrajzi fedvényeken ábrázolt domborzati elemeinek – bevágás, töltés, horhos stb. – beépítésére csak ezen fedvények vektorizálása után kerülhet sor. A rendelkezésre álló anyagi források ugyanis nem tették lehetővé, hogy egyidejűleg elvégeztessük mindhárom fedvény vektorizálását.)

Az alábbi indokok alapján döntöttünk ezen eljárás alkalmazása mellett.

Számtalan tanulmány, projekt foglalkozik az automatikus digitális fotogrammetriai eljárásokkal, többnyire azok előnyeit emelve ki, elfelejtkezve arról, hogy a légifelvelelek alapján 100%-os tartalommal a tereppel megegyező adatok előállítása gyakorlatilag nem megvalósítható. Anélkül, hogy ennek részletes elemzésébe bocsátkoznánk, felhívjuk a figyelmet arra, hogy a fotogrammetriai eljárások mindig is igényelték az utólagos terepi ellenőrzést, a képeken nem látható, nem jól leképződött vagy nem interpretálható tartalom földi méréssel történő kiegészítését.

Így történt ez Magyarország 1:10 000 méretarányú topográfiai térképeinek előállításában is. Az országos topográfiai program mintegy 25 éves végrehajtása alatt (1975–1999 között) az alkalmazott technológia is sokat változott. Azt azonban megállapíthatjuk, hogy a térképszelvények jelentős része légifelvelelek alapján, különböző fotogrammetriai eljárásokkal, de jelentős terepi kiegészítő mérési adatok felhasználásával készült, a T.I. Szabályzatban, illetve a Komplex utasításban (6) előírt szigorú technológiai fegyelem és pontossági követelmények betartásával.

Annak érdekében, hogy meggyőződjünk a meglévő 1:10 000 méretarányú topográfiai térképek domborzatábrázolási pontosságáról, 2000-

ben felkértük a BME Fotogrammetria és Térinformatika tanszékét, valamint a Nyugat-Magyarországi Egyetem Földmérői és Földnyilvántartási Főiskolai Kara Fotogrammetria tanszékét a FÖMI archívumában tárolt térképek domborzati pontosságának ellenőrzésére. Mindkét intézmény 40–40 db, egymástól eltérő, véletlenszerűen kiválasztott 1:10 000 méretarányú szelvény vizsgálatát végezte el, különböző mérési módszerek alkalmazásával. A vizsgálat eredményéről tanulmányt készítettek (7, 8). A vizsgálat során, egymástól független területeken, összesen mintegy 7500 ellenőrző pontot mértek meg. A 2000-ben mért pontokat beillesztették a 10–15 évvel azelőtt készített topográfiai térképek koordináta-rendszerébe. A pontok magassági koordinátáit összevetették a térképek szintvonalalaiból interpolált magassági értékekkel, és képezték az eltérések különbségeit.

Összefoglalva, – egymástól függetlenül – a következő megállapításokat tették.

1. A domborzat változása a készítéstől eltelt idő óta százalékos arányban nem számottevő.

2. Ahol jelentősebb változások voltak, a magassági eltérések durva hibaként jelentkeznek.

3. A térképszelvényekre elvégzett ellenőrző mérések alapján kapott domborzatábrázolási közhiba – a 2. pontban vázolt kirívó esetektől eltekintve – belül van a vizsgált szelvényre vonatkozó, T.1. Szabályzat által előírt megengedett hibahatáron.

Az 5. sz. táblázat a 2000. évben elvégzett vizsgálati eredményeket tartalmazza.

Fentiek alapján a DDM előállításához elvégzett feladatok a következők.

a.) 1:10 000 méretarányú, EOVS vetületű topográfiai alaptérképek raszteres adatbázisának (DRTA_10) előállítása

Az FVM FTF EU-harmonizációs programja keretében, illetve részben állami alpmunka feladatként, 2000. év folyamán elvégeztük az ország teljes területét lefedő, 4098 db 1:10 000 méretarányú topográfiai alaptérkép színes nyomatainak, síkrajzi-, vízrajzi-, és domborzati-fedvényeinek szkennelését, geokódolását EOVS rendszerbe. A raszteres formátumú állományok szolgáltatása Intézetünkben 2001 elejétől folyamatos.

A Magyarország Digitális Ortofoto Programja (MADOP) keretében a raszteres állomány többcélú felhasználását terveztük. Így pl. a légiháromszögelés végrehajtásánál a síkrajzi fedvények segítségével választhatók ki a légifelvételek előzetes tájékozásának végrehajtásához szükséges illesztőpontok. Az áttetszővé tett síkrajzi-, vízrajzi- vagy domborzati-

Vizsgáló intézmény	1 m		2,5 m		5 m	
	db ²	z (m) ³	db ²	z (m) ³	db ²	z (m) ³
BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék	815	±0,56	1826	±1,03	35	±1,0
NyME Földmérési és Földrendezői Főiskolai Kar	2316	±0,47	2313	±0,73	–	–
<i>T1. Szabályzat előírása a domborzat pontosságára</i>		±0,40		±1,0		±2,0
Megjegyzés:	1 – szintvonalaköz értéke 2 – vizsgálatba bevont pontok száma 3 – „Z” eltérések középphibája méterben					

5. sz. táblázat

1:10 000 méretarányú topográfiai térképek domborzatának pontosság ellenőrzése

fedvények az elkészült ortofotókra vetítve növelik azok tartalmi olvashatóságát. Alapul szolgálhatnak a felújítási programok tervezéséhez stb.

b.) Magyarország 5 m x 5 m rácssűrűségű, szintvonalak vektorizálásával előállított digitális domborzat modellje (EL_DDM_5, J_DDM-5)

Az egységes eredmény és minőség biztosítása érdekében (9, 10), technológiai leírást készítettünk az 1:10 000 m.a.-ú topográfiai térképek domborzati fedvényei vektorizálására, mely alapját képezi az ortofoto előállításához szükséges 5 m x 5 m rácssűrűségű, kb. 1 m magassági pontosságú, csökkentett tartalmú ún. „előzetes” domborzat modell, az EL_DDM_5 előállításának.

2000-ben – közbeszerzési eljárás lefolytatásával – elkészítettük 1400 db szelvény domborzati fedvényének vektorizálását (Alba Geotrade Rt., Geodat-GAF). A FÖMI állami alpmunka és egyéb külső feladatai keretében további szelvények domborzatának vektorizálása is elkészült (PGT Kft., Carto-Hansa Kft.) 2001 decemberéig. 2002-ben ismét lehetőségünk nyílt közbeszerzési eljárás keretében újabb 860 szelvény domborzatvektorizálását elvégeztetni (Flexiton Kft.).

A vektorizálás eredményét vagy a FÖMI munkatársai, vagy – FÖMI előírások szerint – külső cég (PGT Kft.) folyamatosan ellenőrizték, javították, illetve javításra visszaadták, ezzel is biztosítva a digitális átalakítás egységes minőségét. Külön számítógépi programot készítettünk a vektorizált szintvonalak megbízhatósági ellenőrzésére (11).

A MADOP program végrehajtását meggyorsította a 2285/2002. (IX. 26.) Korm. határozat, mely a Mezőgazdasági Parcella Azonosító

Rendszer (MePAR) (12, 13) EU kompatibilis térinformatikai adatbázis kiépítéséről rendelkezett.

Ennek eredményeként 2002 októberében közbeszerzési eljárást folytattunk le az ország területére még hátralévő

- 2500 felvétel légiháromszögelésére;
- 963 szelvény domborzatának vektorizálására;
- 3100 szelvény digitális ortofotójának előállítására.

A pályázaton nyertes EUROSENSE Kft. (két alvállalkozóval: Carto-Hansa Kft. és DigiKart Kft.) a pályázat kiírása alapján (14) vállalta, hogy a 3100 szelvény EL_DDM-jét a sztereoképpárok alapján megjavítja, illetve kiegészíti a hiányzó domborzati elemekkel (töltés, bevágás stb.), azaz előállítja az ún. J_DDM_5-öt is.

Ennek a programnak az eredményeként, 2003 májusáig befejeződött az egész ország területére a légiháromszögelés, a domborzati fedvények vektorizálása, az 5 m x 5 m DDM előállítása. Ezen belül 3100 szelvényre már a javított, illetve kiegészített J_DDM-5 készült el.

A végleges, a síkrajzi, a vízrajzi fedvényeken nem szintvonalakkal ábrázolt magassági elemeket is figyelembe vevő, mérnöki tervezési feladatokra is alkalmas DDM_5 előállítását az anyagi források rendelkezésre állásának függvényében tervezük végrehajtani. Ehhez jó támpontot ad a 3100 szelvényre elkészült J_DDM, illetve különbség-DDM, mely a változásokat tükrözi. Értelemszerűen mintegy 1000 szelvényre el kell még készíteni a javított DDM-et is.

Eljárást dolgoztunk ki a mintegy 55 000 db pontból álló IV. rendű háromszögelési hálózat pontjai koordinátáinak felhasználásával a DDM pontosságának ellenőrzésére, a FÖMI-ben korábban előállított 100 m x 100 m DDM ellenőrzésének tapasztalataira támaszkodva.

Az így kidolgozott ellenőrzési program DDM-5-re vonatkozó eddigi vizsgálati eredményei (6. sz. táblázat) nagyon jó megbízhatóságot mutatnak – igazolják, hogy elődeink a 25 éves topográfiai program végrehajtása során a T.1. utasításait szigorúan betartották, és magas színvonalú, gondos munkát végeztek. Egyben a kapott vizsgálati eredmények igazolják azt is, hogy az elmúlt három év feszített tempójú munkavégzése mellett, a számítógépi, digitális adatállomány előállításakor is minőségi termék született. Intézetünk munkatársainak irányításával és hatékony közreműködésével a MADOP program kidolgozásában résztvevők szintén jó munkát végeztek.

	Alapszintvonalközök megoszlása			Összes
	1 m	2,5 m	5 m	
Összes pont (db)	26826	19894	2772	49492
Eltérés > 2.5 m* (db)	764	704	245	1713
Elfogadott pont (db)	26062	19190	2527	47779
RMS (m)	0,59	0,72	1,00	0,68

Megjegyzések: a statisztika mintegy 92%-os készültségi állapotnak megfelelő,
* a 2.5 m-nél nagyobb eltérést mutató pontok hibaelemzése folyamatban

6. sz. táblázat

IV. rendű pontok magasságainak és a DDM_5 összehasonlítása

3.3. Ortofotó készítés

Az EOVB-ba illesztett légifelvételek, valamint az ugyancsak EOVB-ban meghatározott DDM alapján az eredeti, perspektív leképezésű légifelvételeket ortogonális vetítésű, térképi rendszernek megfelelő felvételekké alakítottuk át. Az így kapott digitális ortofotó, tartalmát tekintve megegyezik az eredeti légifelvételekkel, ugyanakkor mentes a légifelvételek dőlésszöge és a domborzat hatása okozta geometriai torzulásoktól.

Az ortofotó készítés folyamatára, az elvégzendő feladatokra a FÖMI-ben a szükséges technológiai lépéseket, geometriai és fotográfiai kritériumokat tartalmazó „Műszaki dokumentáció”-t készítettünk, az egység feladat-végrehajtás és ellenőrzés biztosítása érdekében.

A jobb fotográfiai minőség eléréséhez az ortofotókat 0,5 m-es „újra mintavételezett” pixel méretben kellett elkészíteni. Ha egy szelvényt több időpontban készült felvételek fedtek le, nem engedték meg a szelvényen belüli színkiegyenlítés elvégzését, a megfelelő minőségű interpretáció biztosítása érdekében. Ebben az esetben a „vágóvonalak” mentén fel kellett tüntetni a felvételek készítésének időpontját is.

Eljárást dolgoztunk ki – az archiválás, szolgáltatás és egyértelmű kezelés szempontjait figyelembe véve – az 1:10 000 m.a.-ú szelvényezésnek megfelelő kiszerezésben szállítandó ortofotók minőségellenőrzésére is. Ennek eredményeként, valamennyi szelvényhez tartozik egy „Minőségi tanúsítvány”, mely igazolja a digitális ortofotószelvények geometriai és fotográfiai minőségét. A minőségvizsgálatok jelentős részét a FÖMI munkatársai, illetve a FÖMI megadott szempontjai, előírásai szerint, külső cég (Geodézia Rt.) végezte.

Az ortofotók előállítására nyilvánvalóan csak a megelőző munkafázisok (légiháromszögelés, DDM előállítás) adott területre eső elvégzése után

kerülhetett sor. A végrehajtás ütemezése részben a felmerült igények (NKP Kht., FÖMI állami alapfeladatok), részben a rendelkezésre álló anyagi források alapján történt. Ennek megfelelően 2001-2002 novemberéig mindössze kb. 500 szelvény területére készült el a digitális ortofotó. A Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer kiépítésének már hivatkozott felgyorsított programja eredményeként 2002 novembere – 2003 júniusa között készült el 3500 szelvényre a digitális ortofotó (3100 szelvényt az Eurosense és alvállalkozói, 400 szelvényt a FÖMI ortofotó minőségvizsgáló csoportja készített el, mintegy felkészülendő a minőségi átvételre), melyek minőségi ellenőrzése és a feltárt hibák kijavítása jelenleg befejezés alatt áll.

Az EU normáknak megfelelően, az ország területére véletlenszerű eloszlásban, 259 szelvényre elvégeztettük a fénykép–terep azonos pontok alapján az ortofotó X, Y koordinátáinak ellenőrzését is. Szelvényenként átlagban 15–25 pontra, GPS mérések alapján (GeoLevel Kft.). Ezen ellenőrzés végrehajtási ütemenkénti összesített eredménye (7. sz. táblázat) igazolja, hogy a MADOP keretében jó pontosságú, a kataszteri térképekkel is összevethető, az ország állapotát a milleneum évében rögzítő digitális, ortogonális vetületű, geometriailag helyes képi adatbázist hoztunk létre.

Ütem	Szelvény (db)	Ellenőrző pont (db)	Hibás pont (db)	Elfogadott pont (db)	mx (m)	my (m)
I.	99	1740	31	1709	±0,65	±0,60
II.	100	1737	21	1716	±0,65	±0,70
III.	60	1131	7	1124	±0,58	±0,55

Megjegyzés: a hibás pontok elemzése folyamatban van

7. sz. táblázat

A GPS vizsgálat eredményét összesítő táblázat

4. Összefoglalás

Az FVM EU ANP és a MEGPAR programok együttes eredményeként, 2000-től 2003 júniusáig bezárólag elkészült, és az elkészülés ütemében folyamatosan szolgáltatásba került:

1. „Magyarország légifényképezése 2000” című program (1:30 000 méretarányban, 4500 m magasságból összesen 7746 db színes diapozitív, 6667 db felvétel szkenneléssel digitálissá alakítva);
2. 6667 db felvétel légiháromszögelése;
3. 4x4098 db 1:10 000 méretarányú topográfiai szelvény/fedvény geokódolt raszteres állománya;
4. 4098 db szelvény domborzatrajzának vektó-

rizálása, ennek alapján 5 m rácssűrűségű, mintegy 4 milliárd pontot tartalmazó DDM előállítás;

5. 4098 db digitális ortofotó szelvény, mely kb. 2,5 TB volumenű.

Valamennyi munkafázist – mint láthattuk – szigorú minőség ellenőrzés követett. Ennek alapján az előállított digitális ortofotókat $\pm 0,60$ m koordinátahibával jellemezhetjük.

Ezzel a pontossággal jellemezhetjük – a milleneum évében készült, az ország teljes felszínét rögzített légifelvételek teljes tartalmát megőrző – térképi pontosságú digitális ortofotók képelemeinek mérhetőségét. Az egyszerűen olvasható, mindenki számára sokféle információt nyújtó digitális ortofotó egységes térinformatikai alapot képez a különböző felhasználói területek számára.

A DDM-5 megbízhatósága átlagosan $\pm 0,70$ m az egész ország területére.

A digitális domborzat modell önállóan is felhasználható, pl. árvízvédelem, belvízvédelem, nagy pontosságú lejtőkategória, kiettség, magassági intervallum térképek stb. előállítására. A DDM_5 szolgáltatása megkezdődött.

Tervezzük Magyarország légifényképezési programjának megismétlését, 3 éves ciklusokban, azaz évente az ország területének 1/3-át kívánjuk újra fényképezni.

Az újabb felvételekből digitális ortofotó előállítása gyorsabban lesz elvégezhető, mivel az előállításához szükséges DDM már rendelkezésre áll.

IRODALOM:

1. *Apagyai Géza*: Európai integráció és a földügyi igazgatás (Geodézia és Kartográfia, 2001. június)
2. *Dr. Remetey F. Gábor*: Szakterületi felkészülés az EU csatlakozásra – a 2000. évi ANP intézményfejlesztési programok (Geodézia és Kartográfia, 2000. április)
3. *Winkler Péter*: „Magyarország légifényképezése 2000” (Geodézia és Kartográfia, 2001. július)
4. *Winkler Péter*: A „Magyarország légifényképezése 2000” program keretében készített légifelvételek egész ország területére egységes, kiegyenlített geometriai illesztése (FVM FTF ANP EU Harmonizációs Program keretében készített tanulmány, 2001, FÖMI könyvtár)
5. *Winkler Péter*: Ortofotótérkép készítés Drobüsev féle réstranzformátorral (1968, diploma munka)
6. Komplex utasítás az 1:10 000 méretarányú topográfiai térképek készítéséhez (ÁFTH, 1966)

7. *Detrekői Á.–Barsi Á.–Mélykúti G.–Szabó Gy.*: 1:10 000 méretarányú EOTR topográfiai térképek domborzati tartalmának ellenőrzése (FVM FTF ANP EU Harmonizációs Program keretében készített összegző jelentés, 2000, FÖMI könyvtár)

8. *Busics Gy.–Engler P.*: 1:10 000 méretarányú, földmérési topográfiai térképek domborzati tartalmának vizsgálata (FVM FTF ANP EU Harmonizációs Program keretében készített zárójelentés, 2000, FÖMI könyvtár)

9. *Iván Gy.–Maucha G.–Petrik O.–Solymosi R.*: Technológiai eljárás az 1:10 000 méretarányú topográfiai térképek domborzat modelljének előállítására (FVM FTF ANP EU Harmonizációs Program keretében készített technológiai leírás, 2000, FÖMI könyvtár)

10. *Iván Gy.–Solymosi R.–Winkler P.*: Műszaki leírás az 1:10 000 méretarányú földmérési alaptérképek csökkentett domborzati tartalmának vektorizálásához (FVM FTF ANP EU Harmonizációs Program keretében készített műszaki leírás, 2000, FÖMI könyvtár)

11. *Iván Gy.–Solymosi R.–Winkler P.*: Nagyfelbontású domborzat modell minőségvizsgálata, minőségbiztosítási eljárás-rendszere (FVM FTF ANP EU Harmonizációs Program keretében készített tanulmány, 2003, FÖMI könyvtár)

12. *Joó I.–Mihály Sz.–Csornai G.*: A magyar geodézia és távérzékelés hozzájárulása az EU csatlakozási feladatok megoldásához; Magyar Tudományos Akadémia, 2001

13. *Csornai G.*: A FÖMI távérzékelési és térinformatikai feladatai az EU csatlakozás elősegítésére; GIS Open 2003 konferencia, Székesfehérvár, 2003. március 10–12.

14. *Iván Gy.–Solymosi R.–Tóth K.–Winkler P.*: Műszaki leírás „Magyarország Digitális Ortofoto Programjának (MADOP) befejezésére...” (FVM FTF ANP EU Harmonizációs Program keretében készített műszaki leírás, 2002, FÖMI könyvtár)

The national orthophoto programme (MADOP) and high resolution digital elevation model completed for the whole territory of Hungary

Summary
P. Winkler

Within the frame of the European Harmonization Programme of the Ministry of Agriculture and Rural Development, three nation-wide con-

nected projects were launched by FÖMI in 2000 to be carried out during 3 years. These are the following: a.) "Wall to wall Aerial Photography of Hungary"; b.) Creation of a 5m x 5m/1 m Resolution DEM of Hungary; c.) Set-up of Full Digital Orthophoto Coverage of Hungary.

The project "Aerial Photography of Hungary 2000" was finished successfully during a relatively short period of time (3 months). Now, about 7000 aerial photos at scale 1:30 000 in analogue and digital forms are available in the archives of FÖMI.

As a result of the projects completed in the past 30 years till 1999, Hungary is covered by ~ 4100 topographic map sheets at scale 1:10 000 in analogue form. The estimated and overall quality-controlled accuracy of contour lines is $\pm 0.5 - \pm 1.5$ m, in line with the national standard. This served as a basis for creating a high-resolution DEM of Hungary. The vectorization of the contour lines for the whole country was finished in May 2003.

A complete photogrammetric technology was elaborated: analytical and digital aerial triangulation based on existing 4th order national triangulation network for determining the orientation elements of each aerial photo. The technology includes the creation of orthophotos on the base of DEM derived from topo-map contour lines and also the orientation elements of aerial photos adjusted for the whole country. During the creation of digital orthophotos a technology for overall quality control of the full process was applied. In line with this new quality control technology, we used the highly precise triangulation network of Hungary, (more than 50 000 points), ground-truth GPS measurements and other techniques. As a result of the quality control, the estimated accuracy of the DEM (consisting of about 4 billion raster points) is about ± 0.7 m in Z; the accuracy of digital orthophotos is about ± 0.6 m in X and Y coordinates.

The quality-checked orthophotos of high resolution were archived as part of a metadata base and are available for the use by end-users of several professions and can serve as common spatial reference for the Hungarian GIS and RS systems.