

LÉGIFÉNYKÉPEZŐ REPÜLÉS TERVEZÉSE A HAGYOMÁNYOS ELJÁRÁSOKTÓL A DIGITÁLIS TECHNOLÓGIÁKIG

SZAKDOLGOZAT

FÖLDTUDOMÁNY ALAPSZAK

TÉRKÉPÉSZ-GEOINFORMATIKUS SZAKIRÁNY

Készítette: Temesvári Veronika

Témavezető: Szabóné dr. Szalánczi Erika egyetemi tanár

ZMNE KL HTK Geoinformációs Tanszék

Belső konzulens: Dr. Klinghammer István egyetemi tanár

Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Földrajz- és Földtudomány Intézet
Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék

Budapest, 2010

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	3
1. A MÉRŐKAMERÁS LÉGI FELVÉTELEZÉS	4
1.1. Hagyományos navigációjú repülőgépek	4
1.2. Korszerű navigálásra alkalmas légifényképező repülőgépek	5
1.3. A mérőkép, mint adatforrás	6
1.4. A légifelvétel méretarányától függő tényezők.....	7
2. A LÉGI FELVÉTELEZÉS OSZTÁLYOZÁSA	8
2.1. Légi fényképek osztályozása a kamera típusa szerint	8
2.1.1. Hagyományos kamerák.....	8
2.1.2. Korszerű optikai kamerák	10
2.1.3. Digitális légifényképező kamerák	13
2.2. Légi fényképek osztályozása a felvételi mód szerint.....	14
2.3. Légi fényképek osztályozása a hordozó szerint.....	15
2.3.1. Hagyományos filmekre optikai kamerával készített felvételek	15
2.3.2. Hagyományos analóg felvételek digitalizálása.....	19
2.3.3. Digitális leképezés	21
2.4. Légi fényképek osztályozása a felvételi körülmények szerint.....	22
3. A HAGYOMÁNYOS, OPTIKAI FELVÉTELEZÉS REPÜLÉSI TERVE	23
3.1. A légifényképező repülés tervezésének hagyományos módszere	24
3.1.1. Az előkészítés lépései	24
3.1.2. A végrehajtás menete – vázlat és technikai terv	24
4. GYAKORLATI FELADAT	28
4.1. Digitális szelvény előkészítése	28
4.1.1. Repülési adatok számítása	31
4.2. A légifényképező repülés grafikus tervezése az ArcMap modulban.....	31
1. Függelék.....	35
A TELECOPTER Kft szerepe a hazai légifényképezésben	35
IRODALOMJEGYZÉK	46
Köszönetnyilvánítás.....	47

BEVEZETÉS

Az információtechnológia (IT) gyors változása hatással volt a légifényképezés technológiájára, eszközrendszerére is. A gyakorlati felhasználásban még megtalálhatók a hagyományos módszerek, eszközök, de egyre gyakrabban alkalmazzák a digitális technikákat. A mérőkamerás légifényképezés interdiszciplináris technológia, amelyet a felvételező technika, az információ rögzítésére alkalmas kamerarendszer és a hagyományos film, vagy digitális információhordozó együttese alkot.

A fotogrammetriai és távérzékelési alkalmazások egyre szélesebb körben váltak a nemzetgazdaságok adatforrásává. Szükség van arra is, hogy egy ország területéről rendszeres időközönként állapotfelmérés történjen, amelynek leghatékonyabb információs forrása a légifényképezés. Az Európai Unió előírása szerint rendszeresen az egész országra terjedő légi fényképező repülést kell végrehajtani, azért, hogy friss adatforrás álljon rendelkezésre a térkép-aktualizálási feladatokhoz.

A rendszerváltozás időszakában a térképekre és légi fényképezésre vonatkozó titokvédelmi szabályok enyhítésével Magyarországon egyre több vállalkozás foglalkozik különböző célú légifényképezéssel. Gyakorlatilag azonban jelenleg is az MH GEOSZ¹ adja ki a repülési engedélyeket és az elkészült légi filmeket képkockáinként minősíti.

Már régóta érdekel a légifényképezés összetett technológiája, amelynek minden eleme nagyon költségérzékeny, ezért a tervezésénél sok szempontot kell figyelembe venni. Nem elhanyagolhatóak az időjárási tényezők sem, tehát nemcsak a tervezésnél, de gyakorlati végrehajtásnál is figyelni kell a meteorológiai körülményekre. Összességében ezért választottam a szakdolgozatom témájaként a légifényképező repülések technikai, technológiai környezetének áttekintését és a mérőkamerás repülés tervezés módszereinek bemutatását.

Gyakorlati munkaként egy 1:10 000-es méretarányú EOTR szelvényen tervezett légifényképező repülés tervét készítettem el ArcGIS² szoftver segítségével.

¹ MH GEOSZ – Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálat és jogelődjei

² Az ArcGIS szoftvert a „Geoinformatika a térképészetben” című tantárgy keretében ismertem meg.

1. A MÉRŐKAMERÁS LÉGI FELVÉTELEZÉS

A mérőkamerával készített légifényképek egy adott időpontban a Föld felszínét metrikus kiértékelésre és a terep tanulmányozására alkalmas módon képezik le. A kiértékelésnél a terep és a felvétel között létrejött vetítési állapot visszaállításával lehetővé válik a felvételen ábrázolt elemek helyének és méreteinek országos térképrendszerben történő koordinátákkal történő meghatározása.

1.1. Hagyományos navigációjú repülőgépek



1. ábra: Hagyományos légifényképezésre speciálisan kialakított – napjainkban már nem alkalmazott – híres L-410-es repülőgép³

Forrás: MH GEOSZ

A tervezők a repülőgép padlójához rögzítették a kamerát, vízszintes repülés közben szó szerint “le”-fényképezték vele a tájat. Giroszkóppal ellensúlyozták a turbulenciából (légörvényből) eredő billegést-bólintást és speciális mechanikával kompenzálták a repülési sebességből adódó bemozdulást. A régi repülőgépekkel dolgozó pilóták elmondták, hogy az egyik problémát mindig a tervezett irány pontos betartása és a folyamatos terepszinkronizálás jelentette.

³ 1977. augusztus 6-án, feladatának teljesítése közben a Balatonba zuhant az L-410 típusú légifényképező repülőgép. A balesetben Láncki István alezredes a repülőgép navigátora életét vesztette – ezt az információt a témavezetőm mondta el.

1.2. Korszerű navigálásra alkalmas légifényképező repülőgépek

Napjainkban már korszerű inerciális rendszereket alkalmaznak GPS⁴ navigációs berendezés mellett a függőleges, illetve közel függőleges optikai tengelytartás biztosítására. A bonyolult GPS/INS integrált fedélzeti rendszerek lehetővé teszik a felvevőrendszer úgynevezett 6 db külső tájékozási adatából a vetítési centrum X,Y,Z koordinátáinak GPS mérésekkel történő, közel valós idejű meghatározása. A GPS/INS⁵ megoldásoknál a rövid időtávon nagy pontossággal, stabilitással és gyakori pozicionálással működő INS rendszer biztosítja a GPS jelek hibáinak, jelkimaradásainak áthidalását, szűrését⁶.



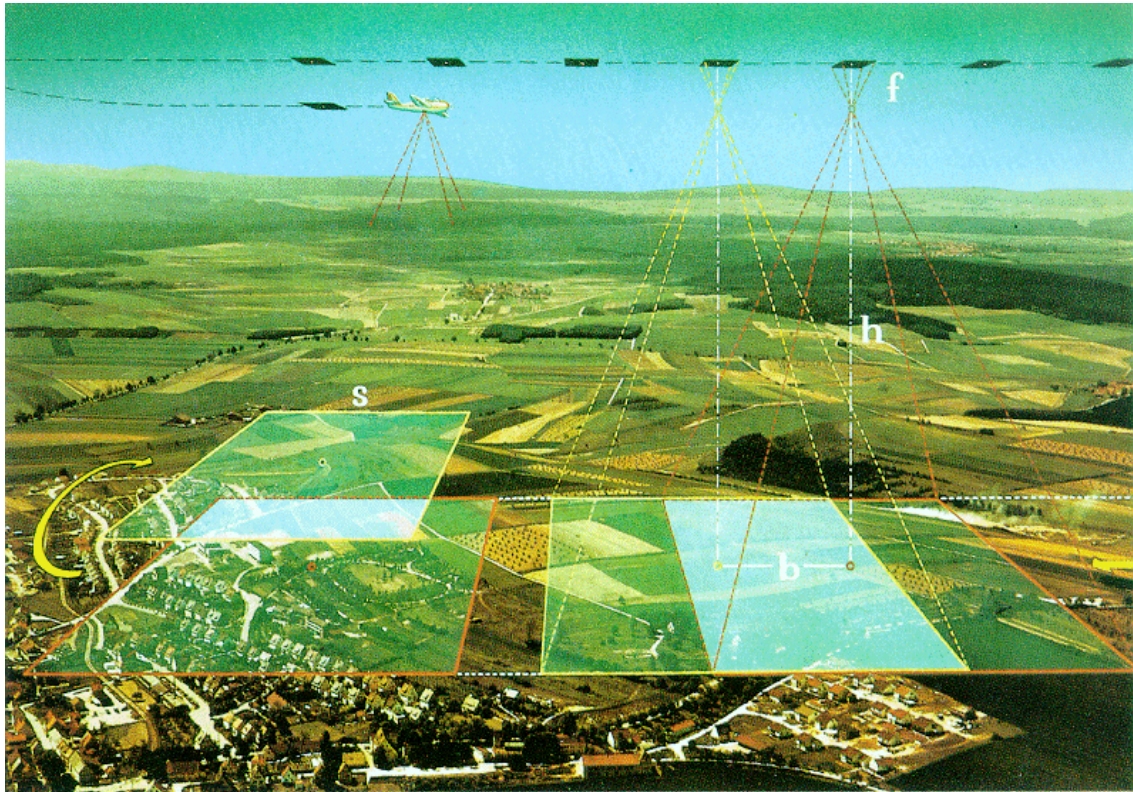
2. ábra: Cessna 402 B típusú kétmotoros CCNS 4 típusú repülőgép, Trimble 4000 GPS navigáció
Forrás: http://www.flugzeuginfo.net/acimages/cessna402b_ondrejsmrтка.jpg

A következő ábra szemlélteti a területet lefedő légifényképezés elvét, a soron belüli és a sorok közötti átfedések rendszerét, amelynek szabályaira a 3. fejezetben szeretnék részletesen kitérni.

⁴ GPS – Global Positioning System - azaz Globális Helymeghatározó Rendszer. A rendszerben műholdak segítségével határozzák meg a Föld felszínén lévő pontok helyét vagy a repülőgép aktuális pozícióját.

⁵ INS – Inertial Navigation System, azaz Inerciális Navigációs Mérőrendszer.

⁶ A XX. században a 80-as évek elején az amerikai hadsereg inerciális navigációs rendszereinek néhány típusát felszabadították a polgári használatra is.



3. ábra: A közel függőleges légi fényképező repülés elve [1]

1.3. A mérőkép, mint adatforrás

Hagyományos értelemben a mérőkép alatt egy olyan fényképfelvételt értünk, amely alkalmas a terepi objektumok koordinátáinak, geometriai jellemzőinek méréssel történő megállapítására. A légi felvételek a terepről centrálperspektív elven leképezett szemléletes és képszerű, a valósághoz hasonló, azaz analóg információt tárolnak. A légi fényképen tárolt szintetikus információk alapvetően három csoportba oszthatók.

1. **Alaki információk** - azokat a képi tulajdonságokat, amelyek – akár vonalas, akár területi kiterjedésről van szó – a nagyításnál és a képi kontraszt módosítása esetén nem változnak, alaki információknak nevezünk.
2. **Geometriai információk** - a terep (tárgy) és centrálperspektív képe között azokat a matematikailag is kezelhető összefüggéseket, amelyekből a tárgyak helye és méretei meghatározhatók, geometrikus információknak nevezünk.
3. **Fizikai információk** - az egyes képelemek feketedési fokozatát vagy színét szorosan meghatározza a tárgyak fényvisszaverő, azaz energia-visszaverődési

képessége és ezen keresztül az objektumok fizikai és kémiai tulajdonságai, amelyeket összefoglalva fizikai információknak nevezünk.

1.4. A légifelvétel méretarányától függő tényezők

A légifelvételek készítésénél nem mindegy, milyen részletes képet szeretnénk kapni a felmériendő tájról. Minél részletgazdagabb képet kívánunk készíteni, annál nagyobb méretarányú lesz a felvétel (és fordítva). A geometriai felbontás, azaz annak a rácsnak az egysége, amely az információ alapegysége is, a rácsegység. Angol mértékegység szerint ennek a mértéke az úgynevezett dpi, a *dot per inch*, azaz az egy inch-re eső pontok száma. A geometriai felbontás terepi értéke alatt azt a legkisebb objektumméretet kell érteni, amely egy adott légifelvételen még jól elkülöníthető. A kiértékelés során az elemre vonatkozó geometriai információ a felvételtől kinyerhető⁷. A geometriai felbontás terepi értéke – a szakirodalmi forrás szerint – a jelenleg alkalmazott légifilmek és kamerák optikai felbontásának együttes hatását tekintve kb. 80-100 vonalpár/mm, azaz 12,5-10 μ a kép síkjában⁸. Ennek az értéknek és a méretarányszámoknak a szorzata adja meg a terepi felbontás mértékét.

A fotogrammetriában kialakult tapasztalat szerint – jól azonosítható pontok esetén a meghatározás pontossága függött az alkalmazott klasszikus fotogrammetriai feldolgozási eljárástól. Analitikus eljárásnál 8-10 μ , digitális ortofotó eljárásnál, a képek szkennelési értékétől függően 20-30 μ volt.

⁷ Egy fekete-fehér felvétel fényérzékeny rétegének, az emulzióknak, mint szabályos *pontraszter*nek különböző feketedésű pontjai alapján meghatározható egy felvétel 1 cm²-re vonatkoztatott információátviteli kapacitása.

⁸ Winkler Péter: Magyarország légifényképezése 2000.
(<http://www.fomi.hu/honlap/magyar/szaklap/2001/07/4.htm>)

2. A LÉGI FELVÉTELEZÉS OSZTÁLYOZÁSA

A légi fényképek típusait alapvetően meghatározzák az alkalmazott felvételezési eszközök és módszerek. A különböző alkalmazások különböző technikai eszközöket, módszereket és technológiát igényelnek. A légi fényképek osztályozhatók a kamera típusa, a kamera optikai tengelyének a fényképezés pillanatában való helyzete, a felvételi körülmények, továbbá a képi információ rögzítés módja szerint.

2.1. Légi fényképek osztályozása a kamera típusa szerint

A kamera típusa szerint mérőkamerás vagy nem mérőkamerás felvételeket különböztethetünk meg. A kamera típusa alapvetően meghatározza a felvételi módot, mert csak a mérőkamerával készített felvételek alkalmasak szabatos metrikus kiértékelés végrehajtására. A mérőkamerás légi felvételek a nagyméretarányú és topográfiai térképek aktualizálásának nélkülözhetetlen adatforrásai.

Az alkalmazott optikai rendszereket a látószög függvényében is osztályozzák, úgymint

- normál látószögű optika, amelynél a rendszer fókusztávolsága *megegyezik* a kép átlójának hosszával,
- nagy látószögű optika, amelynél a rendszer fókusztávolsága *kisebb*, mint a kép átlójának hossza,
- kis látószögű optika (vagy teleobjektív), amelynél a rendszer fókusztávolsága *nagyobb*, mint a kép átlójának hossza.

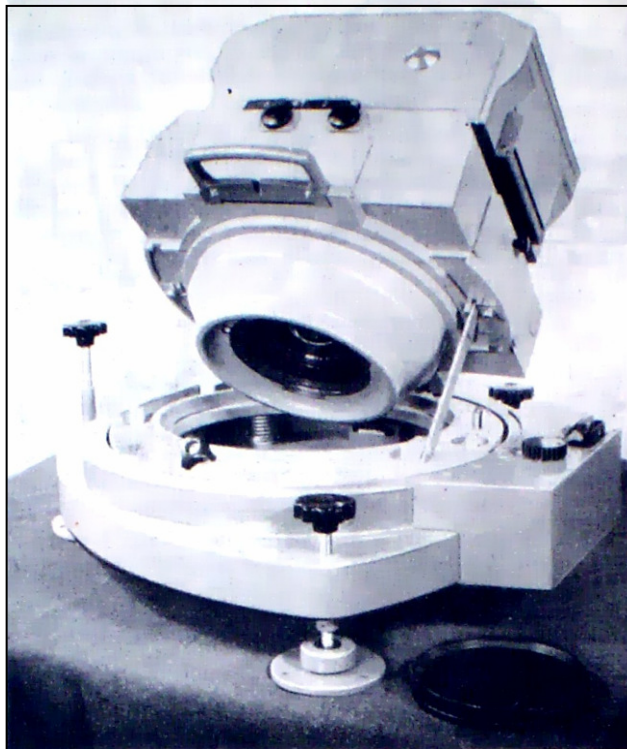
A légi fotogrammetriában alkalmazott leggyakoribb képméret 23×23 cm, és ebből következően a képátló hossza 32,5 cm. A leggyakrabban használt objektív kameraállandója⁹ kb. 152 mm. Az adatok szerint tehát a légifotogrammetriában a kamerák nagy látószögű kamerákat használnak.

2.1.1. Hagyományos kamerák

Magyarországon egészen a rendszerváltásig csak a Magyar Honvédség¹⁰ végezhetett légifényképező repüléseket, ami technikai és anyagi okokból is korlátozta a korszerűbb technika alkalmazását is.

⁹ A fotogrammetriában alkalmazott kamerák esetében a képtávolság állandó érték és nem változtatható. Ezt a gyárilag beállított és meghatározott képtávolságot nevezik kameraállandónak.

¹⁰ Korábban Magyar Néphadsereg volt.



4. ábra: RC-20 légi fényképező mérőkamera [2]



5. ábra: OMER¹¹ légifényképező kamera karbantartás közben
Forrás: MH GEOSZ

¹¹ A „Nyitott égbolt” (Open Sky) programban használt OMER-33 típusú sorozatfelvevő ikerkamerák, amelyeket a magyar-román kétoldalú együttműködés keretében alkalmaznak.

2.1.2. Korszerű optikai kamerák



Az ábrán látható az RC-30 szériaszámú kamerarendszer 3 fő alkotóeleme. Ezzel a kamerával kiemelkedő képminőséget lehet elérni.

PAV 30 PosOp (Position and Operation System – Pozíció és Műveletvégző Rendszer), giroszkóp-stabilizátoros állványba helyezik bele a kamerát, amely további beállításokat is lehetővé tesz.

6. ábra: Az RC-30 kamera elemei

Forrás http://www.gasco.com.au/Images%20Final/Services/AirOps_CameraParts.jpg

A PAV 30 giroszkóp-stabilizátoros állvány feladata a repülőgép merev mozgásából adódó esetleges rázkódás kiküszöbölése még akkor is, ha a repülőgép turbulenciába kerül, ezáltal a kép minősége is sokkal jobb lesz.

A közel függőleges felvételezés helyett (2.2. fejezetben tárgyalt helyzet) a PAV 30-cal a teljesen függőleges felvétel készítése is megvalósítható. A függőleges helyzet és a beállított repülési magasság még turbulens repülési körülmények között is elérhető. Ez a megoldás nagy segítséget jelent a pilóta számára és megkönnyíti a felvételek külső tájékozását a légiháromszögelés során.

A PAV 30 az FMC¹² kamerával kombinálva hosszabb expozíciós – ezzel együtt meghosszabbított repülési – időt tesz lehetővé még akkor is, ha alacsonyak a fényviszonyok vagy nagy felbontású filmet használnak.

A PAV 30 képes fogadni a Légi Navigációs Rendszerektől is mozgáskorrekciós adatokat az ARINC 429-jelet használva az ASCOT rendszerén keresztül.

¹² FMC - compensation for forward image motion (FMC), azaz szinkronizáló rendszer

A PAV 30 behelyezhető a korábban kifejlesztett (PAV 11, PAV 11-A és a PAV 20) állványokba is, azaz kompatibilis a korábbi típusú berendezések szerkezeti elemeivel, így előnyös a fejlesztést csak részlegesen vagy fokozatosan bevezető vállalkozások számára is.

Leica PAV 30 PosOp változat a légifényképezést még azzal is hatékonyabbá teszi, hogy az úgynevezett Applanix POS¹³ rendszertől is képes fogadni adatokat.



7. ábra: Az összerakott Leica RC-30 légikamera-rendszer

Forrás: http://www.leica-geosystems.com/en/Airborne-Sensors-Leica-RC30ASCOT_57632.htm

A legújabb RC30 típusú modellnek két cserélhető lencséje van, amelyeknek a torzítása kicsi, illetve elhanyagolható az adatok szerint.

A kamera felbontása eléri a 100 lp/mm¹⁴-nél is nagyobb felbontást. A kamera képvándorlás-kiegyenlítő rendszere garantálja a kristálytisza képeket még alacsony fény és magassági viszonyok mellett is. A filmkazetták ára is kedvező a leírások szerint. A kamerának még egy hatalmas előnye, hogy tartalmazza az úgynevezett PEM-F automata expozíció-irányítás és a rugalmas adat-ráfényképezés lehetőségét minden egyes fényképre. A fejlesztők még *navigációs nézet- és keresővel*, valamint több szűrő alkalmazásával tökéletesítették a rendszert.

Az RC30-as kamerához fejlesztették ki az úgynevezett ASCOT¹⁵ rendszert, amellyel együtt teljes körű légi felmérő rendszert alkot.

¹³ Position and Orientation System - Pozícionáló és Tájékozódási Rendszer

¹⁴ A szakirodalomban a magyar vonalpár/mm megnevezés helyett az angol terminológiából származó line/mm, azaz l/mm rövidítést használják.

¹⁵ ASCOT - Aerial Survey Control Tool, azaz a légifényképezés végrehajtását ellenőrző rendszer

Összefoglalva az RC30-A kamera tulajdonságait:

- A jó minőségű lencsék igen jó felbontást biztosítanak.
- Az alkatrészek megbízhatók és kiemelkedően tartós stabilitást garantálnak.
- A kamerának képvándorlás-kiegyenlítő rendszere (FMC) van.
- A kamerához giroszkóp-stabilizátoros állvány (PAV 30) tartozik.
- A pontos exponálási időket automata expozíció-mérővel biztosítják.
- Az egyes felvételekre vonatkozó adatok minden felvételen szerepelnek.
- Adatsere-lehetőség van az ASCOT-tal és egyéb rendszereikkel.
- A rendszert mikroprocesszoros vezérlés működteti.



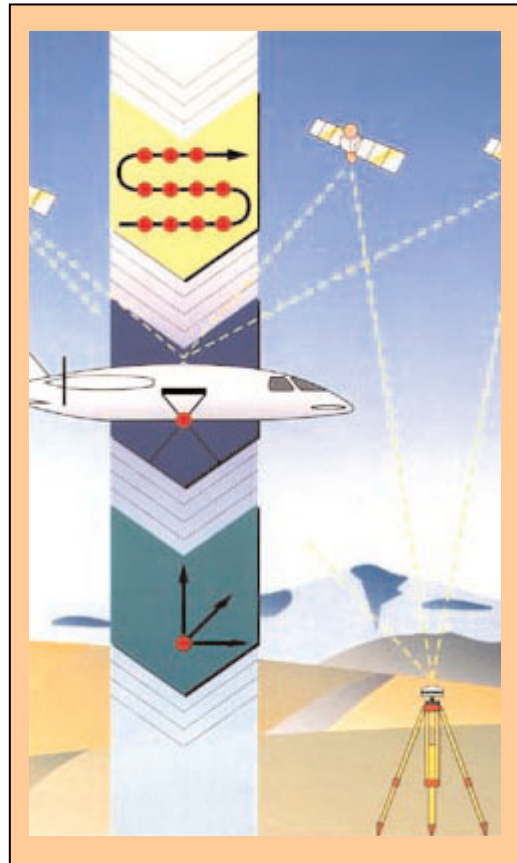
A kép az ASCOT rendszer munkaállomását mutatja be, amely mind a repülési terv elkészítését, mind a navigációt és a repülés alatti kamera-kezelést is lehetővé teszi.

8. ábra: Légifényképezést támogató ASCOT rendszer

Az ábra a repülési feladat és a navigációs rendszer együttműködését szemlélteti. A repülőgépbe szerelt kamera GPS vevője a repülés közben megadja a kamera pontos helyzetét a Föld körül keringő műholdakkal kommunikálva.

A pontosabb helyzetmeghatározást a terepen elhelyezett geodéziai GPS vevő – mint referenciapont – mérési adatai segíti.

A műholdak közül legalább négynek kell egyszerre a horizont felett lenni, hogy megbízható legyen a mérés. A műholdak helyzetére vonatkozóan az a kedvező, ha „szétszórva” helyezkednek el az égbolton.



9. ábra: Az ASCOT és GPS-technika együttműködése

Források: http://www.leica-geosystems.com/downloads123/zz/airborne/ascot/brochures/ASCOT_brochure.pdf
http://www.leica-geosystems.com/en/Leica-RC30_57632.htm

2.1.3. Digitális légifényképező kamerák

A CCD¹⁶ kamerák alapelvét még 1970 táján fejlesztették ki. Olyan eszközöket fejlesztettek ki, amelyek ún. fém-oxid félvezető alapú kondenzátorokat használtak fel analóg jelek, különböző nagyságú töltéscsomagok tárolására. Ezekből a kis tárolókból több ezret helyeztek el egy parányi félvezető-lapocskán, s ezeket egy kiolvasó áramkörrel összekötve memóriaegységeket, optikai érzékelőket alkottak. Átlagos pixelmérettel számolva a felbontás 66 l/mm, a valódi felbontás pedig még ennél is rosszabb volt.

Az első, légi felvételeket készítő digitális kamerát 2000-ben mutatták be Amszterdamban. A HRSC¹⁷ volt az első kamera, amely megközelítette a mérettartó fényérzékeny emulzió metrikus tulajdonságait.

¹⁶ CCD – Charged Couple Device, azaz töltéscsatolt elem.

¹⁷ HRSC – High Resolution Stereo Camera, azaz nagyfelbontású sztereo kamera

A digitális kamerák alapvetően a következő két csoportba sorolhatók:

1. sordetektoros digitális kamerák,
2. digitális mátrix-vagy keretkamerák (DFC-Digital Frame Camera).

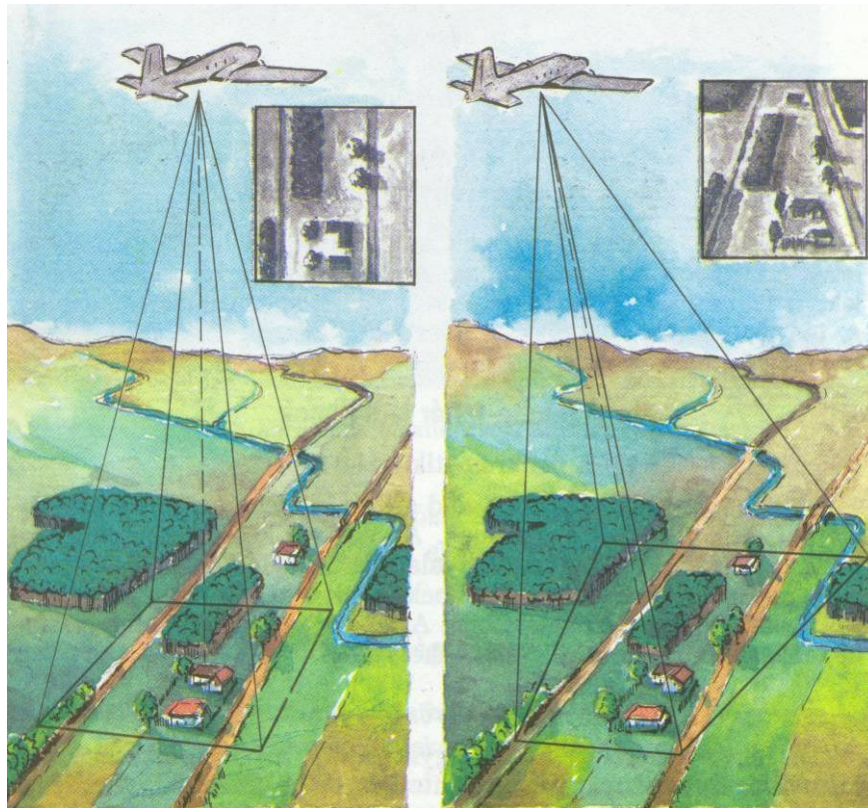
A fotogrammetriában is alkalmas légifényképező kamerák inkább a digitális mátrix (keret) kamerák, – az angol nevük és rövidítésük szerint a DFC-k lesznek. Ezekben a kamerákban a félvezető detektor fényérzékeny elemei úgynevezett fotóhelyei nem sorban hanem mátrixban helyezkednek el. Az egyszerűbb típusoknál a radiometriai felbontás 1024×1024 félvezető chip-detektor 10 bites jelet állít elő.



10. ábra: Z/I-Zeiss Imaging DMC kamera
Forrás: <http://www.aerial-survey-base.com/Album.html>

2.2. Légi fényképek osztályozása a felvételi mód szerint

A felvételi mód szerint függőleges (közel) függőleges, valamint dőlt, illetve ferdetengelyű optikai tengelyű légi fényképeket lehet megkülönböztetni. A térképészeti mérőkamerával készített légi fényképet terepre elvileg függőleges, illetve közelfüggőleges kameratengelyű optikai berendezéssel kell készíteni. A mérési célokra a kamera tengelyének függőlegességét különböző berendezésekkel biztosították, hogy a függőlegestől való eltérés szigorú 3°-os előírását tartani tudják (itt utalok az előző 2.1.2. alfejezetre is.)



11. ábra: A függőleges és dőlt optikai tengelyű felvétel által lefedett terep geometriája [2]

2.3. Légi fényképek osztályozása a hordozó szerint

2.3.1. Hagyományos filmekre optikai kamerával készített felvételek

A *filmek* alapvetően kétdimenziós információhordozók. A filmek anyaga, tulajdonságaik alapvetően meghatározza az információ mennyiségi és minőségi értelmezésének lehetőségeit.

A légi fényképezéshez használt filmtípusok a fototechnika fejlődésével változtak és tökéletesedtek. A 60-as években még igen komoly problémát jelentettek az orosz filmek mérettartósággal kapcsolatos problémái. A gyakorlati felhasználáshoz a képkockákra vágott film zsugorodott. A bekövetkezett változás viszont nem volt egyforma mértékű a repülés irányában, illetve rá merőlegesen.

Később hazánkban is a jó minőségű és mérettartó amerikai légi filmek használták, de ebben az esetben is ügyelni kellett az egyenletes páratartalmú és hőmérsékletű tárolási körülmények biztosítására.

A légi fényképezés során kezdetben a leginkább elterjedt pankromatikus – azaz az emberi szem által látható fény teljes színtartományára érzékenyített fekete-fehér negatívokat alkalmazták (11. ábra).

A normál pankromatikus film fényérzékeny rétege, azaz az emulzió általában jó tónuskontrasztot, megfelelő feloldóképességet¹⁸ és finom szemcsézettséget ad széles megvilágítási lehetőséggel.

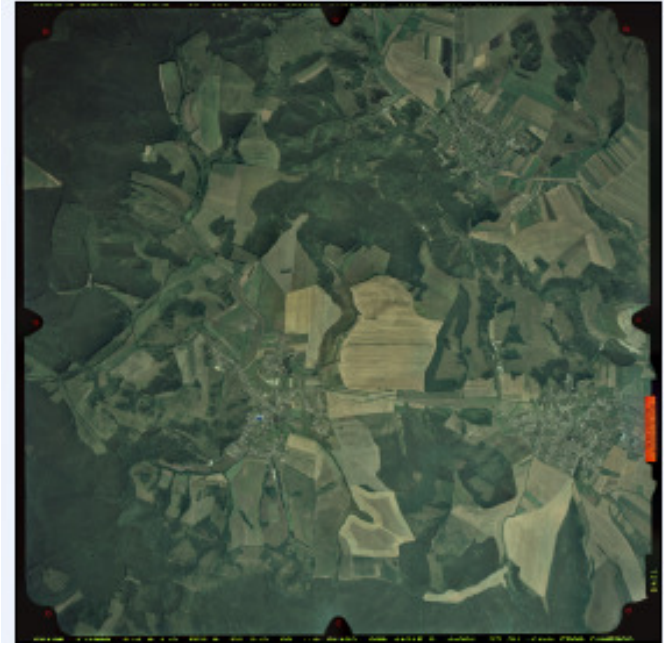


12. ábra: F-F mérőkép kicsinyített ábrázolásban [2]

A pankromatikus negatívok fényérzékenységi¹⁹ tartománya az emberi szemhez hasonló és ezért alkalmasabb a vizuális interpretációra is. Az emberi szem a szürke tónuson belül mintegy 200-féle fokozatot képes megkülönböztetni.

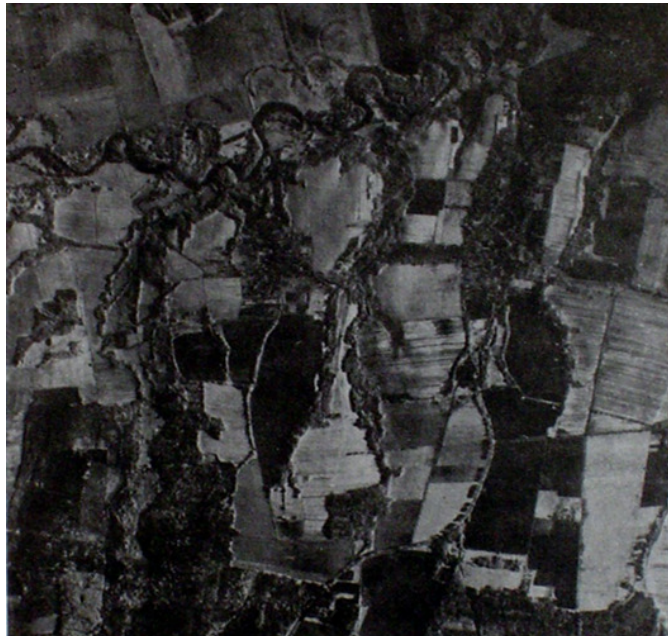
18 A légi film feloldóképessége a felismerhető és szétválasztható fényképi részletek számát és élességét jelenti.

19 A légi film érzékenysége meghatározza, hogy mekkora fényenergia szükséges egy bizonyos feketedés eléréséhez



13. ábra: Színes légifelvétel kicsinyített ábrázolásban [2]

Az F-F infravörös film a látható fény teljes spektrumából főleg a zöldre, vörösre és az infravörös sugárzás egy részére érzékenyített emulzió. A közeli infravörös sugárzás terjedését a pára, füst-, és ködfoltok nem zavarják, ezért ezek a filmekken leképeződött képek rendkívül tiszták és élesek, részletben gazdagok. A képeken olyan részletek is kivehetők, amelyek a pankromatikus filmekben kevésbé érzékelhetők.



14. ábra: F-F infravörös felvétel részlete [2]

Az infravörös negatívokat a legtöbbször vörös színszűrőkön keresztül világítják meg. Felhős időben ezek a filmek sem használhatók.



15. ábra: Színes infravörös (Near InfraRed) felvétel részlete

Az infraszínes film érzékenységét kiterjesztették a látható spektrumon kívül a közel infravörös (NIR-Near Infrared) tartományra is. A film emulziója a sugárzási energiát 400-1000 nm hullámsávban képezi le, de a színeket nem a valóságnak megfelelő tónusban ábrázolja, ezért a *nem színhelyes* vagy *hamisszínes*, idegen szóval *false colour* megnevezést kell használni.

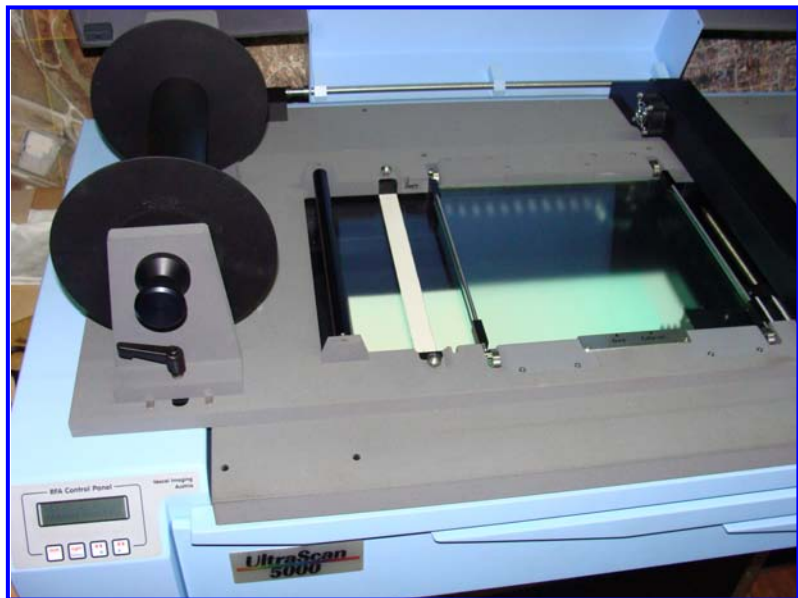
A színes légi filmek érzékenyek – az emberi szem számára nem látható – felső UV tartományára is. A láthatatlan ultraibolya sugárzás látható kékes színárnyalatként jelenik meg az előhívott képen, ezért színszűrőket alkalmaznak.



16. ábra: UV tartományban készült felvétel részlete


2.3.2. Hagyományos analóg felvételek digitalizálása

Az analóg légifilmeket, digitális átalakítással teszik alkalmassá arra, hogy alkalmas legyen a további számítógépes kiértékelés számára. A fényképészeti emulzió különböző feketedési árnyalatai a szkenneléssel kapnak bináris értéket. A digitális fotogrammetriában a nagy felbontáson és radiometriai stabilitáson kívül speciális igény a 0,003–0,005 mm mechanikai pontosság is.



17. ábra: TeleCopter Kft-nél készített fényképek az UltraScan precíziós szkennelő berendezésről

A SZÍNES FILMEK SZKENNELÉSÉNEK ELVE

VALÓS SZÍNŰ	KVÁZI SZÍNES / HAMÍS SZÍNES (FALSE COLOR)
<p>Minden képpontban (pixelben) a ténylegesen érzékelt szín vagy árnyalat képződik le. A szkenneléssel jobb lesz a felbontás, mert kiküszöbölik a színszűrők torzító hatását, másrészt a 24 bites színmélység geometriailag is pontosabb képet ad.</p> <p>A 24 bites leképezésnél már két szomszédos pixelnek is eltérő lehet a színe, illetve színárnyalata. Ha ugyanezt a képet 8 biten kezelnék le, a színek, illetve az árnyalati különbségek eltűnhetnek, ezzel együtt eltűnhetnek a kontúrok, amivel együtt sérül a geometriai helyesség is.</p>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">  </div> <div> <p>Ugyanezt a képet 3 szűrőn keresztül, háromszor kell a megfelelő szűrőkön keresztül szkennelni. A szűrőn keresztül az alapszín intenzitásértéke regisztrálódik minden egyes pixelben.</p> </div> </div>

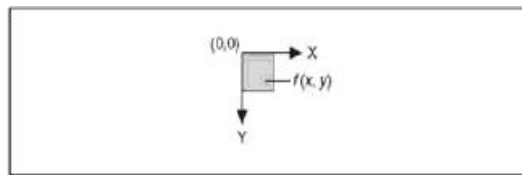
A színmélység fogalma azt jelenti, hogy az adott grafika geometriai tartalmát – az ábrázolás tulajdonságai, a digitális átalakítás lehetőségei és a felhasználói igény függvényében – hány biten kezeljük le. Tudjuk, hogy a bit értéke 0 vagy 1 lehet. A következő táblázat mutatja a színválasztás és a digitális átalakításához szükséges bitek számát.

KÓD-NAGYSÁG BITBEN	A KÓD TARTALMA
1	F-F (bit-térkép)
3	8 szín
4	16 szín
8	256 szín
16	65536 szín
24	16,7 millió szín
32	42,9 millió szín

Térképészeti és a különböző tematikus alkalmazásoknál a 24 bites színmélység elegendő és optimális, mind a felismerhetőség, mind a tárolási kapacitás szempontjából.

2.3.3. Digitális leképezés

A digitális kép nem más, mint fényerősség értékekből álló kétdimenziós tömb, azaz egy mátrix. Egy digitális kép tehát nem más, mint a fényerősség függvénye: $f(x, y)$, ahol f az (x, y) koordinátájú képpont, azaz pixel fényessége. A továbbiakban kép alatt mindig digitális képet értünk. Megállapodás szerint a kép $(0, 0)$ koordinátájú pontja a kép felső bal sarkában található.



18. ábra: A digitális kép $(0;0)$ koordinátája

A mintavételezés során a képszenzor mindig diszkrét számú pixellé alakítja az érzékelt képet, majd minden egyes pixelhez hozzárendeli a megfelelő szürkeárnyaltos vagy színes értékét, így meghatározva az egyes képpontok fényintenzitását vagy színét.

A digitális kép három alapvető tulajdonsággal rendelkezik, úgymint a kép felbontása, bitmélysége és a komponenseinek száma. Egy kép – azaz egy mátrix – felbontásának nagysága a sorokban és oszlopokban lévő pixelek számától függ, azaz egy ***m oszlopból*** és ***n sorból*** álló kép felbontása $m \times n$. A kép bitmélysége nem más a bináris aritmetika szerint, mint a pixelértékek reprezentálásához szükséges méret bitekben megadva.

Ha egy kép bitmélysége n , akkor a kép minden egyes pixele 2^n különböző értéket vehet fel. Például $n = 16$ esetén, egy pixel 65 536 féle értéket vehet fel, 0-tól 65 535-ig.

A képfeldolgozás során nagyon fontos szempont a helyes bitmélység megválasztása, ugyanis egyes műveletek során felesleges a szükségesnél nagyobb bitmélységű képet használni. Ez túlságosan memóriaigényessé és lassabbá teszi a feldolgozási folyamatot. Például egy képen található objektumok alakzatára vonatkozó információk meghatározása esetén, elég lehet a 8 bites bitmélység használata, ugyanakkor fényintenzitás mérése során célszerű minél nagyobb – 16 bites vagy lebegőpontos – bitmélység használata. A komponensek száma adja meg a pixelmátrixok számát, amelyből a kép felépül. Szürkeárnyaltos képek esetén egyetlen komponens létezik, színes képek esetén általában három. Például RGB színtér használata esetén a kép három színtonkomponensből épül fel, ezek a vörös, zöld és kék komponensek.

Egy n komponensből álló kép esetén, minden egyes pixel tulajdonképpen egy n *dimenziós* vektor lesz. A képtípus alapján lehetnek szürkeárnyaltosak, amelyek egyetlen színkomponensből állnak, színesek, ahol RGB-t (Red-Green-Blue, azaz vörös-zöld-kék) használ a színtér, mely 3 komponensű, és lehetnek komplex képek, melyek egy szürkeárnyaltos kép frekvencia-információit tartalmazzák.

2.4. Légi fényképek osztályozása a felvételi körülmények szerint

A felvételi körülmények alapján évszakok és napszakok szerint lehet csoportosítani a légi felvételeket. A légi fényképezés kedvező időpontjának kiválasztását a tervezés időszakában elsősorban a fényképezés célja szerint kell meghatározni,

Térképészeti szempontból nagyon fontos az évszakok és napszakok hatásának ismerete. Abban az esetben, ha síkrajzi adatokra van szükség a légi fényképezést rendszerint olyan időszakban kell végrehajtani, amikor a terepet még nem fedi a kifejlődött növényzet és a fák lombozata. Magyarországon a hóolvadás után, a lombosodás előtt február végétől április hónap elejéig sokszor van tiszta verőfényes idő, amely igen kedvező a légi fényképezés végrehajtására, Ősszel a fényképezésre már kevesebb lehetőség van a viszonylag rövid nappalok és a gyakori párásság, ködök miatt,

Tematikus célok esetén a légi fényképezés idejét csak a jó látási viszonyok befolyásolhatják. A téli hóborította időszak alkalmas vadszámlálásra, vízügyi célra. A vízhálózat morfológiájának vizsgálatára is a lombtalan időszakok kedvezőek. Árvizek esetén viszont az elöntött területek nagysága és a veszélyeztetett területek gyors számbavétele határozza meg a légi fényképezés időpontját. Mezőgazdasági, erdészeti és botanikai célokra a nyári vegetációs időszakokban szoktak légi fényképeket készíteni.

3. A HAGYOMÁNYOS, OPTIKAI FELVÉTELEZÉS REPÜLÉSI TERVE

Magyarországon a rendszerváltozás előtt csak néhány vállalat²⁰ foglalkozhatott fotogrammetriai munkákkal, mert a légifényképeket titkosan kellett tárolni és kezelni, A légifényképező repüléseket ezért csak az MH GEOSZ²¹ jogelődje végezhetett.

A rendszerváltozás után a légifilmeket feloldották a titkossági előírások alól. Ennek – véleményem szerint – az lehetett a fő oka, hogy a XX, század végén az úrfelvételek miatt már nem volt értelme a szigorú titkosság fenntartásának.

Az előbbiekben már írtam arról, hogy egy tényleges feladat jó teljesítése érdekében nagyon fontos a légifényképezés méretarányának és a légifényképezés műszaki paramétereinek megválasztása. A légifelvétel méretarányától függő legfontosabb két tényező a *geometriai felbontás terepi értéke*, és a *felvételekből elérhető pontosság terepre vetített értéke*. A légifelvétel méretarányának választása – a kamerák fókusz távolságának függvényében – meghatározza a repülés magasságát is.

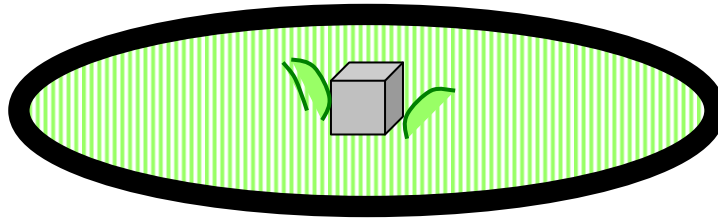
A légifényképezés magasságát továbbá alapvetően befolyásolja a rendelkezésre álló repülőgép teljesítőképessége. A tervezésnél figyelemmel kell lenni a fényképezendő sorok számára, a sorok hosszúságára és ezzel együtt a repülések időigényére. Nem elhanyagolható a felvételek darabszáma, ezzel együtt a légifilm hossza sem. Az ortofototérképek készítésénél eleve nem 60%-ra, hanem 80%-ra kell tervezni a soron belüli átfedéseket, ami jelentősen megnöveli a felvételek számát.

A tervezés előtt gondolni kell arra is, hogy a síkrajzi kiértékelés és/vagy a domborzat kiértékeléséhez szükség van a földi illesztőpontok (19-20. ábrák) előzetes jelölésére. A földi illesztőpontok lehetnek meglévő geodéziai, azaz háromszögelési pontok is. Nagyon sok esetben úgynevezett biztonsági „vakpontokat” létesítenek a terepen, amelyeket csak akkor határoznak meg, ha a légiháromszögelés²² elvégzéséhez a fotograméterek kéri. A jelölés lehet fekete kátránypapír, vagy fehér festék

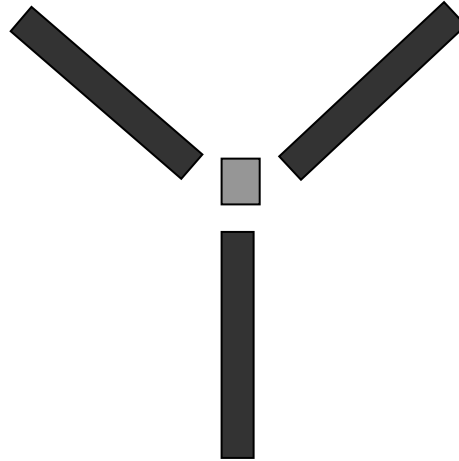
20 Kartográfiai Vállalat (KV), Budapesti Geodéziai és Térképészeti Vállalat (BGTV), Pécsi Geodéziai és Térképészeti Vállalat (PGTV)

21 Magyar Néphadsereg Térképészeti Intézet (MNTI)

22 A légiháromszögelés módszerével végrehajtott pontsűrítéssel lehet megnövelni a geodéziai koordinátákkal rendelkező pontok számát.



19. ábra: Kör alakú felhívó jel perspektivikus ábrázolásban [1]



20. ábra: A terepen 120 fokban elhelyezett felhívó jel felülnézeti ábrázolása [1]

3.1. A légifényképező repülés tervezésének hagyományos módszere

A légi fényképezések tervezését egyszerű módszerekkel is el lehet végezni. A szakirodalom alapján látható, hogy viszonylag kevés matematikai, illetve geometriai összefüggés ismerete szükséges. Továbbá egy vonalzó, vonalzózt helyettesítő papírcsíkok, térkép(ek), pausz, és természetesen megfelelő gyakorlati szakmai tapasztalat szükséges egy jó és végrehajtható repülési terv készítéséhez.

3.1.1. Az előkészítés lépései

1. A megrendelőnek világosan rögzíteni kell a végrehajtandó repülés célját, azaz mire akarják használni a légi fényképeket.
2. A feladat ismeretében rögzíteni kell a legfontosabb technikai paramétereket.
3. Össze kell készíteni a szükséges alapanyagokat: térképeket (szükség esetén a tervezést segítő fóliákat, vagy pauszpapírt).
4. Rendelkezni kell a repülési tervhez leadandó technikai terv nyomtatványával (1.Függelék).
5. Gondoskodni kell számoló és rajzeszközökről.

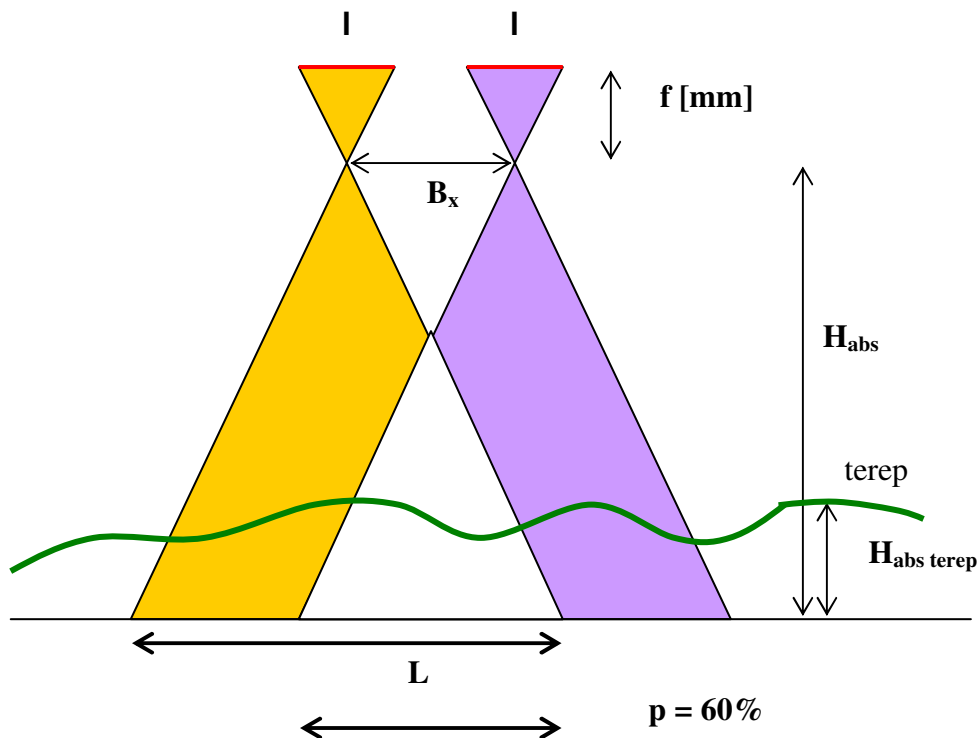
3.1.2. A végrehajtás menete – vázlat és technikai terv

1. Első közelítésben feltesszük, hogy a terep sík és a légi fényképező repülőgép vízszintesen halad.

2. Majd a térképen megnézzük hogy mennyi a terep átlagos magassága, azért hogy meghatározhassuk a légi fényképező repülőgép terep feletti úgynevezett relatív magasságát. A relatív magasság és a kamera fókusztávolságának hányadosa határozza meg a légi fénykép m méretarányszámát. A relatív magasság általános jelölése H_{rel} , de használatos az egyszerű h jelölés is. (12. ábra). A légi fénykép méretaránya $M_{kép} = 1:m_{kép}$, ahol az m méretarányszám egyszerűen az $m = h/f$ képlet alapján számítható.
3. Az $m_{kép}$ méretarányszám ismeretében számítható – szabályos egyenlő oldalú háromszögek hasonlósági arányai alapján – a terepi fedés oldalhossza (L) is, $L = m_{kép} \times l$, ahol a l a légi fénykép oldalhossza (9. ábra).
4. A repülőgép pilótája csak a tengerszint feletti abszolút magasságot tudja figyelembe venni ezért a repülőgép haladási magasságát a

$H_{abs} = H_{rel}(\text{repülőgép}) + H_{rel}(\text{terep})$ összefüggés segítségével kell megadni.

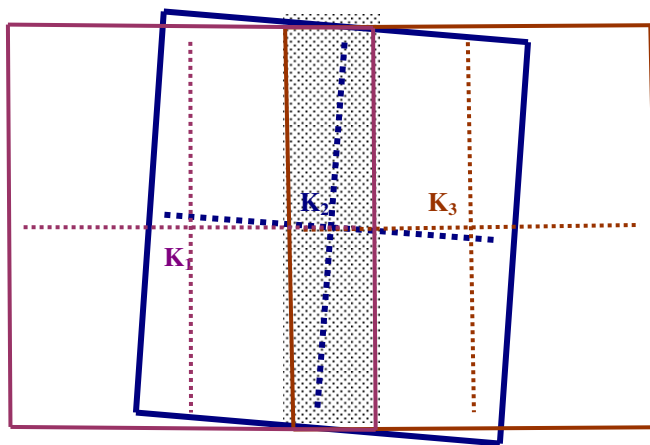
A tervezésnél ismerni kell a hordozó repülőgép típusát, sebességét hogy kiszámíthassuk az egymást követő expozíciók között eltelt időt, az úgynevezett Kc kameraciklust. Feltételezzük, hogy egyenes vonalú egyenletes mozgásról van szó, ezért a számításhoz elegendő a fizikából ismert alapösszefüggés, amely szerint a c sebesség egyenlő **út/idő** (km/óra), amiből az $idő = \frac{út}{sebesség}$ összefüggéssel az expozíciók közötti idő is kiszámítható.



21. ábra: A légi fényképezés tervezéséhez szükséges paraméterek [1]

Ahol az

- l = légi felvétel oldalhossza (általában $23\text{ cm} \cong 230\text{ mm}$),
- L = légi felvétel terepi fedésének oldalhossza (sávszélesség) méterben,
- f = légi fényképező kamera fókusztávolsága mm-ben,
- B_x = két egymás követő expozíció közötti távolság méterben,
- b_x = terepi bázis hossza a légi felvételeken (a 60%-os átfedés biztosítja, hogy minden felvételen rajta van az előző és a követő képközéppont is (10, ábra)
- p = 60%-os átfedés hossza méterben kifejezve a két egymást követő felvétel között, és ennek eredményeképpen a két egymáskövető felvétel egy térmodellt alkot,



22. ábra: Képközéppontok helyzete a sorfényképezések egyes felvételein [1]

A 10. ábrán az 1-2. kép alkotja az 1. térmodellt, a 2-3. kép pedig a 2. térmodellt, A két térmodellnek is kell, hogy közös képterülete legyen, azaz át kell, hogy fedje egymást, mintegy 20%-ban.

Nagyon gyakran előfordulhat, hogy a lefényképezendő terület felett a terep magassága markánsan változik. Ezt az egyes légi fényképezési soroknál vagy azok szakaszain kell figyelembe venni, úgy hogy az adott expozíciós helyeken meg kell változtatni a terep feletti repülési magasság, azaz a $H_{rel} = h$ értékét.

A légi felvétel és a létrehozandó térkép méretarányszámainak (m) optimális arányát - igen nagy közelítéssel - a következő tapasztalati képlet írja le:

$$m_{felvétel} = 200 \sqrt{m_{térkép}}$$

Értelmezve a jelöléseket:

$$M = 1:m \quad \text{például } M = 1:25\,000$$

A hagyományos technológiában alkalmazott táblázat tapasztalati adatokat mutat be a fenti közelítő összefüggés alapján. Amennyiben a légi fényképező repülés célja egy adott méretarányú térkép létrehozása, a felvétel tervezendő méretarányát – egyéb szempontok, mint a gazdaságosság, vagy egy repülési sor tervezése a kedvezőtlenebb két sor helyett – egy intervallumból lehet választani. Ebbe az intervallumba eső értékek még megfelelő kiértékelési és feldolgozási biztosítanak a céltérkép létrehozásához,

$M_{\text{térkép}} = 1:m_{\text{térkép}}$	$M_{\text{felvétel}} = 1:m_{\text{felvétel}}$
1:1 000	1:4 000 — 1:8 000
1:2 000	1:6 000 — 1:10 000
1:5 000	1:8 000 — 1:15 000
1:10 000	1:15 000 — 1:25 000
1:25 000	1:25 000 — 1:35 000
1:50 000	1:40 000 — 1:50 000

2. táblázat [3]

Tehát, ha egy nagyméretarányú, $M = 1:2\,000$ -es nagyméretarányú térképet kell készíteni, akkor a gazdaságossági és a kiértékelési szempontokat is figyelembe a feladat teljesítését egy olyan légifényképezés biztosítja, amelynél a készítendő légifelvétel m méretarányyszáma 4000-8000 közötti tartományba esik.

Gazdaságossági szempont például, hogy két sor helyett egy repülési sor végrehajtási költsége nagyságrendekkel kevesebb. A feldolgozási szempontoknak is jóval kedvezőbb, technológiailag is egyszerűbben végrehajtható a területet fedő egy sor síkrajzi és/vagy magassági kiértékelése.

4. GYAKORLATI FELADAT

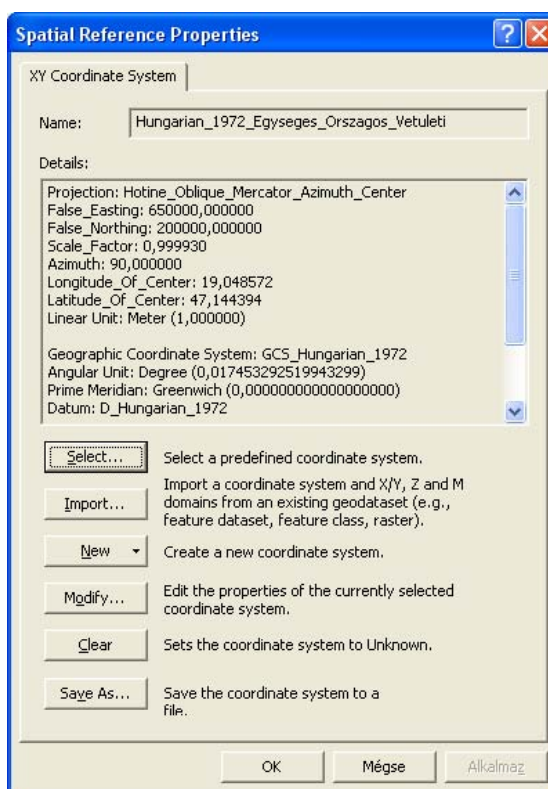
Gyakorlati feladatként ArcGIS szoftver megjelenítési lehetőségét használtam fel.

Feladat: „Séd patak természetvédelmi terület természeti és ökológiai értékeinek megőrzése” című Európai Unió projekt keretében 1:2 000-es méretarányú sztereo kiértékeléssel készítendő vektoros térkép, és 1:1 000 méretarányú ortofotó térkép készítésének repülési tervének részlete a rendelkezésre álló térkép területére.

A digitális adatforrás jellemzése:

54-333 1:10 000-es méretarányú 300 dpi-vel leszkennelt, 256 színmélységű tiff+tfw+info.txt formátumú digitális geotiff topográfiai szelvény (24. ábra).

4.1. Digitális szelvény előkészítése

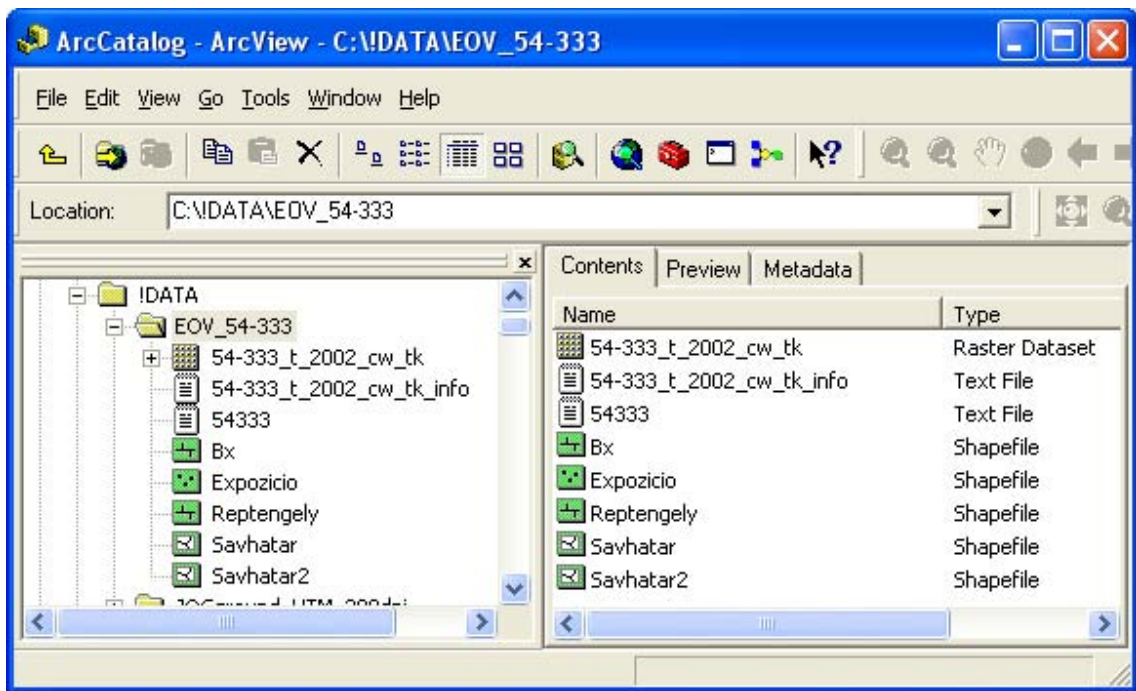


23. ábra: Az 54-333 EOTR szelvény geodéziai referenciája látható az ArcCatalog modulban

A repülési terv készítéséhez szükség van a megjelenítendő shape állományok – repülési tengely, expozíciós helyek, sávhatárok stb. – definiálására az ArcCatalog modulban (25. ábra).



24. ábra: EOV 54-333 1:10 000 méretarányú szelvény [FÖMI]



25. ábra: A repülési terv Shape állományainak definiálása az ArcCatalog modulban

Az ArcCatalog modulban minden ábrázolandó vektoros elem előre definiálni kell. Mindig meg kell adni a grafikai elem típusát (point, polyline, polygon). A tervezéshez definiáltam a repülési tengelyt (Reptengely.shp) – ahhoz, hogy a sávot a legjobban tudjam a Séd patak területéhez illeszteni. Definiáltam egy olyan vonalas elemet, amellyel meg tudtam határozni az expozíciók helyét (Reptengely_Bx). Továbbá meghatároztam az egyes képek által lefedett terepi területet mutató poligonokat, mint (Savhatar.shp és Savhatar2.shp). Ezzel én is jól tudtam szemléltetni az egyes képek közötti 60%-os átfedést, illetve a modellek közötti hármas²³ átfedési sávokat is. Azért határoztam még különböző sávhatár elemet, hogy a térképen jobban meg lehessen különböztetni az egyes tengelyekhez tartozó képeket.

Nagyon fontos az ArcCatalog modulban a vektoros elemek földrajzi vonatkozását is megadni. Jelen esetben ezt a műveletet megkönnyítette, hogy az 54-333-as szelvény úgynevezett geotiff, tehát a szelvény „tudja” magáról, hogy az EOV vetületi rendszerben, és az IUGG ellipszoidon van értelmezve. Ennek következtében az általam megadott új grafikai elemekhez elegendő volt importálni a meglévő raszteres térkép adatait.

²³ Dr. Zboray Attila, a HM térképészeti Kft osztályvezetője szerint a GPS+INS rendszerrel végrehajtott repülések az expozíciók annyira pontos pozicionálását teszik lehetővé, hogy elegendő a földi illesztő pontokat az úgynevezett „hatos” átfedési sávba jelölni. Ezáltal a terepi munka és a Socet Set rendszerrel végrehajtott légiháromszögelés (fotogrammetriai pontsűrítés) is gazdaságosabban végezhető el.

4.1.1. Repülési adatok számítása

A repülési adatok meghatározásához több alapadat áll rendelkezésre, mint

- A kameraállandó $f = c_k = 152,12$ mm;
- A kép mérete, azaz $l = 23$ cm;
- A célfeladathoz tartozó képméretarány, amelyet 1:5000-nek (3.1.2. fejezet 2. táblázat) választottam, hogy a térkiértékeléshez, illetve a jó minőségű ortofototérképhez is megfelelő legyen.

A fenti adatokból kiindulva a terep feletti relatív repülési magasság

$$h = H_{\text{rel}} = m \times f = 5000 \times 0,15212 = \mathbf{762 \text{ m}}$$

Az abszolút repülési magasság meghatározásához a kiszámított relatív repülési magassághoz a terület átlagos tengerszintfeletti magasságát kell hozzáadni.

$$H_{\text{abs}} \cong 762 + 140 \cong \mathbf{900 \text{ m}}$$

A terepi sáv szélesség az $L/l = m$ összefüggésből

$$L = m \times l = 5000 \times 0,23 = \mathbf{1150 \text{ m}}$$

A terepi sáv szélesség határozza meg a 60%-os átfedés nagyságát és ezzel összefüggésben a 40%-os nagyságnak megfelelő B_x expozíciók közötti távolságot.

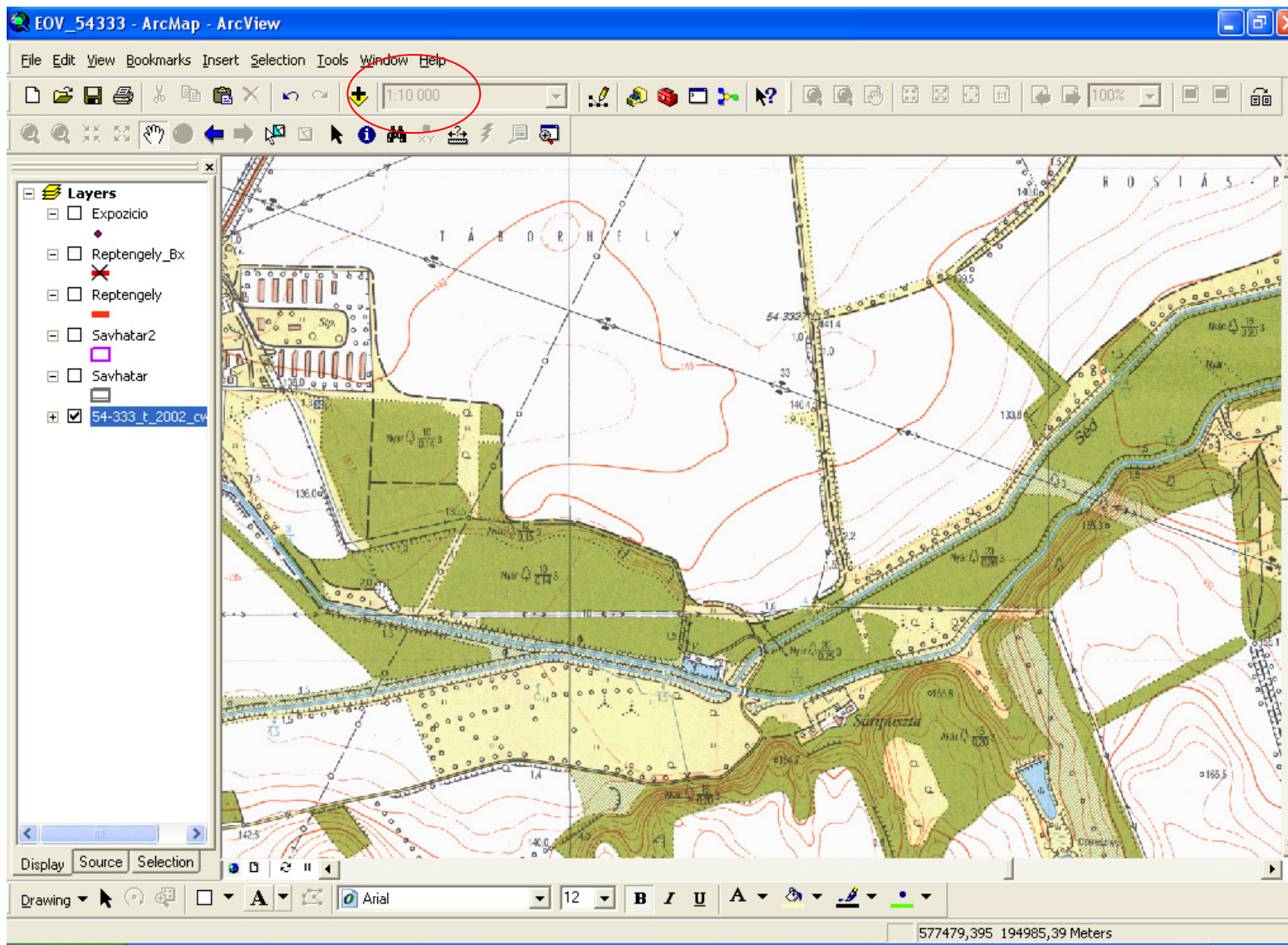
$$p = L \times 0,6 = \mathbf{690 \text{ m}}; B_x = L \times 0,4 = \mathbf{460 \text{ m}}$$

Gyakorlatilag nagyon egyszerű számításokkal lehetett meghatározni a repülési adatokat.

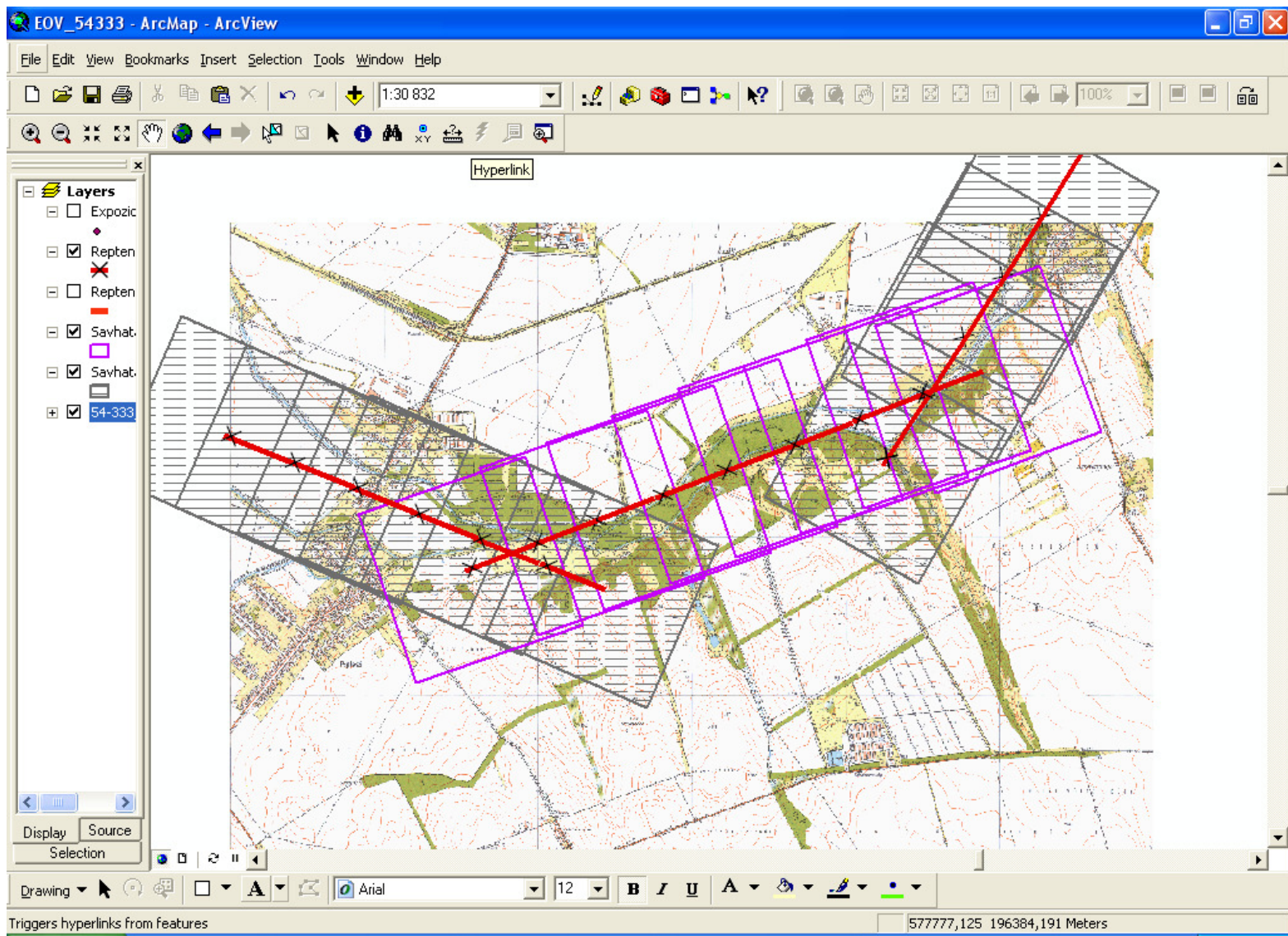
4.2. A légifényképező repülés grafikus tervezése az ArcMap modulban

Az előkészítés után lehet megnyitni az ArcMap modult és az Add művelettel megjeleníteni a raszteres térképet és az előre definiált elemeket a *Table of Contents* modulban. A geoinformatikai szoftverek egyik képessége, hogy a képernyős megjelenítésnél is be lehet állítani térképi méretarányokat. A 26. ábra szemlélteti a terület 1:10 000-es fix méretarányú térképrészletét.

Az ArcMap modulban minden szerkesztési műveletet csak az Editor eszközléc aktivizálásával lehet elkészíteni. A számítások alapján készítettem el a grafikus megjelenítést. A számítások és a grafikus tervezés adatai, mint a sorok száma és hossza, a képek darabszáma, az előkészítendő film hossza (kép darabszáma \times 0,25 m) alapján töltöttem ki a légi fényképező repülés technikai tervét is (3. táblázat).



26. ábra:
A térkép 1:10 000-es
méretarányban



27. ábra:
A térkép 1:10 000-es
méretarányban

LÉGI FÉNYKÉPEZŐ REPÜLÉS TECHNIKAI TERVE	
1. Munkaterület megnevezése:	<i>Séd patak természetvédelmi terület</i>
2. A képanyag rendeltetése:	<i>1:2000-es méretarányú sztereo kiértékelés/ 1:1000-es méretarányú színes ortofototérkép készítése</i>
3. A film típusa:	<i>Kodak színes</i>
4. Fókusz távolság/képméret:	<i>152 mm / 23 cm</i>
5. Átlagos képméretarány:	<i>1:5 000 Sáv szélesség: 1150 m</i>
6. Sorok közötti átfedés:	<i>nincs, mert elegendő sávtérképet kell tervezni</i>
7. Soron belüli átfedés:	<i>60% (690 m), a nagy képméretarány miatt az ortofototérkép készítését is ebből a képanyagból célszerű és gazdaságos elkészíteni.</i>
8. Átlagos relatív repülési magasság:	<i>762 m</i>
9. Abszolút repülési magasság:	<i>900 m</i>
10. Felvételi időköz:	<i>14 mp</i>
11. Repülendő sorok száma:	<i>3 sor</i>
12. A sorok hossza:	<i>1. sor: $5 \times B_x = 2300 \text{ m}$ 2. sor: $8 \times B_x = 3680 \text{ m}$ 3. sor: $6 \times B_x = 2760 \text{ m}$</i>
13. A képek száma:	<i>1. sor: 6 expozíció/kép 2. sor: 9 expozíció/kép 3. sor: 7 expozíció/kép</i>
14. Összes fényképezési repülési hossz:	<i>8,7 km</i>
15. Repülendő sorok iránya:	<i><u>Repülési terv szerinti</u></i>
16. Szükséges képek száma:	<i>21 db A film hossza: $21 \times 0,25 \text{ m} \cong 5,5 \text{ m}$</i>
17. A repülés kért időpontja:	<i>2010. április</i>
18. Illesztő pontok előrejelölése:	<i><u>igen</u> nem</i>
<i>A repülési tervhez felhasznált térképszelvény: EOVS 54333 1:10000-es szelvény</i>	
19. A mellékelt repülési vázlat(ok) száma:	<i>EOVS_54333.mxd ArcGIS állomány</i>
20. Megjegyzések:	<i>A repülési terv adatai csak az adott szelvény területére vonatkoznak</i>

1. Függelék

A TELECOPTER Kft szerepe a hazai légifényképezésben

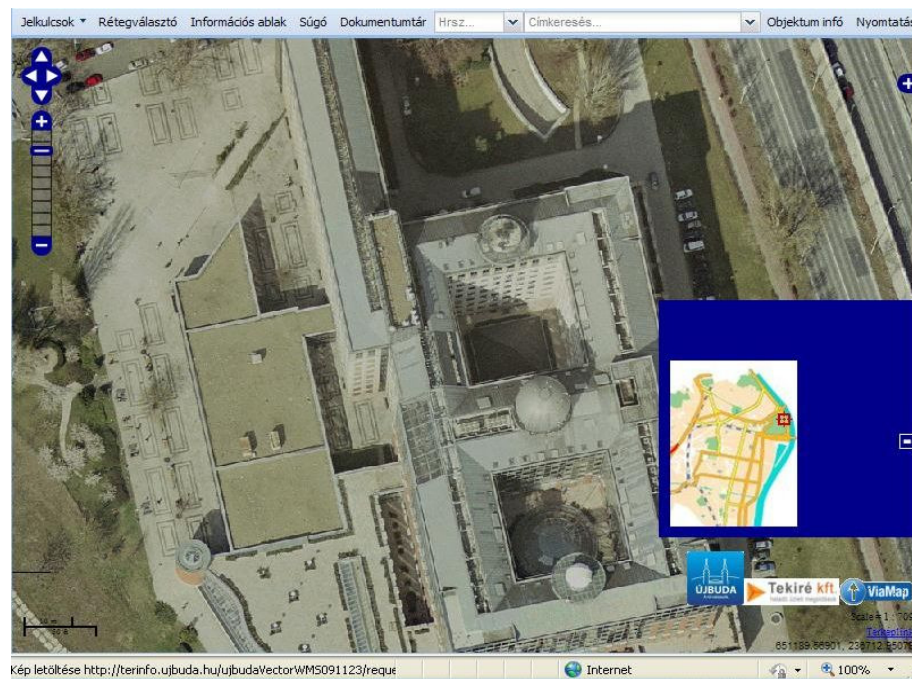
A TELECOPTER Kft 1991. június 11-én alakult meg, a Repülőgépes Szolgálat (RSz) többségi tulajdonával. Így vált biztosítottá az addig az RSz berkein belül végzett légifényképezés további működése. Jelenleg a tulajdonosi kör belföldi magánszemélyekből tevődik össze. Vállalkozásuk székhelye a Budaörsi Repülőtér.

A Kft fő tevékenységi köre:

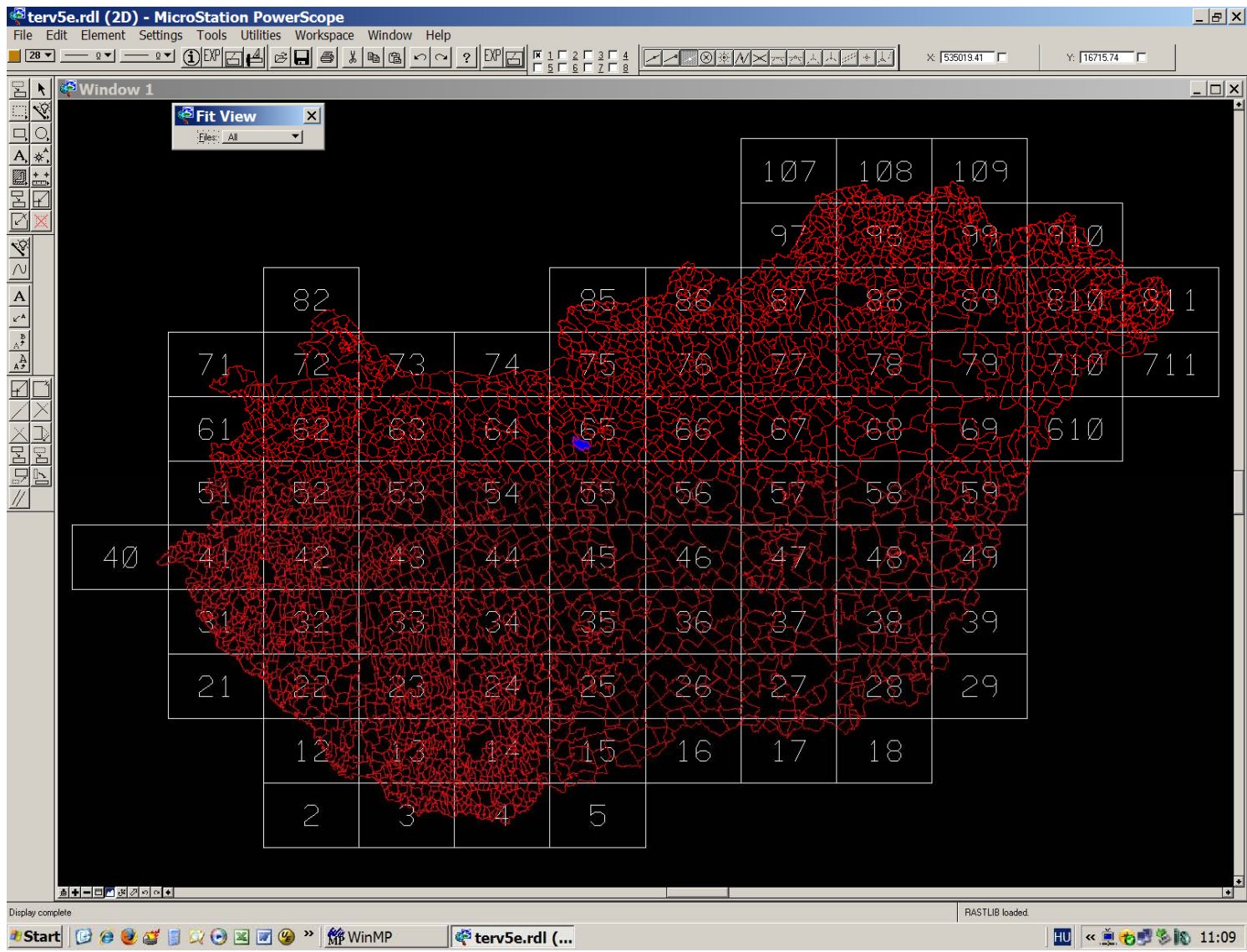
- Mérőkamerás légifelvétel készítése.
- Légifilmek előhívása.
- Légifilmek nagyfelbontású geodéziai szkennelése, digitalizálása.
- Digitális ortofotó előállítása.
- Légifelvelelekből tablók készítése

Az elkészített anyagokat az elmúlt években a tudomány és a gazdaság legkülönfélébb területein hasznosították: pl. katonai, és állami alaptérképek felújítása, autópálya-tervezés, Nemzeti Kataszteri Program stb.

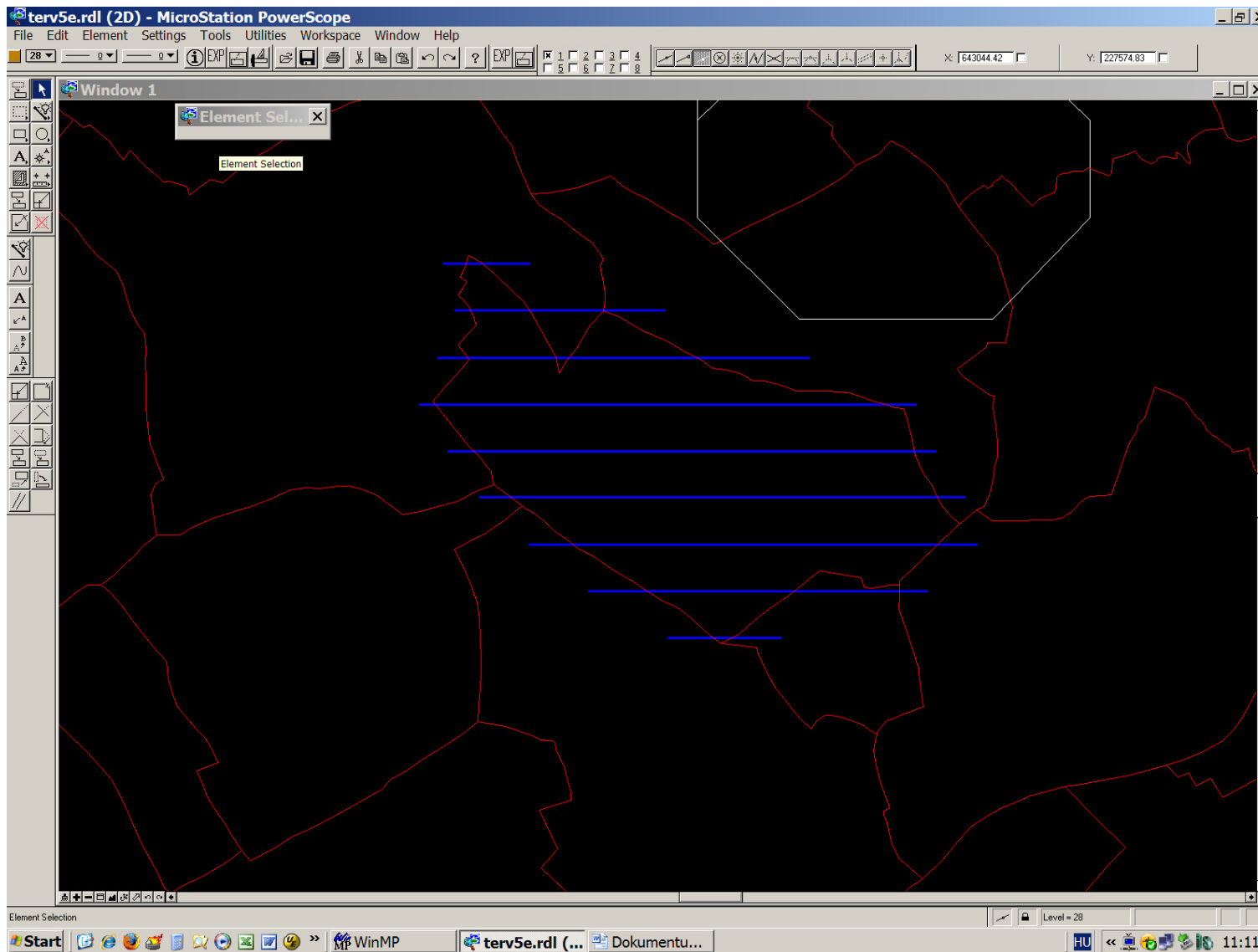
A tervezés a kft-nél hagyományos elvek szerint, de különböző számítógépes programok segítségével végzik.



26. ábra: A TELECOPTER Kft. által készített kép Újbudáról (a képen az ELTE- Északi tömbje)

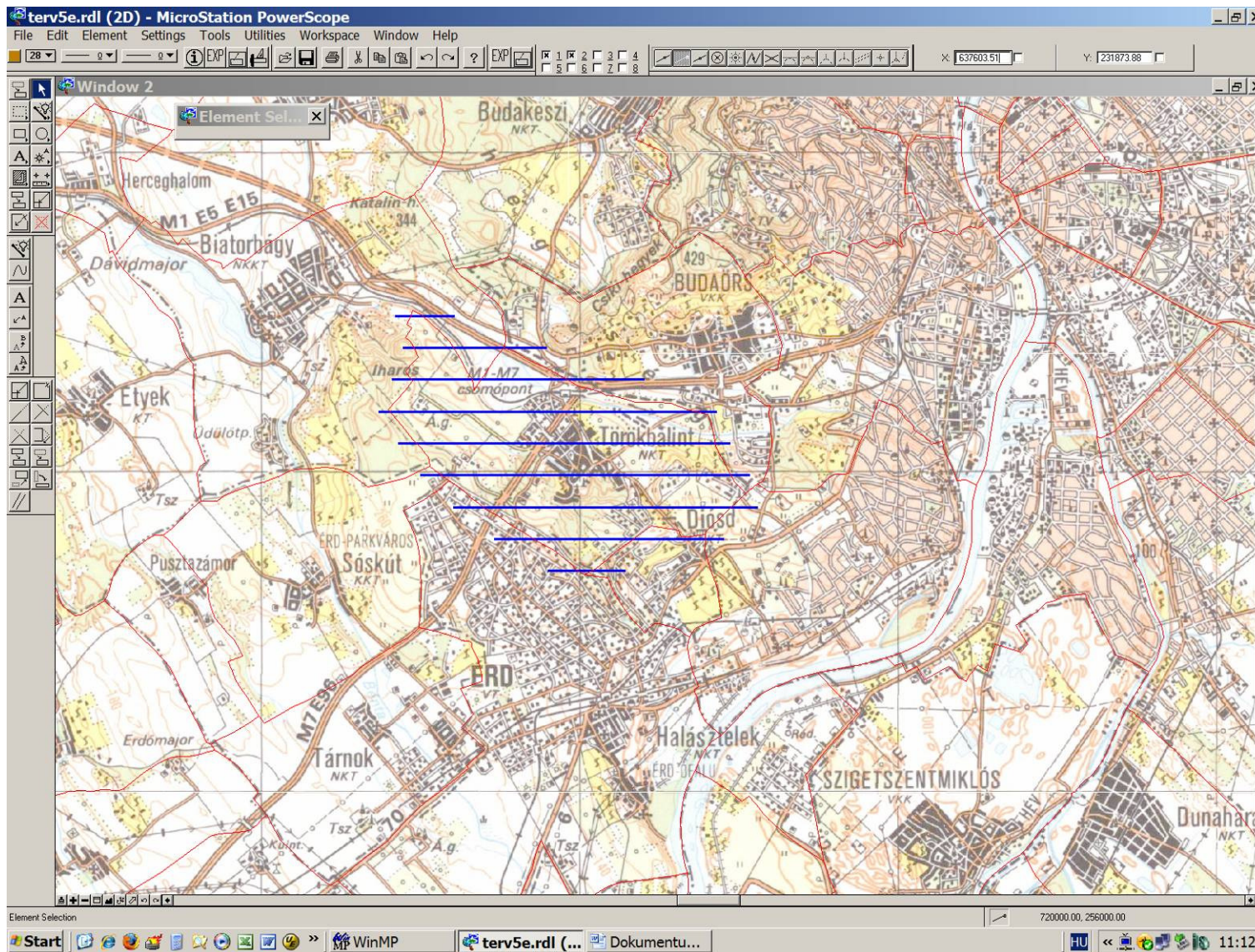


A képernyőkép a Kft által használt tájékoztató anyagot mutatja be Magyarország EOTR 1:10 000 -es méretarányú, közigazgatási határainak felosztásáról. A használt program a MicroStation PowerScope, amellyel repülési útvonalakat lehet tervezni a felmérni kívánt terület közigazgatási határait figyelembe véve.

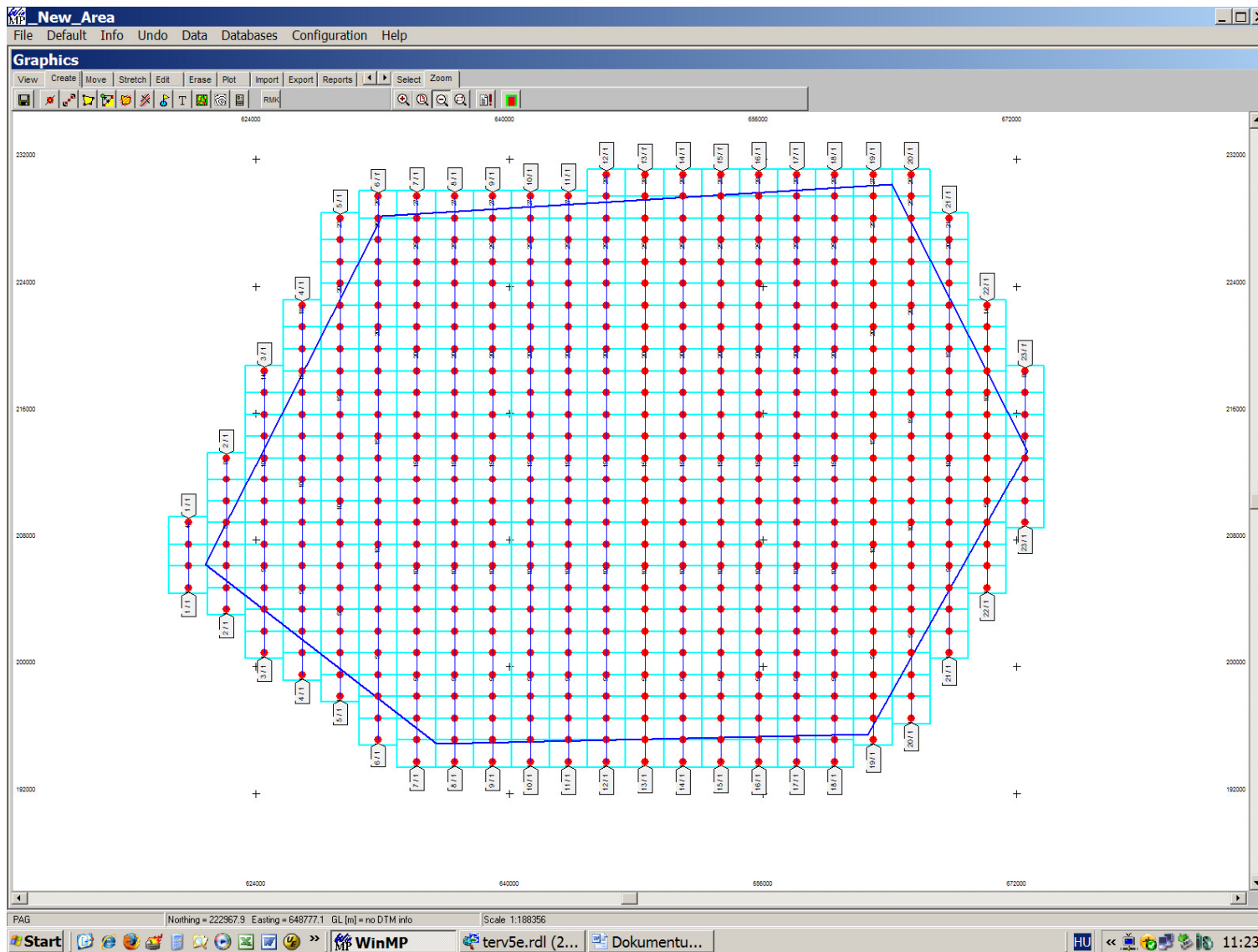


A képernyőre a munkaterületen a pilóta behúzta a Kelet-nyugat irányú sorokat a felméréendő területen.

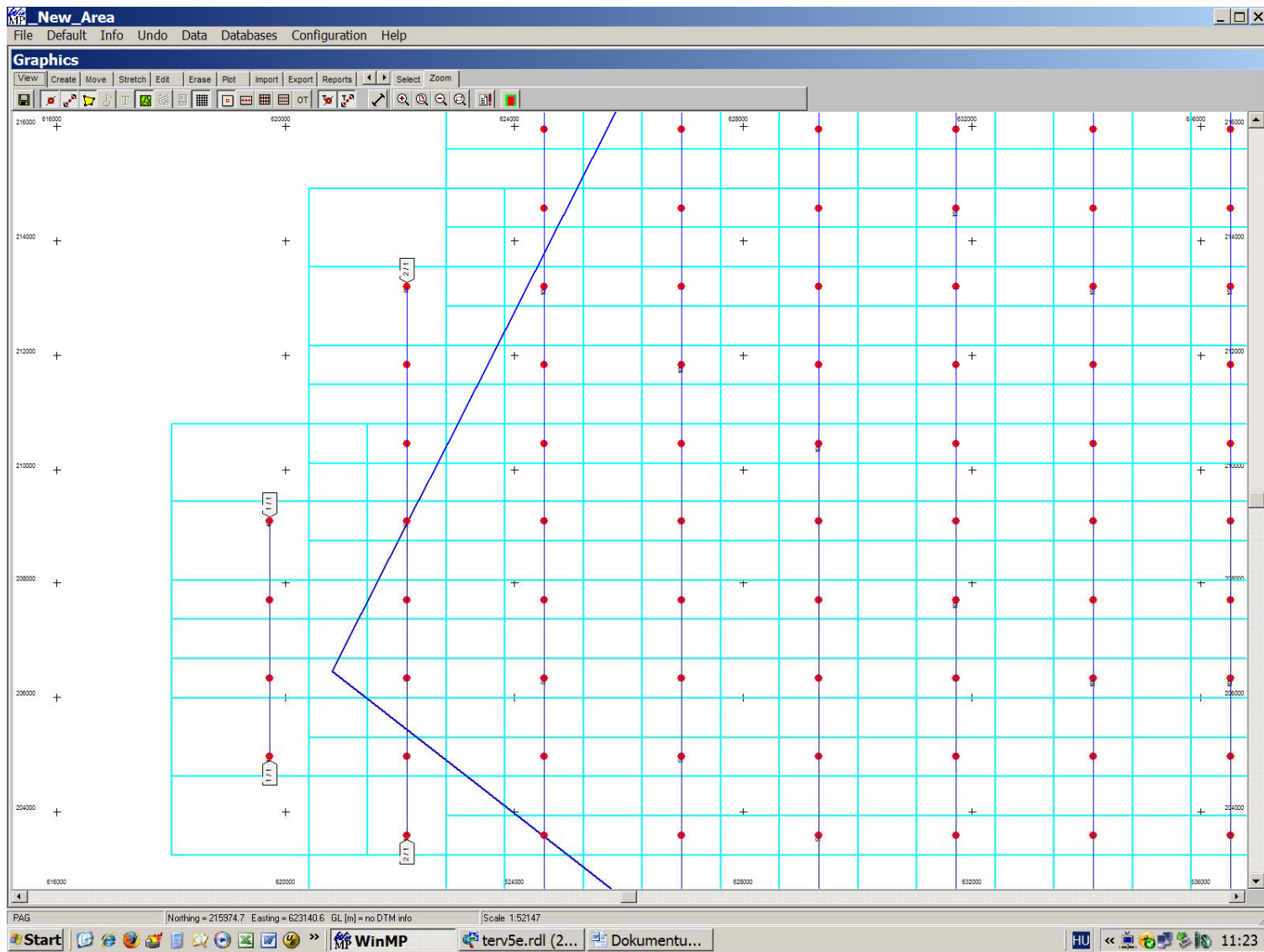
Lehetett volna észak-déli irányú is, de a pilóta szerint így sokkal gazdaságosabb és a fényviszonyok is kedvezőbbek.



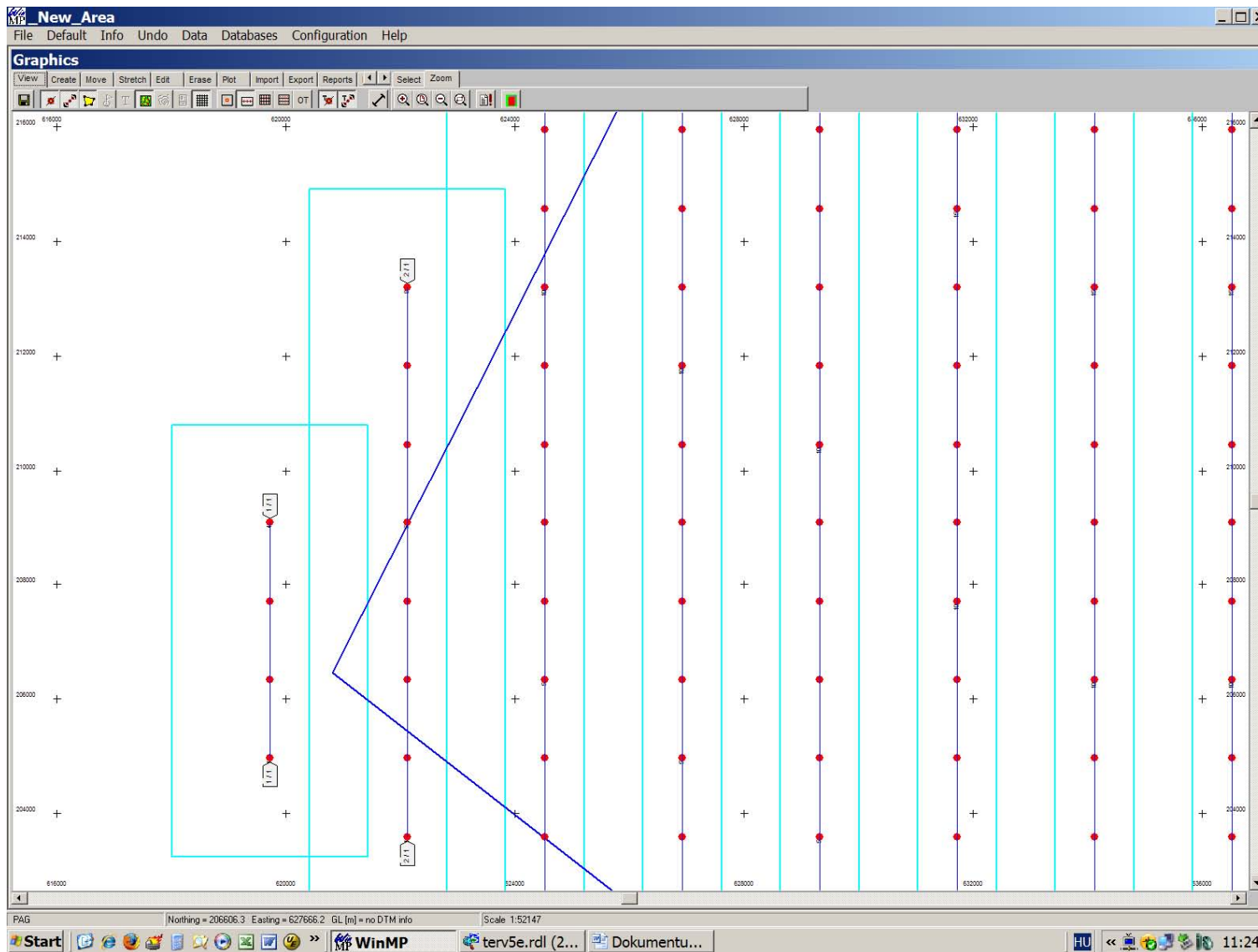
A raszteres térkép a
terv alá helyezhető
és így a pilóta látja,
hogy a repülési
útvonalai milyen
terület felett vannak.



A Kft által alkalmazott másik segédprogram a WinMP, amellyel az expozíciós helyekre egy szabályos rácshálózatot lehet feszíteni (cián vonalak), a felmérni kívánt területre (kék poligon). Meg lehet jeleníteni az expozíciók helyét is (piros pontok). A program automatikusan számozza a oszlopokat is, melyek a repülés útját jelölik.

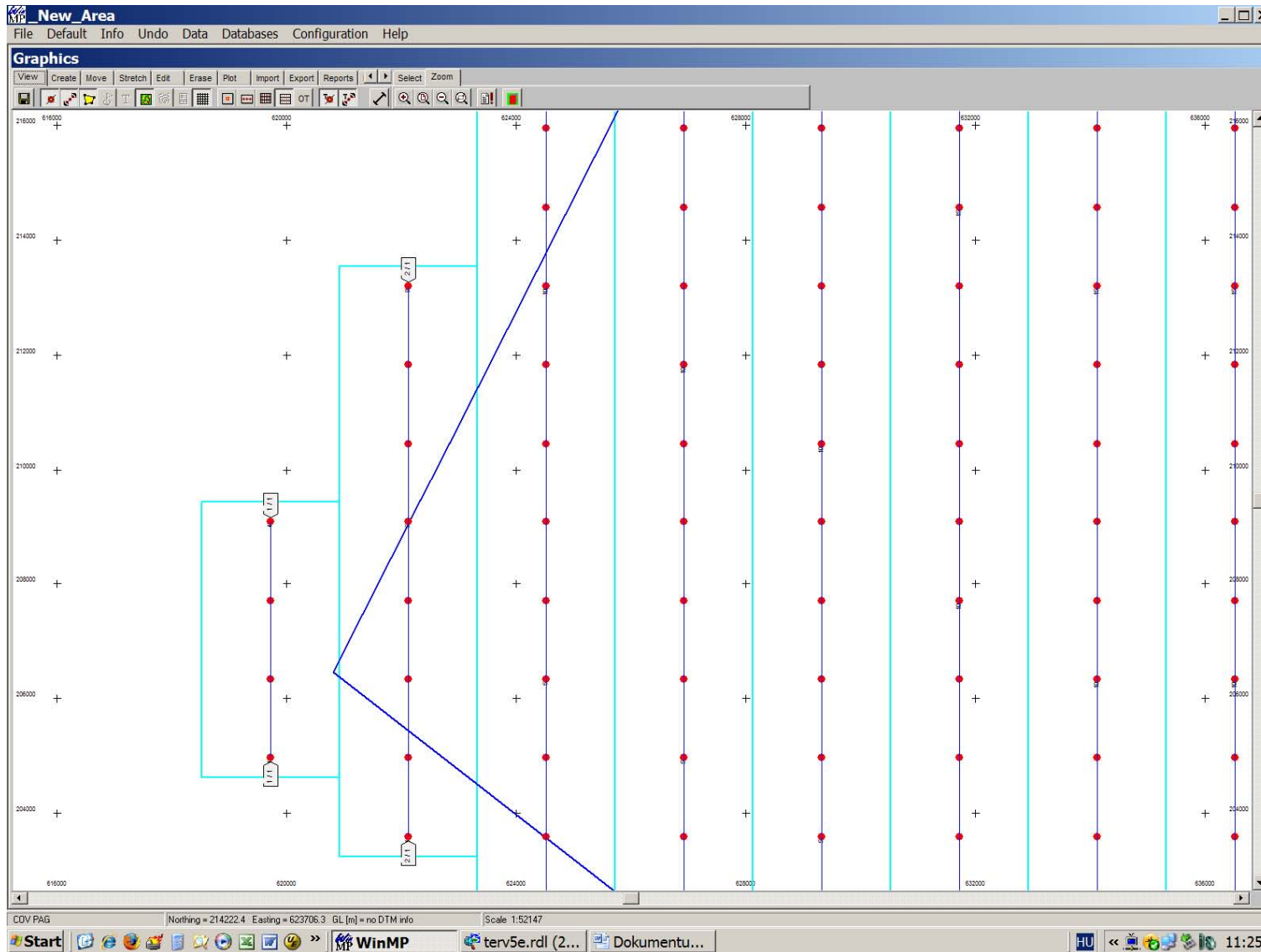


A repülési terv itt a soron belüli „hármas” átfedések tervét mutatja.

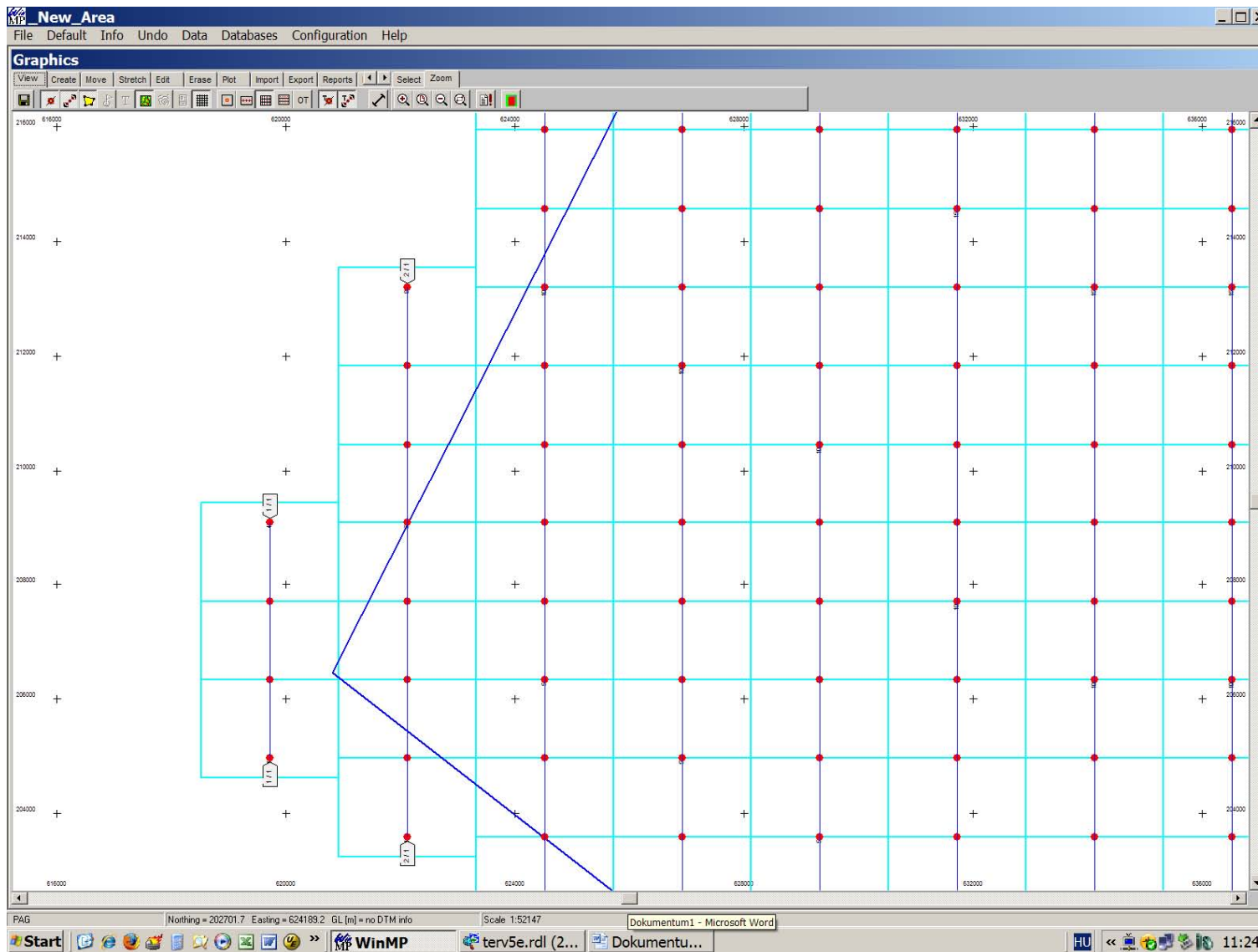


A repülési terv itt a sorok közötti átfedések tervét mutatja.

A képernyőn grafikusan is ellenőrizhető a terv számításainak helyessége is.



Az ábra a repülendő sorokat, az expozíciók helyét és a felvételek hasznos fedését mutatja.



Az ábra ezen a képernyőképen nemcsak a repülő sorokat, az expozíciók helyét és a felvételek hasznos fedését mutatja, hanem azt is szemlélteti, hogy meg lehet tervezni, hogy az expozíciók egy szabályos rácshálót alkossanak.

Microsoft Excel - fed napló autópálya II. (32-54)1

Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó

Kérdése van? Írja be ide.

H24 E

J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
5			fotótechnikus:																				
6			felsz.:																				
7			lesz.:																				
8			össz.:																				
9			munkaszám:	28921																			
10			terület neve:	autópálya II (32-54)																			
11			NKH eng.sz.:	LF1736/1/2008																			
12			GEOSZ eng.sz.:	286/56/2008																			
13			határsáv eng.sz.:	-																			
14			méretarány:	1 : 3000																			
15			fordulóidő:	3 perc																			
16			fotosebesség	180 km/h																			
17			fotóidő:	1 óra 41 perc																			
18			f:	152,99 mm																			
19			c:	60 %																			
20			Habs.:	600 m																			
21			Hrel.:	459 m																			
22			s:	96,4 km																			
23			sor:	23 db																			
24			kép:	374 db			db (IG)																
25			Bx:	274 m																			
26			By:	- m																			
27	kész	megjegyzés																					

Kész oldal

Start útvon - Ma... 921 autopály... Microsoft E... 11:51

Fedélzeti napló

A fedélzeti naplót a TELECOPTER Kft pilótája a mai napig nagyon fontosnak tartja és minden alkalommal elkészíti.

A napló segítségével van abban, hogy megmutatja, hogy hányszor és milyen sebességgel kell fordulni, (fordulóidő) kb. mennyi időt vesz igénybe a tényleges „fotóidő”.

A fedélzeti napló adatai

- Hány %-os lesz a képek közti átfedés?
- Mekkora lesz az (H abs) abszolút magasság?
- Mekkora lesz (H rel) relatív magasság?
- Mekkora távolságot tesz meg repülőgép fényképezés közben?
- Hány sort kell fényképezni?
- Hány felvétel készül az adott repülés alatt?

A Séd patak repülési terve

IRODALOMJEGYZÉK

1. Szabóné dr. Szalánczi Erika, Kállai Attila: Bevezetés a fotogrammetriába, ZMNE egyetemi jegyzet, Budapest, 2004. (elektronikus jegyzet)
2. Ált/204 Katonai tereptan 1991.
3. Fister F., dr, Gerencsér M., Végső F.: Fotogrammetria I, Főiskolai jegyzet Székesfehérvár, 1990-.

Internetes források:

1. <http://www.muszeroldal.hu/assistance/ccd.pdf>
2. <http://www.aerial-survey-base.com/Album.html>
3. http://gisfigyelo.geocentrum.hu/kisokos/kisokos_inercialis_navigacios_rendszer.html
4. <http://www.otk.hu/cd19xx/1999/szek5/szabogyorgy.htm>
5. <http://www.fomi.hu/honlap/magyar/szaklap/2001/07/4.htm>
6. http://www.flugzeuginfo.net/acimages/cessna402b_ondrejsmrka.jpg
7. http://www.leica-geosystems.com/en/Leica-RC30_57632.htm
8. <http://www.telecopter.hu/>
http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:v5nlju4HDHcJ:www.ental.hu/old/data/attachments/file/2009031194132.pdf+digit%C3%A1lis+k%C3%A9pek+tulajdons%C3%A1gai&hl=hu&gl=hu&pid=bl&srcid=ADGEEShexGpK_K-INGwfEjsclwP3VQDvkyTwOEU9g3wJPh-uY7Jj_YJLHTS7CTI6WrJU3FDm_-MytgrXs9LKTTTMZKmcOVXIbLXdpD5PIgHhVBIBbzf84cPkuUXia34tes1wFNnuoo&sig=AHIEtbRanz24NkqjasxPh-jh2lqeYhhRoA
9. <http://www.skyairphoto.com/images/rc20/lenseConeWFilter.jpg>
10. <http://www.applanix.com/>
11. <http://www.telecopter.hu/referencia/index.php>

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm témavezetőimnek, Szabóné dr. Szalánczi Erikának, aki áldozatos munkájával segített és mindig elérhető volt, és Dr. Klinghammer Istvánnak a hasznos szakmai tanácsait.