

Geodéziai mérések korszerű feldolgozása a mindennapi gyakorlatban

Gyenes Róbert – Kulcsár Attila

NYME GEO, Geodézia Tanszék-NYME GEO, Térinformatika Tanszék

1. Bevezetés

Karunkon hallgatóink a képzés során különböző adatfeldolgozási módszereket ismernek meg. A geodéziai mérések feldolgozásával kapcsolatos alapismeretek oktatása a 3. félév végére befejeződik, a 4. félévtől kezdve a további tárgyakban oktatott módszerek építenek a korábbi félévek során tanultakra. A terepgyakorlatok során a tömegesen végrehajtott mérési feladatokhoz hallgatóink csak mérőállomásokot használnak. Mindig igyekszünk hangsúlyt fektetni arra, hogy a hallgatók széleskörűen megismerhessék a korszerű geodéziai műszereket, ezért több gyártó cég (Geodimeter, Leica, Sokkia, Topcon) különböző típusú műszerei állnak a hallgatók rendelkezésére. A terepgyakorlatokon az adatfeldolgozások során mindig szembe kellett néznünk azzal a problémával, hogy különböző formátumú mérési jegyzőkönyv állományok álltak rendelkezésre, amelyekhez más és más konvertáló vagy formátumszerkesztő programokat kellett használnunk. Ezenkívül az elméleti órákon oktatott újabb és korszerűbb feldolgozási módszereket a rendelkezésre álló szoftvereink nem ismerték, vagy azok a számítástechnikai fejlődések következtében napjainkra elavultakká váltak. A gyakorlati igények ezenkívül megkövetelik a feldolgozás minél teljesebb automatizáltságát, a számítások során felmerülő lehető legkevesebb felhasználói beavatkozást.

A felsorolt okok vezettek el odáig, hogy az elmúlt év folyamán olyan feldolgozó szoftvert fejlesztettünk ki, amely segíti megoldani a felsorolt problémákat és mind tudományos, mind gyakorlati igényű feladatok végrehajtására is megfelelően alkalmazható. Az elkészült program a *GeoCalc* nevet kapta, amely az 1991 óta forgalomban lévő korábbi verziók továbbfejlesztett változata.

2. GeoCalc programok

A mérőállomásokkal végzett mérések feldolgozására két programot fejlesztettünk ki [1]. A **GeoCalc-AR** program a mérési eredmények **előzetes feldolgozására** szolgál. A program képes kezelni a különböző adatrögzítő formátumokat és ezeket a többi *GeoCalc* program formátumába konvertálni. A **GeoCalc-ADJ** program a **koordináta- és magasságszámítási** feladatok végrehajtására szolgál. A program minden 32 bites *Windows* operációs rendszeren fut – különösebb speciális erőforrás igénye nélkül – és tartalmaz egy hatékony SQL adatbázis motort is az adatok kezeléséhez. A programhoz tartozó help nemcsak a program használatára vonatkozó utasításokat tartalmazza, de tartalmaz szükség esetén az egyes feladatokhoz kapcsolódó elméleti ismereteket is, valamint két teljes mintafeladatot. A két mintafeladat lépésről lépésre tartalmazza a megoldás menetét olyan esetekre is, ha esetlegesen a hálózatban durva hibával terhelt mérési eredmények keresésére is szükség lenne.

2.1 GeoCalc-AR

A program képes a felmérési munkák során általában használt adatrögzítők adatait feldolgozni. Az adatrögzítőkből kiolvasott adatok közül az alábbiakat ismeri fel:

- Pontszám (álláspont, irányzott pont)
- Vízzintes szög
- Magassági szög
- Ferde távolság
- Vízzintes távolság
- Magasságkülönbség
- Jelmagasság
- Műszermagasság
- Pont jellege

Az adatrögzítőknél a tároláshoz a gyári beállításokat kell használni, de egyes esetekben lehet ettől eltérés. Az adatrögzítőből nyert mérési adatok beolvasásához ki kell választani a megfelelő adatrögzítő típusát, ezt követően a megfelelő jegyzőkönyv állományt, amit egy új, vagy egy már használt munkaterülethez lehet hozzáfűzni. Ebből következik, hogy akár különböző típusú adatrögzítővel mért adatokat is össze lehet kapcsolni.

A program tartalmaz egy saját adatformátumot is, amelybe a számítási feladatok megkezdése előtt ajánlatos a különböző műszerekkel végrehajtott méréseket konvertálni és elmenteni. Ezenkívül a program lehetőséget biztosít manuális adatbevitelre is.

A program által ismert adatrögzítő típusok és formátumok a következők:

- GeoCalc-AR
- Geodimeter UDS
- GeoProfi MJK
- Sokkia SDR Alfanumerikus
- Sokkia SDR31/33
- Leica GSI-8
- Leica GSI-16
- Leica TC-600
- Leica TPS-1000
- Topcon

A program az egyes adatrögzítőkhöz adott gyári adatkiolvasó szoftverek segítségével kiolvasott szöveges adatformátumokat ismeri fel.

A GeoCalc-ADJ modul a mérési eredmények feldolgozásánál a vízszintes/vetületi távolságokkal és magasságkülönbségekkel számol. A programmal a Magyarországon használt főbb vetületi rendszerek (EOV,HER,HKR,HDR,Sztereografikus vetület) szerinti vetületi redukciók számítását el lehet végezni. Ehhez meg kell adni az átlagos Y és X koordinátákat, az alapfelületi redukcióhoz az átlagos tengerszint feletti magasság értékét akár manuálisan, akár egy koordináta állományból. Az utóbbi esetben a program a koordináta állomány beolvasása után automatikusan kiszámolja a koordináták és a magasságok átlagát.

A program tartalmaz egy koordinátakezelő részt, amelynek segítségével hatékonyan tudjuk a szükséges koordinátákat leválogatni az SQL szabvány alapján, illetve exportálni azokat a beállításoknak megfelelő szöveges vagy AutoCAD DXF formátumba.

2.1 GeoCalc-ADJ

A GeoCalc-ADJ program vízszintes hálózatok és trigonometriai magasságméréssel mért magassági hálózatok kiegyenlítésére, valamint a részletmérések feldolgozására alkalmas program. Mind a vízszintes, mind a magassági mérések kiegyenlítésekor statisztikai számítások készülnek, ezáltal lehetővé válik a kiegyenlítés eredményeként kapott javítások matematikai statisztikai alapokon történő vizsgálata is. A számításokhoz különböző hibahatárok és számítási élességek adhatók meg az egyes feladatok igényeinek megfelelően. A hálózatkiegyenlítés elvégezhető mind beillesztett, mind önálló hálózat esetén. Vízszintes hálózatok esetében az összes defektusú típusra elvégezhető a feldolgozás. Önálló hálózatok esetén a kiegyenlítés befejeztével lehetőségünk van a hálózati dátum (a hálózat elhelyezésének és tájékozásának) felvételére síkbeli egybevágósági transzformáció alkalmazásával. A hálózat kiegyenlítéseket megelőző előzetes koordináták és magasságok számítása automatikusan történik, de a számítás eredményei különböző szöveges állományokban megtalálhatók. Ezek a következők:

- előzetes koordináták számítási jegyzőkönyve,
- vízszintes hálózatkiegyenlítés számítási jegyzőkönyve,
- trigonometriai magasságmérések kiegyenlítésének számítási jegyzőkönyve,
- részletmérés számítási jegyzőkönyve,
- trigonometriai magassági vonalak számítási jegyzőkönyve (informális),
- végleges koordináta jegyzék készítése.

A nyomtatási feladatokhoz különböző szövegszerkesztő programok rendelhetők, melyek beállíthatók és el is menthetők.

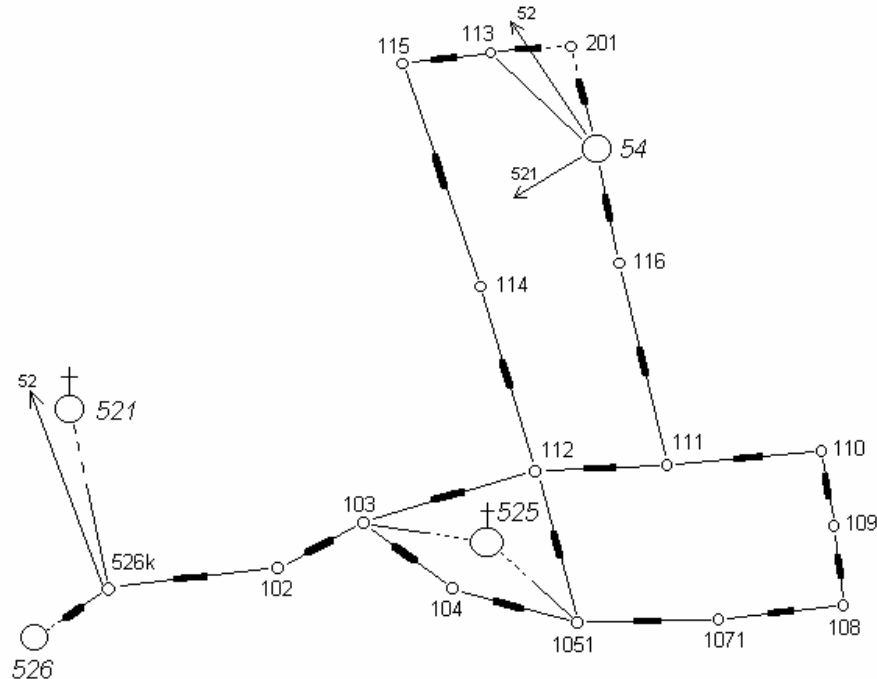
A magasságszámítás elvégzéséhez nem szükséges a vízszintes hálózat pontjainak a koordinátáit kiszámolni, hiszen elméletileg a koordináta- és a magasságszámítás egymástól függetlenül is elvégezhető. Viszont a magaspontok magasságának meghatározásakor a magasságkülönbség számításához szükséges távolságot koordinátákból kell számítani, így ezekben az esetekben legalább az előzetes koordináták számítását el kell végezni. Más lehetőség erre automatizáltan nem lehetséges.

A számítások logikai menete a következő:

- Munkaállomány megadása (új létrehozása, meglévő választása)
- Koordináta jegyzék hozzárendelése munkaterülethez
- Mérési eredmények előzetes feldolgozása (jegyzőkönyv állományok beolvasása, konvertálása, redukciók számítása)
- Kiegyenlítés előtti hálózati jellemzők megadása (középhibák megadása, súlyok felvétele, hibahatárok)
- Előzetes koordináták számítása
- Vízszintes hálózat kiegyenlítése
- Trigonometriai magasságmérések kiegyenlítése
- Részletmérés számítása
- Koordináta állományok összeállítása, nyomtatott formátumú koordináta jegyzék készítése

3. A program használata

A programmal végrehajtott feldolgozás fő lépéseinek áttekintésére nézzünk végig egy példát. Az 1. ábrán látható felmérési hálózat 5 ismert és 16 meghatározandó pontból áll. A hálózat mérésére Székesfehérvár belterületén került sor. Az ismert pontok az 52, 54, 521, 525 és 526-os számú pontok. Az 52, az 525 és az 521-es tornyokra a magasságszámítás szempontjából nincsen szükségünk. Az 526k jelű pont tulajdonképpen klasszikus értelemben egy **külpontos álláspont**nak fogható fel, de ennek a ténynek együttes **hálózatkiegyenlítés**kor **nincsen jelentősége**, hiszen ezen a ponton végzett **méréseket nem központosítjuk**. Ennek ellenére ideiglenes pontszámként a klasszikus jelölést alkalmaztuk. A 201-es pont nem volt álláspont.



1.ábra

Az új munkaterület megadását követően beolvassuk az adott pontok koordináta állományát. A példánkban ez egy ITR-rel létrehozott szöveges állomány volt. Ezt követően beolvassuk a mérési jegyzőkönyv állományt, majd a beolvasott koordináták alapján elvégezzük a vetületi távolságok és a magasságkülönbségek számítását (2.ábra).

#	Psz	H _z	Z _i	T _f	T _v	T _{vet}	dM	M _j	M _m	Pkód	AP kód
1	110								1.54	szeg	1
2	109	214.0716	90.0305	116.126		116.1159	-0.1932	1.630		szeg	2
3	111	303.3447	90.4554	157.877		157.8492	-2.1762	1.610		csap	3
4	111								1.58	csap	4
5	110	0.0001	89.1247	157.877		157.8484	2.1800	1.570		szeg	5
6	112	181.2812	90.1242	133.424		133.4115	-0.5717	1.660		csap	6
7	116	271.4214	90.0950	173.474		173.4582	-0.5742	1.660		csap	7
8	112								1.63	csap	8
9	111	45.0001	89.4553	133.423		133.4103	0.5691	1.610		csap	9
10	1051	130.3107	89.4311					1.590		szeg	10
11	103	229.2126	90.0318	127.535		127.5239	-0.0513	1.560		szeg	11
12	114	314.4542	90.0428	183.478		183.4619	-0.2461	1.640		csap	12
13	114								1.64	csap	13
14	115	45.0002	90.0535	152.401		152.3875	-0.1559	1.550		csap	14
15	112	225.0255	89.5453	183.479		183.4628	0.2554	1.660		csap	15
16	115								1.51	csap	16
17	113	45.0000	89.4135	69.119		69.1120	0.3106	1.570		szeg	17

2.ábra

Megadjuk a hálózat számításához szükséges paramétereket. Ezek a paraméterek a kiegyenlítés előtti középhibák értékei, a súlyok felvételének a módja, a hibahatár, a durva hibák szűréséhez a statisztikai próba valószínűségi szintje, valamint a nyomtatási feladatok során az egyes adatok számítási élessége (3. ábra).

GeoCalc - ADJ

Munkaterület / Beállítások | Előzetes számítások | Kiegyenlítés | Magassági kiegyenlítés | Részletpontok

GeoCalc-AR adatrögzítő

Munkaterület: C:\GeoCalc\Munkak
Munkaállomány neve: minta
Mérés: Mérési jegyzőkönyv

ADJ állomány: C:\GeoCalc\Munkak\minta.ADB

Beállítások

Külső szerkesztő: wordpad.exe | GeoCalc-AR: C:\GeoCalc\gcar.exe

Kiegyenlítés előtti középhibák

Iránymérés: 10 " | Iránymérés súlya: Távolsággal arányos

Táv-mérés: 5 mm + 2 mm/km | Távolságtól függő

Átlagos távolság: 150 m | Távolságtól független

Statisztikai próba valószínűségi szintje P = 99 %

Hibahatár: IV. rendű, V. rendű, Nincs

Számítás élessége

Koordináta: cm, mm, 0.1 mm

Irány: másodperc, 0.1 másodperc

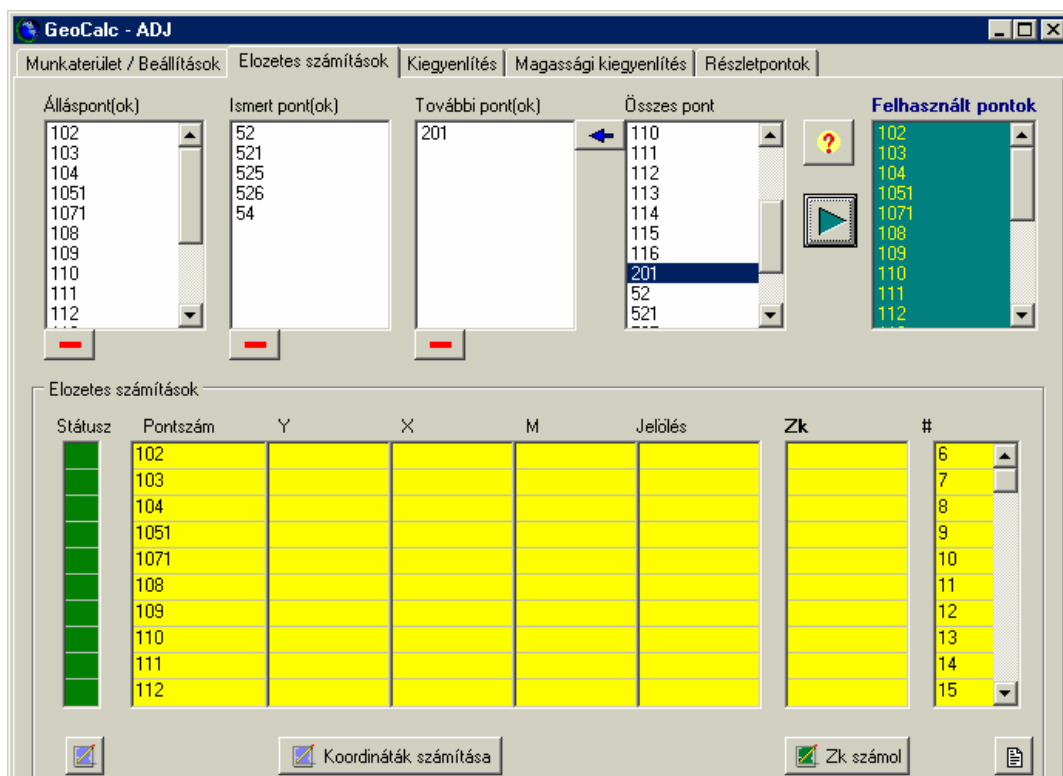
Távolság: mm, 0.1 mm

Beállítások | Vége

3.ábra

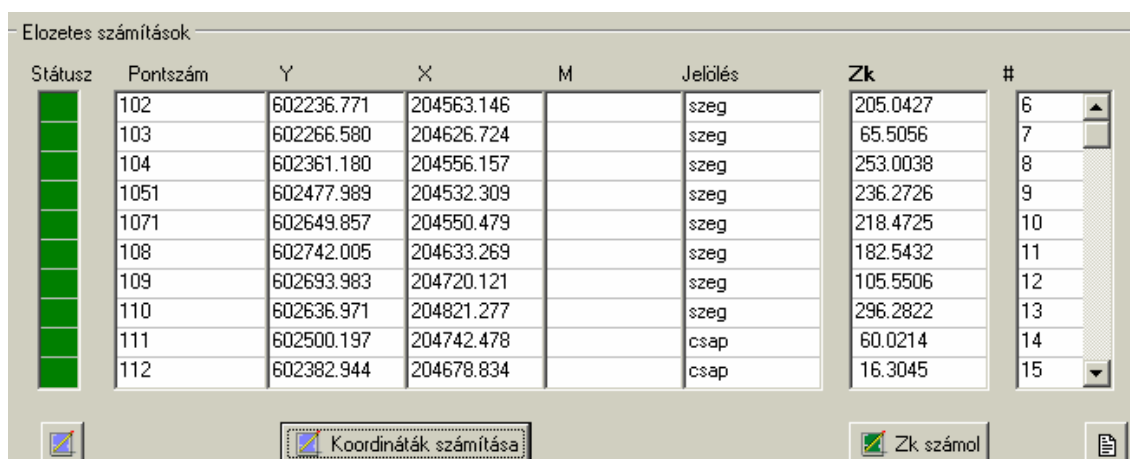
Ezt követően összeállítjuk a számítandó hálózatunkat, azaz, hogy mely pontokat akarunk a vízszintes és magassági mérések során a feldolgozásba bevonni. Itt kell elvégezni azoknak a pontoknak a kiválogatását is, amelyeket a kiegyenlítésekbe be akarunk vonni, de azok nem voltak sem álláspontok, sem ismert pontok. A példánkban ilyen pont a 201-es számú pont. Ezeket a kijelöléseket manuálisan kell elvégeznünk, de ezen pontok száma egy hálózatban

rendkívül kevés. Felmérési hálózatok mérésekor általában magaspontok vagy kisalappontok esetén lehet erre szükség, mérnökgeodéziai mozgásvizsgálati feladatok során azonban tömegesen is előfordulhatnak ilyen pontok (4.ábra).



4.ábra

Ezt követően elvégezzük a pontok előzetes koordinátáinak a számítását, amely automatikusan egyetlen gombnyomásra történik (5.ábra), majd a hálózat kiegyenlítését (6.ábra).



5.ábra

GeoCalc - ADJ

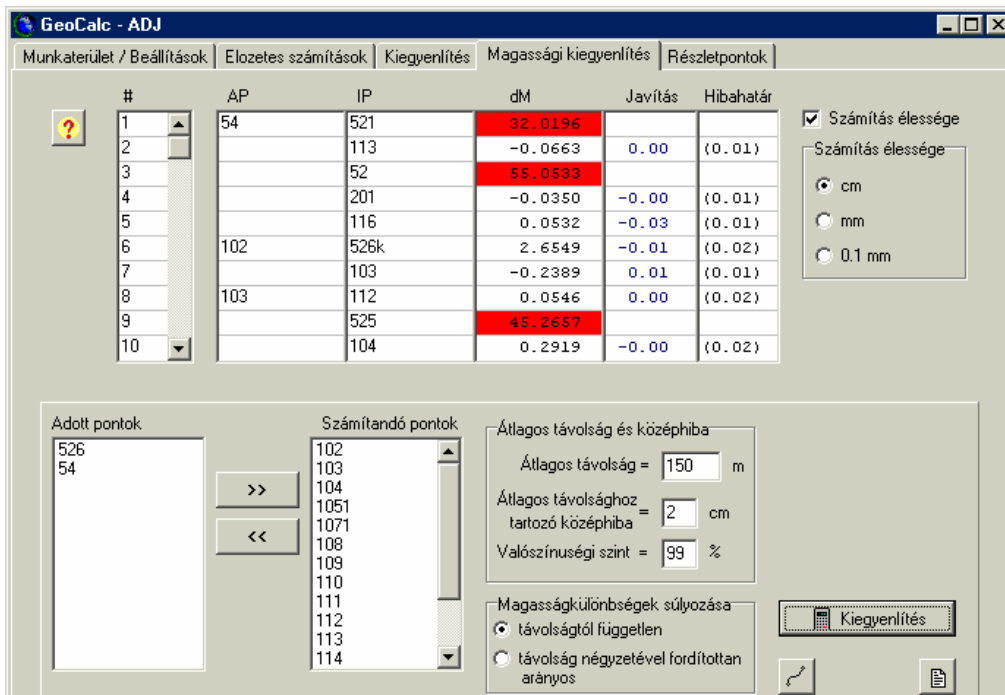
Munkaterület / Beállítások | Elozetes számítások | Kiegyenlítés | Magassági kiegyenlítés | Részletpontok

AP	IP	Hz	Tvet	#	Iránymérés			Táv mérés		
					Javítás	Hibahat.	Stat.	Javítás	Hibahat.	Stat.
54	521	45.0001		1	0	(32)	0.07			
	113	102.1739	99.788	2	-7	(63)	-0.80	-1	(32)	-0.16
	52	107.3842		3	-1	(26)	-0.32			
	201	144.4019	70.034	4	5	(76)	0.62	0	(26)	0.01
	116	324.3909	89.766	5	9	(67)	0.99	2	(30)	0.43
102	526k	45.0042	123.590	6	-2	(57)	-0.36	-6	(35)	-1.48
	103	180.0243	70.219	7	3	(75)	0.36	-5	(26)	-1.30
103	112	0.0142	127.523	8	-16	(56)	-2.02	-1	(36)	-0.28
	525	33.4632		9	29	(61)	3.40			
	104	60.5220	118.021	10	-6	(58)	-0.71	1	(34)	0.38
	102	139.1816	70.218	11	-6	(75)	-0.88	-4	(26)	-1.03
104	103	53.4238	118.022	12	4	(58)	0.85	0	(34)	0.12
	1051	208.3144	119.218	13	-4	(58)	-0.85	-0	(35)	-0.02
108	1071	45.0912	123.878	14	-1	(57)	-0.25	0	(35)	0.13
	109	148.0907	99.244	15	2	(63)	0.25	0	(32)	0.07
109	108	45.0833	99.245	16	5	(63)	0.90	-1	(32)	-0.21
	110	224.4032	116.116	17	-4	(59)	-0.90	-0	(34)	-0.07

Kiegyenlítés Hálózati dátum

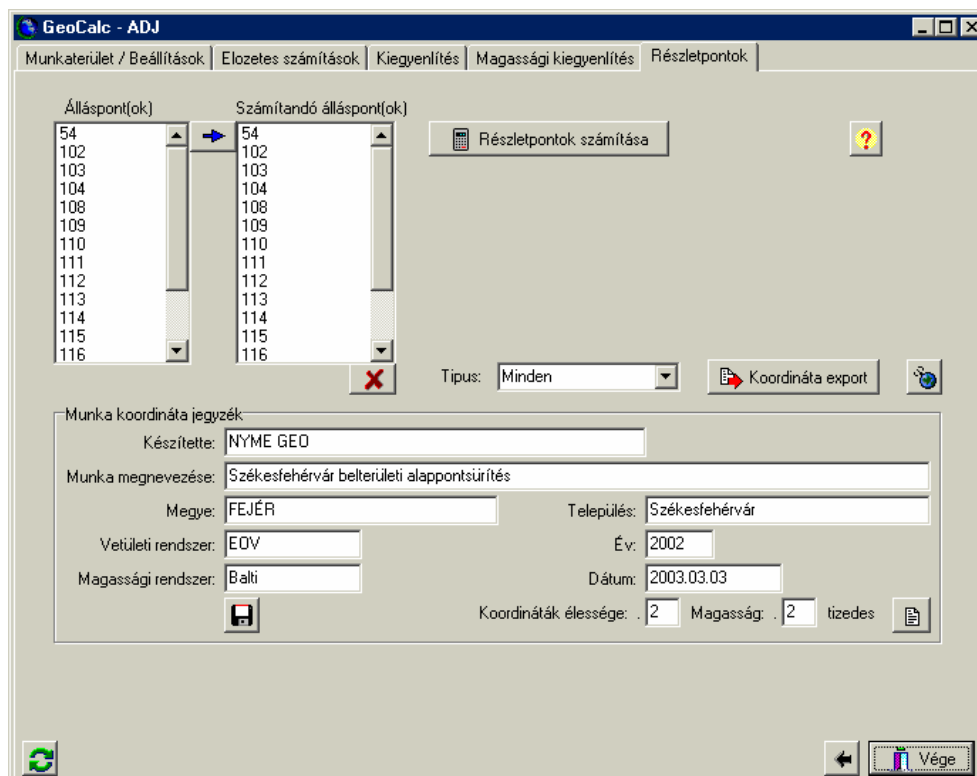
6.ábra

A vízszintes hálózat kiegyenlítése után következik a magasságszámítás végrehajtása. Ha ezt a feladat nem igényli, akkor a részletmérés feldolgozása. A magasságszámítások végrehajtásához a program automatikusan azokat a magasságkülönbségeket kínálja fel, amelyek mért távolságokból lettek számítva. De egy hálózatszerű mérés során elképzelhető, hogy a távolságok nem lettek „oda-vissza” mérve, de magassági értelemben az irányzást mégis helyesen végeztük. Az is előfordulhat, hogy egy magaspontra magasságát akarjuk meghatározni, amelyre értelemszerűen távolságot nem tudunk mérni. Ezekben az esetekben a magasságkülönbség számításához a távolságot koordinátákból kell számítanunk. A program esetében mindössze csak annyit kell tennünk, hogy a piros háttérűvel rendelkező magasságkülönbségre rákattintunk, jelezve, hogy ezt a **nem közvetlenül mért ferde távolságból számított magasságkülönbséget** a magasságszámításokba be akarjuk vonni. Ekkor ennek háttérfehér színűre változik. A 7. ábrán ilyen pl. az 54-521 magasságkülönbség. De mivel erre a magasságkülönbségre nincsen szükségünk, ezért ezt a példánkban változatlanul hagytuk. A felkínált, illetve az említetteknek megfelelően bevont további magasságkülönbségek elfogadása után megadjuk a magassági kiegyenlítéshez szükséges paramétereket, majd elvégezzük a kiegyenlítést (7.ábra).



7.ábra

A részletmérés számításának elvégzéséhez most már rendelkezésre állnak az alappontok koordinátái, magassági értelmű feldolgozáshoz azok magasságai. A 8. ábrán látható munkalapon ezt követően elvégezzük a részletmérés feldolgozását és elkészítjük a megfelelő koordináta állományokat és egy nyomtatott formátumú koordináta jegyzéket.



8.ábra

4. Összefoglalás

A leírtak összefoglalásaképpen úgy véljük, hogy sikerült olyan programokat készítenünk, amelyek készítése során figyelembe vettünk szélesebb körű gyakorlati és elméleti alkalmazási szempontokat is. Az előadás terjedelme nem tette lehetővé, de megemlíthetjük, hogy szintézissel mért magassági hálózatok feldolgozására is fejlesztettünk ki programot. Az elkészített programokat folyamatosan fejlesztjük, további információkat ezzel kapcsolatban a **GeoCalc** honlapról (<http://www.geocalc.hu>) lehet letölteni. Az itt ismertetett programok hivatalosan a GisOpen 2003 konferencián kerülnek forgalomba.

Irodalomjegyzék

- [1]. Gyenes Róbert-Kulcsár Attila: Geodéziai mérések feldolgozását támogató programok fejlesztése a GEO-ban, Budapest, Geodézia és Kartográfia, 2003/1. 35-39.old.
- [2]. GeoCalc honlap (<http://www.geocalc.hu>)

Summary

Up-to-date data processing methods of geodetic measurements in daily practice

R. Gyenes – A. Kulcsár

College of Geoinformatics, University of West Hungary

In our lecture we presented software for processing of geodetic measurements. This software has been developed in the College of Geoinformatics, University of West Hungary. The Geocalc-ADJ software can be used for the calculation of horizontal and trigonometric height measurements. In addition to the calculation of control points it can also be used for processing detailed surveying. We can string together different measuring files but there is the possibility of manual data input, too. The different measuring files have to be converted into its own database. The coordinates and heights of the fixed points may be imported from coordinate files or entered manually.

Logfiles may be made of the result of calculations. The coarse errors can be detected with statistical tests. The software automatically recognizes the type of network. The calculation of preliminary coordinates and heights is fully automated but the result of these calculations can be found in different text files. The calculation of coordinate is to be accomplished before height calculation. In principle, the coordinates and heights can be determined independently of each other, but the distance to the height difference calculation can be obtained in the case of remote points only from coordinates. This is the very task that may not be automated so the selection of these height differences is made manually. Different limits of residuals may be chosen depending on the requirements of the task.

The course of processing is the following:

- create a new project or open an existing project,
- add coordinate list to the project,
- preliminary processing of geodetic measurements; string together measuring files, conversion,
- calculation of distance reduction,
- setting of parameters of the network,
- calculation of preliminary coordinates,
- adjustment of horizontal network,
- adjustments of trigonometric height measurements,
- calculation of detailed surveying,
- making of a coordinate list.