

Nyugat-magyarországi Egyetem
Geoinformatikai Kar

Pontmeghatározási technológiák összehasonlító vizsgálata szimulációs módszerrel

SZAKDOLGOZAT

Konzulens:
Dr. Bácsatyai László
Egyetemi tanár

Készítette:
Patkó Gergely András
Nappali tagozat
Fm./fr., Geoinformatika

Székesfehérvár
2012

NYILATKOZAT

Alulírott **Patkó Gergely András**(neptun kód: XXXXXXXXXX) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a Pontmeghatározási technológiák összehasonlító vizsgálata szimulációs módszerrelcímű

szakdolgozat

(a továbbiakban: dolgozat)**önálló munkám**, a dolgozat készítése során betartottam *a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv.szabályait*, valamint az egyetem által előírt, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében¹.

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozat készítése során az önálló munka kitétel tekintetében a konzulenszt illetve a feladatot kiadó oktatót **nem tévesztettem meg.**

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot **nem magam készítettem**, vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Nyugat-Magyarországi Egyetem **megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat.**

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Székesfehérvár, 2012.11.26.

.....
Hallgató

1. ¹**1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1)** A mű részletét - az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven - a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti.

2. **36. § (1)** Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára - a cél által indokolt terjedelemben - szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást - a szerző nevével együtt - fel kell tüntetni, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.

Tartalomjegyzék

Bevezetés	3
1. Digitális állományok	5
1.1. Rajzi állományok.....	5
1.2. Excel állományok	5
1.2.1. FOK függvény.....	6
1.2.2. INT függvény	6
1.2.3. KERÉKÍTÉS függvény	6
1.2.4. Szöghiírás fok rendszerben.....	7
1.2.5. HA függvény	7
1.2.6. Irányszög-számítás	7
1.2.7. RANDBETWEEN függvény.....	8
1.2.8. VÉL függvény	9
2. Hálózat létesítése.....	10
3. Fiktív mérések.....	13
3.1. Fiktív mérések létrehozása	13
3.2. Véletlen hibákkal terhelt mérési eredmények létrehozása.....	14
4. Excel-állományom munkalapjai	16
4.1. Poláris munkalap	16
4.1.1. Tájékozás.....	16
4.2. Sokszögvonala-számítás munkalapja	17
4.3. Mért sokszögvonala munkalapja	20
4.4. Pontkapcsolások munkalapjai.....	21
4.5. Nyomatási munkalapok.....	21
4.6. Kiegyenlítési munkalap	21
4.7. Összesítő munkalap.....	22
5. Kiegyenlítések	23
5.1. Kiegyenlítés szoftverei.....	23
5.2. Kiegyenlítés GeoCalc-kal.....	23
5.3. Kiegyenlítés GeoEasy-vel.....	26

6.	F-próba	28
6.1.	<i>GeoCalc kiegyenlítése alapján történő F-próba</i>	<i>28</i>
6.2.	<i>GeoEasy kiegyenlítés alapján történő F-próba.....</i>	<i>29</i>
6.3.	<i>F-próba összefoglalása</i>	<i>30</i>
7.	Terepi mérés.....	31
8.	Eredmények és Vizsgálatuk	33
8.1.	<i>Eltérés táblázatok.....</i>	<i>33</i>
8.2.	<i>Pontmeghatározási módszerek megbízhatóságának összehasonlítása.....</i>	<i>37</i>
8.3.	<i>Eredmények összegzése</i>	<i>43</i>
9.	Eredmények hasznosítása	45
9.1.	<i>Szabályos hibák.....</i>	<i>46</i>
9.1.1.	<i>Keresés F-próbával.....</i>	<i>46</i>
9.1.2.	<i>Keresés folytatása manuálisan.....</i>	<i>48</i>
9.2.	<i>Szabályos hibákkal terhelt eredmények összegzése.....</i>	<i>49</i>
10.	Alkalmazhatóság lehetőségei	50
	Köszönetnyilvánítás	52
	Irodalomjegyzék.....	53

Bevezetés

Szakdolgozatom céljának azt a feladatot választottam ki, hogy valamilyen módon összehasonlítsam megbízhatóságuk, pontosságuk alapján a különböző pontmeghatározási módszereket. Tehát azt szerettem volna kideríteni, hogy a Geodézia tantárgy során megtanult, majd a későbbiekben sokszor alkalmazott pontmeghatározási módszerek közül melyek a legmegbízhatóbbak és megbízhatóságuk szerint milyen sorrendbe állíthatók, valamint átlagosan mekkora különbségek vannak a megbízhatóságok között. Ehhez a célhoz – úgy döntöttem – a véletlen mérési hibákra alapuló szimulációs módszert alkalmazom. Azaz a vizsgálatomból kimaradtak a mérések szabályos hibái, mint például a refrakció, a félreirányzás vagy akár a rossz pontra állás.

A pontmeghatározási módszerek közül ki kellett hagynom a GNSS technológiát. Ennek oka kettős: Egyrészt nehéz a számítás lépéseit nem hagyományos GNSS feldolgozó szoftverrel elvégezni és mindezek előtt számítani a hibátlan méréseket és transzformálni (rontani) azokat. Másrészt szakdolgozatomban a vízszintes értelmű (2D) pontmeghatározási módszerek vizsgálatát tűztem ki célul, amibe a GNSS technológia térbeli (3D) pontmeghatározása nem fért volna bele.

Mindezek után az volt a kérdés, ezt a vizsgálatot, ezt a megbízhatósági sorba-rendezést a pontmeghatározási módszereknél hogyan tudom elvégezni mindenek előtt úgy, hogy nem vétek szabályos hibákat. Egy másik hasonlóan fontos kérdés a kezdeteknél az volt, hogyan lehet mindezeket a vizsgálatokat egy szakdolgozat időkeretén belül elvégezni. A feltett kérdésekre a válasz a szimulációs módszer, azon belül egy fiktív hálózat és fiktív mérések létrehozása lett.

„A fiktív mérési eredmények alkotásának célja mindenkor a számítás egyszerűsítése és ez által a munkaszükséglet csökkentése, vagyis a gazdaságosság.”
[Hazay, 1968.]

Tehát a pontmeghatározási módszerek megbízhatóságának, pontosságának vizsgálatára egy fiktív hálózatot hoztam létre. A fiktív hálózatnak minden pontja ismert volt négy tizedes jegy élesen. Ezek közül a pontok közül egyet – figyelve a pontok elhelyezkedésére – kiválasztottam és kijelöltem, mint a későbbi feladatok keresett, ismeretlen koordinátájú pontját.

A fiktív hálózatban lévő mérések létrehozásához a matematikai szimuláció módszerét használtam. Ennek a módszernek a segítségével a minden pontról minden pontra megalkotott hibátlan (oda-vissza) szögleolvasási értékeket és távolságokat egy előre kiválasztott szögmérési valamint távolságmérési megbízhatósági középhiba alapján véletlen hibával terheltem meg. Így végül minden pontról minden pontra, oda és vissza is kaptam hibával terhelt, „rontott” szögleolvasási értékeket és távolságokat. A hibák mértéke a matematikai szimulációs módszer segítségével a normális eloszlásra jellemző tulajdonságokkal rendelkezik.

A szakdolgozatom készítése során használtam az AutoCad, a Microsoft Office Word és Excel, a GeoCalc valamint a GeoEasy szoftvereket. A GeoEasy szoftver internetről letölthető (http://www.digikom.hu/szoftver/geo_easy.html), ingyenes demó verzióját használtam, míg a többi programot az egyetem székesfehérvári karán elérhető verzióban.

1. Digitális állományok

1.1. Rajzi állományok

Szakdolgozatom elkészítéséhez első lépésben az AutoCad nevű szoftvert használtam fel. A szoftverben új állományt hoztam létre, majd elhelyeztem a pontokat. (Részletek később a hálózat létesítésénél.) Ezek a pontok EOVS rendszerbeli fiktív, a valóságban nem megjelölt pontok, egy kivételével.

A szakdolgozat egy másik részeként három sokszögvonalat is felvettem, amelyeknek a sokszögpontjait szintén ebben a dwg állományban hoztam létre. (Részletek később a sokszögvonalak létesítésénél.) A sokszögvonalatokat is belerajzoltam az állományba egy másik layer-re (réteg).

1.2. Excel állományok

Miután a Microsoft Office Excel programban új munkaállományt hoztam létre (.xlsx), bemásoltam a dwg-állományból (rajzi, AutoCad-es állomány) minden pont számát és a koordinátáit. Ezek a pontszámok és koordináták majdnem minden munkalapon megtalálhatóak, mint alapadatok; néhol kiegészülve a megbízhatósági értékekkel.

A hálózat létesítése, a hálózaton belül a mérési eredmények létrehozása, transzformálása (azaz „rontása”), a különböző pontmeghatározási módszerek számítása, a terepi mérés eredményei és számítása valamint a nyomtatásra formázott állományok létrehozása mind itt, ebben a munkaállományban, ezeken a munkalapokon történt. Mindössze a hálózatkiegyenlítéseket készítettem más szoftverekkel, de még az adatbeviteli maszkot is itt készítettem el a kiegyenlítésekhez.

A következőkben felsorolok és bemutatok a Súgó információinak felhasználásával néhány fontosabb, a Microsoft Office Excel munkaállományomban általam alkalmazott függvényt:

1.2.1. FOK függvény

Feladata, hogy a radiánban adott szögértékeket fok értékre számítsa át. Erre azért volt szükségem, mert a Microsoft Office Excel radiánban számol, végig radiánba kellett dolgoznom. Ugyanakkor munkám során szerettem volna minden szögértéket hagyományos módon, fok rendszerben is megjeleníteni, amelyhez ennek a függvények az alkalmazása az első lépés.

1.2.2. INT függvény

Feladata, hogy a legkisebb egészre kerekítsen egy számot.

1.2.3. KERÉKÍTÉS függvény

Feladata, hogy adott számjegyre kerekítsen egy számot.

A függvény megjelenése a programban:

[KERÉKÍTÉS(„szám”;hány_számjegy)]

1.2.4. Szögkiírítás fok rendszerben

A szakdolgozatom számítása során mindenhol kiírtam a programmal, legalább egyszer minden szög értékét a radián mellett összetett fok formában, valamint külön fok, perc és másodperc formában. Ehhez az előző három függvényt használtam fel. Ez az alábbi formában jelenik meg a mezőkben (1.1. ábra és 1.2. ábra).

Eredeti radián érték	fok- perc-másodperc			Fok
„O6”	=INT(S6)	=INT((S6-P6)*60)	=KEREKÍTÉS(((S6-P6-(Q6/60))*3600);0)	=FOK(O6)

1.1. ábra Szögkiírítás fok-formátumban az Excel képleteimmel

	O	P	Q	R	S
1					
2					
3					
4					
5	δ(RAD)			δ(FOK-PERC-MP)	δ(tizedfok)
6	1.843188336	=INT(S6)	=INT((S6-P6)*60)	=KEREKÍTÉS(((S6-P6-(Q6/60))*3600);0)	=FOK(O6)

1.2. ábra Példa a fok-kiíratásra az Excel-állományomból

A nyomtatáshoz létrehozott munkalapokon már a Microsoft Office Excel egy másik különlegességét is használtam, amely a felső duplavesszővel (”) és az és-jellel (&) dolgozva ad ki olyan formátumú eredményt, amelyre szükségem van.

1.2.5. HA függvény

„A HA függvény más értéket ad vissza, ha a megadott feltétel kiértékelésének eredménye igaz, és másikat, ha hamis.”[Microsoft Office Excel Súgó] Ezzel a függvénnyel feltételes vizsgálatokat hajtottam végre értékeken és képleteken.

1.2.6. Irányszög-számítás

Tapasztalatom szerint az irányszög számítására mindenki – aki egy kicsit is ért a Microsoft Office Excel függvényeihez és kellett már benne több alkalommal irányszöget számítani – készít egy saját megoldást, egy saját függvény és megjelenés verziót. Az én megoldásomban a HA, az ARCTAN, az ABS és a RADIÁN függvények szerepelnek. A HA függvény működését a fentiekben fejtettem ki.

Röviden a többről:

- az ARCTAN függvény veszi egy radiánban vett szög értékének arctangensét;
- az ABS függvény veszi egy számérték abszolút értékét;
- a RADIÁN függvény veszi egy szög fok rendszerben vett értékét és radián értékre számolja át.

Szög negyed	Előjel		Írányszög
	$\angle Y$	$\angle X$	
I.	+	+	$\delta = \alpha$
II.	+	-	$\delta = 180^\circ - \alpha$
III.	-	-	$\delta = 180^\circ + \alpha$
IV.	-	+	$\delta = 360^\circ - \alpha$

[=HA(L6>0;HA(M6>0;ARCTAN(ABS(L6/M6)));RADIÁN(180)-ARCTAN(ABS(L6/M6)));HA(M6<0;RADIÁN(180)+ARCTAN(ABS(L6/M6)));RADIÁN(360)-ARCTAN(ABS(L6/M6)))]

1.3. ábra Írányszög-számítás táblázata és a hozzá tartozó függvénysorom

Az 1.3. ábra jobb oldalán látható függvénymegoldás egybeágyazott függvényekkel a baloldalon látható táblázat szerint négy csoportra osztja az irányszög számítását. Az ARCTAN és a HA függvényekből ennél a megoldásnál összetettebb függvénysort is készítettem a feladatra, amely nem csak ezt a 4 lehetőséget kezeli, hanem azt a helyzetet is, amikor a $\angle Y$ és/vagy $\angle X$ nullaértékűek. Ilyen eset a szakdolgozatomban azonban nem fordult elő, ezért alkalmaztam ezt a rövidebb megoldást. Természetesen eredményül ebből a megoldásból mindig radián értéket kaptam.

1.2.7. RANDBETWEEN függvény

Feladata előre megadott számok közé véletlen egész számot eredményül adni. Ezt a függvényt használtam az álláspontok z_k -értékeinél teljesen véletlen fok, perc és másodperc értékek létrehozására.

A függvény megjelenése a programban:

[RANDBETWEEN(alsó,felső)]

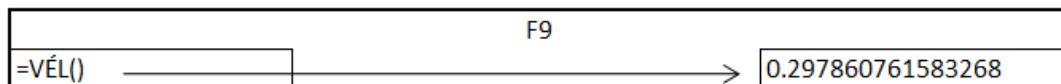
1.2.8. VÉL függvény

Egyenletes eloszlású 0 és 1 közötti véletlen számot ad eredményül.

A függvény megjelenése a programban:

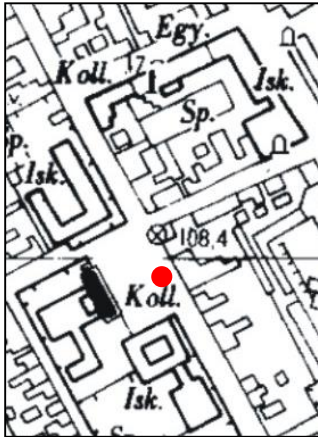
[VÉL()]

Itt fontosnak tartom megjegyezni, hogy mind a RANDBETWEEN, mind a VÉL függvény minden cellafrissítéskor újraszámolja a cella értékét. Viszont nekem elsődlegesen a feladatok elvégzéséhez és kiváltképpen a későbbi más szoftverekkel történő kiegyenlítéshez konkrét számokra volt szükségem. Ezért minden cellában, ahol a RANDBETWEEN vagy VÉL függvényt használtam, a szerkesztőlécre kattintottam és az F9-es billentyű lenyomásával a képletet lekötöttem, megszüntettem az állandó frissítést, azaz számmá alakítottam (1.4. ábra).



1.4. ábra VÉL függvény F9 billentyűvel való lekötésének képe

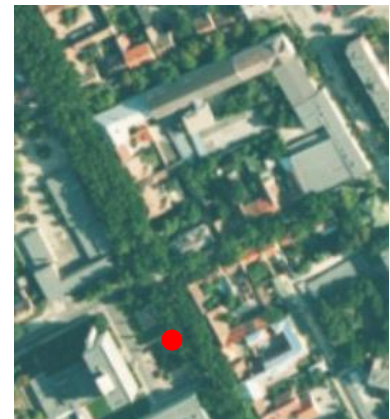
2. Hálózat létesítése



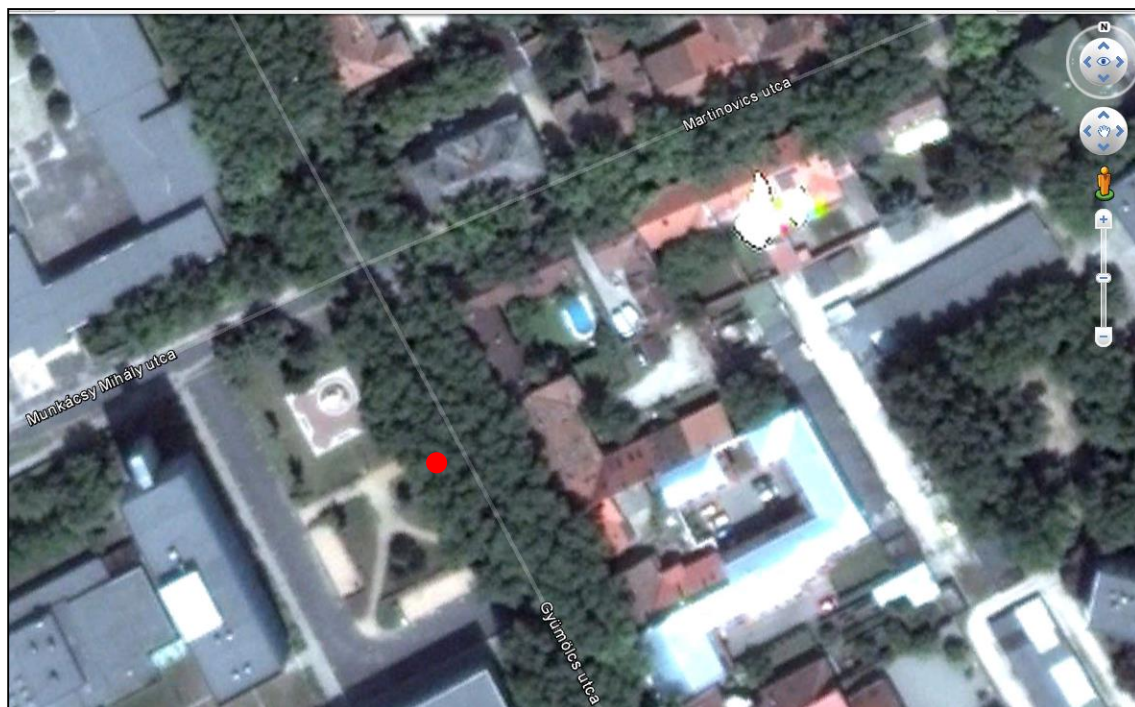
2.1. ábra 600-as pont térképen

Mint azt már a bevezetőben is írtam, a hálózatot egy dwg állományban hoztam létre. Ebben a hálózatban hat ismert koordinátákkal rendelkező pont szerepel. Egy kivételével mindegyik pont fiktív, a valóságban nem létező, nem megjelölt pont. A hat pont közül a pontok létrehozását az egyetlen valóságban is létező pont elhelyezésével kezdtem. A többi pontot eköré a pont köré, egymástól 2-3 km távolságban helyeztem el.

Az egyetlen valóságban is létező pont a 600-as számot kapta a hálózatban. A valóságban a Gyümölcs utca és a Munkácsy Mihály utca kereszteződésénél, a Nemes Nagy Ágnes középiskolai lánykollégium előtti tér Gyümölcs utcai szélén található. Ez a pont koordinátáit tekintve és számozása alapján is megegyezik a Geodézia II. és Geodéziai Hálózatok tantárgyak keretein belül mért és számított sokszögvonal-csomóponttal. A pont koordinátáit a gyakorlatok alkalmával 2 tizedes jegy (cm) élesen kaptuk meg, míg én a számítások során azt 4 tizedes jegy (tized mm) éles számként kezeltem.

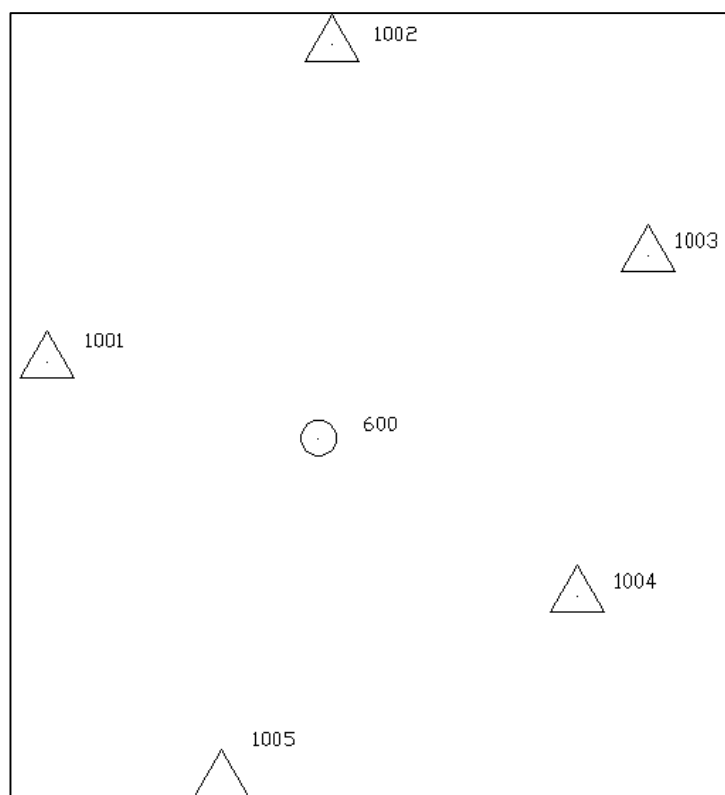


2.2. ábra 600-as pont ortofotón



2.3. ábra 600-as pont a Google Earth képen

Fontos megjegyezni, hogy a hálózat egy pontjának a valóságban való elhelyezése nem változtat azon a tényen, hogy a hálózatot –amit a szakdolgozatom elkészítéséhez felhasználtam – fiktív pontokból alkottam és fiktívnek is tekintem.



2.4. ábra Hálózatom pontjai

Az első (600) pont lett a későbbi feladatokban a meghatározandó, ismeretlen pont. A másik öt pont (1001-1005) az elméleti alappont. Ezek fontos jellemzője, hogy tökéletes összelátással és kerethiba-mentességgel rendelkeznek (2.4. és 2.5. ábra).

Pontszám	<i>Y</i>	<i>X</i>
600	602358.6100	204975.6400
1001	600301.5056	205550.2442
1002	602460.5027	207953.4406
1003	604850.6208	206352.1201
1004	604313.1633	203783.7116
1005	601628.6801	202370.5766

2.5 Hálózatom pontjai, koordinátái

3. Fiktív mérések

A fiktív hálózatra – a különböző számítási módszerek alkalmazása előtt – létre kellett hoznom a pontok között fiktív mérési eredményeket is, melyek véletlen hibái megfelelnek a normális eloszlásnak.

Fontos megjegyezni, hogy szakdolgozatom esetében a fiktív mérési eredményeknek a definíciója: valóságban nem létező, soha nem mért, szimulált mérési eredmények. Tehát nem azonos a következő, a fiktív mérési eredményekre használt régebbi magyarázattal:

„Mindazokat a mérésekből származó mennyiségeket, amelyeket több mérési eredmény egyszerű vagy súlyozott számtani közepeként hoztunk létre, vagy pedig egy vagy több mérési eredményéből valamely függvény (összefüggés, képlet) szerint állítunk elő, fiktív (képzett) mérési eredményeknek nevezzük.”

„Pl.: valamely hosszúság egyszeri megmérése valódi mérés, de ha többször mérjük meg a hosszúságot, csupán az egyes mérések tekinthetők valódinak, de az egyszerű vagy súlyozott számtani közepük – amennyiben nem ennek a meghatározása volt a kiegyenlítés végcélja, hanem ezt mint mérési eredményt más kiegyenlítésben felhasználjuk – már fiktív érték.”[Hazay,1968.]

3.1. Fiktív mérések létrehozása

A fiktív mérési eredmények létrehozását az .xlsx állományomban a „létesítés” munkalapon végeztem, ahova mindenekelőtt átvettem a koordinátákat a .dwg állományból (alapadatok). Ezek a leendő alappontjaim: 1001, 1002, 1003, 1004, 1005 és az ismeretlen pont: 600. Az alapadatokhoz az előbb említett pontok koordinátái mellett beírtam annak a műszernek (Sokkia SET 310) a szögmérési és távmérési megbízhatóságát, amelyekkel később a terepi mérést is végeztem.

Ezek után első lépésben minden ponton – a számításban: minden állásponton – képeztem a koordinátakülönbségeket ($\Delta Y; \Delta X$) minden irányzott pontra (Ip.). Ezek segítségével minden álláspontból minden irányzott pontra kaptam egy távolság (t) és egy irányszög (δ) értéket (II. geodéziai főfeladat). Majd minden állásponton meghatároztam egy elméleti limbuszkör-nullaosztás irányt, azaz a középtájékozási szöget (z_k).

A limbuszkör-nullaosztás irányt a RANDBETWEEN függvény segítségével alkottam meg, hogy minden állásponton véletlenszerűen kapjak egy fok, egy perc és egy másodperc értéket.

Következő lépésben az irányszögekből kivontam minden állásponton az állásponthoz tartozó középtájékozási szögeket. Így megkaptam a hibátlan – elméleti értékű – leolvasási szögértékeket (l_i).

Tehát eredményül minden pontról minden pontra volt egy-egy hibátlan, fiktív szögleolvasási értékem (l_i) és egy-egy ugyanilyen hibátlan, fiktív távolságértékem (t_i).

3.2. Véletlen hibákkal terhelt mérési eredmények létrehozása

Először a leolvasási szögeket majd a távolságokat transzformáltam valódi hibával terheltté. A probléma megoldásához a számítógépes matematikai szimuláció módszerét használtam [Bácsatyai, 2010].

A VÉL függvény segítségével a $[0;1]$ intervallumon egyenletes eloszlású r számokat generáltam. Majd alkalmaztam az alábbi képleteket:

$$l'_i = \left(\sum_{j=1}^k r_j - \frac{k}{2} \right) \cdot \sqrt{\frac{12}{k}}$$

Ebben a képletben k értékét (mely a felhasznált r értékek száma) 1-nek vettem mindenhol, mivel minden egyes képletnél csak egyszer ismételtam, generáltam r értékét. A 0 elméleti várható értékű és 1 elméleti szórású $N(0,1)$ normális eloszlású valószínűségi változók:

$$l_i = l'_i - \frac{1}{20 \cdot k} \cdot (3 \cdot l'_i - l'^3_i)$$

konvergencia-gyorsító transzformációval kaphatók meg. Innen a tetszőleges a_i elméleti értékű és σ_i szórású x_i változó az alábbi transzformációval adódik:

$$x_i = \sigma_i \cdot l_i + a_i$$

A szög mérés megbízhatóságának – azaz az előző képletben $\sigma_i = 3''$, míg a távmérés megbízhatósága $3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ értéket választottam. Azért ezeket a megbízhatósági értékeket használtam fel, mert ezek a Sokkia SET 310-es mérőállomásra igaz értékek. Ezt a műszert használtam a szakdolgozatom terepi méréseinél. Ez alapján a lépés alapján elmondható, hogy a szakdolgozatom az itt leírt megbízhatóságú műszerekhez határozza meg a különböző pontmeghatározási módszerek megbízhatóságát.

Ugyanakkor fontos megemlíteni, hogy miután az Excel-állományomban mindent visszahivatkozással írtam meg, így bármikor átírhatom a legelső munkalapon a megbízhatósági értékeket egy másik műszerre. Azaz bármilyen műszerre újraszámítható a szakdolgozatom.

A fentebb említett megbízhatósági adatokat a Geodéziai mérési praktikumból [Busics, 2009]vettem át és az Excelben-állományban való számításhoz radiánba, valamint méterbe váltottam át, hisz a képletekben ezekre volt szükségem.

Az a_i elméleti értéket a szögeértékek esetében l -vel jelöltem, míg a távolságok esetében t -vel.

A képletet a távolságok transzformálásánál a 2 ppm miatt távolságarányos tényezővel egészítettem ki:

$$x_i = \left(0.003 + \frac{0.002}{1000 \cdot a_i} \right) \cdot l_i + a_i$$

A saját jelöléseimmal:

$$t_r = 0.003 \cdot l_i + \left(t_i \cdot \frac{0.002}{1000} \right) \cdot l_i + t_i$$

Minden álláspontról minden pontra „rontott” szögelolvasási értékeket és távolságokat kaptam. A már hibával rendelkező értékeket egy r alsóindexszel láttam el (l_r , t_r) jelezve, hogy ezek már a „rontott” értékek.

Ellenőrzésképpen a szögeértékeknél kivontam egymásból a hibátlan és a rontott értékeket, majd ezeknek a négyzetösszegét képeztem. Ezek összege nulla másodperc lett.

A hálózat és a fiktív mérések létrehozásának rész- és végeredményei a melléklet 1-4. táblázataiban találhatóak.

4. Excel-állományom munkalapjai

A létesítés munkalapról már írtam az előző fejezetben, így azt itt már nem részletezem. Egy fontos különbség van jelölésben a létesítés és a többi munkalap között: A „rontott” r -rel jelölt szögleolvasási értékeket és távolságokat a további munkalapokon nem r -alsóindexszel jelöltem. Szögek esetében –mint a valós méréseknél – l_i -t írtam, míg a mért távolságokat t_m -mel jelöltem. A sima t távolságjelölések pedig a koordinátákból számított távolságokra vonatkoznak. A távolságok az egész szakdolgozatomban méter dimenzióban vannak, kivétel, ahol mást nem jelzek.

4.1. Poláris munkalap

Ezen a munkalapon számoltam ki a poláris pontmeghatározást, azaz az öt darab 1000-es állásponttról az ismeretlen 600-as pont koordinátáit, mért távolság és a fiktív mérési eredmények által számított irányszög segítségével (melléklet 7. táblázat).

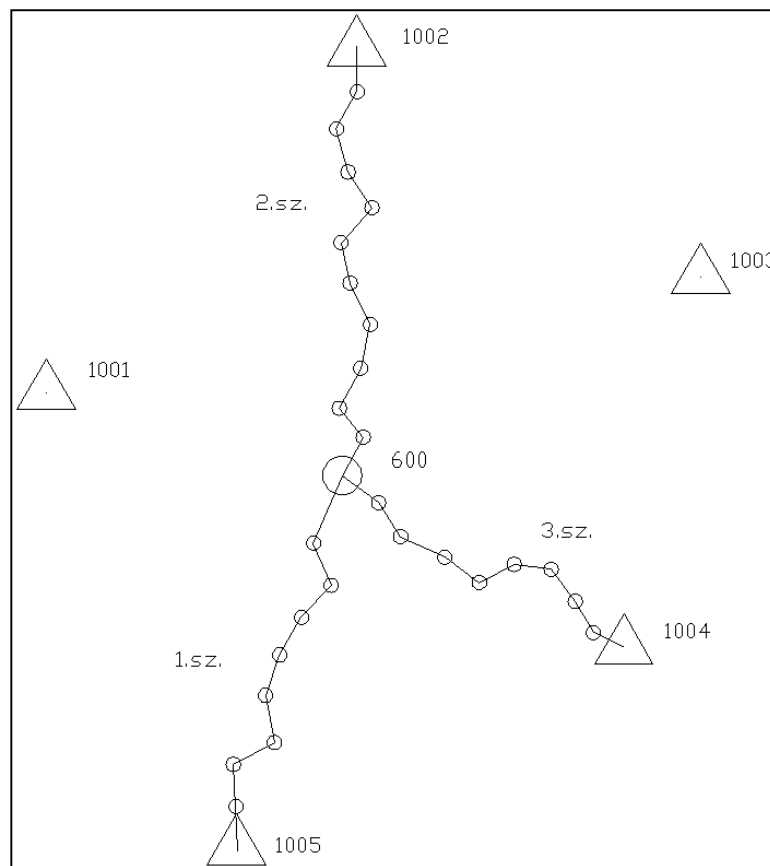
4.1.1. Tájékozás

A konkrét számítások megkezdése előtt a „poláris” munkalapon elvégeztem egy tájékozást (melléklet 5-6. táblázat) minden adott ponton (1001-1005), melyekben már a hibával terhelt (transzformált) szögleolvasási értékeket használtam fel annak érdekében, hogy minden ismert álláspontból legyen egy tájékozott irányértékem (δ') az ismeretlen (maghatározandó, 600) pont irányába.

Az irányszög (δ) értékét az 1.2.6. fejezetben leírtaknak megfelelően számítottam, majd az irányszögek és a hibával terhelt szögleolvasási értékek (l_i) segítségével kiszámítottam a tájékozási szögeket (z_i), majd a középtájékozási szögeket (z_k) is és a tájékozások végén ellenőrzésképpen a lineáris eltéréseket (E).

Ezek után minden állásponton számítottam egy tájékozott irányértéket (δ') a 600-as pontra. Így minden ezres pontszámú alappontból lett egy tájékozott irányértékem és ehhez a létesítés munkalapról egy-egy hibával terhelt távolságértékem (t_{mi}), melyekkel koordinátakülönbségeket tudtam számolni (ΔY és ΔX). Ezeket hozzáadva a hozzájuk tartozó alappontok koordinátaíhoz, azaz elvégezve a poláris pontszámítás utolsó lépését, megkaptam 5 darab, az eredetitől pár milliméteren belül különböző 600-as pontkoordinátát.

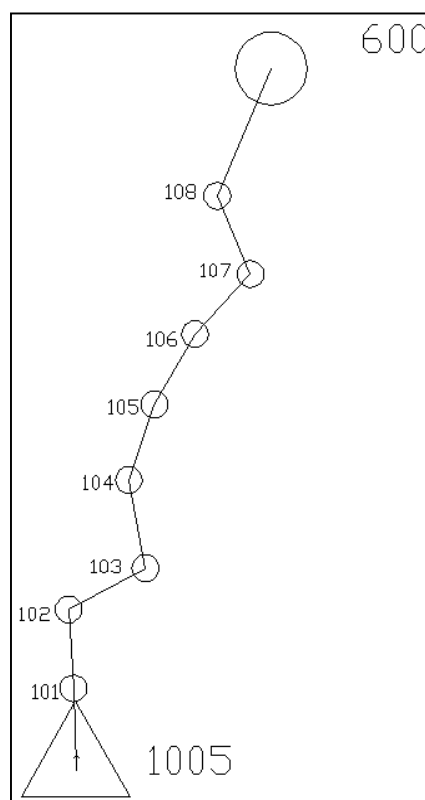
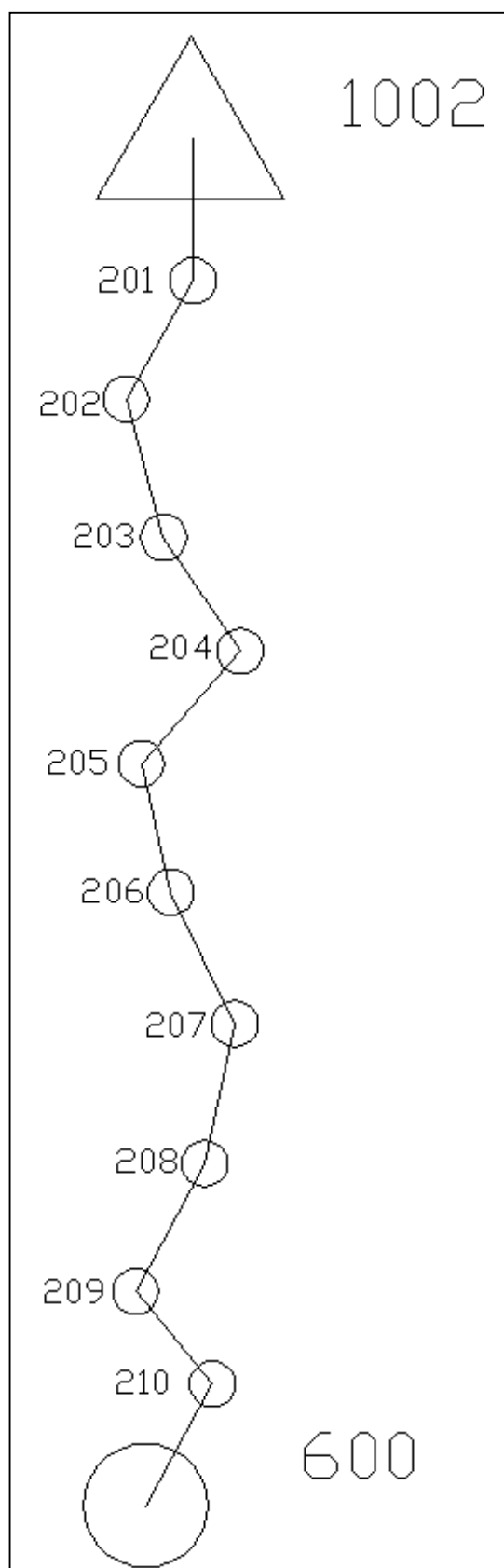
4.2. Sokszögvonal-számítás munkalapja



4.1. ábra Sokszögvonalak a hálózatomban

Az „sszv” munkalapon három sokszögvonalat számoltam ki. A három sokszögvonal az 1005, az 1002 és az 1004 számú alappontokról indul a 600-as ismeretlen pont felé. Természetesen tisztában vagyok vele, hogy a sokszögvonal használata közben a gyakorlatban nem az egyik végpont koordinátáit szoktuk meghatározni, hanem inkább a sokszögpontok koordinátáinak meghatározása a cél és/vagy arról részletpont bemérése. Ennek ellenére úgy gondoltam, mint érdekesség, alkalmazhatom erre a feladatra, vizsgálatra is.

Tulajdonképpen kíváncsi voltam, hogy milyen a sokszögvonallal történő végpont-meghatározás megbízhatósága, ha a keresett pont három sokszögvonal csomópontjában van és csak véletlen hibák terhelik a mérést.



4.2. ábra 1. számú fiktív sokszögvonal

Első lépésben – ahogyan a hálózat létrehozásánál is – felszerkesztettem a dwg állományba a sokszögvonal-pontokat. (Külön rétegre a szemléltetés céljából a vonalakat is.) Ezeknek a pontoknak a koordinátáit is átmásoltam az xlsx(Microsoft Office Excel) állomány „sszv” munkalapjára.

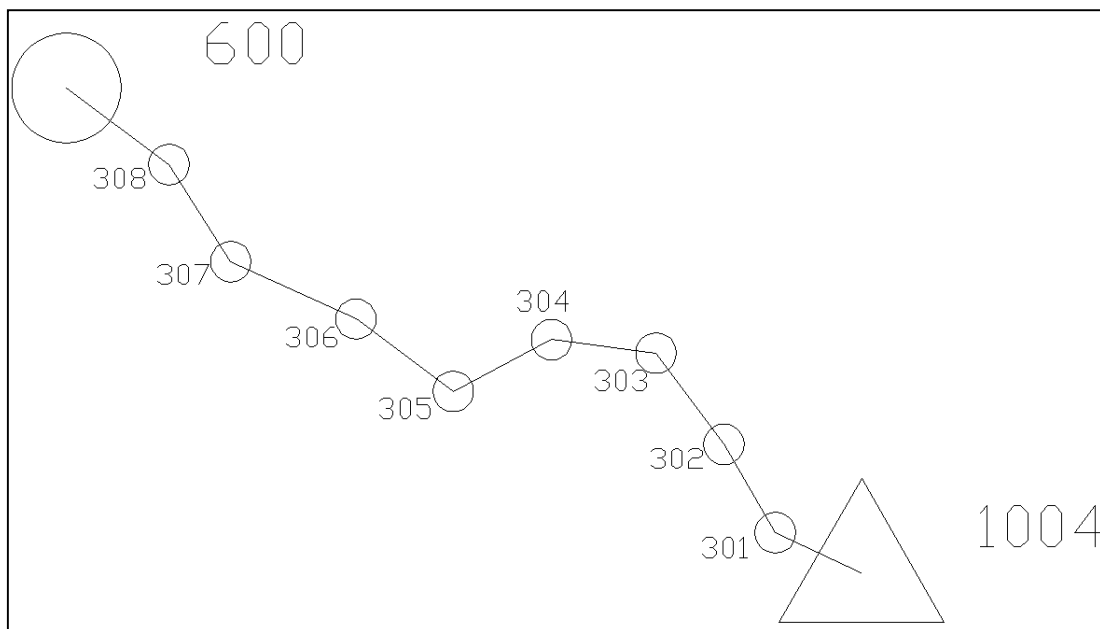
4.3. ábra 2. számú fiktív sokszögvonal

Ezek után fiktív mérési eredményeket hoztam létre mind a három sokszögvonalon minden álláspontjára (leolvasás szögértékek és távolságok) a sokszögvonál-vezetés szabályai szerint. Azaz a kezdőpontot és a végpontot leszámítva mérés csak az előző és a következő sokszögpontra van.

Itt is, mint a „létesítés” munkalapnál, létrehoztam minden sokszögponton, minden állásponton z_k értékeket. Ebbe beletartozik az is, hogy a három ismert kezdőponton létrehoztam új tájékozott irányértékeket. Így ezeken a pontokon (1005, 1002, 1004) új tájékozást is végeztem, ezzel téve a mérést teljesen függetlenné a „létesítés” munkalapon számítottaktól. (Csak a koordináták voltak azonosak.)

Majd a leolvasási szögértékeket és a távolságokat véletlen hibával terheltem a 3.2. számú fejezetben leírtak szerint.

A kapott értékeket felhasználva elkezdtem számolni három egyszeresen csatlakozó egyszeresen tájékozott sokszögvonalat. A β törésszögek meghatározása után a sokszögvonalat a kezdőpontokon tájékoztam. Mindhárom tájékozás a munkalap végén található. A sokszögvonalak pontjait Tarsoly Péter Geodézia II című jegyzetének első fejezete alapján számoltam végig.



4.4. ábra 3. számú fiktív sokszögvonál

A jelölésekben követtem a jegyzetben leírtakat. A mérések hibával terhelése, valamint a számítás egy munkalapon végzése miatt a mért (esetemben „rontott”) szögleolvasások és a mért („rontott”) távolságok az eredeti „r” jelöléssel szerepelnek (*lir* és *tir*). Fontos megjegyezni azt is, hogy az Excelben való munka megkönnyítése végett az „r” jelölések nem kerültek alsóindexbe az „sszv” munkalapon és a melléklet ide tartozó táblázatain sem.

A fiktív sokszögvonali-mérések és számításuk a mellékletben, a 27-től 36. táblázattal találhatóak.

4.3. Mért sokszögvonali munkalapja

A „tsszv” munkalapon a terepi sokszögvonali mérésének adatait (szögleolvasások és távolságok) jelenítettem meg, valamint elvégeztem a számításokat. Képleteiben és jelöléseiben megfelel az „sszv” munkalap számítási képleteinek. Annyi különbség van csupán a „tszv” és az „sszv” munkalapok között, hogy az oszlopok és a sorok nem teljesen egyformán helyezkednek el. (A terepi mérésről még később írok.)

A terepi mérés eredményei és számítása a melléklet 37-től 43. táblázattal találhatóak.

4.4. Pontkapcsolások munkalapjai

A „belsőszöges előmetszés”, a „írányszöges előmetszés”, a „Collins hátrametszés”, az „írányszöges oldalmetszés”, az „ív-oldalmetszés” és az „ívmetszés” elnevezésű munkalapokon a munkalap nevének megfelelő pontkapcsolásokat számítottam ki.

A számítások lépései és jelölések megfelelnek a Geodézia Támop jegyzet 6. moduljának „4., Pontkapcsolások számítása” című fejezetben leírtaknak. (Némely esetekben Csepregi Szabolcs – Gyenes Róbert – Tarsoly Péter - Geodézia I. Kézirat leírásait is segítségül vettem.) Ahol azt a jegyzet írja, az ellenőrzéseket is elvégeztem.

Minden pontkapcsolásból annyit számítottam, hogy legalább egyszer minden álláspont szerepeljen bennük. Ez néhol 3 (egy esetben 6), néhol 2 koordinátapárost jelentett eredményként a számítások végén.

Az itt felsorolt munkalapokon található összehasonlító táblázatokban az eredeti 600-as koordinátáktól való eltérést számítottam.

A számítások és eredményük a mellékletben a 8-tól a 26. táblázatig találhatóak az eltéréstáblázatok pedig a 44-52. táblázatokban.

4.5. Nyomtatási munkalapok

A számozott „n” munkalapoknak (n1-10) az a céljuk, hogy a számítási táblázatok nyomtatóbarát és racionális módon álljanak össze. Például nem szerepelnek benne a radián szögeértékek és a fok- perc-másodperc megjelenítését is esztétikusabbá tettem.

4.6. Kiegyenlítési munkalap

A „kiegy.maszk” munkalapon hoztam létre olyan formátumú „feliratokat”, melyek – egy szöveges dokumentumba (.txt) másolva – a kiegyenlítő programok számára beolvasható fájlokat eredményeznek. Így elkerültem mind a GeoEasy mind a GeoCalc esetében a mérési eredmények hosszadalmas begépelését.

Az itt látható szöveg azt hivatott mutatni, hogy a GeoCalc GMJ mérési eredményeket tároló fájljának (jegyzőkönyvnek) hogyan kell kinéznie, milyen formázással kell rendelkeznie a GeoCalc esetében:

1,1001,,,,,,0,,,,-1
2,600,64.36473,,2135.8404,,,,0,,,,-2

Első sorban egy álláspont (sorszám, pontszám, műszermagasság, álláspont kódja), míg a második sorban az első irányzott pont és a hozzá tartozó értékek (sorszám, pontszám, leolvasási szögérték tizedfokos formában, mért távolság, jelmagasság, irányzott pont kódja) láthatóak.

A következő szöveg pedig azt mutatja, hogy a GeoEasyGEO formátumú mérési eredményeket tároló fájljának miként kell kinéznie:

{2 1001}
{5 600} {7 1.12771213637273} {11 2135.8404}
{62 1002} {11 3230.5812} {21 0.0164640813020661}

Az első sorban egy álláspontot láthatunk (álláspont kódja és pontszáma). A második sorban egy irányzott pont és a hozzá tartozó értékek (irányzott pont kódja, pontszám, leolvasási szögérték kódja, a leolvasott szög radiánban 16 tizedes jegy élesen, a mért távolság kódja, a mért távolság) láthatóak, míg a harmadik sorban egy tájékozó irány és a hozzá tartozó értékek (irányzott pont kódja, pontszám, a mért távolság kódja, a mért távolsagleolvasási szögérték kódja, a leolvasott szög radiánban 16 tizedes jegy élesen).

4.7. Összesítő munkalap

A számítások végeztével az „össz” nevezetű munkalapon helyeztem el az összes fiktív mérésből származó eredmény eltérését, azaz a hasznos végeredményeket egy helyen. Ide már a kiegyenlítések eredményeit is bemásoltam. (53. táblázat a mellékletben)

A táblázat alatt néhány előre szerkesztett diagramot is elhelyeztem. Utóbbiak az értékek változásával, frissítésével együtt változnak, frissülnek.

5. Kiegyenlítések

Miután elvégeztem a fiktív mérések segítségével a pontkapcsolások kiszámítását valamint a három fiktív mérésekre alapozott sokszögvonalból is megkaptam három 600-as koordináta-párt, hátra volt még egy pontmeghatározási módszer: a kiegyenlítés.

5.1. Kiegyenlítés szoftverei

A kiegyenlítéseket a GeoCalc és a GeoEasy szoftverekkel végeztem el.

A GeoCalc két verzióját használtam: a 3-ast és a 3.5-öst. A 3.5-sel az előzetes munkákat végeztem, a mellékletek között már a 3-as verzió jegyzőkönyvei vannak, mert azokat könnyebben be tudtam illeszteni a szakdolgozatomba, könnyebben lehetett formázni.

A másik program egy kevésbé ismert szoftver, a GeoEasy, melyet a DigiKom Kft. fejlesztett ki. Ennek a 2.05-ös, internetről ingyen letölthető, 30 napos demó verzióját használtam.



5.1. ábra GeoEasy indítóikonja

5.2. Kiegyenlítés GeoCalc-kal

A GeoCalc-kal történő kiegyenlítés előtt el kellett készítenem a mérési jegyzőkönyv fájlt. Ez a speciális formátum a GMJ, melyet a GeoCalc-ban a mérési adatok mérési jegyzőkönyvbe való kimentésével lehet létrehozni.

Ugyanakkor el akartam kerülni a fiktív mérési eredmények egyenként történő begépelését és az azzal együtt járó esetleges személyi hibákat. Ezért a 4.4-es fejezetben leírtak szerint egy txt formátumú szöveges dokumentumban másoltam be az Excel-állományom „kiegy.maszk” munkalapjának GeoCalc oszlopát. Ez az oszlop a GMJ formátumnak megfelelő formában jeleníti meg a mérési adatokat. (A részletes magyarázatra már ott kitértem.)

Miután a jegyzőkönyvet létrehoztam, beállítottam a GeoCalc fontosabb paramétereit: kiválasztottam a kezdő könyvtárat, munkaszámot generáltam, dátumot és nevet adtam meg, valamint vetület nélkülire állítottam a transzformációt.

A kiegyenlítés beállításainál a szögmérés és a távmérés megbízhatóságának az Excel-állományban szereplő előzetes megbízhatósági adatokat adtam meg. Átlagos távolságnak 3500 m-t állítottam be, míg az iránymérés súlyozását távolság függetlenre, a távmérés súlyozását távolságfüggőre állítottam. A számítás élességénél mindenhol a lehető legélesebb értékre váltottam.

5.2. ábra GeoCalc hálózatkiegyenlítés-beállítások

Mindezen beállítások megtörténte után elvégeztem a hálózat kiegyenlítését.

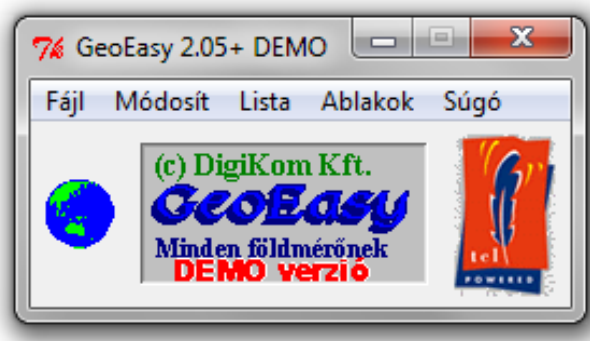
A kiegyenlítés néhány fontosabb jellemző adata:

- *Összes pont száma: 6*
- *Adott pontok száma: 5*
- *Új pontok száma: 1*
- *Mért irányok száma: 30*
- *Mért távolságok száma: 30*
- *Fölös mérések száma: 52*
- *Számításból kihagyott mérési eredmények száma: 0*
- *Íránymérés kiegyenlítés előtti középhibája = 3"*
- *Táv mérés kiegyenlítés előtti középhibája = 3 mm + 2 mm/km*
- *Súlyegység középhibája kiegyenlítés előtt = 3*
- *Íránymérés súlya távolságtól független*
- *Táv mérés súlya távolságtól függő*
- *Átlagos távolság = 3500 m*
- *Javítások súlyozott négyzetösszege = 449.373*
- *Pótnormálegyenletből = 449.372*
- *Súlyegység középhibája kiegyenlítés után = 2.94*
- *Relatív középhiba = 1/70165*

Ezekből az adatokból kitűnik, hogy az adott pontok és az új pontok száma is megfelel az általam létrehozott hálózatnak, valamint, hogy nem kellett kihagynom a mérési eredmények közül egyet sem. A hálózat kiegyenlítésének teljes jegyzőkönyve a mellékletek 39. oldalától található.

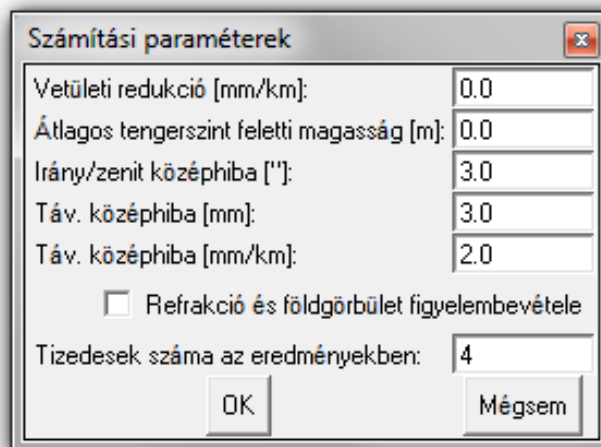
5.3. Kiegyenlítés GeoEasy-vel

A GeoEasy-vel történő kiegyenlítés előtt szintén el kellett készítenem a megfelelő mérési jegyzőkönyv fájlt (GEO formátum), úgy ahogyan azt a GeoCalc-nál is. Itt a koordinátajegyzék jegyzőkönyvfájlját is formáznom kellett. A cél – ahogyan a GeoCalc-kal történő kiegyenlítés előkészítésének esetében is – hogy csökkentsem a kiegyenlítés előkészületeinek időtartamát, valamint, hogy elkerüljek személyes, elgépelési hibákat. A meghatározó különbség a GeoCalc-hoz képest, hogy itt az Excel-állomány „kiegy.maszk” munkalapjának GeoEasy oszlopából vettem az adatokat.



5.3. ábra GeoEasy főablaka

A kiegyenlítés előtti beállításokról elmondható, hogy a GeoEasy esetében sokkal kevesebb beállítási lehetősége van. Természetesen a szögmérés és a távolságmérés megbízhatóságát, valamint az eredmények élességét itt is előre beállítottam (5.4. ábra).



5.4. ábra Számítási paraméterek beállítás GeoEasy-ben

A kiegyenlítés menüpontjait és lépéseit a program súgójából értettem meg és alkalmaztam.

A kiegyenlítés néhány fontosabb jellemző adata:

- *Írányok száma: 30*
- *Írányszögek száma: 6*
- *Távolságok száma: 10*
- *Összes mérés: 40*
- *Egyenletek száma: 40*
- *Ismeretlenek száma: 8*
- *Szabadságfok: 32*
- *Hálózati defektus: 0*
- *m0 apriori: 1.00*
- *m0' aposteriori: 0.96*

Az alábbi ábra pedig azt mutatja, hogy síkban (xy, második oszlop) történt a kiegyenlítés. A második sorban jelölve, hogy a síkban egy pontot kellett kiegyenlíteni, kényszerkiegyenlítés nélkül (harmadik sor). A negyedik sorban pedig a fix, ismer síkkoordinátájú pontok száma (5). Az összesítés sorában megfigyelhetjük, hogy térbeli (xyz) vagy csak magassági (z) alappontok és kiegyenlítés nem volt.

<i>Koordináták</i>	<i>xyz</i>	<i>xy</i>	<i>z</i>
<i>Kiegyenlített:</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>0</i>
<i>Kényszerített*:</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Fix:</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>0</i>
<i>Összesen:</i>	<i>0</i>	<i>6</i>	<i>0</i>

A hálózat kiegyenlítésének teljes jegyzőkönyve a melléklet 45. oldalától olvasható.

6. F-próba

Az F-próba (Fischer próba) egy elemzés, melynek célja megállapítani, hogy elfogadhatóak-e a méréseink és a kiegyenlítés. Pontosabban: adott valószínűségi szinten ($p=?$) terhelik-e mérési eredményeinket szabályos hibák. Ezt a próbát mindig a kiegyenlítés után alkalmazzuk, és azt vizsgáljuk vele, hogy van-e szignifikáns különbség az előzetes és az utólagos középhibák között.

„Az F-próba. tegyük fel, hogy van egy $x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n_1}$, mintánk egy $N(m_1, \sigma_1)$ eloszlású és egy másik $x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n_2}$, az előzőektől független mintánk egy $N(m_2, \sigma_2)$ eloszlású sokaságból. Az $m_1, \sigma_1, m_2, \sigma_2$ paraméterek nem ismertek. Ellenőrizni akarjuk a $\sigma_1 = \sigma_2$ hipotézist.”[Prékopa, 1962]

Felhasználva a Valószínűségelmélet című könyvben írtakat, kiválasztottam egy valószínűségi szintet, amelyen igazolni akartam a hipotézist, miszerint a szabályos hibák mértéke nem okoz szignifikáns eltérést az előzetes és utólagos középhiba között.

Én erre a feladatra a 99%-os megbízhatóságot választottam. A felhasznált F-eloszlás táblázatot elhelyeztem a mellékletben (54. táblázat). Innen a sorok közül a végtelen értékűt választottam a nevezőnek a képletben, mivel az előzetes középhibát tekinthetjük úgy, hogy végtelen fölös mérésekből határozták meg (végtelen szabadságfok). Innentől viszont a két kiegyenlítés esetében eltérés mutatkozik.

6.1. GeoCalc kiegyenlítése alapján történő F-próba

Súlyegység középhibája kiegyenlítés előtt: 3

Súlyegység középhibája kiegyenlítés után: 2.94

$$F = \frac{\sigma_{\text{utólagos}}^2}{\sigma_{\text{előzetes}}^2} = \frac{2.94^2}{3^2} = 0.9604$$

Ezek után kikerestem a kiegyenlítés számítási jegyzőkönyvéből, hogy hány szabadságfokú volt. Ott 52-t találtam. Így az F-eloszlás táblázat oszlopai közül (számláléhoz tartozó érték) az 50-et és a 100-at, míg sorai közül (nevezőhöz tartozó érték) a ∞ -t választottam ki. Az így kikeresett mezőkből az 1,52-es értéket interpoláltam. Ez az érték nagyobb, mint az általam számolt F érték, így a hipotézisem bebizonyosodott, azaz nincs szignifikáns különbség az előzetes és az utólagos középhiba között. Így az eredményeket elfogadhatom, mérésünket nem terhelik szabályos hibák.

6.2. GeoEasy kiegyenlítés alapján történő F-próba

Súlyegység középhibája kiegyenlítés előtt: 1

Súlyegység középhibája kiegyenlítés után: 0.96

$$F = \frac{\sigma_{utólagos}^2}{\sigma_{előzetes}^2} = \frac{0.96^2}{1^2} = 0.9616$$

A szabadságfok száma pedig 32 a kiegyenlítési jegyzőkönyv alapján. Így az F-eloszlás táblázat oszlopai közül (számláléhoz tartozó érték) az 30-at és a 40-et, míg sorai közül (nevezőhöz tartozó érték) a ∞ -t választottam ki. Az így interpolált érték az 1,68 lett. Ez az érték szintén nagyobb, mint az általam számolt F érték, így a hipotézisem ismét bebizonyosodott, azaz nincs szignifikáns különbség az előzetes és az utólagos középhiba között. Így az eredményeket elfogadhatom, a GeoEasy kiegyenlítése sem mutatott ki szabályos hibákat.

6.3. F-próba összefoglalása

Mint azt eddig leírtam, a fiktív mérések létesítése során csak véletlen hibákkal rontottam a hibátlan mérést. Az F-próbával pedig a szabályos hibákkal kapcsolatban lehet levonni következtetéseket. Mégis úgy gondoltam, az a biztos, ha a hálózatot ezzel ellenőrzöm. Szerencsére, mint az látszik, a számításaimon és a GeoCalc F-próbáján (megtalálható: a kiegyenlítési jegyzőkönyvben) is, a próba 99%-os valószínűséggel elfogadható.

Globális teszt - F próba					
Súlyegység	középhibája	kiegyenlítés	előtt	=	3.00
Súlyegység	középhibája	kiegyenlítés	után	=	2.94
Fölös	mérések	száma	=		52
Elméleti intervallum értékei:			Alsó határ = 0.79 Felső határ = 1.26		
Súlyegység középhibájának intervalluma:			Alsó határ = 2.4 Felső határ = 3.8		
A globális teszt 99 %-os valószínűségi szinten elfogadható					

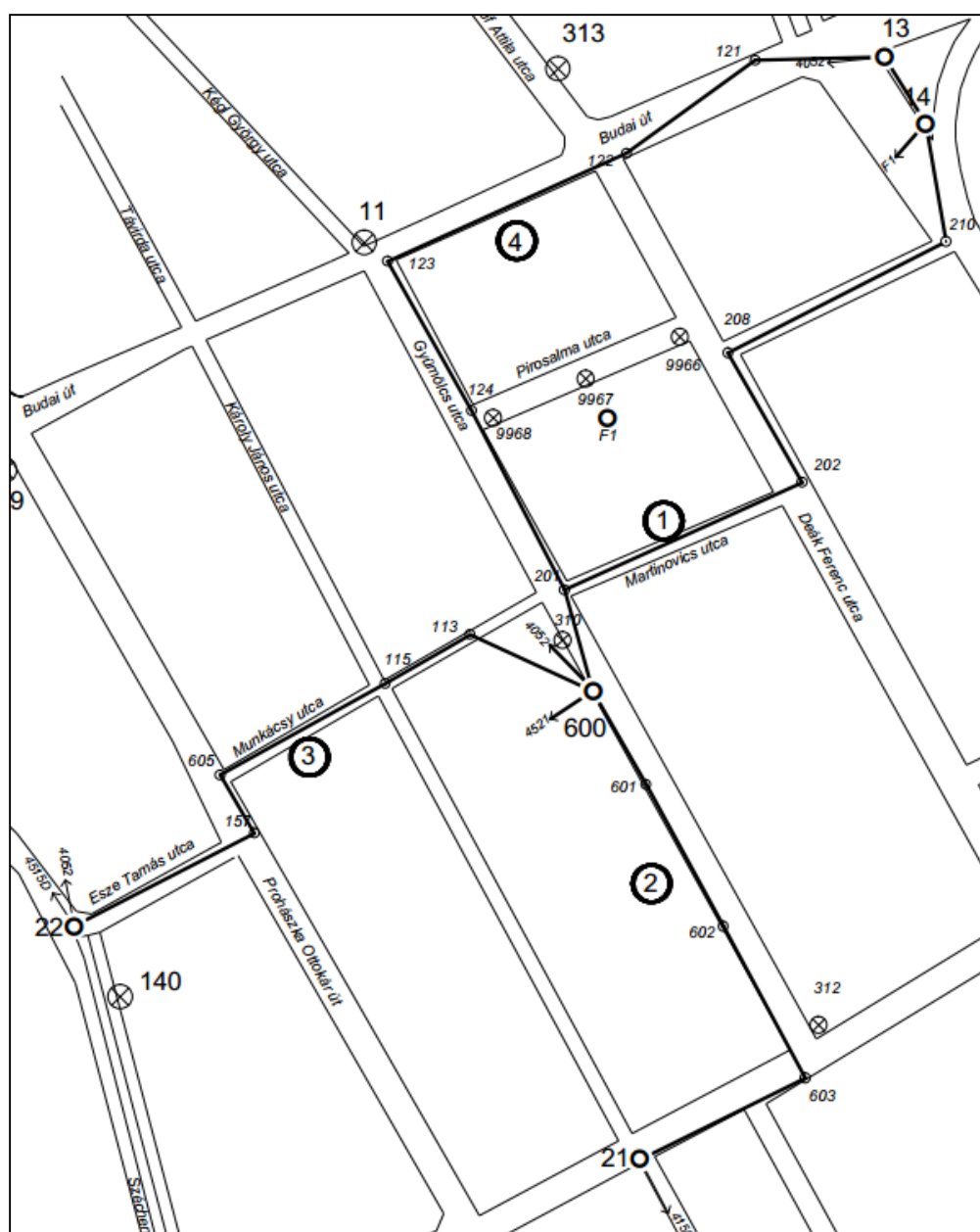
Ezt az eredményt – minden előzetes számítás nélkül – az is bizonyítja, hogy a súlyegység utólagos középhibája kisebb lett, mint az előzetes értéke.

Az F-próba használatát és még nagyobb hasznosságát szakdolgozatom szempontjából később még részletezem.

7. Terepi mérés

A terepi méréssel az volt az eredeti célom, hogy az egész szakdolgozatot, annak eredményeivel és fiktív méréseivel hozzá köthessem a gyakorlati mérések világához. Ennek azért láttam szükségességét, mert úgy gondoltam, jó lesz tudni, hogy a saját – csak véletlen hibákkal terhelt – méréseim milyen közel állnak a valósághoz.

Ehhez a legegyszerűbb és leginkább időtakarékos megoldásnak a Geodézia II. gyakorlat alkalmával végigmért sokszögvonalak mérését gondoltam. Így a négy sokszögvonal közül hármat lemértem.



7.1 Geodézia II. gyakorlatának 4 sokszögvonala

Az eredeti négy sokszögvonala közül tehát én az 1-es, 2-es és 3-as számú vonalakat mértem (az 1-es számú sokszögvonal esetében a régi méréseimet használtam fel). (7.1. ábra)

A méréssel kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy ugyanazt a műszert (Sokkia SET 310) használtam, mint amelynek a megbízhatóságát az Excel-állományom munkalapjaira beírtam.

A számítás ugyan olyan módon végeztem el, mint a fiktív sokszögvonal esetében, azaz egyszeresen csatlakozó, egyszeresen tájékozott sokszögvonalként. Célom itt is a három sokszögvonalból a 600-as pont koordinátájának meghatározása volt.

Az eredmények és az a tény, hogy ezek a pont-koordináták mind csak két tizedes jegy élességgel állnak rendelkezésemre, beszűkítették a valódi mérések összehasonlítását a fiktív mérésekkel. Ennek ellenére az összehasonlító táblázatoknál szerepeltetni fogom és az eredményeknél is szólni fogok még erről.

A mérést és a számítást a „tsszv” munkalapon jelenítettem meg, valamint nyomtatott formában a 37-estől a 43-as táblázatokig láthatóak a mellékletben.

8. Eredmények és Vizsgálatuk

Miután a Fischer-próba segítségével megbizonyosodtam arról, hogy a kiegyenlítések, a fiktív mérések megfelelnek az elvárásaimnak, elkezdhettem az eredmények elemzését.

8.1. Eltérés táblázatok

Az Excel-állományom minden pontkapcsolásos munkalapján és a két sokszögvonal-számító munkalapon is elhelyeztem az eltérésekre, átlagokra vonatkozó táblázatot, az adott pontszámítási módszerrel kapcsolatosan.

Az eredmények ábrázolásához a számítások végeztével létrehoztam egy munkalapot „össz” néven (8.3. ábra, melléklet 53. táblázat). Ezen a munkalapon minden olyan pontmeghatározási módszer eredményeinek eltérése feltüntetésre kerül, mely a fiktív mérési eredményekből jött létre.

Alap.	Koordináta		Eltérések			Eltérések átlaga		
	Y	X	Y	X	D	Y	X	D
1001	602358.6125	204975.6785	0.0025	0.0385	0.0386			
1002	602358.6032	204975.6402	-0.0068	0.0002	0.0068			
600 1003	602358.6134	204975.6338	0.0034	-0.0062	0.0071	0.0191	0.0195	0.0316
1004	602358.6317	204975.6756	0.0217	0.0356	0.0417			
1005	602358.5487	204975.6572	-0.0613	0.0172	0.0636			
Átlag	602358.6019	204975.6571	-0.0081	0.0171	0.0189			
Eredeti	602358.6100	204975.6400						

8.1. ábra Példa az eltérés-táblázatokra (Poláris pontszámítás eredményeinek eltérése)

A pontmeghatározás munkalapjaira beillesztett eltérés táblázatok egy mintára, egységesen készültek (pl.: 8.1. ábra). Az első oszlopban mindig megírtam, hogy a 600-as ponthoz köthető adatok fognak következni. A második oszlopnak ugyan munkalaponként más nevet adtam, de a benne szereplő számok azt hivatottak jelezni, hogy a következő oszlopokban látható adatok melyik alapponttól, melyik háromszögből, hátrametszés esetén melyik négyszögből vagy a sokszögvonalaknál hányas számú sokszögvonalból lettek kiszámítva. A következő két oszlop az ezekhez tartozó Y és X koordinátákat jeleníti meg.

Ezek után két hármas-oszlop következik: az eltérések és az eltérések abszolút értékeinek átlaga.

Az eltérések Y és X értékeit úgy kaptam meg, hogy az adott sor Y és X 600-as koordinátájából kivontam a hibátlan, eredeti 600-as Y és X koordinátát („van mínusz kell”). A harmadik oszlopban lévő D értéket (lineáris eltérés) az ismert módon, Y és X irányú koordináta-eltérések négyzetösszegének gyökeként kaptam meg. Az alábbi képletek mutatják a számítást:

$$Y_{\text{eltérés}} = Y_i - Y_{\text{eredeti}}$$

$$X_{\text{eltérés}} = X_i - X_{\text{eredeti}}$$

$$D_{\text{eltérés}} = \sqrt{(Y_{\text{eltérés}}^2 + X_{\text{eltérés}}^2)}$$

Fontosnak tartom, hogy külön megemlítssem az „Átlag” sor esetét. Itt az előző bekezdésben leírtakig számoltam csak. Minden táblázatban, ebben a sorban vizsgálom, hogy ha az eredményeket egyenlő súllyal véve átlagolom, akkor az így kapott értékeknek (600-as Y és X koordináta) mennyi az Y , X irányú és a lineáris eltérése. Viszont ezeket az értékeket az „Eltérések abszolút értékeinek átlaga” oszlophármasnál már természetesen nem használtam fel.

Az 8.2. ábrán lehet látni, hogyan is néz ki az eddig leírt táblázat az Excel-állományom képleteivel. Itt az is látszik, hogy minden táblázatban szerepeltettem – szemléltetés végett – az eredeti 600-as koordinátákat is. Az 8.2. ábra utáni két képlettel pedig az átlagszámításomat mutatom be, mert az a képről nem egyértelmű.

	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT
4			Koordináta		Eltérések		
5		Alap.	Y	X	Y	X	D
6		1001	=AK8	=AL8	=AP6-\$AP\$12	=AQ6-\$AQ\$12	=GYÖK(AR6^2+AS6^2)
7		1002	=AK9	=AL9	=AP7-\$AP\$12	=AQ7-\$AQ\$12	=GYÖK(AR7^2+AS7^2)
8		1003	=AK10	=AL10	=AP8-\$AP\$12	=AQ8-\$AQ\$12	=GYÖK(AR8^2+AS8^2)
9		1004	=AK11	=AL11	=AP9-\$AP\$12	=AQ9-\$AQ\$12	=GYÖK(AR9^2+AS9^2)
10		1005	=AK12	=AL12	=AP10-\$AP\$12	=AQ10-\$AQ\$12	=GYÖK(AR10^2+AS10^2)
11		Átlag	=ÁTLAG(AP6:AP10)	=ÁTLAG(AQ6:AQ10)	=AP11-\$AP\$12	=AQ11-\$AQ\$12	=GYÖK(AR11^2+AS11^2)
12	600	Eredeti	=C4	=D4			

8.2. ábra Eltéréstáblázat Excel-képletei (Poláris pontszámítás eredményeinek eltérései)

$$Y_{\text{átlag}} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}$$

$$X_{\text{átlag}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Végül az utolsó oszlophármas az összes kiszámított eredményre vonatkozik egy adott pontmeghatározási módszer esetén. Az Y és az X értékeket itt úgy kaptam, hogy az „Eltérések” oszlophármas „Átlag” sorát leszámítva minden Y és X értékének vettem az abszolút értékét, majd az abszolút értékeknek az egyszerű átlagát. Az utolsó, D oszlop az „Eltérések” D oszlopának – „Átlag” sorától megfosztott – átlaga. Az Y irány képlete (az X irány és a D érték is így keletkezik):

$$Y_{\text{Eltérések abszolút értékeinek átlaga}} = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_{i(\text{eltérés})}|}{n}$$

Mivel a táblázatok formázása során az volt a cél, hogy olvasható betűméret mellett elférjenek a margók között, így a mellékletekben és a szakdolgozatomban rövidítve, „Eltérések átlaga” néven szerepel ez az utolsó oszlophármas.

600		Eltérések			Eltérések átlaga		
		Y	X	D	Y	X	D
Poláris	1001	0.0025	0.0385	0.0386	0.0191	0.0195	0.0316
	1002	-0.0068	0.0002	0.0068			
	1003	0.0034	-0.0062	0.0071			
	1004	0.0217	0.0356	0.0417			
	1005	-0.0613	0.0172	0.0636			
	Átlag	-0.0081	0.0171	0.0189			
Belsőszöges előmetszés	1	-0.0120	0.0312	0.0334	0.0405	0.0385	0.0586
	2	0.0360	0.0089	0.0370			
	3	-0.0737	0.0753	0.1054			
	Átlag	-0.0166	0.0385	0.0419			
írányzőges előmetszés	1	-0.0511	0.0535	0.0740	0.0344	0.0472	0.0588
	2	-0.0073	-0.0121	0.0141			
	3	-0.0448	0.0761	0.0883			
	Átlag	-0.0344	0.0392	0.0521			
Collins hátrametszés	1	-0.0419	0.0184	0.0458	0.0586	0.0564	0.0833
	2	-0.0753	-0.0945	0.1209			
	Átlag	-0.0586	-0.0381	0.0699			
Írányzőges oldalmetszés	1	0.0025	0.0385	0.0386	0.0467	0.0357	0.0647
	2	-0.0821	-0.0534	0.0980			
	3	0.0554	0.0151	0.0574			
	Átlag	-0.0081	0.0000	0.0081			
Ív-oldalmetszés	1.1	0.0058	0.0400	0.0404	0.0346	0.0508	0.0637
	1.2	0.0043	-0.0032	0.0054			
	2.1	0.0306	-0.0531	0.0613			
	2.2	-0.0727	-0.1102	0.1320			
	3.1	-0.0608	-0.0906	0.1091			
	3.2	-0.0333	0.0076	0.0341			
	Átlag	-0.0186	-0.0434	0.0472			
Ívmetszés	1	-0.0062	-0.0029	0.0068	0.0046	0.0030	0.0062
	2	-0.0020	0.0058	0.0062			
	3	-0.0055	-0.0002	0.0055			
	Átlag	-0.0046	0.0009	0.0046			
Sokszögvonál	1	0.0606	-0.0225	0.0646	0.0591	0.0177	0.0492
	2	0.0576	0.0064	0.0580			
	3	-0.0055	0.0243	0.0249			
	Átlag	0.0376	0.0027	0.0377			
GeoCalc kiegyenlítés		-0.0026	0.0022	0.0034	0.0026	0.0022	0.0034
GeoEasy kiegyenlítés		-0.0025	0.0021	0.0033	0.0025	0.0021	0.0033

8.3. ábra Eltérések összefoglaló táblázata az "össz" munkalapon

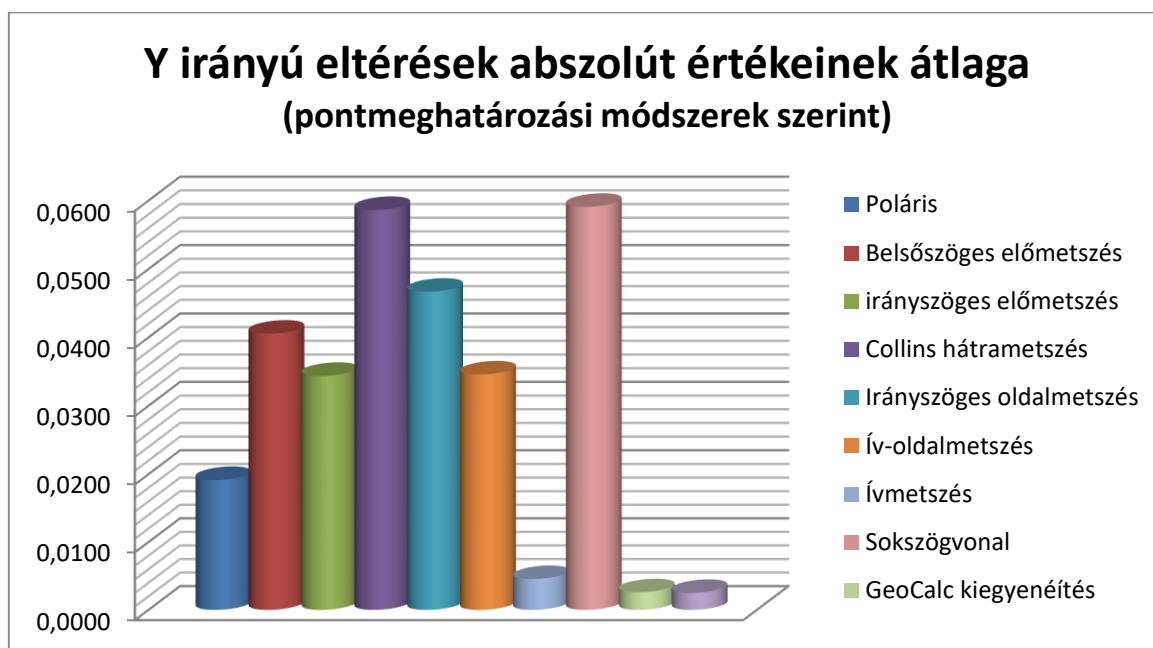
8.2. Pontmeghatározási módszerek megbízhatóságának összehasonlítása

Miután összesítve megkaptam az összes eltérést egy táblázatban, elkezdhettem az adatokat összehasonlítani, kiválasztani a legmegbízhatóbbat és a legkevésbé megbízhatót. Először a legmegbízhatóbb méréseket kerestem, azaz a számított eltérések közül a legkisebbet. Ehhez a „MIN” függvényt használtam az előző oldalon látható táblázaton.

A 8.4. ábrán látható, hogy melyek lettek a legkisebb eltérések az adott oszlopokban (az „Átlag” sorokat kihagyva).

	Eltérések abszolút értékei			Eltérések abszolút értékeinek átlaga		
	Y	X	D	Y	X	D
Minimumok	0.0020	0.0002	0.0054	0.0046	0.0030	0.0062

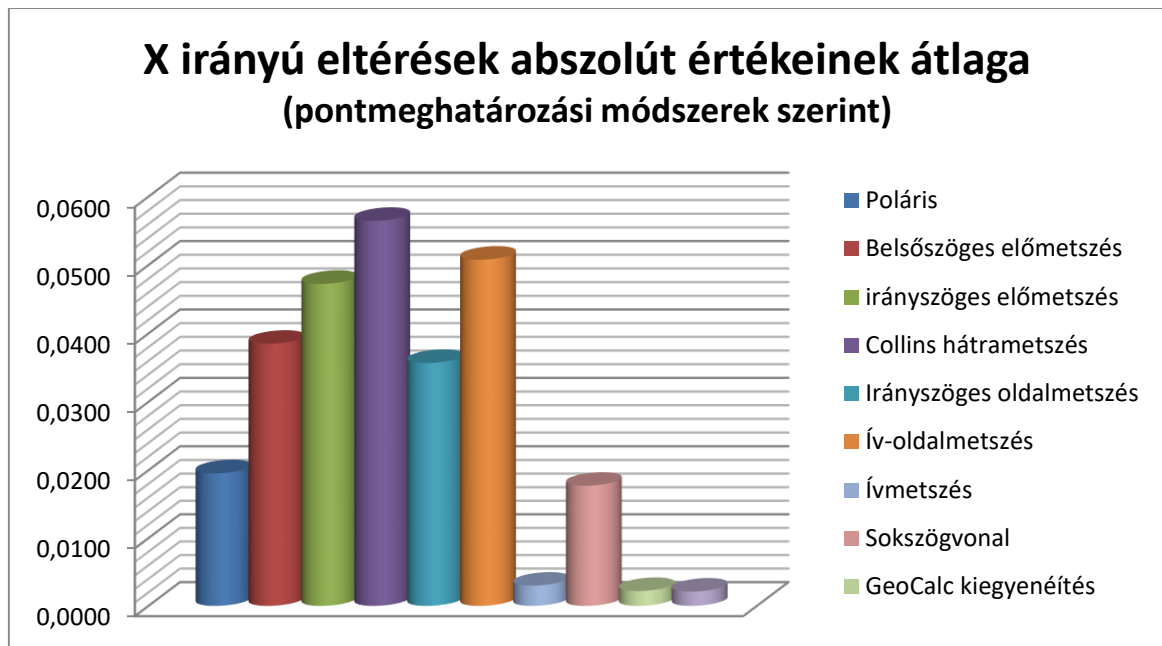
8.4. ábra Eltérések összesítő táblázatának minimumértékei



8.5. ábra Y irányú eltérések abszolút értékeinek átlaga

Ennek a vizsgálatnak az eredményeként megállapítható, hogy az elvárásaimnak megfelelően a két kiegyenlítéssel kaptam a legpontosabb koordinátákat. Tehát elmondhatom, hogy mind Y, mind X irányban, valamint a lineáris eltérés esetében is a két kiegyenlítés lett a legközelebb az eredeti 600-as koordinátákhoz.

Ha a két kiegyenlítéstől eltekintünk, az abszolút eltérések átlagában az Y, az X és a D értéke is az ívmetszés esetében volt a legkisebb. A 8.4. ábrában ezt a második oszlophármas mutatja.



8.6. ábra X irányú eltérések abszolút értékeinek átlaga

Az eredmények egyenként vett eltéréseinek abszolút értékeit vizsgálva Y és X irányban megállapítható, hogy a legkisebb értékeket itt is az ívmetszésekből kaptam meg (a másik és a harmadik háromszögből). Ugyanakkor a lineáris eltérés esetében itt az ív-oldalmetszés 1.2-es háromszögből kaptuk a legkisebb eredményt. Ezek az adatok láthatók a 8.4. ábra első oszlop-hármasában.

Átlag	Eltérések abszolút értékei		
	Y	X	D
Minimumok	0.0046	0.0000	0.0046

8.7. ábra Eltérések átlagának minimumértékei

Kicsit eltérő eredményt kaptam, mikor minden pontmeghatározási módszernél kapott koordináták módszerenkénti átlagának eltéréseit vizsgáltam (8.7. ábra). Ezt a vizsgálatot az „Átlag” sorokra állított „MIN” függvénnyel végeztem. Az átlagok közül Y és D értéket vizsgálva ugyancsak az ívmetszésnél volt a legkisebb az eltérés, de X irányban az irányszöges oldalmetszésnél lett a legkisebb eltérés.

Mikor az eltérések abszolút értékeinek átlagait a „MAX” függvény segítségével vizsgáltam (azaz kikerestem a legnagyobb eltéréseket), X és D értékek közül a hátrametszésnél tapasztaltam a legnagyobb eltérést, míg Y érték estében a sokszögvonalnál. Ha azonban a sokszögvonal-számítást nem vesszük pontmeghatározó módszernek a végpontok esetében –ahogy az a gyakorlatban nem is szokott előfordulni –, akkor az Y esetében is a hátrametszésnél a legnagyobb az abszolút eltérések átlaga. A 8.8. ábra második oszlophármasában láthatók az adott oszlopok maximumértékei.

	Eltérések abszolút értékei			Eltérések abszolút értékeinek átlaga		
	Y	X	D	Y	X	D
Maximumok	0.0821	0.1102	0.1320	0.0591	0.0564	0.0833

8.8. ábra Eltérések összesítő táblázatának maximum értékei

Az eredmények egyenként vett eltéréseinek abszolút értékét vizsgálva Y irányban az irányszöges oldalmetszés 2. háromszögéből; X irányban az ív-oldalmetszés 2.2-es háromszögéből kaptam a legnagyobb értéket. A lineáris eltérés esetében szintén a 2.2-es ív-oldalmetszés háromszögéből kaptam a maximális értéket. Ezek az adatok láthatók a táblázat (8.8. ábra) első oszlop-hármasában.

Átlag	Eltérések abszolút értékei		
	Y	X	D
Maximumok	0.0586	0.0434	0.0699

8.9. ábra Eltérések átlagainak maximumértékei

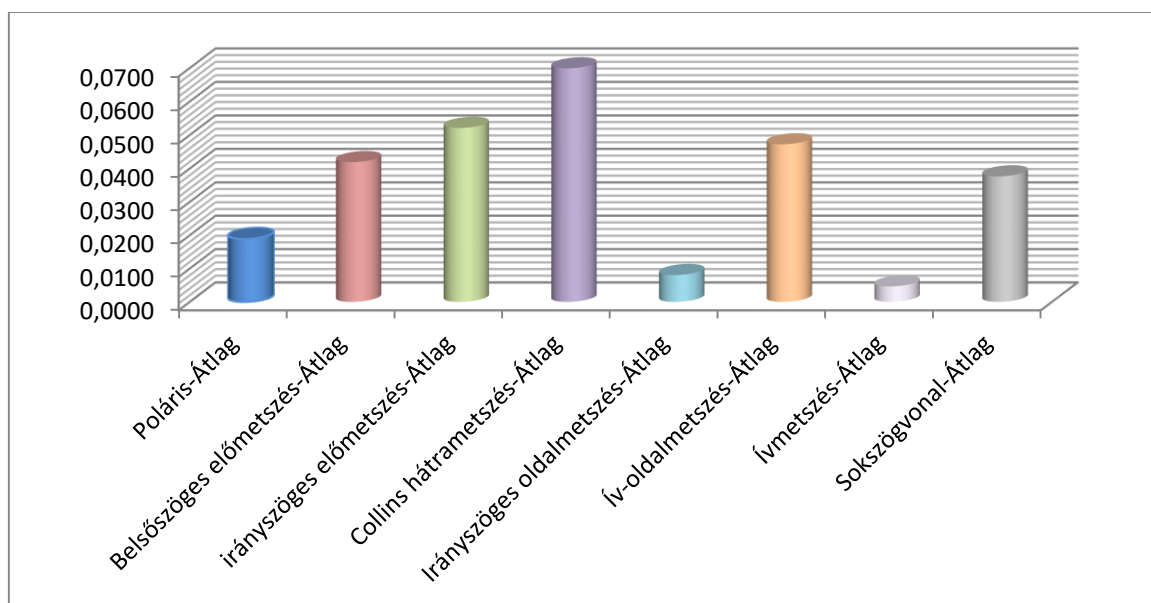
A pontmeghatározási módszerek eredményeinek átlagának eltéréseit vizsgálva „MIN” helyett „MAX” függvénnyel a következő eredményeket kaptam: Y irányban a hátrametszés, X irányban az ív-oldalmetszés, D értéke esetén pedig szintén a hátrametszés eredményeinek átlagánál volt a legnagyobb az eltérés az eredeti koordinátához képest. Az átlagok maximum értékeit mutatja az adott oszlopokban a 8.9. ábra.

A fejezetben megjelenített és elemzett táblázatok mellett diagramokban (8.5., 8.6., 8.10., 8.11., 8.12., 8.13. ábra) jelenítettem meg az Y és az X irányú és a lineáris eltéréseket.

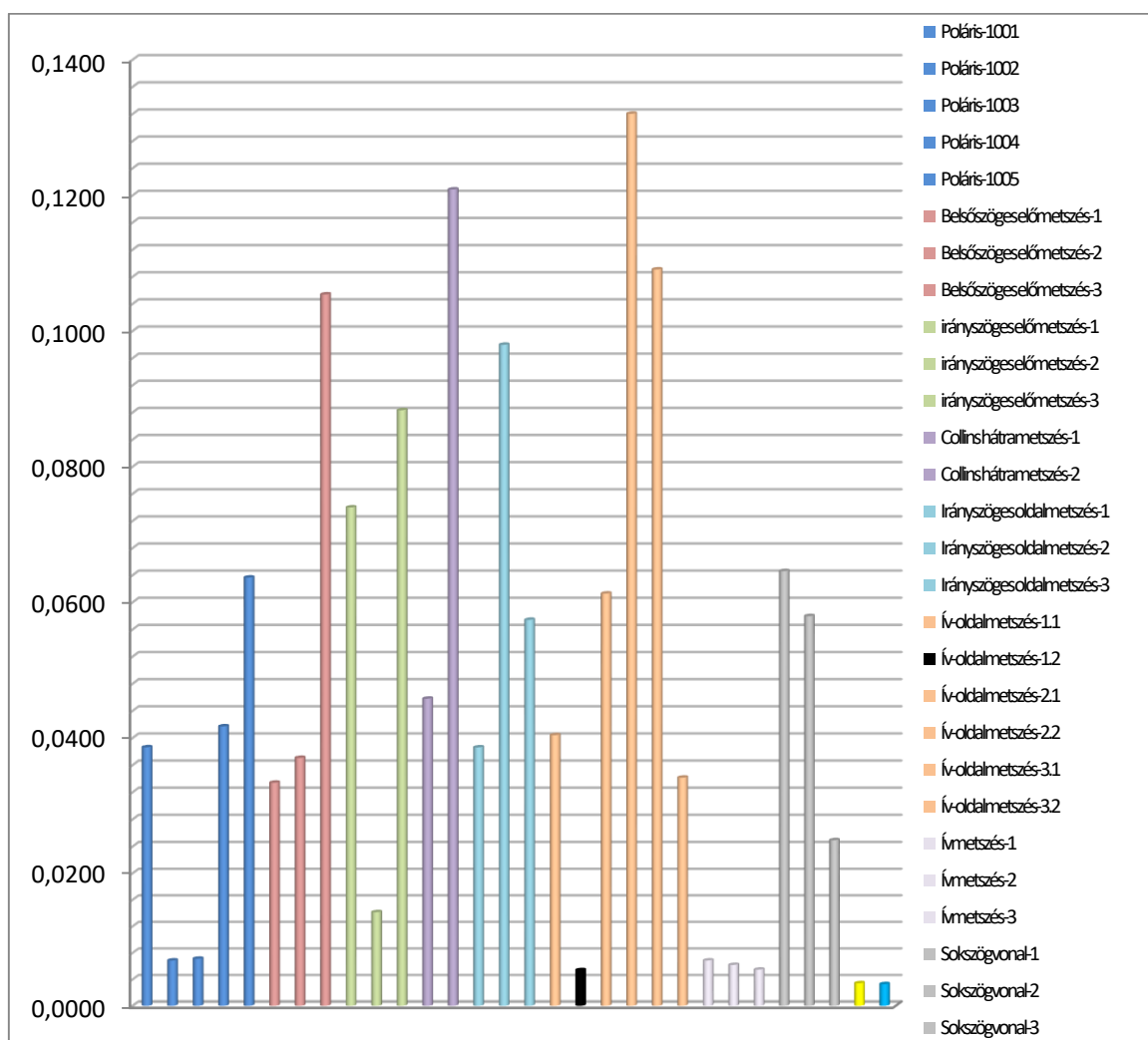
A 8.8. és a 8.4. ábrák első oszlophármasának eredményei nem relevánsak, mert csak 1-1 számítás eredményeire vonatkoznak. Pusztán érdekességképpen jelenítettem meg és értelmeztem ezeket. Ugyanis az látszik, hogy az egyes mérések között nagyon nagy különbségek vannak az adott módszereken belül. Ez is bizonyítja, hogy ezeket az eredményeket felhasználni a módszerek megbízhatóságának vizsgálatánál nem érdemes. De az egyes módszereken belül kapott eredmények átlagainak eltérések szempontjából történő vizsgálata hasznos lehet.

A következő két diagram (8.10. és 8.11. ábra) azt hivatott mutatni, hogy milyen különbségek vannak, ha a lineáris eltéréseket vizsgáljuk minden egyes mérés esetén, vagy ha az átlagokat nézzük. (8.11. ábrán a legkisebb érték külön feketével van jelölve.)

A 8.12. ábra egy érdekes megjelenítése az egyenkénti mérések lineáris eltéréseinek. A középpontban van a nulla érték(origó) és a sugarakon olyan távol vannak az origótól a pontok, mint az adott számítási eredmény lineáris eltérésének nagysága.

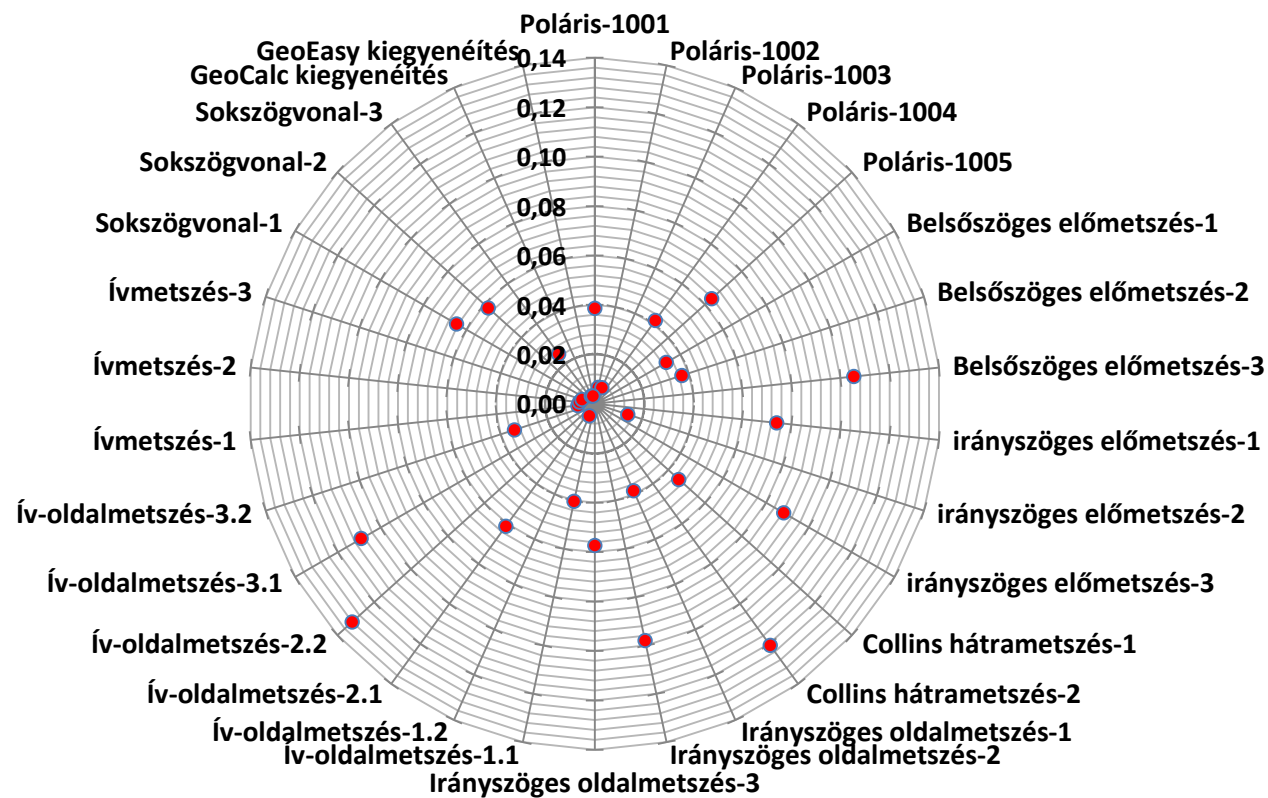


8.10. ábra Számítási módokként vett átlagok eltérései



8.11. ábra Egyes számítások eltérései

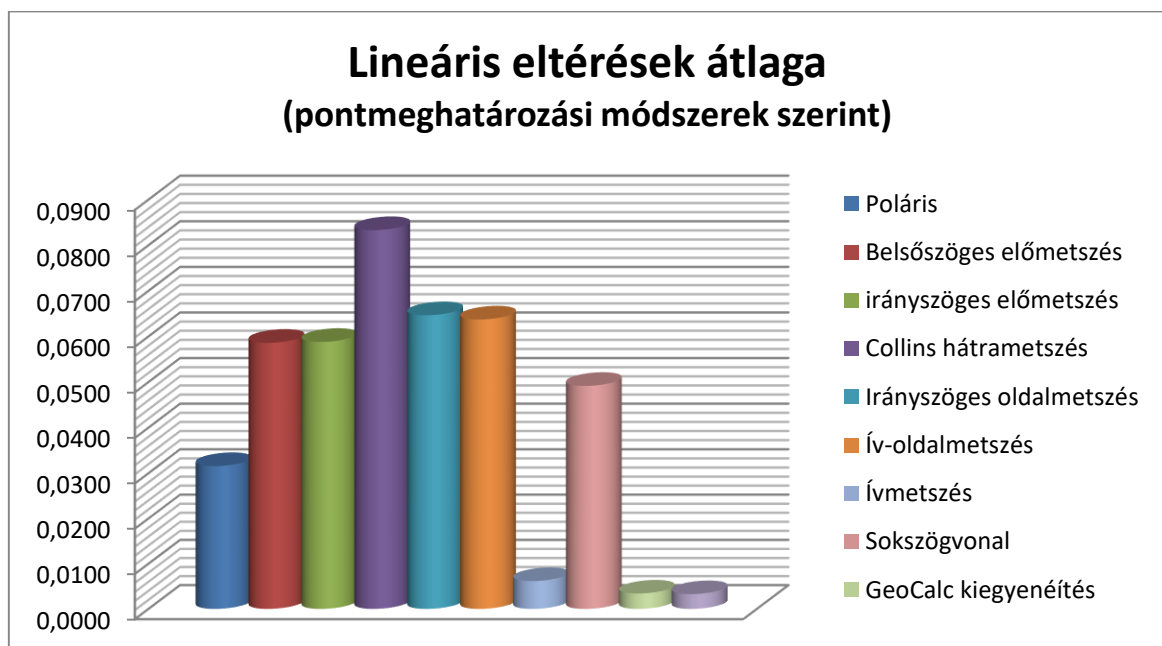
Számítási eredmények lineáris eltérései



8.12. ábra D értékek nagysága nullához és egymáshoz képest

8.3. Eredmények összegzése

A fiktív mérések felhasználásával kapott megbízhatósági eredmények nem teljesen azt az eredményt mutatják, amire számítottam. Egyrészt persze az eredményeket elemezve megmutatkozott, hogy ténylegesen messze a legkevésbé megbízható, legpontatlanabb megoldás pontmeghatározásra a hátrametszés. Önmagában ennek a rég ismert ténynek ezzel az új módszerrel történő megerősítése miatt is sikeresnek nevezhető a szakdolgozat. Az is bebizonyosodott, hogy a teljes hálózatra kiterjedő kiegyenlítések a legmegbízhatóbbak. Ezt két külön szoftverrel, két külön kiegyenlítési megoldással is sikerült eredményekkel igazolni. Tehát a kitűzött célt elértem.



8.13. ábra Lineáris eltérések átlaga

Ugyanakkor az, hogy az ívmetszés bizonyult a pontkapcsolások közül a legmegbízhatóbbnak, a legpontosabbnak mutatja, hogy a fiktív mérésekkel történő megbízhatóság-vizsgálat nem teljesen fedi le a valóságot. Azt mindenesetre bizonyítja az eredmény, hogy szigorúan geometriai alapon, csak véletlen hibákat megengedve, a legjobb eredményt akkor érünk el, ha csak távolságokat mérnénk. Ennek ellenére ez a valóságban nem így van. Tehát ebből az eredményből levonhatjuk azt a következtetést, hogy a nem véletlen hibák (legyen az pontra állás, refrakció miatti, stb. hiba) komolyabb hatással vannak a távmérésre, mint a szögmérésre. Ez is régen ismert információ volt, a szakdolgozatom és ez a szimulált módszer csak megerősítette ezt.

Amennyiben úgy értelmezzük a végeredményt, hogy az egyenkénti eredményeket nem vesszük figyelembe a meghatározásokon belüli eltérések túl nagy szórása miatt; mind a meghatározási módszerek koordinátáinak átlagát nézve, mind a megbízhatósági módszerek egyenkénti koordinátáinak eltérésének átlagait nézve megállapíthatóak a következők:

- A hátrametszés a legmegbízhatatlanabb
- A kiegyenlítések a legmegbízhatóbbak
- Csak a pontkapcsolásokat nézve pedig az ívmetszés a legmegbízhatóbb (ha csak véletlen hibákkal számoltunk).

A sokszögvonala-számítás eredménye szintén kismegbízhatóságot mutat arra az esetre, ha végpont koordinátákat szeretnénk meghatározni vele. Figyelembe véve azt, hogy az ívmetszés esetén mekkora különbség van közöttük, hogy csak véletlen hibákkal terheljük a mérést vagy valós mérések eredményeit dolgozzuk fel; nem meglepő, hogy a sokszögvonala (terepi) mérés összehasonlíthatatlanul pontatlanabb eredményt mutat végpont-koordináta meghatározásra. Ez a rengeteg szabályos hibának köszönhető, amely a sok új állásponttal jár. A számítás eredménye a mellékletben, 52. táblázatban tekinthető meg. Az eltérések deciméteres nagyságrendűek lettek, ami azt jelenti, hogy még hátrametszéssel is alkalmasabb pontot meghatározni, mint sokszögvonalak végpontjaiként.

9. Eredmények hasznosítása

Miközben az ívmetszés túl jó eredményeit elemeztem, arra jutottam, hogy szabályos hibával is terhelhetem a fiktív mérési eredményeket. Annak érdekében, hogy a valósághoz még inkább hasonlóvá tegyem a fiktív méréseimet, csak a távolságokat rontottam el szabályos hibával.

Ehhez mindenekelőtt a „létesítés” és az „sszv” munkalapokra elhelyeztem egy szabályos hiba értéket ppm- és m-dimenzióban feltüntetve.

Alapadatok			
	Ponszám	Y	X
	600	602358.6100	204975.6400
	1001	600301.5056	205550.2442
	1002	602460.5027	207953.4406
	1003	604850.6208	206352.1201
	1004	604313.1633	203783.7116
	1005	601628.6801	202370.5766
Szögmérés megbízhatósága:	3 "		1.45444E-05
Táv mérés megbízhatósága:	3 mm	+	0.0030
	2 ppm		0.0020
Szabályos hiba:	0 ppm		0.0000

9.1. ábra Szabályos hiba az "Alapadatok" között

Ezek után kiegészítettem a távolság transzformáláshoz, hibával terheléséhez használt, 3. fejezetben leírt képletet az alábbi módon:

$$t_r = 0.003 \cdot l_i + \left(t_i \cdot \frac{0.002}{1000} \right) \cdot l_i + t_i$$



$$t_r = 0.003 \cdot l_i + \left(t_i \cdot \frac{0.002}{1000} \right) \cdot l_i + t_i + \left(\frac{\mu_{szabályos}}{1000} \cdot t_i \right)$$

Az eredeti Excel-állományban, amely alapjául szolgált szakdolgozatom eddigi részének, ez a $\mu_{szabályos}$ szabályos hibát jelölő tag egyenlő nullával.

Az ezután létrehozott állományokat már csak digitálisan csatolom a szakdolgozatomhoz, mert nagyon kevésben térnek el az eddig csatolt táblázatokról.

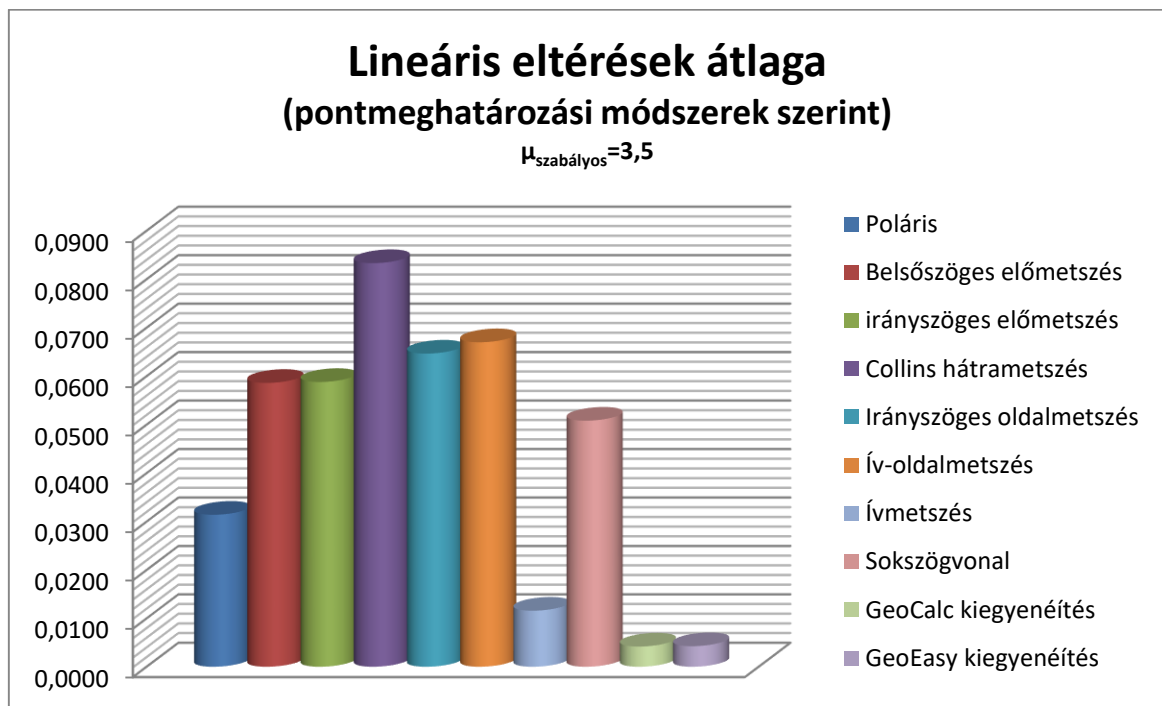
9.1. Szabályos hibák

Miután elhelyeztem a távolságot hibával terhelő képletben a szabályos hibára vonatkozó részt is, először azt kerestem meg, hogy körülbelül melyik a legnagyobb szabályos hiba, amely mellett az F-próba még éppen elfogadható. Ehhez a GeoCalc kiegyenlítési jegyzőkönyvében mutatott F-próba eredményeit használtam fel.

9.1.1. Keresés F-próbával

Az F-próbáról írtaknál már jeleztem, hogy később még fontos lesz ez a próba, annak ellenére, hogy akkor még szó sem volt szabályos hibákról. Nos, itt néhány szabályos hiba kipróbálása után arra jutottam, hogy $\mu_{\text{szabályos}}=3$ esetén még elfogadható az F-próba viszont $\mu_{\text{szabályos}}=4$ esetén már nem. Végül megpróbáltam a $\mu_{\text{szabályos}}=3,5$ -ös szabályos hibát. Erre még szintén azt kaptam eredményül, hogy elfogadható az F-próba, így ezzel számoltam tovább.

Az eredményeket meg lehet tekinteni a „szabályos hiba 3.5” nevű Excel-állományban és az ugyanilyen nevű kiegyenlítési jegyzőkönyvekben. Ezek az eredmények még mindig azt tükrözik vissza, hogy az ívmetszés a pontkapcsolások közül a legmegbízhatóbb (9.2. ábra).



9.2. ábra Lineáris eltérések átlaga 3.5 ppm-es szabályos hiba esetén

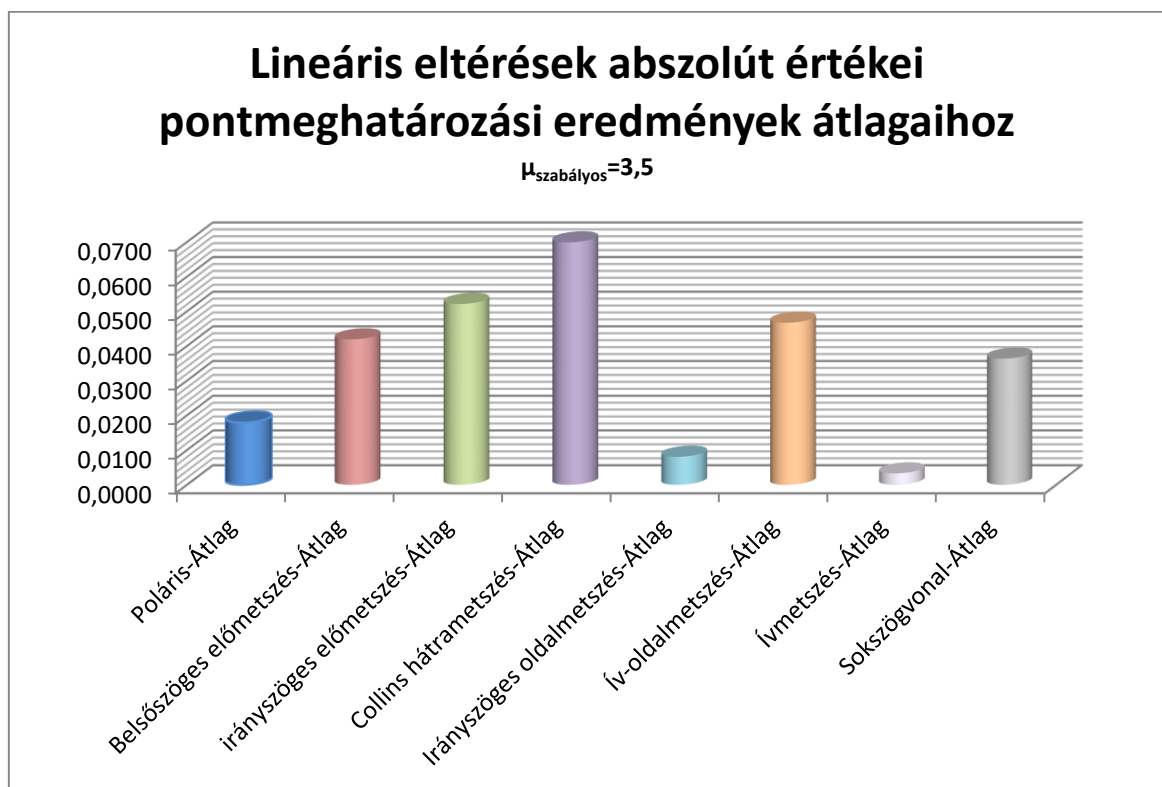
A F-próbát magam is kiszámoltam a 3.5 ppm-es szabályos hibával terhelt távolságú kiegyenlítések értékei alapján. Megállapítható, hogy mind a GeoCalc által számított kiegyenlítés szerint, mind a GeoEasy által számított szerint elfogadható az F-próba $p=0.99$ -es szinten. Ez esetben is a melléklet táblázatának 30-as, 40-es, 50-es és 100-as oszlopát valamint ∞ sorát használtam, a szabadságfokoknak megfelelően.

GeoCalc:

$$F_{3.5} = \frac{\sigma_{utólagos}^2}{\sigma_{előzetes}^2} = \frac{3.64^2}{3^2} = 1.472 < F_{(52;\infty)} \approx 1.52$$

GeoEasy

$$F_{3.5} = \frac{\sigma_{utólagos}^2}{\sigma_{előzetes}^2} = \frac{1.1^2}{1^2} = 1.210 < F_{(32;\infty)} \approx 1.68$$



9.3. ábra Számítási módszerek eredményeinek átlagának eltérései 3.5 ppm esetén

9.1.2. Keresés folytatása manuálisan

Mivel a 3.5 ppm-es szabályos hiba esetén is az ívmetszés maradt a legmegbízhatóbb pontkapcsolás, ezért elkezdtem a szabályos hibát egyenként növelni az Excel-állományomban. Minden egyes növelés után megnéztem a minimum függvények eredményét és a diagramokat. Eljutottam $\mu_{\text{szabályos}}=12$ értékig mire végre nem az ívmetszés lett a legmegbízhatóbb pontkapcsolás (9.4. és 9.5. ábra).

GeoCalc:

$$F_{12} = \frac{\sigma_{\text{utólagos}}^2}{\sigma_{\text{előzetes}}^2} = \frac{9.32^2}{3^2} = 9.6514 > F_{(52;\infty)} \approx 1.52$$

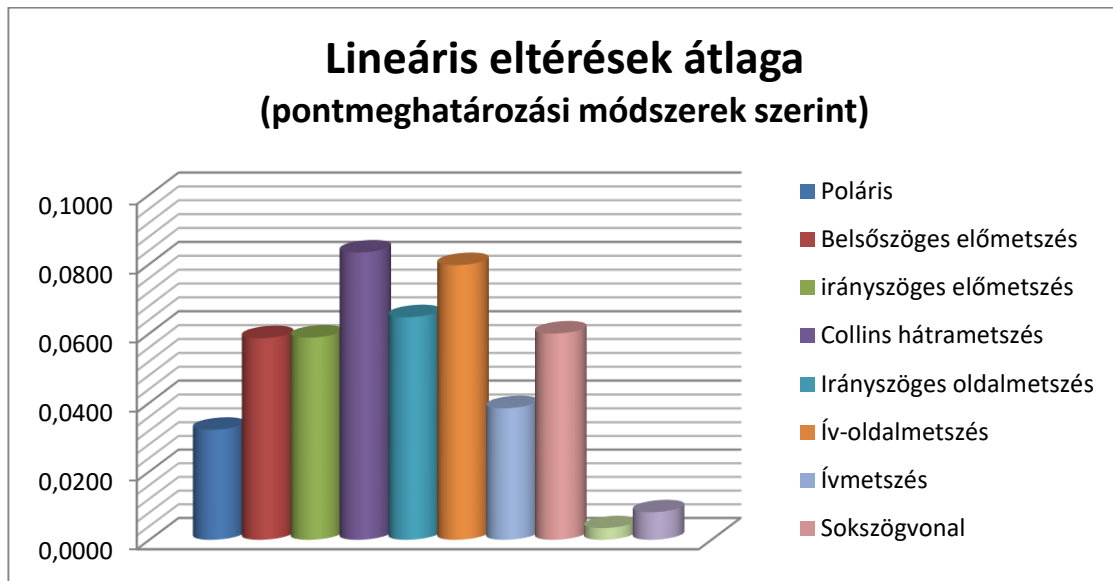
GeoEasy

$$F_{12} = \frac{\sigma_{\text{utólagos}}^2}{\sigma_{\text{előzetes}}^2} = \frac{2.24^2}{1^2} = 5.0176 > F_{(32;\infty)} \approx 1.68$$

	Eltérések abszolút értékei			Eltérések abszolút értékeinek átlaga		
	Y	X	D	Y	X	D
Minimumok	0.0025	0.0001	0.0068	0.0241	0.0182	0.0322
Maximumok	0.0994	0.1010	0.1417	0.0586	0.0577	0.0833

9.4. ábra 12 ppm szabályos hiba esetén az eltéréstáblázat maximumai és minimumai

9.2. Szabályos hibákkal terhelt eredmények összegzése



9.5. ábra Lineáris eltérések átlaga 12 ppm esetén

A 8.3-as fejezetnek ez az összegzés tulajdonképpen egy kiegészítése. Ott a szakdolgozatom eredeti végcéljának elemzéseit, végeredményeit közöltem, majd azok alapján tovább fejlesztettem a szakdolgozat kutatását. Mindezeket a 9. fejezetben írtam le, lépéseinek egymásutánosságában követve a szakdolgozat korábbi fejezetekben leírtakat.

A szabályos hibával való terhelés eredményeinek vizsgálata alapján arra a következtetésre jutottam, hogy csak akkor lehet az ívmetszés, azaz a csak távmérésen alapuló pontkapcsolás megbízhatatlanabb legalább egy másik pontkapcsolásnál, ha messze túllépjük a Fischer-próba által $p=0.99$ -es szinten megszabott határokat. Ebben az esetben fordulhat elő, hogy a poláris pontszámítás esetén megbízhatóbb értékeket kapunk a lineáris eltérések átlagánál.

Összefoglalva, a távolságmérés szabályos hibával terhelése esetén csak szignifikáns előzetes-utólagos súlyegység középhiba eltérés esetén, azaz sok szabályos hibával érhető el, hogy az ívmetszés megbízhatóság szempontjából a második legyen. Ugyanakkor ebben az esetben az ív-oldalmetszés is sokat veszít megbízhatóságából, ezzel felzárkózik a hátrametszés után a második legmegbízhatatlanabb pontkapcsolássá.

Más eltérésadatokat tekintve még ennél is több szabályos hiba szükséges az ívmetszés megbízhatóságának csökkentéséhez.

10. Alkalmazhatóság lehetőségei

A digitális állományok között hagytam egy olyan Excel állományt, melyben a „VÉL” függvény sehol sincs – szakdolgozatomban említett F9-es módszerrel – lekötve. Ez azt jelenti, hogy a transzformáció, azaz a véletlen hibával való terhelés minden egyes frissítésre (pl.: F9 billentyű lenyomása) változást jelent a rontás irányában és mértékében minden egyes szög és minden egyes távolság esetében a „létesítés” és az „sszv” munkalapokon is. Valamint – természetesen a hivatkozásoknak hála – ezek a változó szögek és távolságok változnak a pontmeghatározási módszerek számításainál is, minden munkalapon. Ennek köszönhetően sokkal több adat kinyerhető az állományból, ha az „össz” munkalapra lépve minden egyes F9-es billentyű lenyomás után a kapott értékeket másoljuk. Így annyi eredményt kapunk, ahányszor ezt a lépést elvégezzük, ahányszor csak szeretnénk. A változásokat szemléletesebbé teszi, néhány – az állományban hagyott – diagram, mely az értékek változásával szintén frissül és az F9 billentyű lenyomogatásával figyelhetjük, hogyan változnak a véletlen hibák normális eloszlás szerinti változtatása következtében az eltéréseredmények.

Ennek a lehetőségnek a kiaknázásával tovább lehetne pontosítani a fiktív mérések alapján történő megbízhatósági vizsgálatot. Ezt úgy lehet értelmezni, hogy annyszor mértük újra (szimuláltuk újra) a szögeket és a távolságokat, ahányszor F9-et nyomtunk és mentettük az újeredményeket.

Egy másik alkalmazási lehetőséget már említettem, de még egyszer megjegyzem: Az előzetes megbízhatósági mérőszámok helyére más műszerek adatait is megadhatjuk, így bármely műszerre alkalmazható az Excel-állományom mind a statikus lekötött formában, mint a szabadon hagyott „VÉL” függvényes-formában is.

Szögmérés megbízhatósága:	3	"	1.45444E-05	
Távmérés megbízhatósága:	3	mm	+	0.003
	2	ppm		0.002

10.1. ábra Megbízhatósági értékek

Makro programozás segítségével a létesítés munkalap sokkal egyszerűbb lehetne, kisebb helyen egyszerre több adatot tudnék megjeleníteni az Excel-állományon belül. Sőt néhányszor néhány cellás táblázatokba lehetne tömöríteni akár egy hátrametszést is.

Végül egy nagyobb távú lehetőség volna (természetesen csak a makro programozás megismerése után) a trigonometria, a szintezés és a GNSS technológia vizsgálata egy hálózaton belül, hasonlóan képzett fiktív mérésekkel, hasonlóan transzformált véletlen hibával ellátott értékekkel. Ebben az esetben 4 koordinátát kaphatnánk egy pontra: 3D + a geoidunduláció értéke.

Köszönetnyilvánítás

Az szakdolgozatom tehát messzemenően tovább építhető, pontosítható, de célomat – egy átfogó megbízhatósági vizsgálatot a vízszintes pontmeghatározási módszerekre – sikeresen hajtottam végre.

Munkám során a legtöbb segítséget konzulensemől, Dr. Bácsatyai Lászlótól kaptam, így elsősorban és leginkább neki tartozok köszönettel. Nélküle egészen biztosan nem tudtam volna megvalósítani sem az alapötletet, sem a szakdolgozatomat.

Továbbá köszönettel tartozom Dr. Busics Györgynek a szakdolgozat-készítés elején adott tanácsaiért és irodalom ajánlataért; Tarsoly Péternek azért, mert egy pontkapcsolásnál geometriai elrendezési problémámat segített megérteni.

Végül, de nem utolsósorban hálás vagyok Szabó Ádámnak és Ördög-Deák Csillának a terepi mérésen való segítségnyújtásukért.

Irodalomjegyzék

- Bácsatyai László 2010.: Kiegyenlítő Számítások, 109 p.
- Bácsatyai László 2010.: Szimulációs Módszerek a Függőleges Földkéregmozgások Vizsgálatában, Geomatikai Közlemények, 7,
- Busics György 2009.: Geodéziai Mérési Praktikum kézirat, Székesfehérvár, 156 p.
- Csepregi Szabolcs – Gyenes Róbert – Tarsoly Péter 2011.: Geodézia I. kézirat, Székesfehérvár, 204 p.
- Hazay István 1968.: Kiegyenlítő számítások, Tankönyvkiadó, Budapest (2. kiadás), 598p.
- Prékopa András 1962.: Valószínűségelmélet Műszaki Alkalmazásokkal, Műszaki könyvkiadó, Budapest (3. kiadás, 1974), 440 p.
- Tarsoly Péter 2009.: Geodézia II. ideiglenes kézirat, Székesfehérvár, 156 p.
- Tarsoly Péter – Tóth Zoltán 2011.: Geodézia, 6 Geodéziai számítások, GED-6 TÁMOP modul, Székesfehérvár, 23 p.
- Sógók
 - Microsoft Office Excel Sógó
 - GeoEasy Sógó
 - GeoCalc Sógó