

Vetületi rendszereink közötti átszámítás szoftveres megoldása

Gyenes Róbert – Kulcsár Attila
NyME GEO, Geodézia Tanszék – NyME GEO, Térinformatika Tanszék

GisOpen 2004 konferencia, Székesfehérvár (2004.március 18)
Poszter kiállítás

Bevezetés

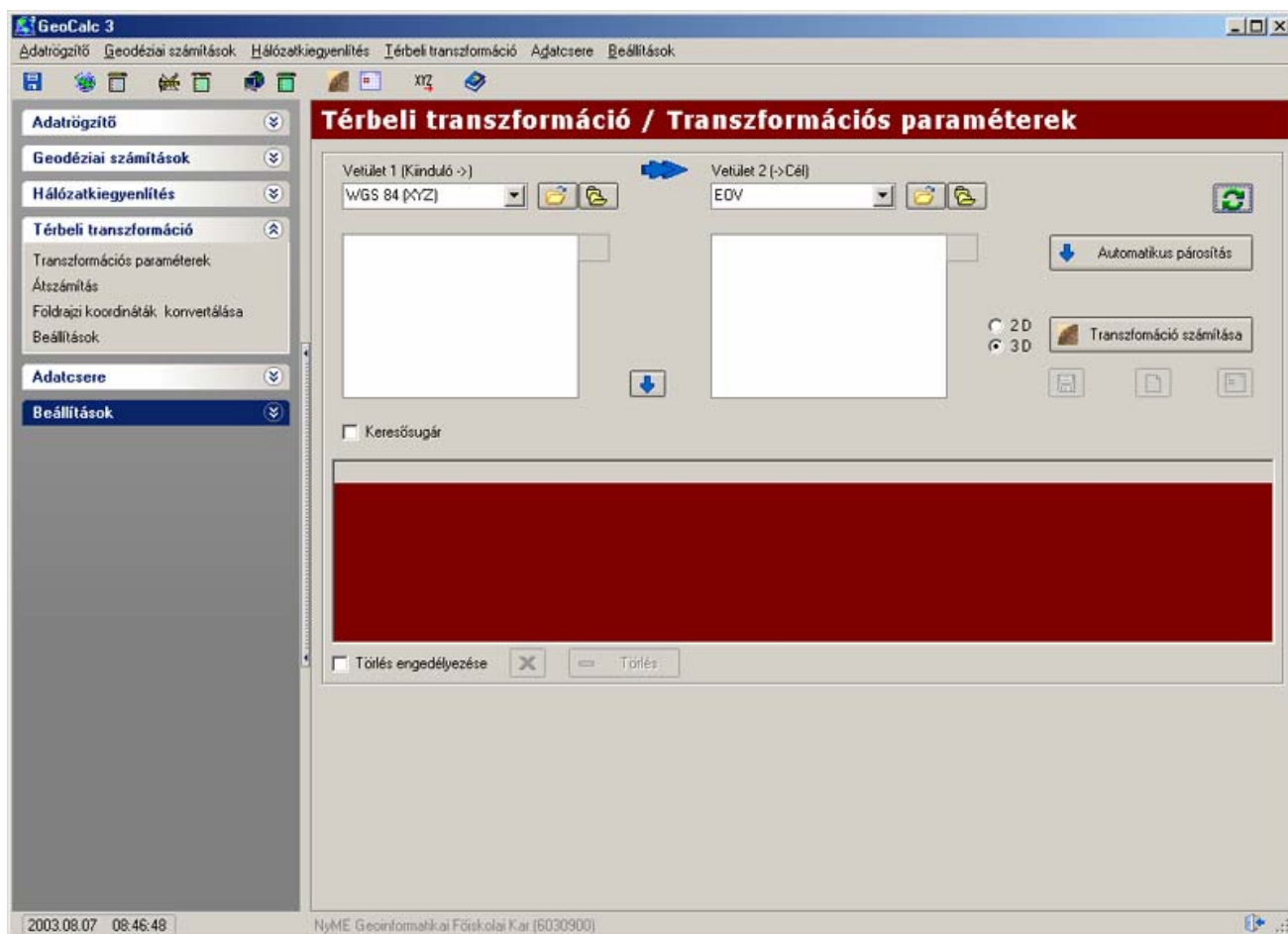
A **GeoCalc 3** programrendszer harmadik, *Térbeli transzformációs* moduljával lehet a hazai vetületi rendszereink közötti átszámításokat elvégezni.

A menü a következőket tartalmazza:

- Transzformációs paraméterek: transzformációs paraméterek meghatározása térbeli hasonlósági transzformációval
- Átszámítás: koordináták átszámítása
- Beállítások: a nyomtatások során a koordináták kijelzésének élessége, valamint a transzformációs paraméterek manuális szerkesztése végezhető el


Transzformációs paraméterek

Itt határozhatók meg a transzformációs paraméterek, amelyeknek számítása után vagy elmentjük a paramétereket egy későbbi felhasználás céljából, vagy pedig elvégezzük ezt követően az átszámítást.





A lista boxokban található azok a vetületek, amelyek között a vetületi átszámítások elvégezhetők. A különböző vetületi rendszerek a hazánkban szokásos jelöléseknek megfelelően vannak ellátva. Ezek a következők:

1. EO V
2. Gauss-Krüger 33
3. Gauss-Krüger 34
4. HDR
5. HÉR
6. HKR
7. Sztereografikus
8. UTM 33
9. UTM 34
10. VNR : vetület nélküli rendszer
11. WGS 84 (FLH) : WGS 84 ellipszoidhoz tartozó földrajzi koordináták
12. WGS 84 (XYZ) : WGS 84 ellipszoidhoz tartozó térbeli geocentrikus koordináták

A vetület választását követően olvassuk be a megfelelő koordináta állományokat. A  ikonon kattintás is elvégezhető.

Közös pontok kijelölése

Közös pontok kijelölésére háromféle lehetőség kínálkozik.

1. **Manuális párosítás:** Rámutatunk a megfelelő pontokra az egyes boxokban, majd a [] nyílra kattintunk. Ezt akkor alkalmazzuk, ha valamilyen oknál fogva a pontszámok különböznenek, mégha ugyanarról a pontról is van szó. Ez viszonylag ritkán fordul elő.
2. **Automatikus párosítás:** Ha a pontszámok azonosak és minden, az egyes listákban azonos pontszámmal szereplő pontot be akarunk vonni a számításba közös pontként, akkor ezt a módszert alkalmazzuk. Ekkor csak kattintsunk a [**Automatikus párosítás**] gombra.
3. **Keresősugár:** A fenti két kiválasztással csak egyetlen transzformáció számítására van lehetőség, amikor az átszámítandó pontok és a közös pontok területi eloszlása alapján döntjük el, hogy mely pontok képezzék a transzformáció alapját. Ekkor a közös pontok kiválasztása aszerint az ismert elv alapján történik, hogy azok az átszámítandó pontokat lehetőleg „közrefogják”. Ezt a fajta kiválasztást általában 5-10 km sugarú környezetben lévő pontok alapján szokás elvégezni. Ha azonban tömegesen kell pontokat átszámolnunk, amikor az átszámítandó pontok nem egy kisebb területen helyezkednek el, akkor célszerű ezt a feladatot automatikusan egy ún. keresősugár alapján végrehajtani. Ehhez a Keresősugár boxot pipáljuk ki. Az ekkor láthatóvá váló panelen a megfelelő ikonokra kattintva olvassuk be az átszámítandó pontokat, szükség esetén akár hozzáfűzéssel. Állítsuk be a keresősugár értékét majd kattintsunk a [**Automatikus párosítás**] gombra. Ekkor az átszámítandó pontokhoz megtörténik a közös pontok állományából az automatikus párosítás minden egyes átszámítandó pontra, külön-külön. A Keresősugár panelen lévő listabólxból pedig meg tudjuk tekinteni minden egyes pontra vonatkozóan, hogy hány darab közös pont került kiválasztásra. Ha az egyes átszámítandó pontokhoz ezt követően manuálisan szeretnénk közös pontokat hozzárendelni, akkor azt a fentebb leírtak szerint megtehetjük. Persze előtte válasszuk ki, hogy mely pontokhoz akarjuk ezt elvégezni. Ha törölni szeretnénk, akkor a Törlés engedélyezése boxot kapcsoljuk be. A [] gombbal minden egyes pontra minden párosítás törlésre kerül, a vízszintes vonallal pedig a kiválasztást követően csak a megfelelő egy-egy átszámítandó pontnál lehet egyesével közös pontot törölni.

Transzformáció számítása


A közös pontok kiválasztását követően kattintsunk a [**Transzformáció számítása**] gombra. Ekkor a számítást követően automatikusan megjelenik a számítási jegyzőkönyv is. Tartalmáról részletes leírás lejjebb olvasható.

A transzformációs paraméterek meghatározása kétféleképpen történhet, amelyet a 2D és 3D gombok megfelelő kiválasztása határoz meg. Ezek jelentése a következő:

- 2D: a transzformáció során az ellipszoid feletti magasságok, ahol pedig a vetületi koordináták mellett a pontok magasságai voltak megadva, ott az azokból számított „ellipszoidi” magasságok nincsenek figyelembe véve. Ezt akkor célszerű alkalmazni, ha a számítás során az átszámítandó pontok magasságai minket nem érdekelnek, a megfelelő vetületekben csak az y és x koordinátákra van szükségünk, de magasságokra nem.


- 3D: a transzformáció során az ellipszoid feletti magasságok, ahol pedig a vetületi koordináták mellett a pontok magasságai voltak megadva, ott az azokból számított „ellipszoidi” magasságok vannak figyelembe véve a számítás során. Például WGS 84 térbeli geocentrikus koordináták EOVB-ba történő átszámításakor az előbbinél WGS 84 ellipszoidi magasságok, az utóbbinál a tengerszint feletti magasságok lesznek figyelembe véve. Ekkor van lehetőség a WGS 84 geocentrikus, vagy WGS 84 földrajzi koordinátáiból a geodéziai gyakorlatban használt tengerszint feletti magasságok számítására. A gyakorlatban az utóbbi módszert alkalmazzuk, bár egy speciális esetben, amikor egy vagy több pont WGS 84 rendszerben adott koordinátáit akarjuk úgy meghatározni, hogy annak az említett példának megfelelően EOVB koordinátája nem, de magassága például szintezésből adott, akkor az ún. kétlépcsős módszert alkalmazzuk. Ez azt a célt szolgálja, hogy egy adott területen a megfelelő vetületi rendszerekben adott pontok alkotta hálózatot merevítsük.

Transzformációs paraméterek mentése

A transzformációs paramétereket a **Transzformáció számítása** gomb alatt lévő  mentés parancsgombbal tudjuk elmenteni. Az állomány típusánál a Paraméterek(*.*) és az Inverz paraméter(*.*) lehetőségeket választhatjuk. Az utóbbi esetben a „fordított” transzformációhoz tartozó paramétereket lehet elmenteni. Azokat így nem kell külön kiszámolni.

Amennyiben *Keresősugár* alkalmazásával történt a transzformációs paraméterek meghatározása, akkor annyi transzformációs paramétert kapunk, amennyi az átszámítandó pontok száma. Paraméterek mentésénél ilyenkor nem az összes paraméter kerül elmentésre, hanem csak a kiválasztott ponthoz tartozó paraméter.

Feladat törlése

A feladat törlése a  gombbal történik. Ekkor minden törlésre kerül, ami a megelőző feladatnál felhasználásra került.

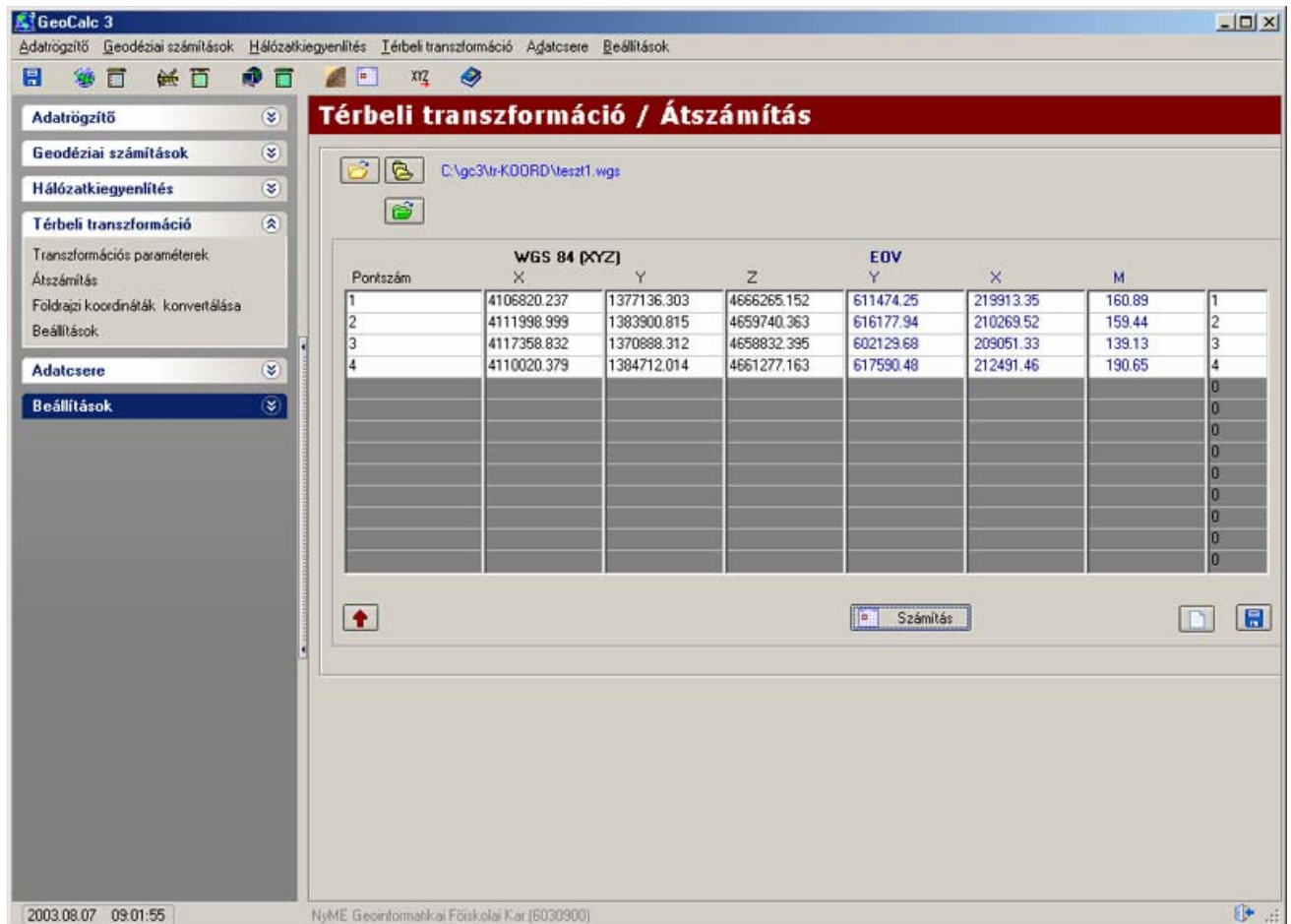
Számítási jegyzőkönyv tartalma

A számítási jegyzőkönyv a következőket tartalmazza:



- vetületi rendszereket, azaz honnan hová történt az átszámítás,
- transzformáció típusát a 2D és 3D beállításnak megfelelően,
- a közös pontok számát,
- a kiinduló koordinátákat,
- a transzformációs paramétereket és középhibáikat,
- az illeszkedés „közephibáit”. Bár szigorú értelemben nem középhibákról van szó, jobb híján ezt az elnevezést szokás használni,
- a közös pontok transzformáció alapját képező térbeli koordinátáinak a listáját a javításokkal. A javítások mind geocentrikus (vX , vY , vZ), mind topocentrikus (vE :nyugat-keleti; vN :észak-déli; vH : magassági) értelemben fel vannak tüntetve. Kivétel ez alól, ha vetület nélküli rendszer az egyik választott vetület(a kiinduló vagy a cél vetület). A javításokat úgy kell értelmezni, hogy a közös pontok esetén azokat a transzformált koordinátákhoz hozzáadva az eredeti koordinátákat kell kapnunk.

Átszámítás

Itt tudjuk elvégezni a transzformációs paraméterek alapján a pontok átszámítását. Ezt vagy közvetlenül a paraméterek számítása után végezzük el, vagy betöltjük a paramétereket egy korábbi meghatározásból.



Koordináta állomány választása

A *Nyit*  vagy *Hozzáfűz*  ikonokra történő kattintással olvashatjuk be az átszámítandó pontok állományát. Előtte természetesen a megfelelő vetületeket vagy koordináta rendszert válasszuk ki. Ha az átszámítást közvetlenül megelőzte a paraméterek számítása, akkor a Vetület1 (Kiinduló->) listaboxban lévő pontok töltődnek be automatikusan. Ha pedig a Keresősugár be volt kapcsolva, akkor értelemszerűen az ott beolvasott pontok láthatók a listában.

Paraméter állomány nyitása

Paraméterek betöltését a zöld  gombra kattintva tudjuk elvégezni.

Számítás

A [**Számítás**] gombra történő kattintással megtörténik a pontok megfelelő rendszerbe történő transzformálása.

Interpoláció

Az átszámítandó pontok esetén lehetőség van a közös pontoknál mutató javításokból a megfelelő koordinátákra interpolációt számolni. A számítás elve, hogy az átszámítandó ponthoz legközelebb eső 3 pontra (beleértve akár a súlypontot, mint fiktív pontot, ahol a javítások nullák) egy sík illesztése történik az átszámítandó ponthoz rögzített topocentrikus koordinátarendszerben. Vetület nélküli rendszerben ez csak egy eltolást jelent. A 3 legközelebbi pontból számított sík paramétereinek ismeretében a kérdéses pontra az interpolált érték meghatározható. Természetesen a sík illesztésekor a harmadik dimenzió mindig a megfelelő koordináták javításai. Az interpoláció a térbeli geocentrikus

koordinátákra vonatkozik. A számítás eredménye a pontok átszámításáról készült jegyzőkönyvben található.

Jegyzőkönyv



Az átszámítás eredményéről nyomtatott formátumú jegyzőkönyv készíthető. Ez tartalmazza az átszámítandó pontok kiinduló koordinátáit, valamint az átszámítás eredményeként kapott koordinátákat.

Koordináták mentése

A transzformált koordináták szöveges formátumú koordináta állományban is elmenthetők. Ezek a következők:

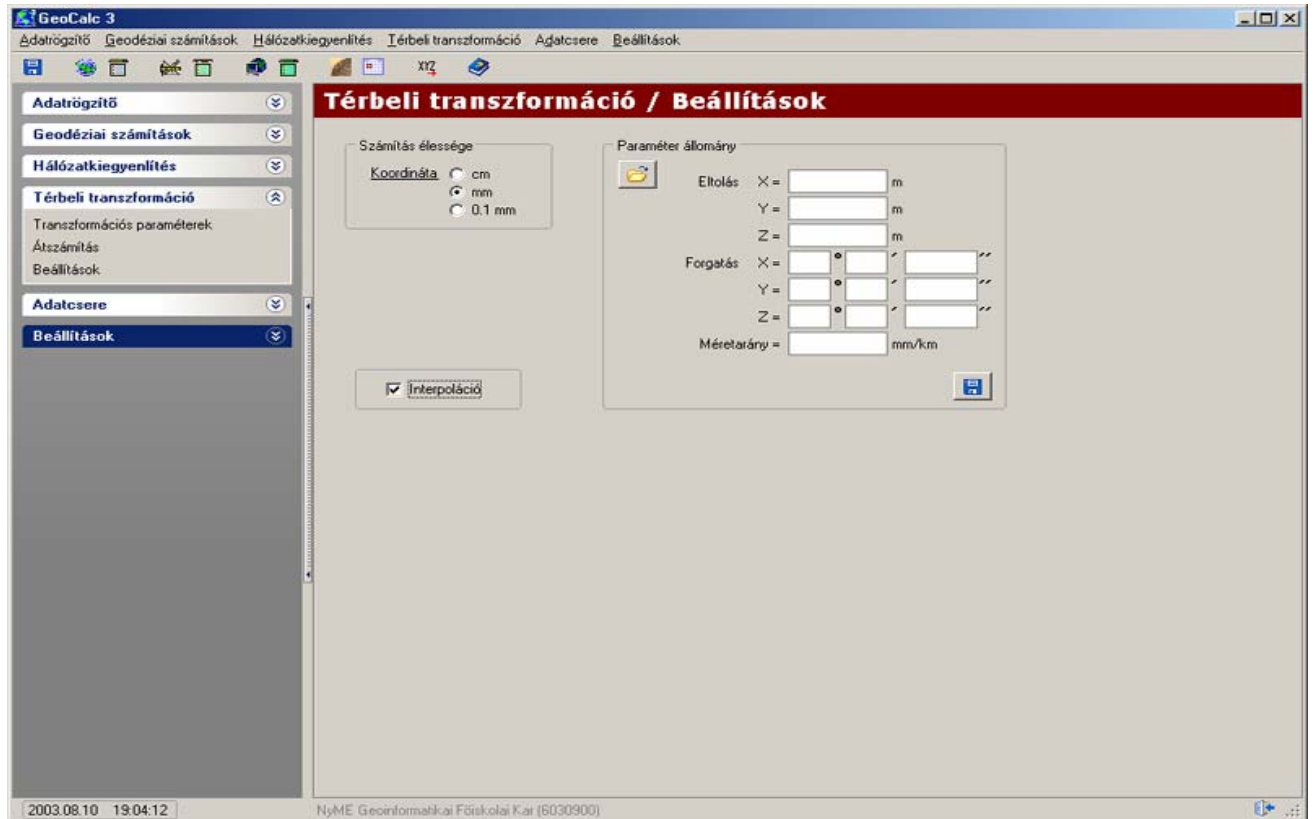
- Koordináta (szöveges): a vetület- vagy koordinátarendszertől függően y,x,m vagy X,Y,Z koordináták kiírása
- Földrajzi (szöveges): a vetület- vagy koordinátarendszertől függően földrajzi koordináták kiírása. Erre gyakorlatilag csak akkor kerül sor, ha WGS 84 rendszerbe kell elvégeznünk a transzformációt. A gyakorlatban kizárólag vetületi koordinátákkal dolgozunk.
- GeoCalc-DB(*.ADB): a *GeoCalc* program adatbázisának megfelelő formátumba történő mentés.

Hozzáadás a közös pontokhoz


Erre akkor lehet szükség, amikor az ún. kétlépcsős módszert alkalmazzuk. Ez azt jelenti, hogy rendelkezésre áll a vektor feldolgozás eredményeként pl. egy GPS-el meghatározott alappont WGS 84 rendszerbeli X,Y,Z geocentrikus koordinátái, és szintezett magassága. Feladatunk a pont EOV koordinátáinak a meghatározása transzformációval, majd közös pontként figyelembe véve a további transzformációknál. Azaz a munkaterületen lévő pontok átszámítását úgy akarjuk majd elvégezni, hogy a paraméterek számításakor ezt a pontot már mindkét rendszerben ismert pontként vegyük figyelembe. Ekkor a következőt kell tennünk. Elvégezzük a transzformációs paraméterek számítását vagy a 2D, vagy a 3D beállításnak megfelelően. Mivel a magassága ennek a pontnak a szintezésből adott, akkor azért, hogy a transzformációt ne terhelje a magasságok esetleges bizonytalansága, a 2D módszert választjuk. Átszámítjuk a megfelelő pontot pl. EOV-be, megkapva annak y és x vetületi koordinátáit. Ezt követően a listába begépeljük a szintezett magasságot, majd rákattintunk a [] ikonra, hozzáadva a pontot a közös pontok listájához. Ezt követően pedig ismételtelen elvégezzük a transzformációt, de most már a 3D beállítás mellett. Természetesen ha nem szintezésből adott a magassága, hanem azt transzformációból akarjuk meghatározni, akkor első lépésben a 3D beállítás mellett transzformáljuk annak koordinátáit, majd a transzformált y, x EOV koordinátákat és magasságot adjuk hozzá a [] nyíllal a közös pontok listájához egy újabb, 3D transzformáció elvégzéséhez.

Beállítások

Ebben a menüben lehet beállítani a transzformáció során az egyes jegyzőkönyvekben szereplő koordináták számítási élességét, az interpoláció szükségességét, valamint itt szerkeszthetünk paraméter állományt is.



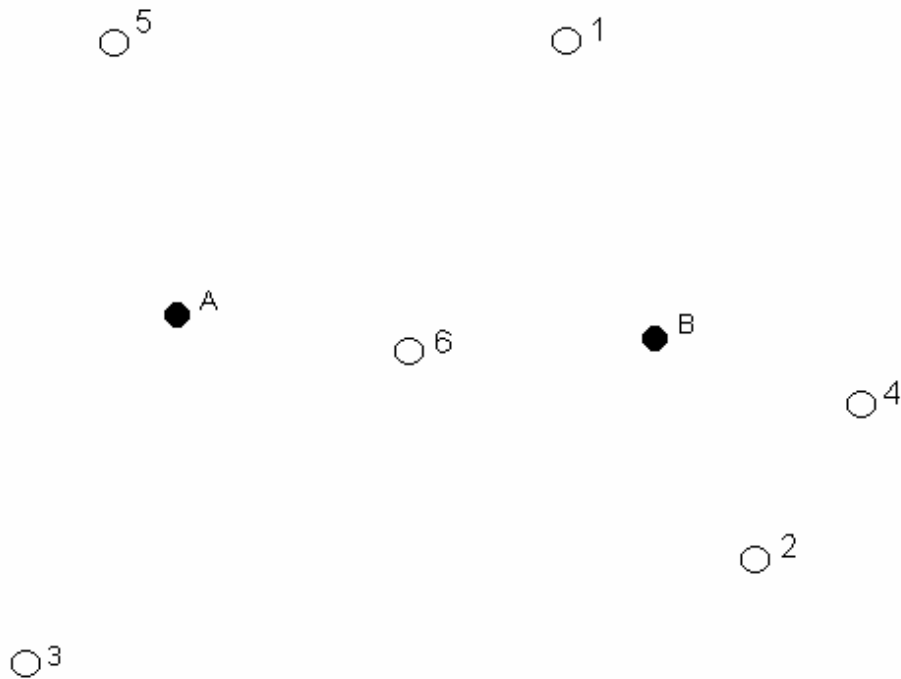
Paraméterek szerkesztése

A paraméterek megadásához a megfelelő boxokat kell értelemszerűen kitölteni. Ha a paramétereket másik programmal számolták, vagy máshonnan áll rendelkezésre, akkor elsősorban a forgatási szögek értelmezése miatt mindig tájékozódjunk azok előjelének értelmezéséről. Itt most egyet megadunk, nevezetesen a *Leica SKI* program által szolgáltatott paraméterek értelmezését. Azzal a programmal történő számításkor az X, Y, és Z tengelyeknél értelmezett forgatási szögek ellentétes előjelűek az általunk számított forgatási paraméterek előjelénél. Az eltolás valamint a méretaránytényező mm/km értékben történő megadása azonos. A paraméterek szerkesztését követően azok mentéséhez kattintsunk a mentést szimbolizáló  ikonra.

Interpoláció

A pontok átszámításához az interpolációt lehet engedélyezni.

Mintapéldák



Adottak az ábrán látható 1, 2, 3, 4, 5 és 6-os számú pontok WGS 84-es rendszerbeli térbeli geocentrikus X,Y,Z valamint EOY Y,X koordinátáik és M magasságaik.

minta_tr.wgs

	X	Y	Z
1	4106820.237	1377136.303	4666265.152
2	4111998.999	1383900.815	4659740.363
3	4117358.832	1370888.312	4658832.395
4	4110020.379	1384712.014	4661277.163
5	4110268.846	1368889.300	4665688.490
6	4112743.475	1376159.118	4661362.426

minta_tr.eov

	Y	X	M
1	611474.280	219913.350	160.890
2	616177.930	210269.540	159.440
3	602129.670	209051.360	139.130
4	617590.470	212491.450	190.650
5	602554.170	219104.570	182.180
6	608617.760	212708.810	157.470

Számítandó az A és B pontok EOY koordinátái és magasságai a WGS 84 rendszerbeli koordinátáik alapján:

minta_tr_ab.wgs

	X	Y	Z
A	4113380.501	1371657.548	4662148.720
B	4111278.691	1380186.607	4661466.547

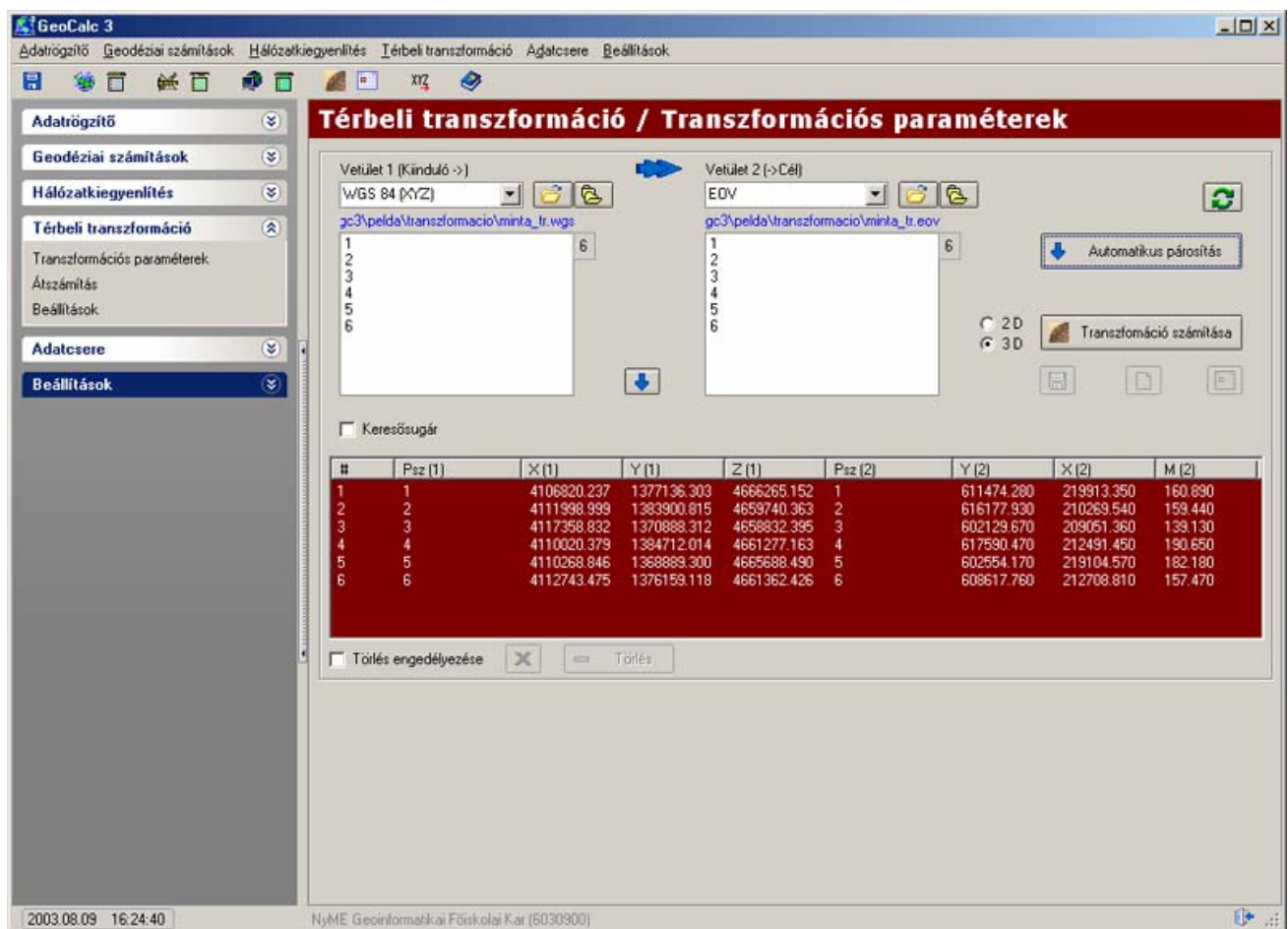
A feladatot többféleképpen is megoldjuk.

Ezek a következők:

1. egyetlen transzformáció végrehajtásával (interpoláció nélkül, majd interpolációval)
2. keresősugár alkalmazásával
3. kétlépcsős módszerek alkalmazásával

Megoldás egyetlen transzformációval

1. Első lépésként hozzuk létre valamely szövegszerkesztővel az egyes koordináta állományokat. Az egyes pontok koordinátáit szóközzel vagy vesszővel elválasztva gépeljük be. A WGS 84 rendszer esetén a sorrend X,Y,Z legyen, az EOVS-nál Y,X,M. Az A és B pontok kerülhetnek a többi pont WGS koordinátáit tartalmazó állományába, ennek a továbbiakban nincsen jelentősége. Mi a példában egy különálló állományt feltételezünk és a továbbiakban a leírás is ennek megfelelően tartalmazza a megoldás menetét. Olvassuk be a program indítása után ezeket az állományokat és válasszuk ki a listából a megfelelő vetületi rendszereket. A Térbeli transzformáció/Beállítások menüben állítsunk be mm-es számítási élességet. Ennek jelentősége a számítások dokumentációjának készítésénél és a koordináta állományok kiírásakor van.
2. Kattintsunk az **[Automatikus párosítás]** gombra, mivel a pontszámok mindkét rendszerben azonosak, így nincsen szükség manuális kijelölésre. Előtte viszont a Keresősugár funkció most legyen kikapcsolva.
3. A Transzformáció számítása mellett állítsuk be a 3D funkciót.
4. Végezzük el a transzformációs paraméterek számítását a **[Transzformáció számítása]** gombra kattintva.



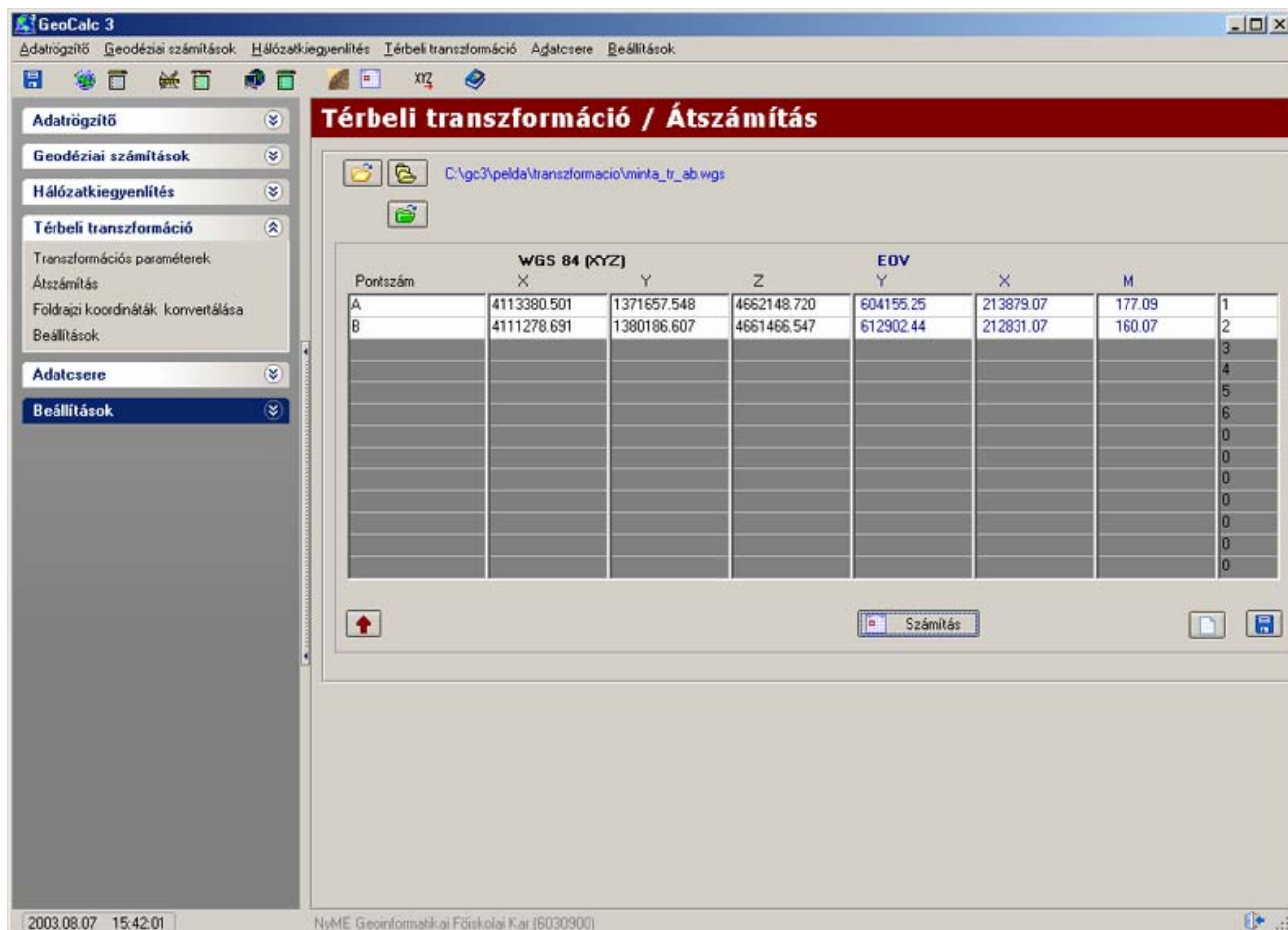
A teljes részletességet mellőzve a paraméterek értékei és középhibáik:

Transzformációs paraméterek és középhibáik

Eltolás	X =	-5.5007 [m]	11.0098 [m]
	Y =	100.0448 [m]	8.7844 [m]
	Z =	16.2136 [m]	10.4160 [m]
Forgatás	X =	0°00'01.08511"	0.27338 ["]
	Y =	-0°00'00.92840"	0.42122 ["]
	Z =	0°00'00.21505"	0.26441 ["]

Méretarány = -8.13 [mm/km] 1.15 [mm/km]

5. Szükség esetén mentjük el a paramétereket (valamint az inverz transzformáció paramétereit is) a [ikon] ikonra kattintva.
6. Az A és B pontok átszámításához válasszuk a Transzformációs paraméterek/Átszámítás menüt.
7. Olvassuk be az A és B pontokat tartalmazó állományt, majd kattintsunk a [Számítás]-ra:



8. Tekintsük meg az átszámításról készült számítási jegyzőkönyvet [ikon], majd szükség esetén nyomtassuk ki. Ezenkívül mentjük el a transzformált koordinátákat a [ikon] ikonra kattintva.

Pontszám	X	Y	Z
	Y	X	M
A	4113380.501 604155.249	1371657.548 213879.069	4662148.720 177.086
B	4111278.691 612902.439	1380186.607 212831.067	4661466.547 160.067

Amennyiben az interpoláció be volt kapcsolva, akkor a következő eredményt kapjuk:

Pontszám	X	Y	Z
	Y	X	M
A	4113380.501 604155.242	1371657.548 213879.061	4662148.720 177.085
B	4111278.691 612902.442	1380186.607 212831.092	4661466.547 160.084

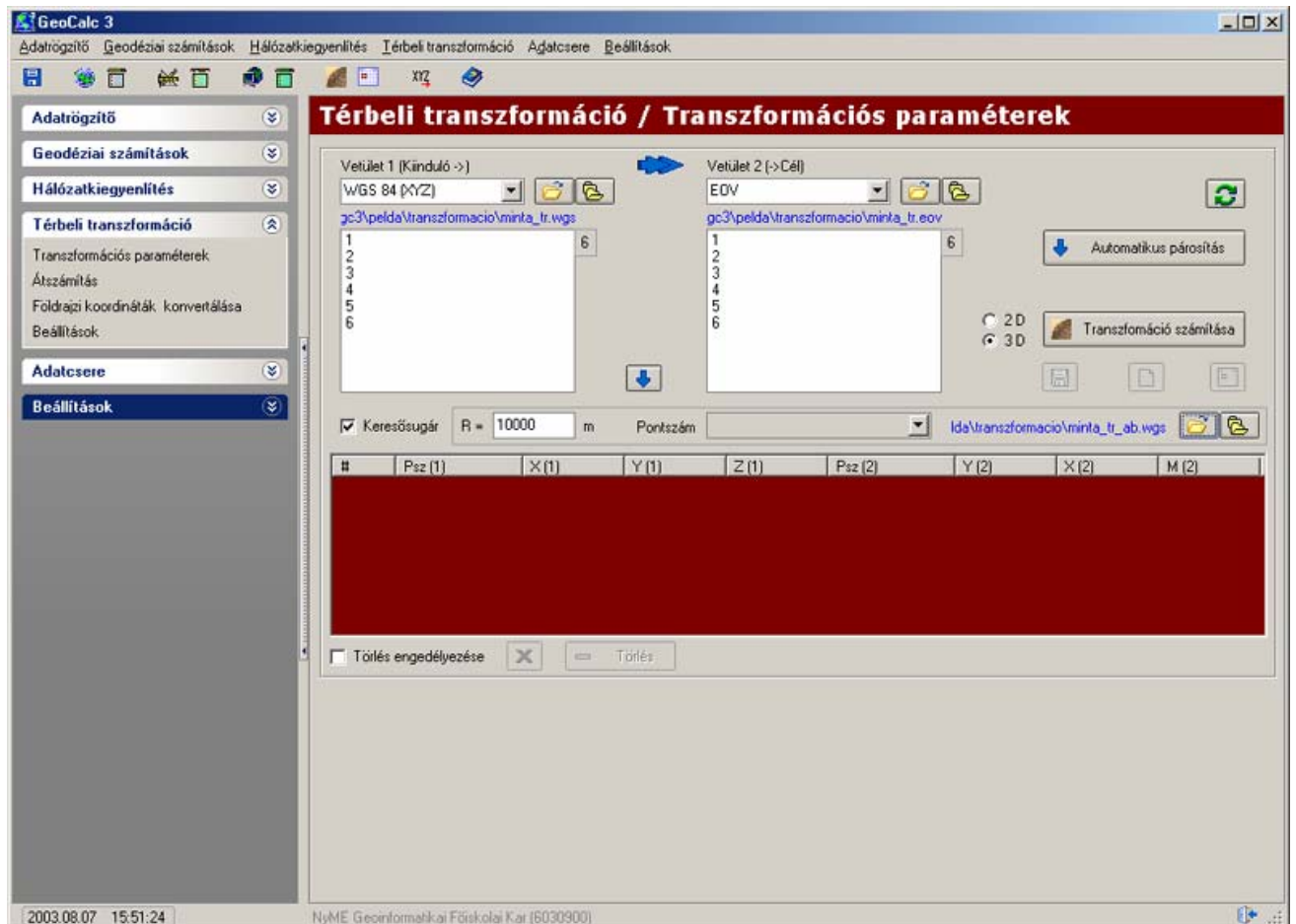
Interpoláció számítása

Pontszám	vX	vY	vZ
A	0.007	-0.004	-0.006
B	-0.007	0.000	0.030

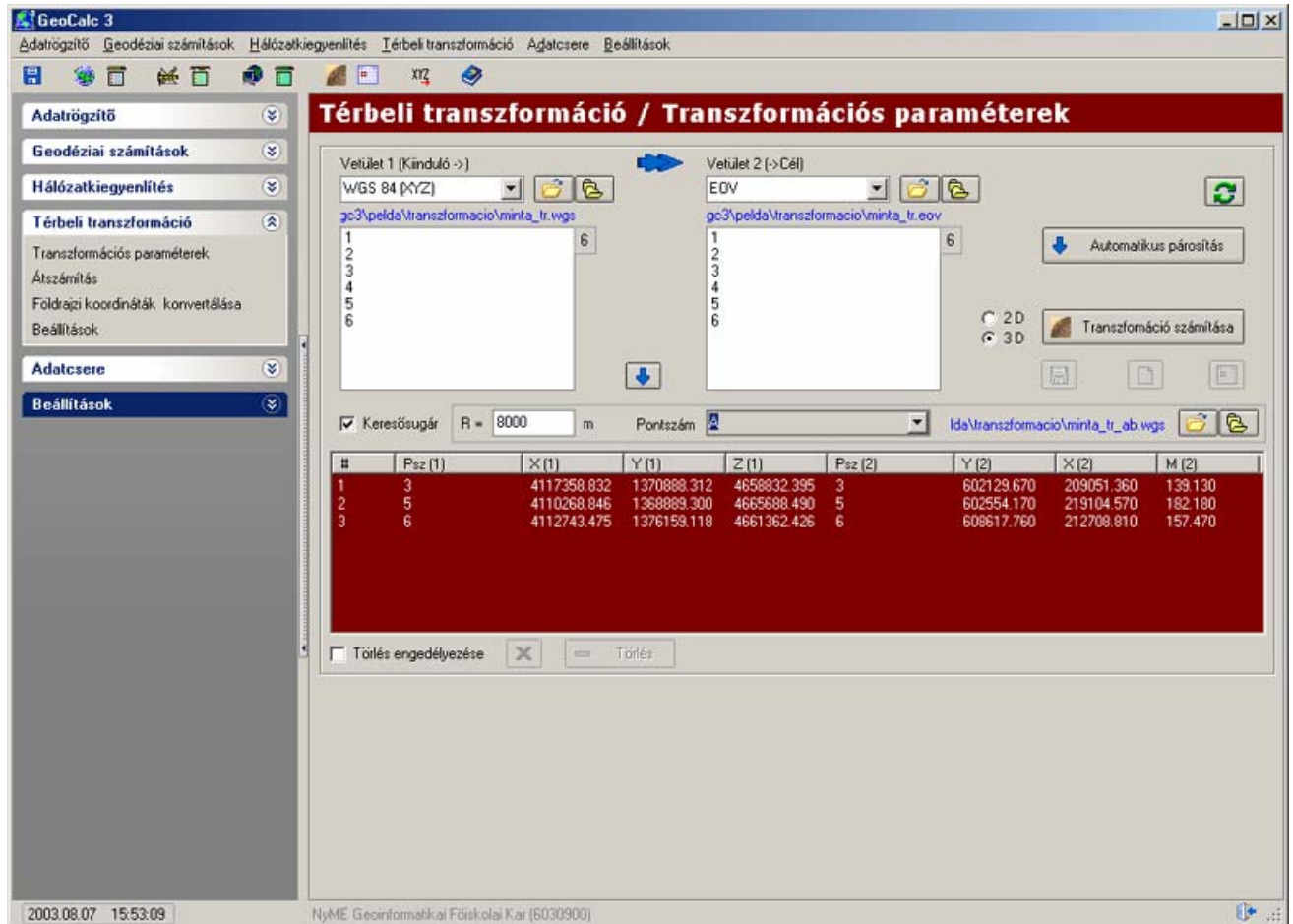
9. Végezzük el a transzformációt érdekességképpen a 2D beállítás mellett, majd transzformáljuk így az A és B pontokat. Magasságaikra értelemszerűen a korábban leírtak miatt nullát fogunk kapni.

Megoldás keresősugár alkalmazásával

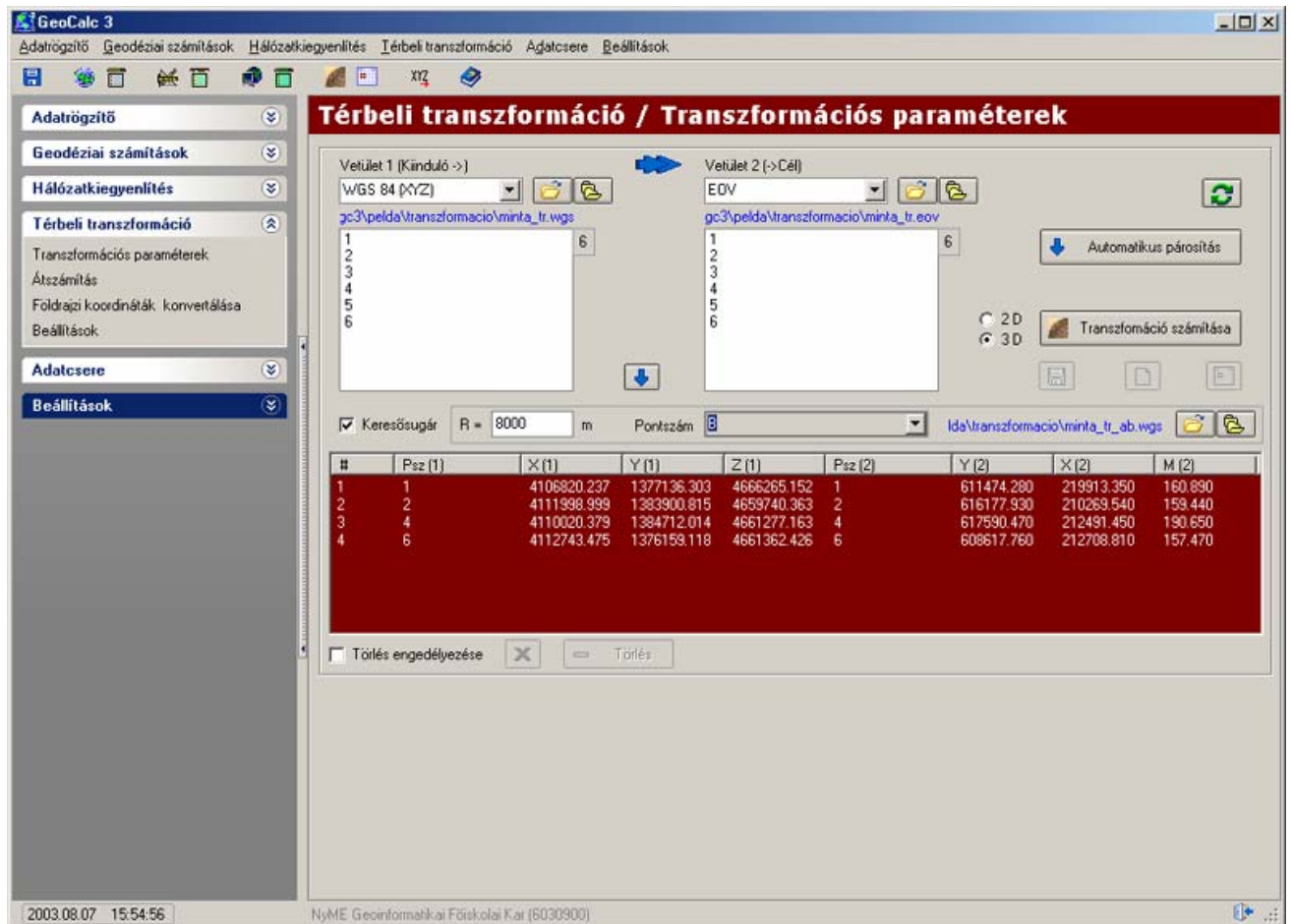
1. Az állományok beolvasását és a vetület kiválasztását követően kapcsoljuk be a *keresősugár* funkciót, majd olvassuk be az A és B pontokat tartalmazó állományt (*minta_tr_ab.wgs*) a megjelenő panelen. A beolvasás ikon mellett ekkor látható a beolvasott állomány neve.



- Állítsuk be a keresősugarat a pontok elhelyezkedésének megfelelően. Általában 5-8 km-es érték elegendő. A példában adjunk meg 8000 métert, majd kattintsunk az **[Automatikus párosítás]** gombra. A keresősugár mellett lévő listaboxban ekkor kiválasztható a megfelelő átszámítandó pont, és megtekinthető a keresősugár alapján a hozzájuk tartozó közös pontok listája is. Szükség esetén átszámítandó pontonként a közös pontok listája bővíthető, valamint törölni is tudunk belőle pontokat. Az A pont esetén 3 pont, mégpedig a 3-as, 5-ös és a 6-os kerültek kiválasztásra.



A B pont esetében 4 közös pont esett a B pont 8 km sugarú környezetébe. Ezek az 1-es, 2-es, 4-es és a 6-os számú pontok.



3. Állítsuk a transzformáció típusát 3D-re, majd kattintsunk a [**Transzformáció számítása**] gombra. A feljövő számítási jegyzőkönyvben automatikusan végre lett hajtva mind az A, mind a B ponthoz tartozó közös pontok alapján a transzformáció. A jegyzőkönyvben a Térbeli hasonlósági transzformáció felirat alatt található, hogy melyik ponthoz tartozó transzformáció kerül dokumentálásra, valamint egy sorszám is. A számítás eredményei a következők lettek:

Térbeli hasonlósági transzformáció
 =====
 [1. A]

WGS 84 ---> EOVS

Transzformáció ellipszoid feletti magasságokkal

Közös pontok száma = 3

Kiinduló koordináták (WGS 84 (XYZ) -> EOVS)

Pontszám	X	Y	Z
Pontszám	Y	X	M
3	4117358.832	1370888.312	4658832.395
3	602129.670	209051.360	139.130

5	4110268.846	1368889.300	4665688.490
5	602554.170	219104.570	182.180

6	4112743.475	1376159.118	4661362.426
6	608617.760	212708.810	157.470

Transzformációs paraméterek és középhibáik

```

-----
Eltolás X = 1.5629 [m]          19.0051 [m]
        Y = 62.1178 [m]          25.1939 [m]
        Z = 29.2217 [m]          17.0297 [m]
Forgatás X = -0°00'00.20421"    0.68451 ["]
        Y = -0°00'00.92302"    0.64048 ["]
        Z = 0°00'00.71936"    0.68621 ["]
Méretarány = -9.06 [mm/km]      2.40 [mm/km]
    
```

```

Illeszkedés középhibája = 0.021 [m]
Illeszkedés vízszintes középhibája = 0.015 [m]
Illeszkedés magassági középhibája = 0.000 [m]
    
```

Közös pontok és a javítások

Pontszám	X	Y	Z	vX	vY
vZ	X	Y	Z	vE	vN
vh					
3	4117358.832	1370888.312	4658832.395	-0.013	0.001
0.011					
3	4117297.458	1370956.985	4658836.495	0.005	0.016
0.000					

5	4110268.846	1368889.300	4665688.490	0.004	-0.014
0.001					
5	4110207.529	1368957.958	4665692.488	-0.015	0.001
0.000					

6	4112743.475	1376159.118	4661362.426	0.009	0.013
-0.012					
6	4112682.135	1376227.741	4661366.455	0.009	-0.017
-0.000					

Térbeli hasonlósági transzformáció

=====

[2. B]

WGS 84 ---> EOVS

Transzformáció ellipszoid feletti magasságokkal

Közös pontok száma = 4

Kiinduló koordináták (WGS 84 (XYZ) -> EOVS)

Pontszám	X	Y	Z
Pontszám	Y	X	M
1	4106820.237	1377136.303	4666265.152
1	611474.280	219913.350	160.890

2	4111998.999	1383900.815	4659740.363
2	616177.930	210269.540	159.440

4	4110020.379	1384712.014	4661277.163
4	617590.470	212491.450	190.650

6	4112743.475	1376159.118	4661362.426
6	608617.760	212708.810	157.470

Transzformációs paraméterek és középhibáik

```

-----
Eltolás X = -13.0207 [m]          20.9524 [m]
        Y = 127.8311 [m]         19.2264 [m]
        Z = 18.8594 [m]          17.8786 [m]
Forgatás X = 0°00'01.84159"      0.53037 ["]
        Y = -0°00'00.65568"     0.75322 ["]
        Z = -0°00'00.28727"     0.57929 ["]
Méretarány = -8.62 [mm/km]       2.18 [mm/km]

```

```

Illeszkedés középhibája = 0.022 [m]
Illeszkedés vízszintes középhibája = 0.015 [m]
Illeszkedés magassági középhibája = 0.005 [m]

```

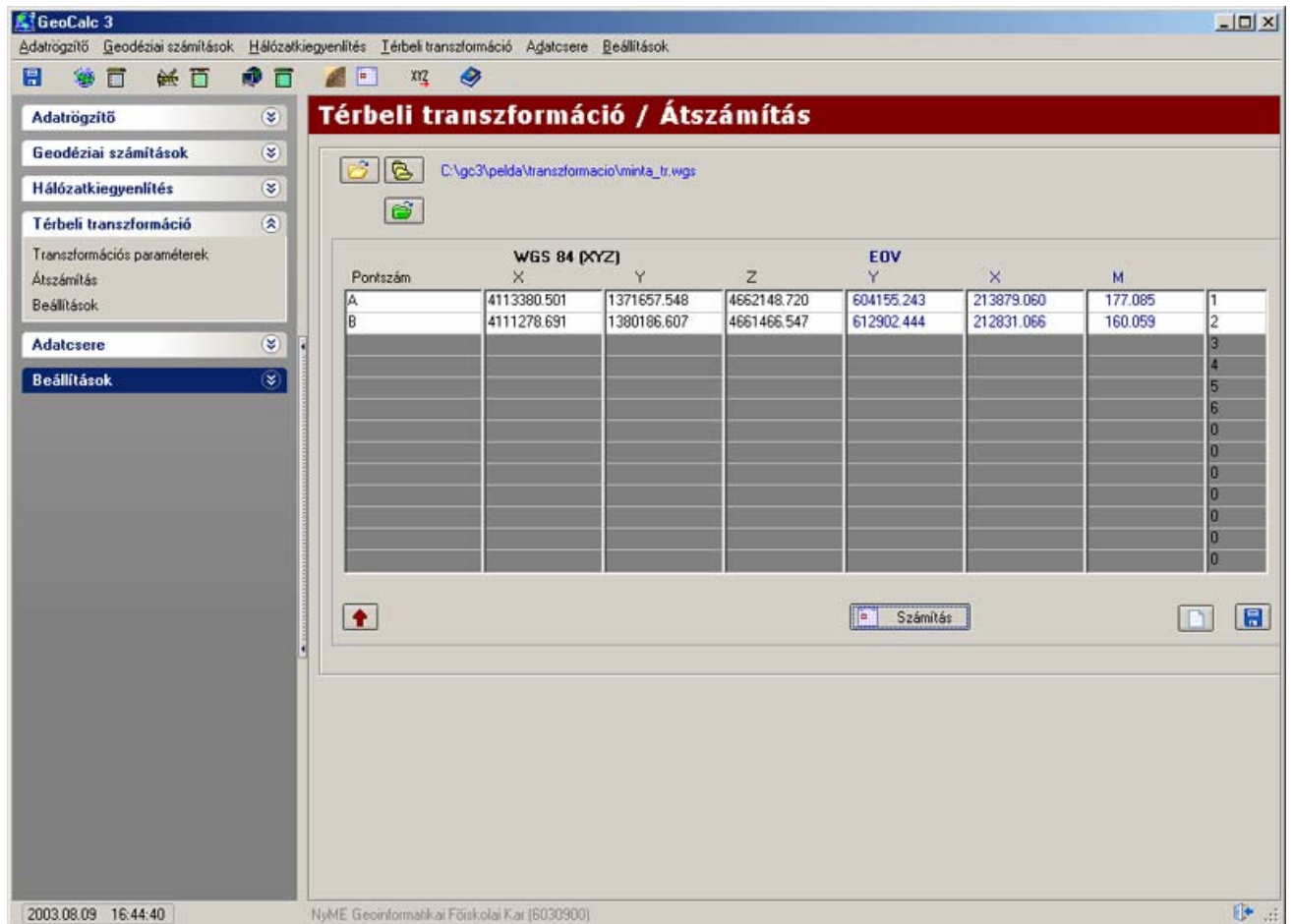
Közös pontok és a javítások

```

-----
Pontszám      X          Y          Z          vX          vY
vZ
Pontszám      X          Y          Z          vE          vN
vh
-----
1              4106820.237  1377136.303  4666265.152  -0.014      0.017
0.010
1              4106758.897  1377204.903  4666269.161   0.021      0.012
0.002
-----
2              4111998.999  1383900.815  4659740.363  -0.012     -0.007
0.022
2              4111937.647  1383969.383  4659744.517  -0.003      0.025
0.007
-----
4              4110020.379  1384712.014  4661277.163   0.003     -0.007
-0.010
4              4109959.055  1384780.565  4661281.272  -0.007     -0.007
-0.007
-----
6              4112743.475  1376159.118  4661362.426   0.023     -0.003
-0.022
6              4112682.135  1376227.741  4661366.455  -0.011     -0.030
-0.003
-----
-----

```

4. Válasszuk ezután az Átszámítás menüt a korábban leírt módszerek valamelyikével, majd számoljuk át az A és B pontokat a [Számítás]-ra kattintva



5. Tekintsük meg az átszámításról készült jegyzőkönyvet és mentjük el a transzformált koordinátákat a korábban leírtaknak megfelelően.

Pontszám	X	Y	Z
	Y	X	M
A	4113380.501	1371657.548	4662148.720
	604155.243	213879.060	177.085
B	4111278.691	1380186.607	4661466.547
	612902.444	212831.066	160.059

Érdekességképpen hasonlítsuk össze a keresősugár alapján kapott megoldást a keresősugár nélküli megoldással. Az A és B pontok esetén a transzformált EOVS koordinátákban a következők az eltérések, ha az utóbbi megoldásból vonjuk ki az első megoldás eredményét:

A: $dy = -6 \text{ mm}$, $dx = -9 \text{ mm}$, $dm = -1 \text{ mm}$
 B: $dy = +5 \text{ mm}$, $dx = -1 \text{ mm}$, $dm = -8 \text{ mm}$

Megoldás kétlépcsős módszerek alkalmazásával

Erre a módszerre akkor kerül sor, ha a transzformáció során a magasságokban mutatkozó bizonytalanságok transzformációs paraméterekre gyakorolt hatását le akarjuk választani, elsősorban abból a célból, hogy egy adott területen a közös pontok alkotta rendszert merevítsük. Ennek többféle megoldása is lehet. Mivel ez a probléma a mai hazai gyakorlatban GPS mérésekből kapott WGS 84 koordináták és valamely hazai vetületünk vetületi koordinátái és magasságai között fordul elő, ezért a korábbi példánál maradván a különböző megoldási lehetőségeket a WGS 84 és EOVS közötti transzformáción keresztül mutatjuk be. A szóba jöhető megoldások a következők:

- a. Transzformáció első lépésben az ellipszoidi és tengerszint feletti magasságok figyelembevétele nélkül. Például rendelkezésre áll az átszámítandó pontok WGS 84 koordinátái és **szintezésből** azok magasságai.
- b. Transzformáció külön vízszintes és magassági helymeghatározó adatokra. Például rendelkezésre áll az átszámítandó pontok WGS 84 koordinátái, de külön végezzük el a transzformációt a transzformált vetületi koordinátákra és külön a magasságra

A szakirodalomból más megoldások is ismertek, amelyek nem térbeli transzformáción, hanem pl. kiegyenlítő sík számításán alapulnak. A két felsorolt lehetőséget a programmal a 2D és 3D funkciógombok használatával lehet megoldani.

a. Transzformáció első lépésben az ellipszoidi és tengerszint feletti magasságok figyelembevétele nélkül

Tételezzük fel a korábbi példából, hogy az A és B pontok magasságai ismertek szintezésből. Legyenek ezek a következők:

$$M_A = 177.096 \quad M_B = 160.071$$

A megoldás menete a következő.

1. Olvassuk be az 1...6 pontok állományát, végezzük el az automatikus párosítást és a transzformációt 2D beállítás mellett. A számítás eredménye a következő:

Transzformációs paraméterek és középhibáik

Eltolás	X =	19.8839 [m]		8.8540 [m]
	Y =	6.9081 [m]		7.0643 [m]
	Z =	21.5969 [m]		8.3765 [m]
Forgatás	X =	-0°00'01.16621"		0.21998 ["]
	Y =	-0°00'01.42440"		0.33871 ["]
	Z =	0°00'02.33503"		0.21259 ["]
Méretarány	=	-1.21 [mm/km]		0.93 [mm/km]

2. Lépünk át az átszámítás menübe, és végezzük el az A és B pontok transzformációját. A magasságukra értelemszerűen nullát kapunk a 2D beállítás miatt

Pontszám	X	Y	Z
	Y	X	M
A	4113380.501	1371657.548	4662148.720
	604155.249	213879.069	0.000
B	4111278.691	1380186.607	4661466.547
	612902.439	212831.067	0.000

3. Gépeljük be a szintezésből kapott magasságokat a listába. Ezt követően mentjük el az így kapott magasságokat a transzformációból kapott koordinátákkal. Ha most további transzformációkhoz akarjuk felhasználni az A és B pontok transzformált EOV koordinátáit és magasságait, akkor állítsuk a kurzort az A pont sorába, majd kattintsunk a [↑] nyílra, majd ugyanezt tegyük meg a B ponttal is. Lépünk vissza a Transzformációs paraméterek menübe. Látható, hogy a közös pontok listájába bekerült az A és a B pont is. Állítsuk át a transzformáció típusát 3D-re és végezzük el a paraméterek számítását. A számítás eredményei:

Transzformációs paraméterek és középhibáik

Eltolás	X =	-4.8513 [m]		8.7569 [m]
	Y =	99.2204 [m]		6.5810 [m]
	Z =	15.9518 [m]		8.3000 [m]
Forgatás	X =	0°00'01.06642"		0.20824 ["]
	Y =	-0°00'00.94960"		0.33937 ["]
	Z =	0°00'00.23575"		0.19926 ["]
Méretarány	=	-8.14 [mm/km]		0.88 [mm/km]

Illeszkedés középhibája = 0.017 [m]
 Illeszkedés vízszintes középhibája = 0.009 [m]
 Illeszkedés magassági középhibája = 0.010 [m]

Közös pontok és a javítások

Pontszám	X	Y	Z	vX	vY	vZ
Pontszám	X	Y	Z	vE	vN	vh
1	4106820.237	1377136.303	4666265.152	-0.019	0.015	-0.005
1	4106758.897	1377204.903	4666269.161	0.021	0.006	-0.013
2	4111998.999	1383900.815	4659740.363	-0.012	-0.001	0.028
2	4111937.647	1383969.383	4659744.517	0.003	0.028	0.013
3	4117358.832	1370888.312	4658832.395	-0.009	-0.013	0.010
3	4117297.458	1370956.985	4658836.495	-0.009	0.016	-0.002
4	4110020.379	1384712.014	4661277.163	0.009	-0.002	0.001
4	4109959.055	1384780.565	4661281.272	-0.004	-0.005	0.006
5	4110268.846	1368889.300	4665688.490	0.020	-0.001	0.006
5	4110207.529	1368957.958	4665692.488	-0.007	-0.009	0.017
6	4112743.475	1376159.118	4661362.426	0.005	-0.002	-0.048
6	4112682.135	1376227.741	4661366.455	-0.003	-0.036	-0.032
A	4113380.501	1371657.548	4662148.720	0.004	0.002	0.006
A	4113319.157	1371726.208	4662152.775	0.000	0.000	0.007
B	4111278.691	1380186.607	4661466.547	0.002	0.001	0.002
B	4111217.355	1380255.197	4661470.638	-0.000	-0.000	0.003

Mint látható, az A és B pontoknál a topocentrikus koordináták javításai, a vN és vE értékek nullák lettek. Ez nyilvánvaló, hiszen az újabb transzformációhoz az előtte transzformált koordináták lettek felhasználva.

b. Transzformáció külön vízszintes és magassági helymeghatározó adatokra

Ebben az esetben először elvégzünk egy 2D, majd egy 3D beállítás mellett egy-egy transzformációt. A 2D típusú transzformációból kapott koordinátákat, mivel vetületekről van szó a vetületi y és x koordinátákat, valamint a 3D transzformációból kapott magasságot használjuk fel a későbbiek során. Ez a feladat a programmal az előzőhöz hasonlóan „félíg automatizálható”. A megoldás lépései tehát a következők.

1. Elvégezzük a 2D beállítás mellett a transzformációt az 1..6 pontok bevonásával és transzformáljuk az A és B pontokat. Mentsük el az így kapott transzformált koordinátákat. Az eredmény:

Pontszám	X	Y	Z
	Y	X	M
A	4113380.501	1371657.548	4662148.720
	604155.249	213879.069	0.000
B	4111278.691	1380186.607	4661466.547
	612902.439	212831.067	0.000

2. Végezzük el a transzformációt most 3D beállítás mellett. Az eredmény:

Pontszám	X Y	Y X	Z M
A	4113380.501 604155.249	1371657.548 213879.069	4662148.720 177.086
B	4111278.691 612902.439	1380186.607 212831.067	4661466.547 160.067

3. A 2D megoldásból kapott koordinátákat, valamint a 3D megoldásból kapott magasságot billentyűzzük be (vagy másolással a szöveges állományból) az Átszámítás menü listájában. Nyilván a magasságot nem kell, mert a 3D típusú megoldás miatt most az szerepel a listában. Egyébként fordítva is megoldhattuk volna mindezt, azaz a 3D típusú megoldással kezdve. Ezt követően a IKON!!! nyílra kattintva helyezzük az A és a B pontot a közös pontok listájába egy további esetleges transzformációhoz. De ne feledkezzünk meg az említett módosításokat követően a „megfelelő” koordinátákat és magasságot most már egy közös állományba menteni. Mint látható a példában a transzformált y és x EOv vetületi koordináták azonosak lettek, persze ez nem feltétlenül igaz minden esetben.