

Vetületi rendszerek és átszámítások

PhD értekezés tézisei

Dr. Varga József
egyetemi adjunktus

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építőmérnöki Kar
Általános- és Felsőgeodézia Tanszék

Budapest, 2007

Tartalom

1. A kutatás előzményei és célja
2. Ajánlott módszerek a vetületi átszámításokra
 - 2.1. Átszámítások koordináta-módszerrel
 - 2.2. Átszámítások azonos pontok felhasználásával
3. Egyéb kutatási eredmények
4. Új tudományos eredmények
5. A kutatási eredmények hasznosítása
6. Az értekezés tárgyához kapcsolódó szakirodalmi tevékenység

1. A kutatás előzményei és célja

Magyarországon 1972-ben megújították a geodéziai alapokat, melynek keretében új alapfelületet (IUGG67-ellipszoid) és vetületi rendszert (Egységes országos vetület EOVS) vezettek be. Ezzel a már addig is nagyszámú vetületi rendszerek száma még eggyel nőtt. Mivel az EOVS az ország egész területére kiterjedt, bárhol előfordult, hogy a korábbi rendszerek és az EOVS között vetületi átszámítást kellett végezni. A különböző alapfelületek és háromszögelési hálózatok miatt ezeket a számításokat csak a mindkét rendszerben ismert koordinátájú azonos pontok felhasználásával lehet elvégezni. Néha még a szakembereknek is gondot jelenthet a megfelelő azonos pontok kiválasztása, nem beszélve azokról a térinformatikai felhasználókról, akiknek nincsenek vetülettani és földmérési szakismereteik.

A magyarországi vetületi rendszerek közötti átszámítások vizsgálatával foglalkozva olyan módszereket próbáltam kidolgozni a különböző alapfelülethez vagy háromszögelési hálózathoz tartozó vetületi rendszerek között is, hogy ne legyen szükség azonos pontokra, vagy ne a felhasználónak kelljen azokat kiválasztania. A GPS technika és a földrajzi információs rendszerek elterjedése a térképeket használókkal szemben növekvő követelményeket támaszt. Számításainkban ugyanis egyre gyakrabban fordulnak elő földrajzi koordináták, melyeknek alkalmazása vetületi rendszereink tulajdonságainak nem megfelelő ismerete esetén jelentős hibaforrássá válhat.

Figyelembe kell venni, hogy valamely terepi pont alapfelületi (földrajzi) koordinátái mindegyik alkalmazott ellipszoidon mások és mások. Ha a földrajzi koordinátákat nem a megfelelő alapfelületen levőnek tételezik fel, az a gyakorlatban, szélső esetben 100 méteres hibát is eredményezhet.

Kutatásaim végső célja egy olyan programrendszer elkészítése volt, amellyel vetülettani ismeretek nélkül is – bármely viszonylatban – elvégezhetőek a magyarországi vetületi rendszerek (és alapfelületeik) közötti átszámítások. Az algoritmusaimon alapuló szoftver végül a BME Felsőgeodézia Tanszékén el is készült.

2. Ajánlott módszerek a vetületi átszámításokra

Az általános földmérési gyakorlatban még olyankor is, amikor az átszámítást koordináta-módszerrel is el lehetett volna végezni, sokszor gépiesen az azonos pontok felhasználásán alapuló módszereket alkalmazták. Ilyenkor be kellett szerezni az azonos pontok koordinátáit, és a kiválasztott pontoktól függően minden felhasználó kis mértékben más és más koordinátákat kapott, szemben az azonos pontokat nem igénylő (egyértelmű eredményt adó) koordináta-módszerrel.

2.1. Átszámítások koordináta-módszerrel

A korábbi vetületi rendszerek és az EOV (egységes országos vetület) közötti átszámítási lehetőségeket vizsgálva először a korábban polgári célokra alkalmazott vetületi rendszerek közötti kölcsönös átszámításokra vezettem le új összefüggéseket. Mivel a korábbi vetületek (budapesti sztereografikus vetület és a Fasching-féle ferdetengelyű hengervetületek) közös alapfelülete a régi Gauss-gömb, közöttük az átszámítás koordináta-módszerrel (zárt matematikai összefüggésekkel) elvégezhető. Észrevettem, hogy az átszámítások a segéd földrajzi koordináták között is megoldhatók, és nincs szükség a valódi földrajzi koordináták számítására. Ezzel a számítások egyszerűsödnek, és egységes elvek szerint végezhetők.

A sztereografikus vetület és a ferdetengelyű hengervetületek tájékozási különbségét vizsgálva levezettem, hogy az csak a budapesti sztereografikus rendszer kezdőpontjában (Gellért-hegy háromszögelési pont) $6,44''$, máshol azzal közel egyenlő, de eltérő értékű. Korábban a vetülettani szakirodalomban olyan nézetekkel is lehetett találkozni, hogy a különbség állandó, sőt az nem az azimutok, hanem az irányszögek között jelentkezik.

2.2. Átszámítások azonos pontok felhasználásával

Az EOV és a polgári célra korábban alkalmazott vetületi rendszerek közötti átszámítás korszerűbb lehetőségét kutatva jutottam el a térbeli hasonlósági transzformáció alkalmazásáig. A transzformációs paramétereket az azonos pontok Bessel-ellipszoidi térbeli és az IUGG67-ellipszoidi térbeli koordinátái között határoztam meg. A feladat egyértelmű megoldása igényelte volna az azonos pontokban a geoidunduláció és a tengerszintfeletti magasság ismeretét. Mivel megbízható geoidtérképek nem álltak rendelkezésre, és a háromszögelési pontok magasságát is általában trigonometriai magasságméréssel határozzák meg, az átszámítást csak az ellipszoid-felszíni pontok térbeli koordinátái alapján lehetett elvégezni.

A második rendszer térbeli koordinátáiból számított ellipszoidi, majd közelítő vetületi koordinátái és az adott koordináták közötti ellentmondást síkbeli polinomos transzformációval szüntettem meg. Így az átszámítást két lépésre bontottam. Első lépésben kiküszöböltem a vetületi rendszerek torzításait, a második lépésben pedig a háromszögelési hálózatok különbségéből adódó torzulásokat szüntettem meg. A módszert később kétlépcsős modellnek nevezték el. A második lépésben már alacsonyabb fokú polinomot alkalmazhatunk, mintha az egész számítás egy lépésben tisztán polinomos módszerrel végeznénk. Magas fokszámú polinom az eredményt meghamisíthatja, ezért a vetületi szabályzatok sem engedik meg az ötödiknél magasabb fokú polinom alkalmazását.

Hasonló eredményeket értem el egyéb olyan esetekben is, amikor a vetületi rendszerek között nem végezhető koordináta-módszerrel az átszámítás. Ilyenkor azzal a közelítéssel is élhetünk, hogy mindkét vetületnek azonos az alapfelülete, és a földrajzi koordináták is azonosak mindkét alapfelületen. Ezzel a közelítéssel a számítás első lépésében kiküszöbölhetők a vetületi torzulások, a háromszögelési hálózatok különbségéből adódó ellentmondásokat – a második lépésben – most is egy síkbeli transzformációval lehet eloszlatni.

Később a GPS mérési eredmények és az országos vetületi rendszerek közötti átszámításnál is jól lehetett alkalmazni az addigi eredményeket. Lehetett volna GPS mérésekből nyert térbeli derékszögű koordináták és a helyi rendszerű derékszögű koordináták között átszámítani, ami helyett a WGS84-ellipszoidról ismét kétlépcsős modellel tértem át az EOV-re.

3. Egyéb kutatási eredmények

Vetületi rendszereink kölcsönös elhelyezkedését vizsgálva ábrázoltam egy-egy vetületi síkon másik vetületi rendszerek koordináta tengelyeit, amelyek görbe vonalként alakulnak. Hasonlóképpen képződnek le a koordináta-tengelyekkel párhuzamos szelvényhatárok is egy másik rendszer vetületi síkján. Kezdő térinformatikai felhasználók ilyenkor valamilyen hibára gyanakodnak. Pl. egy hosszú határvonalnak az egyik vetületi síkon egyenesben levő pontjai bármely másik vetületen már nem lesznek egy egyenesben. Felhívtam a figyelmet a térképszelvények más vetületi rendszerekbe illesztésének nehézségeire.

A régi szakirodalmat tanulmányozva, és vetületi vizsgálatokat végezve egyre nyilvánvalóbbá vált előttem, hogy vetülettani tanulmányainkkal ellentétben nem létezett ivaniči sztereografikus vetületi rendszer. A tévedést egy szacikken kívül valószínűleg az okozta, hogy a katonai sztereografikus koordináta-rendszerek bevezetésekor az ivaniči vetületnélküli rendszerben is hasonló síkbeli eltolásokat alkalmaztak, mint a budapesti és a marosvásárhelyi sztereografikus vetületi rendszereknél. Ezért gondolhatták később, hogy az ivaniči rendszer is sztereografikus volt.

4. Új tudományos eredmények

1. tézis: Egységes átszámítási módszereket vezettem le a korábbi vetületi rendszereink közötti viszonylatokban a segéd földrajzi koordináták közötti közvetlen áttéréssel.

2. tézis: Először alkalmaztam 3D transzformációt magyarországi vetületi rendszerek közötti átszámításra (1980). A számításból – megbízhatatlanságuk miatt – kihagytam a magassági adatokat.

3. tézis: Először alkalmaztam kétlépcsős modellt olyan esetekben, amikor az átszámítás koordináta-módszerrel nem hajtható végre. A koordináta módszerhez hasonló eljárással kapott előzetes koordinátákat a második vetületen síkbeli transzformációval tovább finomítottam.

4. tézis: Elsőként vizsgáltam a vetületi rendszerek síkkoordináta tengelyeinek és az azokkal párhuzamos egyenesek képeinek alakulását más vetületi síkokon. Felhívtam a figyelmet a térképszelvények másik vetületi rendszerekbe illesztésének nehézségeire.

5. tézis: Bebizonyítottam, hogy a hazai geodéziai szakirodalommal ellentétben a történelmi Magyarországon nem volt ivanići sztereografikus vetületi rendszer. Feltártam azokat az okokat, amelyek a téves nézet kialakulásához vezettek.

5. A kutatási eredmények hasznosítása

A kutatás során szerzett tapasztalatokat és az elért eredményeket beépítettem a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Általános- és Felsőgeodézia Tanszékén folyó nappali és posztgraduális képzés elméleti és gyakorlati anyagába (Vetülettan, Különleges vetületek, Magyarországi vetületi rendszerek c. tantárgyak).

Az eredmények másik hasznosítási területe a térinformatikai műszaki gyakorlati alkalmazásaiba történő beépülés. Az algoritmusaim felhasználásával készített „Vetület” programrendszert a nagy felhasználók (MOL, LRI, Magyar Honvédség) mellett számos vállalkozás használja a mindennapi geodéziai gyakorlatban. Az Antenna Hungária megrendelésére az országos kiterjedésű távközlési célú fedettségi és magassági adatbázisok témakörében közreműködtem a rendszer adatfeltöltésében és adatminőség ellenőrzésében.

6. Az értekezés tárgyához kapcsolódó szakirodalmi tevékenység

Könyvek, könyvrészek

1. Ádám J. és szerzőtársai között **Varga J. (2004)**: Múholdas helymeghatározás. 7.3.2 Vetületek, térképrendszerek, térképi adatbázisok. 274-285. old. Műegyetemi Kiadó. Bp. ISBN 963 420 790 1.
2. Timár, G. és szerzőtársai között **Varga, J. (2006)**: The map sheets of the Second Military Survey and their georeferenced version. Arcanum. Bp. ISBN 963 7374 33 7. 56 o.

Disszertáció

3. **Varga J. (1981)**: Vetületi rendszereink közötti átszámítások új módjai. Egyetemi doktori értekezés. Budapesti Műszaki Egyetem. 74 o.

Nyomtatott egyetemi jegyzet

4. **Varga J. (1986)**: Alaphálózatok I. (Vetülettan), Tankönyvkiadó, J 9-1244, 296 o.
5. **Varga J. (2003)**: Vetülettan. (az Alaphálózatok I. javított kiadása) Műegyetemi Kiadó. 91244, 1997. Újabb kiadás: 2003. 296 o.

Magyarországon megjelent idegen nyelvű folyóiratcikk

6. **Varga J. (1983):** Conversion between geographical and Transverse Mercator (UTM, Gauss-Krüger) grid coordinates. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, Vol. 27. Nos 3-4. pp. 239-251.
7. **Varga J. (1990):** The Lambert conformal conic projection. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, Vol. 34. Nos 1-2. pp. 153-158.
8. **Varga J. (1992):** Connection between the arc to chord corrections and the spherical (ellipsoidal) excess. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, Vol. 36. No 2. pp. 201-205.
9. Völgyesi, L., Tóth, Gy., **Varga, J. (1996):** Conversions between Hungarian map projection systems. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, Vol. 40. No 1. pp. 73-83.
URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/publik/atszeng.pdf
10. Papp, E., Szűcs, L., **Varga, J. (2002):** Hungarian GPS Network Transformation into Different Datums and Projection Systems, *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, Vol. 46. No 2. pp. 199-204.
URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/publik/ci2002_2_06.pdf
11. Völgyesi, L., **Varga, J. (2002):** GPS as the Device of Junction of Triangulation Networks, *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, Vol. 46. No 2. pp. 231-238.
URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/publik/ci2002_2_10.pdf

Külföldön megjelent idegen nyelvű folyóiratcikk

12. Papp, E., Szűcs, L., **Varga, J. (1997):** GPS network transformation into different datums and projection systems. *Reports on Geodesy, Warsaw University of Technology Institute of Geodesy and Geodetic Astronomy*, No. 4 (27) pp. 265-280.

Magyar nyelvű folyóiratcikk

13. **Varga J. (1981):** Vetületi átszámítások koordináta-módszerrel. *Geodézia és Kartográfia*, 33(3): 185-189. old.
14. **Varga J. (1982):** Átszámítás az egységes országos vetületi rendszer (EOV) és a korábbi vetületi rendszereink között. *Geodézia és Kartográfia*, 34(1): 30-34. old.
15. **Varga J. (1983):** A Lambert-féle szögtartó kúpvetületről. *Geodézia és Kartográfia*, 35(1): 25-30. old.
16. **Varga J. (1989):** Ellipszoidi számítások simulógömbön. *Geodézia és Kartográfia*, 41(3): 172-175. old.

17. Völgyesi L., Tóth Gy., **Varga J. (1994)**: Magyarországi vetületi rendszerek közötti átszámítások. Geodézia és Kartográfia, 46(5-6): 265-269. old.
URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/publik/magyatszam.pdf
18. **Varga J. (2000)**: Hasonlóságok és különbségek a Gauss-Krüger és az UTM vetületek között. Geodézia és Kartográfia, 52(1): 14-19. old.
URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/publik/hasonlosag/hasonlosag.htm
19. **Varga J. (2000)**: Hozzászólás Vagács Géza Az első katonai felmérés szelvényeinek sarokpontjairól című cikkéhez. Geodézia és Kartográfia, 52(7): 31-33. old.
URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/publik/hozzaszolas.htm
20. Völgyesi L., **Varga J. (2001)**: Vetületi átszámítások Ausztria és Magyarország között GPS alkalmazásával. Geodézia és Kartográfia 53(2): 31-36. old. URL: <http://www.fomi.hu/honlap/magyar/szaklap/2001/02/4.htm>
21. Timár G., **Varga J.**, Székely B. (2003): Ismeretlen paraméterezésű valódi kúpvetületen készült térkép térinformatikai rendszerbe integrálása. Geodézia és Kartográfia, 55(2): 8-11. old.
URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/publik/3.pdf
22. Timár G., Lévai P., Molnár G., **Varga J. (2004)**: A második világháború német katonai térképeinek koordináta-rendszere. Geodézia és Kartográfia 56(6): 28-35. old.
URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/publik/6.pdf
23. **Varga J. (2005)**: Volt-e Ivanicsi (Ivanič) Sztereografikus Vetületi Rendszer? Geodézia és Kartográfia. 57(4): 21-26. old.
URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/publik/ivanics.htm
24. **Varga J. (2005)**: Volt-e Ivanicsi (Ivaniči) Sztereografikus vetület? Geomatikai Közlemények VIII. Sopron, 45-51. old.

Magyar nyelvű konferencia-előadás

25. **Varga J. (1982)**: A magyarországi vetületi rendszerek között végezhető átszámítások új módjai. Az egyetemi mérnökképzés 200. évfordulóján. Geodéziai szekció, 1982. 1 o.
26. Papp E., Szűcs L., **Varga J. (1999)**: GPS hálózatok transzformációja különböző geodéziai dátumokba és vetületi rendszerekbe. Ezredvégi helymeghatározás. 12. Kozmikus Geodéziai Szeminárium, Székesfehérvár 1999. 5 o.
27. Völgyesi L., **Varga J. (1999)**: Vetületi átszámítások. Geodézia '99. Ráckeve, 1999. febr. 26. 1 o.
28. **Varga J. (2004)**: Volt-e ivanicsi sztereografikus vetület? Geomatika Továbbképző szeminárium, MTA GGKI, Sopron, 2004. október 28. 6 o.

Elektronikus publikáció

29. **Varga J. (2002):** A vetületnélküli rendszerektől az UTM-ig. WEB.
URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/Osszes/Dok3uj.htm 47 o.
Kereshető: Google, "magyarországi vetületi rendszerek"
30. **Varga J. (2003):** Geodéziai vetületek (Kataszteri szakmérnököknek) WEB.
URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/vetulettan/katvet.html 35 o.
Kereshető: Google, "geodéziai vetületek"
31. **Varga J. (2002):** GPS alapismeretek. (Kezdő térinformatikai felhasználáshoz) WEB.
URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/gps/kezdoknek.html 14 o.
Kereshető: Google, "GPS alapismeretek"
32. **Varga J. (2004):** Térképrendszerek. WEB.
URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/katrend/katrend.html 22 o.
Kereshető: Google, "kataszteri térképrendszerek", "topográfiai térképrendszerek"

Nem publikációértékű munkák

Szemleciikk

33. **Varga J. (2004):** Hozzászólás Mihályi Balázs: „A térképek szerepe a hadszíntéren” című szemleciikkéhez. Geodézia és Kartográfia, 56(9): 26-27. old.
URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/publik/polieder.pdf

OFTH (Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal) pályázat

34. Strenk T., **Varga J. (1986):** A vetületnélküli rendszer eredete (A Cassini-féle „vetületi rendszer”).

Szakvélemény

35. Detrekői Á., Mélykúti G., Szabó Gy., **Varga J. (1991):** Szakvélemény a frekvenciagazdálkodás igényeit kielégítő DTM rendszer kialakításához. Készült a Frekvenciagazdálkodási Intézet megbízásából.
