



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Építőmérnöki Kar

Általános- és Felsőgeodézia Tanszék

**A MOM Gi-B3 giroteodolit pontossági vizsgálata
és
az inerciális-autokollimációs irányítvitel kibővítése**

PhD értekezés tézisei

Szabó Gergely

okl. földmérő és térinformatikai mérnök

Budapest, 2016

1. A kutatás előzményei

1.1. Technológiai és tudományos háttér

A giroteodolit szabatos iránymegadásra szolgáló geodéziai műszer, amelyet elsősorban a mérnökgeodézia területén, főként földalatti létesítmények építése kapcsán nagy pontosságú irányítvitelre használnak. A néhány szögmásodperc pontossági igényű földalatti iránymegadásra a giroteodolit alkalmazása máig a leggazdaságosabb, immáron azonban nem az egyetlen megoldás. A giroteodolitot katonai célokra is alkalmazzák.

Az ezredforduló után a Münchener Műszaki Egyetem Geodézia Tanszékének¹ geodétái által irányítvitelre kidolgozott inerciális-autokollimációs eljárás szintén alkalmas a néhány szögmásodperc pontosságú iránymegadásra. Ezen eljárás egy lézergirókkal szerelt inerciális mérőegységgel végzett szögelfordulások mérését és a mérőegységhez fizikailag hozzákapcsolt prizma, tükörre vagy teodolitra végzett, az autokollimáción alapuló vízszintes szögmérést kombinálja irányítvitel céljára.

A Magyar Optikai Művekben 1963-tól 1990-ig gyártottak különböző típusú giroteodolitokat. A geodéziai célra készített MOM giroteodolitokhoz, különösen azok pontosságvizsgálatához és alkalmazásaihoz elsősorban a hatvanas és a hetvenes évekre datálható nagyszámú publikáció és Halmos professzor akadémiai doktori értekezése (Halmos, 1970–1971) kapcsolódik. A MOM Gi-B3 típusú automatikus követésű, analóg leolvasóberendezésekkel ellátott giroteodolit az utolsó, sorozatban gyártott MOM giroteodolit, amelynek alkalmazása a kétezres évek elején, a budapesti 4-es metróvonal végül 2006-ban kezdődött építése kapcsán került előtérbe. Ezen konkrét műszertípushoz kevés publikáció kapcsolható, jóllehet a Gi-B1 és Gi-B2 műszertípusra publikált pontossági vizsgálatok sok tekintetben a Gi-B3 műszertípusra is érvényesek. A MOM Gi-B3 műszertípus pontossági vizsgálatának egyes kérdései, különösen a hőmérsékleti változásokra és a pontraállásra visszavezethető hibahatások doktori kutatásaim 2004. évi megkezdésekor nem voltak tisztázottak.

A Heister, Ingensand és Wunderlich professzorokhoz és Neuhierl doktoranduszhoz köthető, függőleges trajektória mentén történő inerciális-autokollimációs irányítvitelt Wunderlich, Neuhierl, Ingensand és szerzőtársaik 2005, 2006 években publikálták (Wunderlich és Neuhierl, 2005; Neuhierl, 2005; Neuhierl et al., 2006). A szerzők az eljárást a Gotthard-bázislagút építésekor a giroteodollal végzett

¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Geodäsie

irányítvitel független ellenőrzésére használták. A közölt eredmények alapján megállapítható, hogy az inerciális-autokollimációs eljárással a giroteodolit irány-megadási pontosságával hasonló pontosságú irányítvitel lehetséges. Mindez jelentős új tudományos eredmény. Mindazonáltal a közölt pontossági és megbízhatósági mérőszámok egy része alulmúlta a várakozásokat, ezért Ingensand professzor a pontosság és megbízhatóság növelésének reményében 2005 őszén – a zürichi kutatómunkám kezdetén – a nyers mérési adatok alternatív számítási eljárásban való feldolgozását javasolta nekem.

1.2. Intézményi és szakmai háttér, erőforrások

A technika és a tudomány ismertett állásán túl vitathatatlan, hogy számos körülmény, a dolgok és ismeretségek alakulása befolyásolta a szakmai előrehaladásom és a kutatás vonalát. A következőkben ezen kutatási előzmények kronológiáját ismertetem.

A doktoranduszi kutatómunka előzményei közé tartozik a negyedéves földmérő mérnökhallgatóként az I.A.E.S.T.E. és a Magyar Mérnökhallgatók Egyesülete szervezésében Zürichben töltött egy éves szakmai gyakorlatom és annak hozadékai. Mint külső szemlélő ez idő alatt ismertem meg a svájci Gotthard-bázisalagút projektet. Kapcsolatba léptem az ETH Zürich Geodéziai és Fotogrammetriai Intézetében² geodéziai mérés technikával foglalkozó Ingensand professzorral és a projekten dolgozó földmérő mérnökökkel, majd 2003 nyarán a Swissphoto AG-nál töltött három hónapos szakmai gyakorlat alkalmával megismerkedtem az épülő Gotthard-bázisalagút geodéziai munkálataival. Különböző mérési kampányokban vettem részt és tanulmányoztam az alagútfúró gépsor fúrópajzsának geodéziai irányítását, amelyet később a Budapesti Műszaki Egyetem (BME) Építőmérnöki karán tudományos diákköri dolgozatként ismertettem.

2004 tavaszán *Giroteodolitok használata a budapesti 4-es metró alapponthálózatában* címmel készítettem diplomamunkát a Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karának Általános- és Felsőgeodézia Tanszékén (BME ÁGT). A budapesti Hungeod Kft.-vel együttműködve, Hörcsöki Ferenc (Hungeod) és Dr. Dede Károly (BME ÁGT) konzulensi vezetésével készített munkám célja a metróépítéshez kapcsolódó, a jövőbeni, alagútbéli giroteodolitos azimutméréseknek az előkészítése, a metróépítéshez kapcsolódó giroteodolitos mérések gyakorlati alapjainak a megteremtése volt. Méréseimhez ekkor egy MOM utódcég MOM Gi-B3 típusú műszerét használtam.

² Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie

Doktoranduszi tanulmányaimat 2004 szeptemberében kezdtem a Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karának Általános- és Felsőgeodézia Tanszékén, témavezetőim Dr. Ádám József és Dr. Dede Károly voltak. A Magyar Állami Eötvös Ösztöndíj segítségével 2005. október 18-ától 2006. május 19-éig Ingensand professzor vezetésével az ETH Zürich Geodéziai és Fotogrammetriai Intézetében folytattam tudományos kutatómunkát. Ez idő alatt az inerciális-autokollimációs irányítvitel kiszámítására becslési eljárást dolgoztam ki. Ezzel párhuzamosan Égető Csaba doktorandusztársammal az intézet klímakamrájában meghatároztuk a BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszéke időközben beszerzett MOM Gi-B3 giroteodolitjának hőmérsékleti jeleggörbáját, amelyet azután a svájci Gotthard-bázisalagút építésén gyakorlatban alkalmaztunk.

2006-ban a Hungeod Kft. és a BME Általános és Felsőgeodézia Tanszéke a 4-es metró építéséhez kapcsolódó földmérési konzorciumot hozott létre. E funkciójában a Tanszék megbízást kapott a metróépítéshez kapcsolódó egyes giroteodolitos azimutmeghatározási feladatok elvégzésére, melyekre az elkövetkező két évben, számos tanszéki kolléga közreműködésével került sor.

2006 őszétől részmunkaidős munkavállalás mellett zürichi lakóhelyemen folytattam a kutatómunkát. A zürichi Terra Vermessungen AG alkalmazottjaként bekapcsolódtam egy lézerszkennelvel szerelt kinematikus mérőrendszer kalibrálásának fejlesztőmunkájába. A BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszékének giroteodolitjával Budapesten, terepen folytattuk a kísérleti méréseket. Az egyévnnyi giroteodolitos, inerciális és lézerszkennelű kutatómunkák eredményeit a szemeszter végéig három publikációba rendeztem, amelyek 2007 áprilisában jelentek meg. 2007 februárjától a BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszékének levelező doktoranduszként – megszakításokkal – zürichi, majd később bázeli lakóhelyemen folytattam a kutatómunkát. 2008 februárjától 2015 nyaráig a zürichi TBF+Partner AG mérnökiroda alkalmazásában dolgoztam földmérő mérnöként.

A giroteodolitos és inerciális-autokollimációs irányítvitel tárgykörében végzett kutatásaim logikus folytatásaként adódott az utóbbi eljárás optimalizálása és kiterjesztése vízszintes mérési trajektória esetére. E méréseket és a két eljárás szimultán összehasonlító mérését másfél évnnyi egyeztető előkészítés után, 2010 októberében, a Münchener Műszaki Egyetem Geodézia Tanszékének laboratóriumában Wunderlich tanszékvezető professzorral együttműködve tudtuk elvégezni. Az inerciális mérések korábbi becslési eljárással való feldolgozásával a várakozásoknak részben nem megfelelő eredmények adódtak. Ennek folyományaként új funkcionális és matematikai modellt dolgoztam ki, amely a várakozásoknak megfelelő eredményre vezetett.

2. A kutatás célja

Az értekezés címében jelölt kutatás céljai a következőkben fogalmazhatók meg:

- a MOM Gi-B3 giroteodolit korábban nem vizsgált hibaforrásainak és hibahatásainak kísérleti mérések alapján végzett meghatározása, különös tekintettel a hőmérsékleti változásokra és a pontraálló berendezésre visszavezethető hibahatások megismerésére és kiküszöbölésére;
- a MOM Gi-B3 giroteodolittal végzett szabatos azimutmeghatározás és irányítvitel optimalizálása, pontosságának és megbízhatóságának növelése, az optimalizált eljárás és pontossági mérőszámainak ismertetése;
- nagy kiterjedésű mérnökgeodéziai alapponthálózat különböző részei tájékozásának vizsgálata MOM Gi-B3 giroteodolittal végzett kísérleti mérések alapján;
- részvétel a budapesti 4-es metró építéséhez kapcsolódó giroteodolitos irányítviteli, iránymegadási és ellenőrző mérésekben;
- az inerciális-autokollimációs irányítvitel pontosságának és megbízhatóságának növelése új számítási eljárással, a pontossági mérőszámok ismertetése;
- az inerciális-autokollimációs irányítvitel optimalizálása és kiterjesztése vízszintes trajektória mentén végzett irányítvitelre, az eljárás ismertetése;
- a giroteodolitos és az inerciális-autokollimációs irányítvitelek szimultán kísérleti méréseken alapuló összehasonlítása.

3. Vizsgálati módszerek

Az értekezés címében jelölt kutatás vizsgálati módszerei a következők voltak:

- különböző hőmérsékleteken, klímakamrával szerelt laboratóriumban és terepen végzett műszervizsgálatok és kísérleti mérések MOM Gi-B3 giroteodolittal;
- építési projektkörnyezetben végzett mérések MOM Gi-B3 giroteodolittal (budapesti 4-es metró, Gotthard-bázislagút, Svájc);
- a MOM Gi-B3 giroteodolit különböző pontraálló berendezéseinek szabatos szögméréssel való vizsgálata, a berendezések szabályos hibái mértékeinek a számítása és a szabályos hibák azimutmeghatározást terhelő hatásainak számítás útján való kimutatása;
- laboratóriumban végzett irányítviteli mérések a MOM Gi-B3 giroteodolit és az iMAR iNAV-RQH-N inerciális mérőegység egyidejű alkalmazásával;
- a saját kutatási eredmények projekthez kapcsolódó és szakirodalomban fellelhető referenciaértékekkel való összehasonlítása;
- korszerű és klasszikus matematikai módszerek alkalmazása és adaptálásuk adott problémafeltevés megoldására.

4. Új tudományos eredmények³

1. tézis

Kísérleti méréseim vizsgálata alapján megállapítottam, hogy a MOM Gi-B3 giroteodolittal meghatározott azimut, illetve Δ_2 műszerállandó értéke hőmérsékletfüggő. Klímakamrában végzett kísérleti méréseim vizsgálata alapján hőmérsékleti jelleggörbe formájában meghatároztam a vizsgált 1/310124/B sorozatszámú giróegységgel szerelt 1/310124 sorozatszámú MOM Gi-B3 típusú giroteodolit azimutmeghatározást terhelő hőmérsékletfüggő szabályos hibájának – a giroteodolit Δ_2 műszerállandója változásának – hatását.

Terepi és klímakamrában végzett méréseim vizsgálata alapján megállapítottam, hogy a MOM Gi-B3 típusú giroteodolit teodolitrészét jellemző Δ_1 műszerállandója nem kizárólag a mérési környezet léghőmérsékletétől függ. Megállapítottam, hogy a mérési környezet léghőmérsékletének megváltozása és a Δ_1 műszerállandó megváltozása közötti viszony az egyéb légköri paraméterek állandósága esetén lineáris függvénykapcsolattal jellemezhető.

Megállapítottam, hogy a MOM Gi-B3 giroteodolit Δ_1 műszerállandójának és Δ_2 műszerállandójának középhibája a vizsgált léghőmérsékleti tartományban nem hőmérsékletfüggő.

A vizsgált hőmérsékleti hibahatások kiküszöbölésével a MOM Gi-B3 giroteodolittal végzett azimutmeghatározás és irányátvitel pontosságának növekedését értem el.

(Szabó és Égető, 2007a), (Szabó és Égető, 2007b)

2. tézis

Pontosítottam a MOM Gi-B3 teodolittal végzett azimutmeghatározás eljárását, minden független északmeghatározáshoz előírva a Δ_1 teodolit-műszerállandó közvetlen méréseken alapuló meghatározását. A műszerállandó-meghatározás feladatának tárgyául a Δ_1 műszerállandó meghatározása helyett a Δ_2 giróegység-műszerállandó meghatározását definiáltam és ennek megfelelően pontosítottam a MOM Gi-B3 giroteodolittal végzett műszerállandó-meghatározás és azimutmeghatározás alapegyenleteit.

(Szabó és Égető, 2007a), (Szabó és Égető, 2007b)

³ Az egyes tézisek után zárójelben a tézishoz kapcsolódó tudományos publikációk megadása található.

3. tézis

Megvizsgáltam a pontraállási hibának a MOM Gi-B3 giroteodolittal mért azimutok pontosságára gyakorolt hatását. Megállapítottam, hogy az alagútépítések azimutmeghatározásakor a pontraállási hiba jelentős hibaforrás.

Új megoldást dolgoztam ki, a MOM Gi-B3 pillérszékkel elvégezhető pontraállítására, ezáltal egy nagyságrenddel javítottam annak pontosságát.

Új megoldást és mérési eljárást dolgoztam ki a MOM Gi-B3 giroteodolittal végzett azimutmeghatározások irány- és távméréses mérnökgeodéziai hálózatban történő szabatos integrálására, amellyel kiküszöböltem a pontraállási hibát.

Az újítások segítségével a MOM Gi-B3 giroteodolittal történő irányátvitel pontosságának növekedését értem el.

(Szabó és Égető, 2007a), (Szabó és Égető, 2007b), (Szabó, 2016)

4. tézis

Nagy kiterjedésű mérnökgeodéziai alapponthálózatban, speciális elrendezésű, MOM Gi-B3 giroteodolittal végzett kísérleti mérésekkel vizsgáltam a hálózat különböző részeinek tájékozási homogenitását. A mérések vizsgálata alapján megállapítottam, hogy a mérési pontosságon belül a vizsgált hálózatrészek tájékozása azonos. Ezt követően a kísérleti mérések alapján, a vizsgált hálózatban a föld alatt kialakítandó új hálózatrészek homogén tájékozásának biztosítására, a szabatos földalatti azimutmérések elvégzéséhez műszerállandót és hitelesítőirányok azimutjait határoztam meg.

(Szabó, 2005b)

5. tézis

Becslési eljárást dolgoztam ki az inerciális-autokollimációs irányítvitel lézergiró-idősorainak kiszámítására. Egyszerűsítettem az eljárást kidolgozó Neuhierl és Wunderlich által ismertetett irányítvitel számításának alapegyenletét. Az ismert korábbi számítási eljáráshoz képest kevesebb szenzor mérési adatait feldolgozó becslési eljárás alkalmazásával az inerciális-autokollimációs irányítvitel pontossági és megbízhatósági mérőszámainak javulását értem el.

Optimalizáltam a Neuhierl és Wunderlich által (Wunderlich et al., 2005; Neuhierl, 2005; Neuhierl et al., 2006) publikációkban ismertetett inerciális-autokollimációs irányítvitelt. Dőlésmérővel és autokollimációs teodolittal bővítettem a mérőrendszert, javítottam a mérési elrendezést. A mért dőlésértékek felhasználásával a korábbi becslési eljárásomat kibővítettem a mérőrendszer szabályos pozícióktól való eltéréseinek figyelembevételére, ezzel az irányítvitelt terhelő korábban elhanyagolt szabályos hibahatást küszöböltem ki.

(Szabó, 2007), (Szabó et al., 2015a), (Szabó et al., 2015b)

6. tézis

Megmutattam az optimalizált inerciális-autokollimációs irányítvitel és a továbbfejlesztett becslési eljárás alkalmasságát a horizontális mérési trajektória mentén történő irányítvitelre, így a mérési és becslési eljárások általános érvényű alkalmasságát az irányítvitelre.⁴

Szimultán összehasonlító mérések eredményeinek vizsgálatával igazoltam az optimalizált inerciális-autokollimációs irányítvitel és a giroteodolittal végzett irányítvitel pontosság és megbízhatóság tekintetében való egyenértékűségét.

(Szabó, 2007), (Szabó et al., 2015a), (Szabó et al., 2015b)

⁴ Neuhierl és Wunderlich vertikális trajektória mentén alkalmazta az eljárást.

5. Az értekezés eredményeinek alkalmazási lehetőségei

Általános értelemben:

- irányítvitel mérnökgeodéziai célú alkalmazásokban;
- elsősorban földalatti alapponthálózatok és létesítmények, berendezések giroteodolitos és inerciális-autokollimációs eljárással végzett tájékoztató mérései;
- egyéb specifikus ellenőrző mérések.

Konkrét, elvégzett alkalmazások MOM Gi-B3 giroteodolittal:

- irányítvitel a svájci Gotthard-bázisalagút építésén mint független giroteodolitos tájékoztató-ellenőrző mérés;
- giroteodolitos azimutmeghatározások a budapesti 4-es metró építésekor (2004–2009 években);
- egyéb mérnökgeodéziai célú földalatti tájékoztató mérések.

További javasolt alkalmazás:

- inerciális irányítvitel a földalatti járatok külszíni nyílásainak refrakcióval terhelt terein keresztül a klasszikus sokszögelés helyett.

6. Az értekezés tárgyához kapcsolódó szakirodalmi tevékenységem

Idegen nyelvű, lektorált folyóiratcikk

[1] Szabó, G., Égető, Cs., Wasmeier, P., Ackermann, Ch., Wunderlich, Th., Ingensand, H. (2015a): Richtungsübertragungen entlang horizontaler und vertikaler Trajektorien – Ein Simultanvergleich der INS-Autokollimation-Methode und der Kreiselrichtungsübertragung. In: Allgemeine Vermessungs-Nachrichten (AVN), 122 (2015), Nr. 4, S. 131–139.

[2] Szabó, G., Égető, Cs., Wasmeier, P., Ackermann, Ch., Wunderlich, Th., Ingensand, H. (2015b): Richtungsübertragungen entlang horizontaler und vertikaler Trajektorien – Ein Simultanvergleich der INS-Autokollimation-Methode und der Kreiselrichtungsübertragung. In: Allgemeine Vermessungs-Nachrichten (AVN), 122 (2015), Nr. 6–7, S. 223–232.

[3] Szabó G. (2016): On the centering eccentricity of the MOM Gi-B3 gyrotheodolite. In: Periodica Polytechnica, Vol. 60 (2016), terjedelem: 12 oldal; közlésre elfogadva: 2016.01.06.

Magyar nyelvű, lektorált folyóiratcikk

[4] Szabó G. (2005b): Giroteodolitok használata a budapesti 4-es metró alapponthálózatában. Geodézia és Kartográfia, 57. évf. (2005), 8. sz., 15–21. old.

[5] Szabó G., Égető Cs. (2007b): Irányítvitel MOM Gi-B3 giroteodolittal a svájci Gotthárd-Bázisalagút építésén. Geomatikai Közlemények X., MTA GGKI, Sopron, 2007, 273–280. old.

Nemzetközi konferencia kiadványában megjelent, idegen nyelvű lektorált cikk és egyben idegen nyelvű előadás

[6] Szabó, G. (2007): Inertialmesstechnische Richtungsübertragung in einem Vertikalschacht mit der Hilfe von Laserkreisel-Zeitreihenanalyse. In: Brunner F. K., (Hrsg.): Beiträge zum 15. Internationalen Ingenieurvermessungskurs Graz, 2007. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag, 2007, S. 383–394.

Nemzetközi konferencia kiadványában megjelent, idegen nyelvű cikk

[7] Szabó, G., Égető, Cs. (2007a): Kreiselmessungen mit dem MOM Gi-B3 im Gotthard Basistunnel. In: Brunner F. K., (Hrsg.): Beiträge zum 15. Internationalen Ingenieurvermessungskurs Graz, 2007. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag, 2007, S. 207–212.

[8] Szabó, G., Glaus, R., Müller, U. (2007): Kinematisches Laserscanning mit dem Gleismesswagen swiss trolley. In: Brunner F. K., (Hrsg.): Beiträge zum 15. Internationalen Ingenieurvermessungskurs Graz, 2007. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag, 2007, S. 201–206.

Magyar nyelvű konferencia kiadványában megjelent, magyar nyelvű lektorált cikk és előadás

[9] Szabó G. (2005a): Giroteodolitok gyakorlati alkalmazásának lehetőségei a budapesti 4-es metró építéskor. Barna Zs., Józsa Zs. (Szerk.): Doktori Kutatások a BME Építőmérnöki Karán, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2005, 7–15. old.

Nem publikációértékű munkák

További előadások

[10] Szabó G. (2004): Giroteodolitos mérések a budapesti 4-es metró építéséhez. Rédey István Geodéziai Szeminárium, BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, Budapest, 2004. október 20.

[11] Szabó G., Égető Cs. (2006): MOM Gi-B3 giroteodolit alkalmazása a svájci Gotthárd-bázisalagút építésén. V. Geomatika Továbbképző Szeminárium, MTA GGKI, Sopron, 2006. október 26–27.

[12] Szabó G. (2010): Irányítvitel inerciális technológiával, lézergiró-idősorok feldolgozása alapján. VII. Geomatika Szeminárium, MTA GGKI, Sopron, 2010. november 4–5.

[13] Égető Cs., Szabó G. (2011): Irányítvitel inerciális mérőegység alkalmazásával. Rédey István Geodéziai Szeminárium, BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, Budapest, 2011. október 25.

Kutatási beszámoló, műszaki leírás

[14] Szabó, G. (2006): Bericht der MOM Kreismessungen im Gotthard-Basistunnel an Ostern 2006, Sedrun. 51 Seiten, ETH Zürich, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Zürich, 2006.

[15] Szabó G., Szerdahelyi A., Égető Cs., Dede K., Kis Papp L. (2008): Giroteodolitos mérési és kutatási beszámoló I. 12 oldal, Hungeod-BME Földmérési Konzorcium, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, Budapest, 2008.

Diplomaterv, Tudományos Diákköri dolgozatok

[16] Szabó G. (2004): Giroteodolitok használata a budapesti 4-es metró alapponthálózatában. Diplomamunka, 152 oldal, BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, Budapest, 2004.

[17] Szabó G. (2003): Steuerleitsystem im maschinellen Tunnelvortrieb beim Bau des neuen Gotthard-Eisenbahntunnels – Alagútjáró gépsor geodéziai irányítása az épülő Gotthard vasúti alagút példáján. Tudományos Diákköri dolgozat, 33 oldal, BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék. Budapest, 2003.

[18] Égető Cs., Szabó G. (2001): Szabadálláspont koordinátáinak változása a meghatározáshoz felhasznált irányok függvényében. Tudományos Diákköri dolgozat, 65 oldal, BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, Budapest, 2001.

7. Hivatkozások

Halmos F. (1970–1971): Giroteodolitok geodéziai alkalmazásának elméleti és gyakorlati kérdései. Akadémiai doktori értekezés, Magyar Tudományos Akadémia, Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet, Sopron 1970–1971.

Neuhierl, T. (2005): Eine neue Methode zur Richtungsübertragung durch Koppelung von Inertialmeßtechnik und Autokollimation. Dissertation, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Technische Universität München, München 2005.

Neuhierl, T., Schnädelbach K., Wunderlich, T., Ingensand, H., Ryf, A. (2006): How to Transfer Geodetic Network Orientation through Deep Vertical Shafts – An Inertial Approach. In: Shaping the Change XXIII FIG Congress Munich, Germany, Oct. 8–13 2006.

Wunderlich, T., Neuhierl, T. (2005): Erfahrungen mit einem hochwertigen Inertialmeßsystem im Ingenieurgeodätischen Einsatz. In: Chesi, G.; Weinold, T. (Hrsg.): Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2005. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag, 2005.