

Járműipari fejlesztések támogatása nagyvárosi környezetben végzett nagypontosságú GNSS technológiával

Busznyák Tibor*. Prof. Dr. habil Lakatos István**

*Széchenyi István Egyetem
Magyarország, Győr, Egyetem tér 1. (e-mail: busznyak.tibor@sze.hu)

**Széchenyi István Egyetem
Magyarország, Győr, Egyetem tér 1. (e-mail: lakatos@sze.hu)

Abstract: Kutatásunk a precíziós helymeghatározási eszközök és a közlekedés kapcsolatát vizsgálja. Korábbi eredményekből indulunk ki, ahol MATLAB-ban létrehozott algoritmus segítségével határozzuk meg a gépjármű pozícióját, OBD által szolgáltatott tüzelőanyagfogyasztási adatok alapján. Ezeket a mért adatokat precíziós helymeghatározási mérésel előzetesen felmért referenciaadatbázishoz hasonlítjuk. Ezek a referenciaadatbázisok és az erre vonatkozó terepi mérések peremfeltételei azonban nem mindehol teljesíthetőek. Célunk, hogy nagyvárosi körülményekre is kiterjeszhető legyen az algoritmus (MATLAB). Ennek érdekében Budapesten végeztünk nagypontosságú GNSS terepi mérést. A mérés eredményeit és következtetéseit foglaltuk össze az alábbi cikkben.

1. BEVEZETÉS

Napjaink helymeghatározási lehetőségei széles skálát fednek le. Gyakorik a gyors újratervezésre képes, de pontatlanabb AGPS rendszerek, melyek okostelefonokban megtalálhatók. Ezek lefedik a GPS polgári felhasználásának nagy részét. Erősödik továbbá a dróntechnológia is, melynek alapvető eleme a helymeghatározó modul (Rabah és mtsai 2018).

A dróntechnológia használható távérzékelésben, fotogrammetriában, mezőgazdasági területfelméréseknél (Colomina – Molina 2014) (Ramli és mtsai 2015).



1. ábra: Rezi vár felvételezése 2018-ban (rezirom.elte.hu).

Az 1. számú ábrán látható a Rezi vár, mely 2018 tavaszán került felvételezésre DJI típusú Phantom 4-es drón segítségével.

A későbbi modellalkotáshoz elengedhetetlen volt, hogy a rögzített felvételek egyenletes időközönként készüljenek. Ehhez a beépített GPS modul nyújtott segítséget, amely vészfunkciót is ellát, hiszen a drón képes egy előre rögzített pontba (home point) visszatérni havária esetén, megelőzve az esetlegesen jelentős anyagi károkat. A GPS a dróntechnológiával kiegészülve a műemlékek felmérésénél is használható (Tapete és mtsai. 2015).

A GPS technológia precíziós felhasználása elsősorban ipari tevékenységekhez kötődik, polgári felhasználása ritka. A GPS megnevezés inentől kezdve nem gyűjtőnév, hanem az amerikai műholdrendszer elnevezése.

A precíziós méréseknél ugyanis már nem csak amerikai, hanem további műholdrendszerek jeleivel is dolgozunk, mely együttesen a GNSS (Global Navigational Satellite System). Egész világra kiterjedő, globális információforrás. A hadászati felhasználástól az időjárás előrejelzésig sokrétű felhasználása ismert (Dabove és mtsai 2018). A különböző régiók mind fejlesztik saját rendszerüket, melyek együttes felhasználása adja az egész világon elérhető GNSS szolgáltatást.

A legfontosabb rendszerek:

- GPS (Navstar) – USA;
- GLONASS – Orosz;
- Galileo – EU;
- Beidou – Kínai.

A precíziós GNSS mérések tehát komplexebb eszköz- és háttérigényt követelnek. A precíziós és a polgári technológia pedig a közlekedés fejlődésével találkozik.

A fenntartható közlekedésre irányuló fejlesztések fontos elemei a Smart City koncepciók (Lim és mtsai. 2018), melynek tárgyalt pontjai például a fogyasztás hatékonyság, az online kommunikációs rendszerek fejlesztése, az autonóm közlekedés, vagy a transzport koncepciók is (Péter, T.-Bokor, J. 2006)

Míndez kiterjedt együttműködést követel meg az infokommunikációs cégektől, a településfejlesztésen át az autópárig (Péter, T. 1997), (Pokorádi – Lázár-Fülep 2017).

A gyalogos közlekedők okostelefonjai, a járművek és a kiszolgáló infrastruktúra hatékony együttműködése hozzájárul a balesetek számának csökkentéséhez (Péter, T. 2007), valamint az ITS (Intelligent Transport System – Intelligens Transzportrendszer) fejlődéséhez (Iordanopoulos és mtsai. 2018).

2. MÉRÉS

2.1 GNSS bevonása vezetéstámogató szerepkörbe

A fenntartható, biztonságos közlekedés fontos sarokpontja, hogy a gépjármű (ezzel együtt a kiszolgáló infrastruktúra) minél több információ alapján tudjon megfelelő minőségű szolgáltatást nyújtani, hiszen napjainkban prioritás a környezettudatos, tervezhető, biztonságos utazás (Omae és mtsai. 2006) (Rudas és mtsai. 2018).

Ennek fontos sarokpontja a tüzelőanyag fogyasztás becslése, ezért városi körülmények között többféle paraméterrendszer mellett is végeztem méréseket (Busznyák – Lakatos 2017). Adott útvonal került feldolgozásra egy időben végzett nagy pontosságú GPS-helymeghatározási mérések és fedélzeti diagnosztika által szolgáltatott tüzelőanyag fogyasztási mérések segítségével.

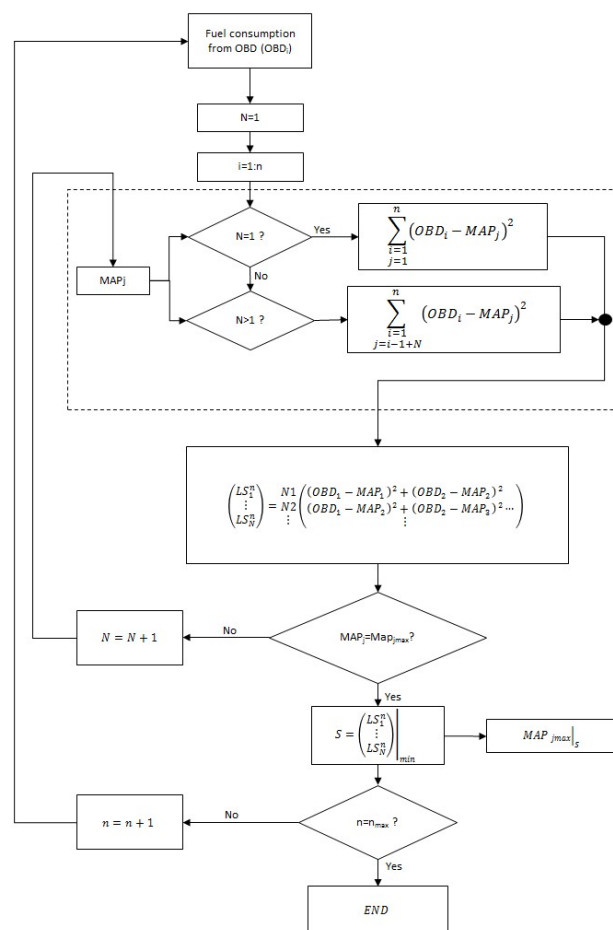
A cél annak meghatározása, hogy a domborzati viszonyok milyen hatással vannak a fogyasztásra, városi körülmények között, állandó sebességeknél (Busznyák – Lakatos 2018).

Előzetesen a helymeghatározásra vonatkozó, fontos peremfeltételek tételesen kerülnek bemutatásra:

- GPS/GNSS műholdak megfelelő számú jelenléte (min. 5);
- GPS/GNSS műholdakkal való zavartalan kapcsolat biztosítása (rálátás az égboltra);
- Pontosító adatokat szolgáltató bázisállomás (lehetőleg minél közelebb a méréshez);
- Pontosító adatokat szolgáltató bázisállomással való zavartalan kapcsolat biztosítása (min. GPRS lefedettség).

A fedélzeti diagnosztika által rögzített tüzelőanyag fogyasztási adatok változási trendjeit saját fejlesztésű MATLAB-ban létrehozott algoritmussal hasonlítottuk össze a referenciaadatbázisként szolgáló, előzetesen felmért útvonal magasságváltozásai adataival.

Az alábbi, 2-es ábra az algoritmus működését mutatja be. Ezzel sikerült egy működő modellt létrehozni, hogy az idősor szerűen, egymás után beérkező OBD adatok alapján meghatározzuk a valós pozíciókat, mindez 30 km/h állandó sebességnél (Busznyák és mtsai. 2019).



2. ábra: A fejlesztett algoritmus folyamatábrája.

Minél több előre felmért útvonal áll rendelkezésre, annál több közlekedési helyzetben tudjuk megvizsgálni az algoritmus működését. A nagy pontosságú GNSS felmérésre vonatkozó peremfeltételek viszont nem mindenhol teljesülnek, illetve különböző helyeken eltérőek lehetnek (Xia és mtsai. 2017).

2019 nyarán Budapesten megvalósult egy tesztmérés, ahol arra kerestük a választ, hogyan alkalmazható az RTK GNSS felmérés nagyvárosi körülmények között. Az RTK (Real Time Kinematic) egy geodéziai (~3-5 cm) pontossággal működő, mozgás közbeni felmérésre alkalmas módszer.

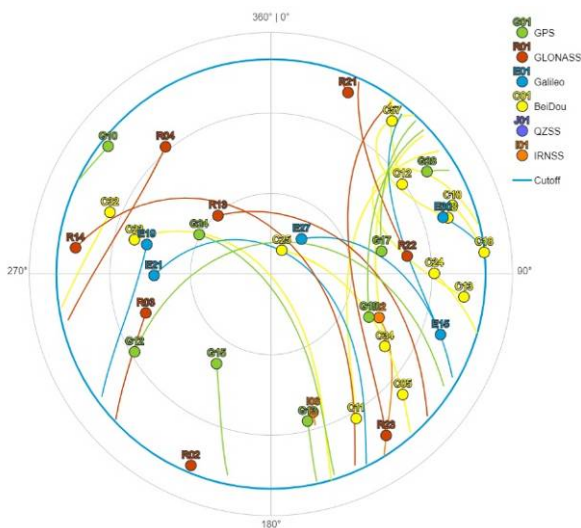
2.2 Terepi felmérés nagyvárosi körülmények között

Ahogy arról már korábban is volt szó vizsgálni kell a vonatkozó peremfeltételeket. Budapest belvárosában sok helyen még a múlt században épült, magas épületekkel találkozhatunk, ezek fogják közre az utakat.

A műholdak Budapest feletti elhelyezkedése és a műholdak pályáinak ellenőrzése fontos feladat a mérés előtt.

Budapest (egy adott pont koordinátája):

- Hosszúság (Latitude): $47^{\circ} 27' 28''$
- Szélesség (Longitude): $17^{\circ} 1' 14''$



3. ábra: Műholdtérkép Budapest felett.

A 3. ábrán jól látszik a műholdak kelet-nyugati irányultsága, északon és délen alig megtalálhatóak. Ebből arra következtethetünk, hogy érdemes:

- Kelet – nyugati;
- Nyugat – keleti útvonalat választani.

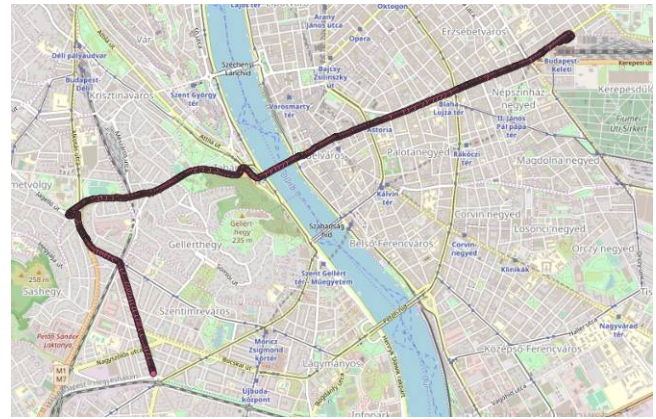
Illetve kevésbé érdemes:

- Észak – déli;
- Dél – északi útvonalat választani.

Az említett feltétel könnyen igazolható, hiszen észak – déli útvonal esetén a műholdak nagyrészt tőlünk jobbra, illetve balra esnek, pontosan a budapesti magas, belvárosi épületek mögé.

A kelet – nyugati irányultság viszont előnyös, hiszen nagyobb valószínűséggel kapcsolódhatunk a műholdakhoz, mert azok nincsenek takarásban.

Ezek alapján az alábbi útvonal került kiválasztásra: Budapest Keleti Pályaudvar – Blaha Lujza tér – Astoria – Erzsébet híd – Hegyalja utca – BAH-csomópont – Karolina út.



4. ábra: A mérés útvonala.

Az útvonal nagy része nyugat – keleti irányultságú, de tartalmaz észak – déli irányt is, illetve a Hegyalja utcai rész északról megkerüli a Gellért hegyet, ami nagy magasságváltozást is eredményez, későbbi elemzésekhez kedvező (4. ábra).

A gépjármű útvonalának pontos dokumentálása egy U-BLOX ZED F9P típusú RTK-s, GNSS kapcsolatra alkalmas eszközzel történt. Ez az eszköz 2018 óta elérhető a piacon, melynek fő előnyei:

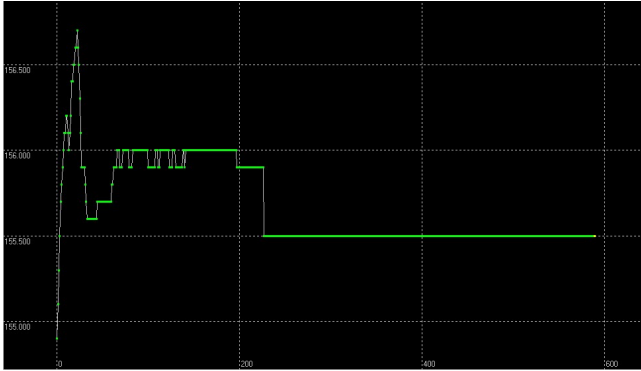
- Kompakt, kis méretű eszköz (maga a chip $17 \times 22 \times 2,4$ mm);
- Arduino UNO vezérlőalaplaphra szerelhető;
- GNSS mérésre alkalmas;
- BeiDou; Glonass; Galileo és GPS (Navstar) elérés;
- Hosszú, 5 méteres antennakábel;
- Mozdás közbeni RTK mérés;
- Centiméter pontosság.

Az antennát felhelyezzük a gépjármű tetejére, oda, ahol nem takarja semmi. Fontos megjegyezni, hogy az antenna egyúttal a vevőegység fáziscentrumba is, ezért fontos a megfelelő rögzítés.

Amennyiben a mérés alatt a keréktalppontok által meghatározott síkhoz képest elmozdul, hibás adatokat kapunk, melyeket utólag nagyon nehéz, csaknem lehetetlen korrigálni.

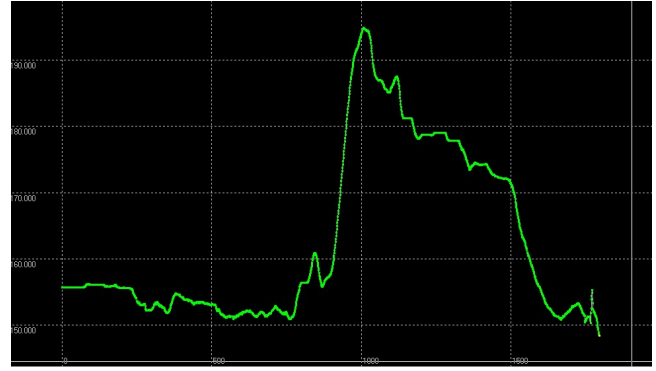
Ezután kiválasztjuk a megfelelő bázisállomást. A bázisállomás szolgáltatja a pontosító adatokat, így célszerű az elérhető legközelebbit választani, a mi esetünkben ez Budán, az ELTE épületének tetején lévő bázis.

A legnagyobb távolság a Keleti Pályaudvarnál volt a bázis és a vevő között, de ez sem több 10 km-nél légvonalban, ez a távolság bőven az alkalmazhatósági határon belül van.



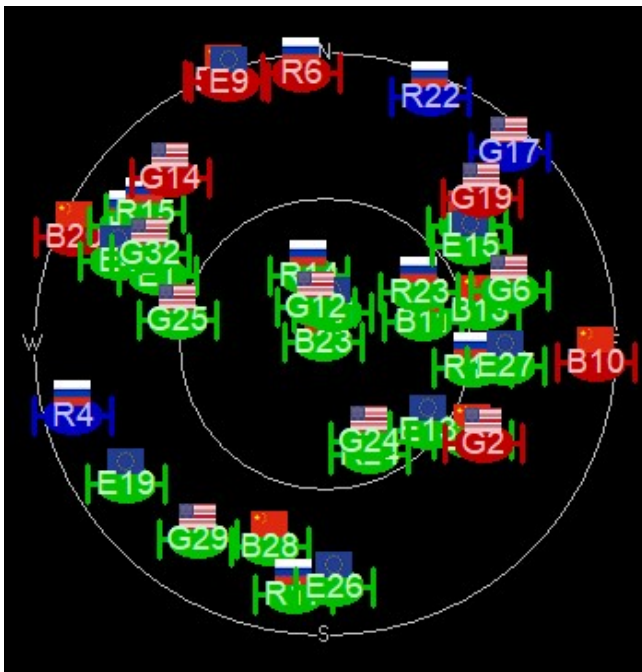
5. ábra: Az U-Blox eszköz inicializálási ideje.

Az eszköz inicializálása fontos lépés (5. ábra). Álló helyzetben a magasságértékeknek be kell állnia a valós értékre, ez időt vesz igénybe, jelen esetben 210 másodpercet. Az ábrán a vízszintes tengelyen az idő, a függőleges tengelyen a tengerszint feletti magasság értékek láthatók.



7. ábra: Magasságváltozás diagram.

A GNSS eszköz vezérlőszoftvere diagramon ábrázolja az útvonalon rögzített magasságadatokat, Szemléletes a nagyjából féltáv környékén útba eső Hegyalja utca meredek emelkedése, illetve görbe eleje, a pesti oldal kis magasságváltozású trendje (7. ábra).

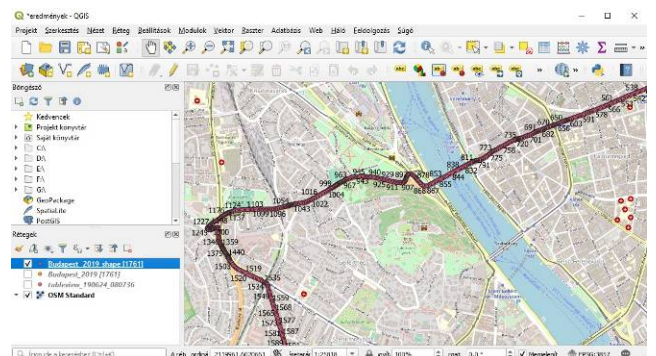


6. ábra: Műholdtérkép a mérés adott pillanatában.

A mérés alatt lehetőség van a műholdtérkép ellenőrzésére. Különböző színekkel kapunk információt a kapcsolat állapotról, és az elérhető műholdak számáról, felségjelzéséről. Ezen kezdeti lépések után megvalósítható a mérés a korábban kitűzött útvonalon (6. ábra).

2.3 GIS elemzés

A mérés során rögzített koordinátákat ezután a QGIS 3.8 szoftverrel dolgoztuk fel. Nagy előnye, hogy ingyenesen hozzáférhető, a kezelőfelülete egyszerű, a végeredmény szemléletes. Beolvasva a hosszúsági, szélességi és magassági adatokat a már ismert útvonalat kapjuk, kiegészítve a szoftver kezelőfelületével. Lehetőség van az attribútumtábla kezelésére, mely a pontok adatait tartalmazza, ahogy az a 8. ábrán látható.



8. ábra: QGIS szoftverkörnyezet és az útvonal.

Kiemelve bemutatjuk a kritikus helyek körül megoszló pontokat is. A pontok mögé a szemléletesség kedvéért illesztünk egy alaptérképet.

Keleti Pályaudvar:



9. ábra: Keleti Pályaudvar térképrészlet kinagyítva.

Astoria:



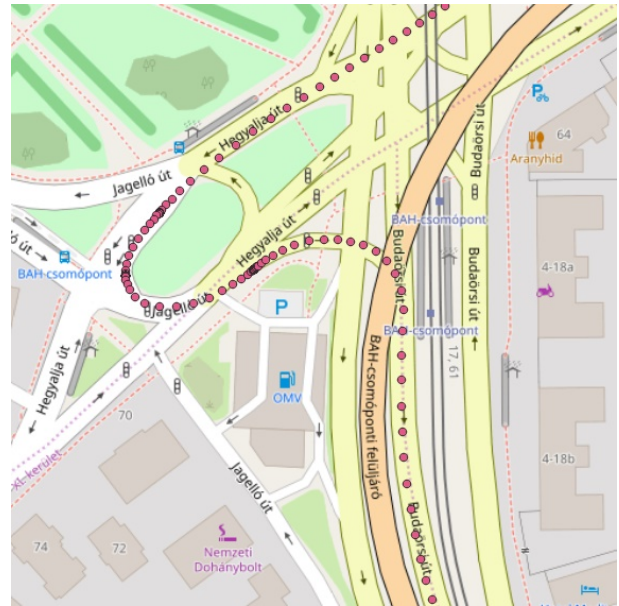
10. ábra: Astoria térképrészlet kinagyítva.

Erzsébet híd:



11. ábra: Erzsébet híd térképrészlet kinagyítva.

BAH – csomópont:



12. ábra: BAH – csomópont térképrészlet kinagyítva.

A különböző, kinagyított térképrészletek a mérés kritikus helyeit mutatják be. A 9. ábrán az aluljárón áthaladva egy pillanatra megszakadt a kapcsolat, a 10. ábrán, az Astorián nem kell aluljárón áthaladni, viszont a házak nagyon közel vannak, ez itt szerencsére nem befolyásolta a pontosságot. Az Erzsébet hídon az égboltra való szabad rálátás előnyös (11. ábra). A 12. ábrán látható kereszteződés sem járt jelkimaradással, a peremfeltételek mindegyike teljesült.

3. MÉRÉSI EREDMÉNYEK, KÖVETKEZTETÉSEK

A mérés összességében sikeres volt. A magyarországi nagyvárosok közül Budapest mindenképpen kitűnik. Az óriási gépjárműállomány, a komplex közlekedési helyzetek biztos alapot nyújtanak a későbbi elemzésekre. Kíváncsiak voltunk, hogy az utakat körülvevő épületek mekkora hatást gyakorolnak egy precíziós GNSS mérésre. Elmondható, hogy a mért adatsor pontjai megfelelő sűrűségűek, sehol nem lokalizálható nagyobb jelkimaradás, így a mérés vélhetően alkalmas járműipari mérések támogatására.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Az OBD vezetéstámogató és helymeghatározási segédszerepben történő alkalmazásához szükséges minél több útvonal felmérése, az adatbázisok bővítése. Ezek segítségével járműre vonatkozó elemzések megvalósíthatók, mint fogyasztás előrejelzés különféle útvonali attribútumok alapján. Az OBD adataiból a MATLAB-ban létrehozott algoritmus segítségével is meghatározható a gépjármű helyzete. Elektromos járművekre kiterjeszhető (Wu és mtsai 2015).

Ez egy harmadik, a GPS vagy az ITS szenzoroktól független rendszer és segéd adatbázis lehet, hiszen, amennyiben kiesik a V2X erre helymeghatározásra vonatkozó komponense, vagy a GPS kapcsolat, ez adhat visszacsatolást. Elkerülhetők a nem várt események, így az OBD alkalmazható vezetéstámogató feladatok ellátására is.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk kutatásaihoz az Új Széchenyi Terv keretein belül az „Autonóm járművek dinamikája és irányítása az automatizált közlekedési rendszerek követelményeinek szinergiájában (EFOP-3.6.2-16-2017-00016)” projekt és a Széchenyi István Egyetem biztosított forrást. A kutatás az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- Busznyák, T., Lakatos, I. (2017) “Automotive Engineering possibilities in combining Global Positioning and Vehicle Diagnostic” *5th International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering (ISCAME 2017)*, University of Debrecen Faculty of Engineering, pp. 84-89. ISBN 978-963-473-304-1
- Busznyák, T., Lakatos, I. (2018) “Digitális eszközrendszerek a gépjárművekben, mint az autonomizálódó közlekedés fejlesztésének információforrásai” *IFFK 2018: XII. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés*, 2018.08.29-2018.08.31, Budapest, Hungary, MMA, Paper: 13. ISBN 978-963-88875-3-5
- Busznyák, T., Pálfi, G., Lakatos, I. (2019) “On-Board Diagnostic-based Positioning as an Additional Information Source of Driver Assistant Systems” *Acta Polytechnica Hungarica*, Vol. 16, Issue 5. pp. 217-234. ISSN 1785-8860
- Colomina, I., Molina, P. (2014) “Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review” *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Volume 92, pp. 79-97. doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013>
- Dabove, P., Manzano, M. M., Gogoi, N. (2018) “Assessment of positioning performances in Italy from GPS, BDS and GLONASS constellations” *Geodesy and Geodynamics*, Volume 9, Issue 6, pp. 439-448. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geog.2018.06.009>
- Iordanopoulos, P., Mitsakis, E. and Chalkiadakis, C. (2018) “Prerequisites for Further Deploying ITS Systems: The Case of Greece” *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 46(2), pp. 108-115. doi: <https://doi.org/10.3311/PPtr.11174>.
- Lim, C., Kim, K., Maglio, P., P. (2018) “Smart cities with big data: Reference models, challenges, and considerations”, *Cities*, 82, pp. 86-99. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.04.011>
- Omae, M., Fujioka, T., Hashimoto, N., Shimizu, H. (2006) “The application of RTK-GPS and Steer-by-wire technology to the automatic of vehicles and an evaluation driver behavior” *IATSS Research*, Volume 30, Issue 2, pp. 29-38. doi: [https://doi.org/10.1016/S0386-1112\(14\)60167-9](https://doi.org/10.1016/S0386-1112(14)60167-9)
- Péter, T. (1997) „*Gépjármű lengőrendszerek felfüggesztéssparamétereinek optimalása*” 120 p. MTA, Kandidátusi Disszertáció
- Péter, T., Bokor, J. (2006) “*Járműforgalmi rendszerek modellezése és irányításának kutatása*” A JÖVŐ JÁRMŪVE: JÁRMŪIPARI INNOVÁCIÓ 1-2 pp. 19-23. , 5 p. (2006)
- Péter, T. (2007) “*Nagyméretű nemlineáris közlekedési hálózatok modellezése*” KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE LVII. : 9 pp. 322-331. , 10 p. (2007)
- Pokorádi, L., Lázár-Fülep, T. (2017) “Jármű-irányítási rendszerek megbízhatósági és kockázatelemzési modellezése – Egy kutatási projekt beharangozója” In: Péter, Tamás (szerk.) *IFFK 2017: XI. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés* Budapest, Magyarország: Magyar Mérnökakadémia (MMA), pp. 181-186., 6 p.
- Rabah, M., Basiouny, M., Ghanem, E., Elhadary, A. (2018) “Using RTK and VRS in direct geo-referencing of the UAV imagery” *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, Volume 7, Issue 2, pp. 220-226. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nriag.2018.05.003>
- Ramli, M., F., Aburas, M., M., Abdullah, S., H., Ash'aari, Z., H. (2015) “Measuring Land Cover Change in Seremban, Malaysia Using NDVI Index” *Procedia Environmental Sciences*, Volume 30, pp. 238-243. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.10.043>
- Rudas, I., J., Haidegger, T., Takacs, Á., Bosl D., (2018) “Highly Automated Vehicles and Self-Driving Cars” *IEEE ROBOTICS & AUTOMATION MAGAZINE 25: 4*, pp. 106-112., 7 p.
- Tapete, D., Morelli, S., Fanti, R., Casagli, N. (2015) “Localising deformation along the elevation of linear structures: An experiment with space-borne InSAR and RTK GPS on the Roman Aqueducts in Rome, Italy” *Applied Geography*, 58, pp. 65-83. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.01.009>.
- Xia, J., Sun, Q., Foster, J., Falkmer, T., Lee, H. (2017) „Pursuing Precise Vehicle Movement Trajectory in Urban Residential Area Using Multi-GNSS RTK Tracking” *Transportation Research Procedia*, Volume 25, pp. 2356-2372. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.255>
- Wu, X., Freese, D., Cabrera, A., Kitch, W., A. (2015) „Electric vehicles' energy consumption and estimation” *Transportation Research Part D* 34, pp. 52 - 67. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.10.007>