

Busznyák Tibor¹

Nagypontosságú GNSS-mérés hasznosítása a járműiparban, kapcsolódó rendszerbiztonsági és adatforgalmi kérdések feltárása V2X-rendszerben

Geodesic GNSS Survey Applications in the Vehicle Industry, Revealing Connected System Safety and Stability Problems in the V2X System

A járműipar, illetve a járműipari fejlesztések optimalizációja napjainkban meghatározó feladat. Kutatásom olyan digitális eszközrendszereket vizsgál, amelyek beilleszthetők az autonomizálódó közlekedés kérdéskörébe. Jelen cikkben megvizsgálom a kor fő járműipari vívmányait. Elemzem a modern V2X kommunikációs rendszert, felépítés és rendszerbiztonsági szempontból is. Korábbi tapasztalatokra építve bemutatok egy módszert, ahol bizonyos útvonali attribútumok ismeretében nagy pontossággal becsülhető meg a járművek üzemanyag-fogyasztása. Környezetterhelés szempontjából a károsanyag-kibocsátás fontos tényező, ennek ismerete, tervezhetősége flottaüzemeltetés szempontjából nem elhanyagolható. Az útvonal feltérképezésére nagypontosságú, geodéziai GPS-felmérést végeztem. A cikk röviden bemutatja a felmérést, a két irányvonalat összekapcsolja, különös tekintettel a menet közben fellépő lokális információhiányokra, amelyek okait feltárom. A kutatásban bemutatok egy alternatívát a nagypontosságú terepi felmérés járműipari alkalmazhatóságára, és a komplex helymeghatározási rendszerek költséghatékony, lokális helyettesítésére.

Kulcsszavak: V2X, globális helymeghatározás, fedélzeti diagnosztika, rendszerbiztonság, GNSS

¹ Széchenyi István Egyetem, okleveles járműmérnök, PhD-hallgató, e-mail: busznyak.tibor@sze.hu, ORCID: 0000-0001-6360-4168

Optimisation tasks of the Vehicle Industry and its development are determining our days. This paper examines digital systems, which can be inserted into the automation of the traffic and presents vehicle industrial achievements. I analyse the modern V2X communication system, in context of the structure and system safety criteria. Previously an algorithm was built to give us a quantifying connection between fuel consumption and attributes of the given road. Traffic emission puts a lot of strain on the environment. Fuel consumption and emission can be predicted, advantages in financial and fleet-operation are important. Surveying the route, I used geodesic GPS measurement. The paper shows in short the measurement methods, connecting different parts of the theme, considering the local missing data. Its reasons will be presented and conclusions will be drawn. The paper presents an alternative way of inserting high precision terrain survey into the automotive development and local, possible replacing of complex and expensive navigation systems.

Keywords: V2X, global positioning, On-Board diagnostics, system safety, GNSS

Bevezetés

A 21. század autóiipari jelszavának talán az *innováció* választható. Az egyre szigorodó környezetvédelmi, biztonságtechnikai, közlekedésoptimalizálási kritériumok arra ösztönzik az autógyártókat, hogy az eddignél összetettebb megoldásokkal álljanak elő.

Előtérbe kerülnek a Smart City² koncepciók,³ egyre nagyobb szerephez jut a fenntartható közlekedés, amelynek tárgyalt pontjai például a fogyasztás hatékonysága, az online kommunikációs rendszerek fejlesztése, az autonóm közlekedés, vagy a transzportkoncepciók is. Mindezek megvalósítása egy komplex együttműködést követel meg több ágazattól, ezek között elsősorban az infokommunikációs cégektől, a városfejlesztéstől és az autóiipartól. Ezek a részegységek mind hozzájárulnak az ITS (*Intelligent Transport System* – Intelligens Transzportrendszer) fejlődéséhez.⁴

A közlekedés részegységei közti információáramlás alapjaiban határozza meg az automatizált közlekedést. Mindezek alapján belátható, hogy az adatforgalom stabilitása kulcsfontosságú. A kommunikációs csatornák a mindennapi ember életét is alapvetően meghatározó tényezők, gondoljunk csak a világhálóról a felhasználóhoz kerülő adatmennyiségre és mindezek információtartalmára.⁵ Ahogyan az adat minőségét is az információ tartalma határozza meg, úgy a közlekedésben részt vevő részegységekre vonatkozóan is megnöttek az igények.⁶

Az utóbbi évek trendje a gépjárműállomány növekedése. Ez maga után vonja a nem várt közlekedési helyzetek növekedését is.⁷ Nem feltétlenül balesetekre kell gondolnunk, hanem például közlekedési dugókra, vagyis olyan helyzetekre, amelyek a sofőr kiegyensúlyozottságát teszik próbára. Araszolás a dugóban, zsúfolt nagyvárosi körülmények közti parkolóhely-keresés,

² Smart City – „Intelligens város” koncepció.

³ LIM et al. 2018.

⁴ IORDANOPOULOS et al. 2018.

⁵ PÉTER–BOKOR 2010.

⁶ PÉTER–BOKOR 2011.

⁷ LEE et al. 2018.

maga a parkolás próbára teszi a gépjármű vezetőjét. Mindez, sok egyéb tényezővel kiegészülve hozzájárult a vezetéstámogató rendszerek megjelenéséhez.⁸

Autonomizálódó közlekedés

Modern közlekedés, V2X-kommunikáció

A közlekedésbiztonság meghatározó kérdése a fejlesztési irányoknak.⁹ Az intelligens rendszerek és a vezetéstámogató (Driver Assist) programok fejlődésével az emberi hibák száma, esélye nagyban csökkenthető, és megfelelően fejlett, teljesen autonóm járművekkel ki is küszöbölhető.

Ezt a célt szolgálják az intelligens rendszerek, amelyek a létező infrastruktúrákat is képesek hasznosítani, mint például a közlekedési lámpák.

A V2X¹⁰ technológia kifejlesztésének egyik legfontosabb célja, hogy lehetőség szerint nagy számban csökkentse a közlekedési balesetek számát.¹¹ Ideális esetben teljesen kiküszöbölve azokat, például intelligens közlekedési rendszerek fejlesztésével, amelyben a részt vevő járművek mind kommunikálnak egymással és állandó együttműködéssel üzemelnek (1. ábra).

Ennek elérése érdekében szükséges használati esetek (use case) széles választékának meghatározása a rendszerben, és így lehetséges egyszerű feltételeken alapuló programozás, nem szükséges a jóval költségesebb, komplex mesterséges intelligencia alkalmazása. Ilyen use case például a torlódásfigyelmeztető, a „kanyarodási sebesség”-kontroll, a „beláthatatlan kereszteződés”-figyelmeztető és a „veszélyes előzés”-figyelmeztető („do not pass warning – DNPW”).

Ezzel a megoldással a rendszer redundanciája is könnyen kontrollálható, mivel a rendszerben előforduló rendellenességek adatait rögzítik, és így gyorsan kiküszöbölhető további rendellenességek előfordulása. Ezek a már említett use case-ek különböző közlekedési helyzeteket írnak le, amelyek nagy valószínűséggel fordulnak elő a mindennapi közúti közlekedésben.

A lehetséges balesetek és rendellenességek elkerülése érdekében a V2X-rendszerek az ilyen használati esetek alkalmazásával nagyban növelhetik a közlekedés kapacitását és ideális esetben teljesen biztonságossá tennék azt, mivel az emberi hiba lehetősége minimalizálva van.

⁸ DERBEL et al. 2013; OMAE et al. 2006.

⁹ KUTI–HORVÁTH 2017.

¹⁰ V2X: Vehicle to Everything Connection – Jármű és a közlekedés részegységeinek kommunikációja.

¹¹ PETROV et al. 2017.



1. ábra. Járművek és a kiszolgáló infrastruktúra kapcsolata

Forrás: www.govtech.com (A letöltés dátuma: 2019. 04. 15.)

Rendszerbiztonság

Mivel a V2X egy nagyméretű kommunikációs hálózat, amelyen belül a használt eszközöknek, mint a járműveknek is, felhasználói vannak, és ezen felhasználók az internetes fiókokhoz hasonlóan adatokat biztosítanak a különböző szolgáltatások használatáért. Ezek lehetnek személyes adatok vagy a járművek és egyéb V2X-eszközök által összegyűjtött statisztikai adatok, a vezetési szokásoktól a közlekedési paraméterekig bármi.

Ezen adatoknak a biztonságát garantálni kell, ezért fontos szemponttá vált a V2X-en belül is a kiberbiztonság („cybersecurity”). A V2X-hálózatban a felhasználók és a rendszer által használt információknak biztonságkritikai jelentőségük van, így különösen fontos, hogy az adatok ne jussanak illetéktelen kezekbe.¹²

A V2X-adatbiztonságnak két fő célkitűzése van: integritás és hitelesség. Integritás alatt azt kell érteni, hogy az adatokat és információt ne lehessen módosítani vagy törölni. Meg kell bizonyosodni arról, hogy az adatokat ne lehessen hamisítani vagy megsemmisíteni, hiszen bizonyos információk lehet hogy épp egy biztonságkritikus rendszer megfelelő működéséhez elengedhetetlenek. Az adatok hitelessége alatt pedig az értendő, hogy illetéktelen felhasználók ne férhessenek hozzájuk, csakis a felhatalmazottak számára legyenek elérhetők. Ezen okokból bármilyen biztonsági résznek egy V2X-rendszerben rendkívül súlyos következményei lehetnek, azonban a jelenleg is működő mobil- és egyéb internetes hálózatok is bizonyítják, hogy megfelelő óvintézkedésekkel és biztonsági rendszer alkalmazásával lehetséges egy ilyen rendszer működése. Egy biztonságos kommunikációs rendszer megteremtéséhez szükséges kriptográfia és azonosítók alkalmazása.

¹² SUN et al. 2019.

Jelenleg a javasolt megoldások között van az Elliptikus Görbe Digitális Aláírás (*ECDSA – Elliptic Curve Digital Signature Algorithm*), amely 256 bit hosszúságú kulcsokat használ, ami azért jó, mert egy hackerprogramnak rendkívül sok műveletet kéne elvégeznie ahhoz, hogy megtalálja az azonosítókulcsot. Ennél hosszabb kulcsok alkalmazása már túl nagy késedelmet okozna az adatforgalomban, ami biztonságkritikus rendszerek esetén – mint például a radarjelek – problémát okozna.

Ezenfelül minden egyes jármű több privát-nyilvános kulccspárral rendelkezik, amelyeket gyakran cserélnék a biztonság növelése érdekében. Minden nyilvános kulcsot egy bizonyítvánnyal együtt adnak ki, amelyet egy erre szakosodott Bizonyítványi Hatóság (*CA – Certificate Authority*) minősít és ellenőriz.

Ugyanazok a kriptográfiai megoldások világszerte alkalmazhatók, például az Amerikai Egyesült Államokban és az Európai Unión belül is lehet ugyanazokat a módszereket alkalmazni minimális módosításokkal. A V2X-rendszer azonosítása során az ECDSA-aláírás során a kimenő V2X-üzenethez az aláírás egy privát kulccsal együtt van hozzáadva az üzenethez, és az egyetlen elvárás ilyenkor a biztonságos tárolás lehetősége.

Az üzenet fogadásakor vagy jel vételkor az ECDSA-verifikáció történik, amikor a bejövő üzenet helyességének ellenőrzését egy már verifikált nyilvános kulcs segítségével végzi el a rendszer. A kiberbiztonsági platform jelenlétével így megelőzhető a káros műveletek a V2X-rendszeren belüli egységeken.¹³

On-Board, fedélzeti vezetéstámogató rendszer

Az automatizálódás lényege is az, 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. Ennek fontos sarokpontja a tüzelőanyag-fogyasztás becslése, ezért városi körülmények között többféle paraméterrendszer mellett is végeztem méréseket.¹⁴ Adott útvonal lett feldolgozva egy időben végzett nagypontosságú GPS-helymeghatározási¹⁵ 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, 40 és 50 km/h állandó sebességnél.¹⁶

Előzetesen a helymeghatározásra vonatkozó, fontos peremfeltételeket tételesen mutatom be, a későbbiekben ezeket a cikk részletesebben tárgyalja:

- GPS/GNSS¹⁷-műholdak megfelelő számú jelenléte;
- GPS/GNSS-műholdakkal való zavartalan kapcsolat biztosítása;
- pontosító adatokat szolgáltató bázisállomás;
- pontosító adatokat szolgáltató bázisállomással való zavartalan kapcsolat biztosítása.

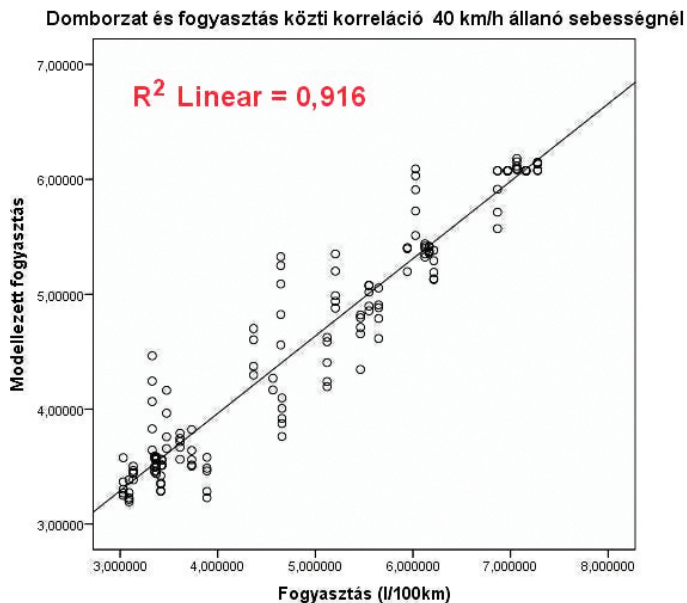
¹³ PATEL–JHAVERI 2015.

¹⁴ BUSZNYÁK–LAKATOS 2017.

¹⁵ GPS: Global Positioning System – a helymeghatározási módszer gyűjtőneve (néhol: amerikai műholdrendszer).

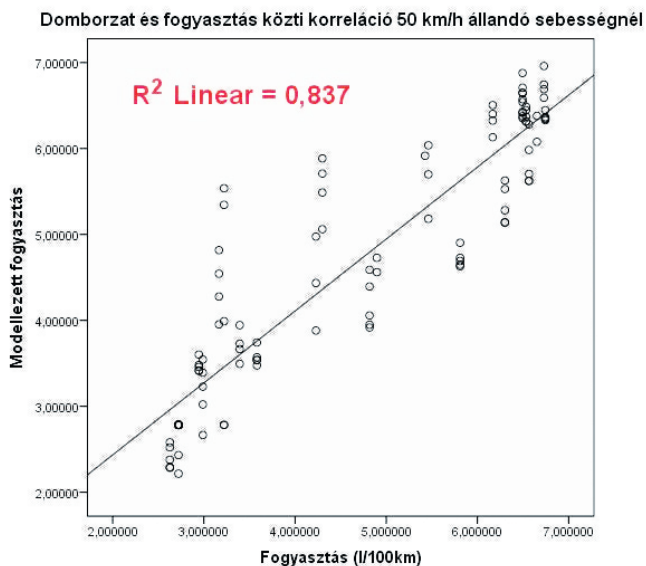
¹⁶ BUSZNYÁK–LAKATOS 2018.

¹⁷ GNSS: Global Navigation Satellite System – Globális Műholdas Helymeghatározási Rendszer.



2. ábra. Fogyasztásbecslés 40 km/h állandó sebesség mellett

Forrás: a szerző (saját kép)



3. ábra. Fogyasztásbecslés 50 km/h állandó sebesség mellett

Forrás: a szerző (saját kép)

40 km/h mellett az adott feltételrendszernek megfelelően magas fokú, 91,6%-os a megfeleltethetőség. 50 km/h-nál szintén jó közelítést kapunk (2–3. ábra). A mérés egy Trimble 5800 típusú csak GPS-műholdrendszer (Navstar) alapján működő precíziós eszközzel történt. Az eszköz viszont csak az amerikai Navstar rendszerrel képes a kommunikációra, így sokszor adódott lokális műholdhiány, amely korlátozza a mérés helyszínét. Nagyobb bejárhatóság érhető el, ha több GNSS-rendszert használunk a mérésekhez.¹⁸

Adatforgalom-stabilitás

A komplex V2X-rendszer megbízhatósága nagyban függ a folyamatos adateléréstől így a hibamentes hálózattól. Abban az esetben, ha más felmért útvonalak magassági adatbázisa rendelkezésre áll, az OBD-adatok segítségével, nem szükséges valós idejű precíziós mérést végezni a gépjárművön. A V2X helymeghatározásra vonatkozó adatainak lokális helyettesítése megvalósítható. Ennek eredményeképpen csökkenthető a hálózatnak való kitettség és a biztonsági kockázat.

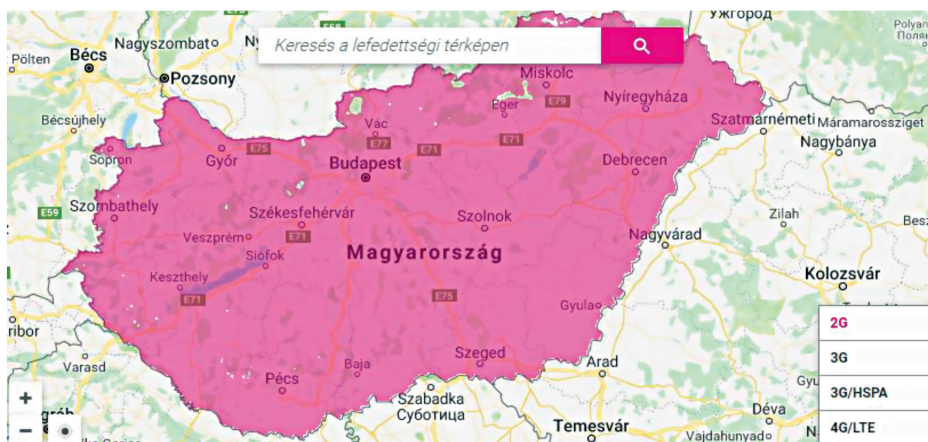
Ahogy a V2X kommunikációs hálózatonál, úgy a GPS-rendszerénél is kritikus fontosságú kérdés a hálózati adatforgalom stabilitása. A V2X-rendszerű járműnek a legjobb működési állapota folyamatos adatforgalom esetén biztosítható, mivel ilyenkor nem kell a jármű saját rendszereinek kiszámítania a jármű helyzetét, amely ugyancsak pontatlansághoz vezethet.

Itt kerülhet szóba a hálózati lefedettség és redundancia, tehát nagyon fontos szempont, hogy a hálózat megbízhatóan stabil és elérhető legyen. Továbbá hasonló kérdés a GPS rendelkezésre állása, amelynél lehetőség van online és offline terepi felmérésre.

Online mérés esetén közvetlenül a műholdaktól kapja a jelet a jármű, offline mérésnél pedig egy bázisállomás biztosítja a pontosító adatokat.

Az online mérés feltétele, hogy egy időben legalább öt műhold látható legyen a jármű helymeghatározó rendszere számára. Ennek előfeltétele, hogy ne övezzék az útvonalat olyan, jelentősebb méretű tereptárgyak, amelyek takarják az égboltot. Ilyen például az elektromos felsővezeték, az utakat övező fák, hegyek. Itt is egy hálózaton kommunikál a fejezség a műholdakkal, ezért elengedhetetlen a folyamatos minimum GPRS-lefedettség (4. ábra).

¹⁸ XIA et al. 2017.



4. ábra. Országos T-Mobile 2G lefedettség

Forrás: www.telekom.hu/lakossagi/szolgaltatasok/mobil/lefedettseg (A letöltés dátuma: 2019. 04. 15.)

Ezen peremfeltételek teljesülése szükséges ahhoz, hogy a GPS/GNSS-vevőegység centiméteres pontossággal dolgozzon online üzemmódban. Az említett pontosság mértéke fontos a jármű saját biztonságtechnikai és driver assist rendszerei miatt, mint például a „kanyarodási sebesség”-asszisztens, vagy az út- és közlekedési rendellenességeket figyelő rendszerek.

Helymeghatározás, GNSS-rendszer

GPS- (Global Positioning System vagy amerikai műholdrendszer) vagy GNSS- (Global Navigational Satellite System) alapú helymeghatározás manapság a mindennapok része. Egész világra kiterjedő, globális információforrás. A hadászati felhasználástól az időjárás-előrejelzésig sokrétű felhasználása ismert.¹⁹ A különböző régiók mind fejlesztik saját rendszerüket, amelyek együttes felhasználása adja az egész világon elérhető GNSS-szolgáltatást.²⁰ A legfontosabb rendszerek:

- GPS (Navstar) – USA;
- GLONASS – Oroszország;
- Galileo – EU;
- Beidou – Kína.

Fontos precíziós mérési módszer az RTK.²¹ Lehetővé teszi a geodéziai (centiméteres) pontosságú terepi felmérést nemcsak álló helyzetben, de mozgás közben is. A járműipari felhasználás

¹⁹ DABOVE–MANZINO–GOGOI 2018.

²⁰ HAN–WANG–DU 2017.

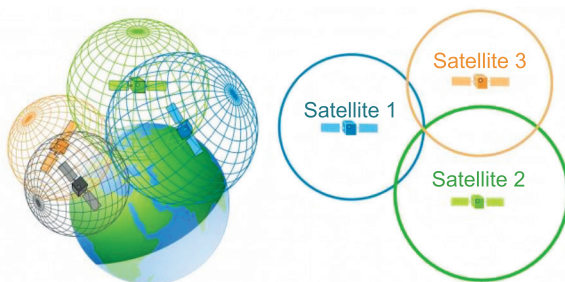
²¹ RTK: Real Time Kinematic, valós idejű, mozgás közbeni terepi felmérés.

szempontjából kifejezetten fontos a mozgás közbeni felmérés, hiszen döntő szerepe lehet, hogy a terepi viszonyoknak megfelelően kapjunk visszajelzést a járműről. Nagy jelentősége van, hogy a helymeghatározási adatok a fedélzeti diagnosztika adataihoz pontosan illeszkedjenek, és ne csússzon az elemzésbe adat- és egyeztetési hiba.

A geodéziai pontosság vízszintes irányban 3–4 cm, függőleges irányban pedig 5–6 cm. Ahhoz, hogy geodéziai pontosságról beszélhessünk elengedhetetlen az egy időben elérhető műholdak száma, amely ez esetben minimum öt, valamint a folyamatos online kapcsolat a pontosító adatokat szolgáltató bázisállomással. A bázis egy előre rögzített pont, amely segít a pontosság növelésében. Előre felmért adat, amelynek hibavektora ismert, ezzel pontosítható a mérés a továbbiakban. A műholdak mindegyike egy atomórát tartalmaz, ezzel a pontos idő ismert.

A szabványtól függően jellemzően nagyságrendileg 1 másodpercet késik 300 ezer év alatt, de elérhető ennél pontosabb atomóra is. A műhold így rendelkezik pontos időbélyeggel és rádiójellel küldi a földi megfigyelőnek. A vevőegység szintén tudja a pontos időt, így a kettő közötti időkülönbség adja az eltelt időt. Adott közegben a rádióhullám terjedési sebessége ismert, 300 ezer km/s. A sebesség és az eltelt idő ismeretében pedig a megtett út kiszámítható. Adott ponttól egyenlő távolságra lévő pontok összessége egy gömböt határoz meg, ami az adott műholdhoz tartozik. Két műhold köré írtató gömb metszete egy kör, ezt egy harmadik műhold köré írt gömbjével elmetszve kapunk két pontot.

A két pont közül az egyik mindig nagy távolságra kerül a földfelszíntől, így az kizárható. A minimum öt műhold elve alapján, a további két, 4. és 5. műhold köré írt gömb tovább növeli a pontosságot. Összefoglalva az RTK-méréshez öt darab műhold egyidejű elérésére van szükség, valamint stabil kapcsolatra a bázisállomással (5. ábra).



5. ábra. Az RTK-módszer

Forrás: <https://gisgeography.com> (A letöltés dátuma: 2019. 04. 15.)

Az RTK-módszer felhasználása széles körű. Használják a drónvezérlőrendszerek is. Ezek a pilóta nélküli repülőgépek (UAV – *Unmanned Aerial Vehicle*) képesek a nehezen megközelíthető terek felderítésére.²² Elterjedt a távérzékelésben, fotogrammetriában.²³ Agrárfelhasználása fontos

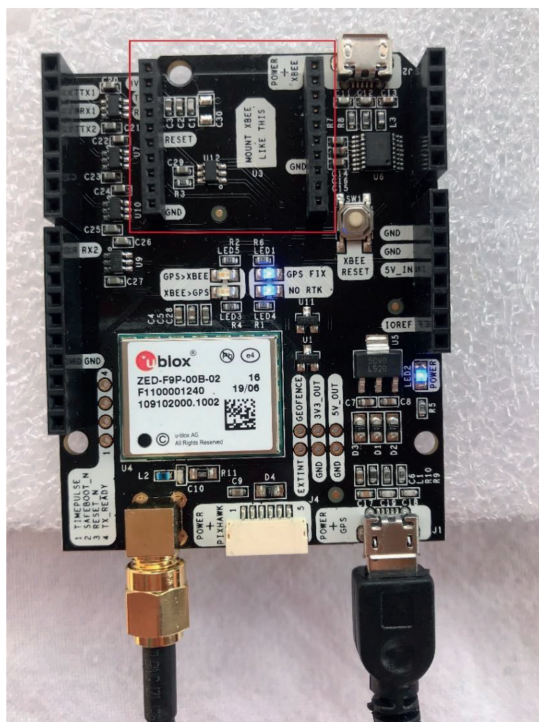
²² RABAH et al. 2018.

²³ COLOMINA–MOLINA 2014; XU 2012.

a területek növényvel való borítottságának meghatározására. Ez az NDVI vegetációs index, amely kiegészítve az RTK-GNSS-jelekkel lehetővé teszi az elemzéseket.²⁴ Az RTK használható műemlékek digitalizálásához is.²⁵

Új GNSS-eszközrendszerek

A világpiacon meghatározó precíziós eszközök nagy hátránya a magas ár. Eszköz tekintetében több ezer dolláros tételéről beszélhetünk, de a chippek is 1500 dollár körül érhetők el, amelyek a hagyományos gyártók (Leica, Trimble...) komplett eszközrendszereihez tartoznak. Kutató-somhoz elengedhetetlen a mozgás közbeni RTK-GNSS-mérés, a gépjármű pontos útvonalának meghatározása, dokumentálása. Ennek érdekében beszereztek egy új, 2018. év végén megjelenő prototípust, az U-Blox ZED F9P típusú RTK-s, GNSS-kapcsolatra alkalmas eszközt.



6. ábra. U-Blox GNSS-modul

Forrás: a szerző (saját kép)

²⁴ RAMLI et al. 2015.

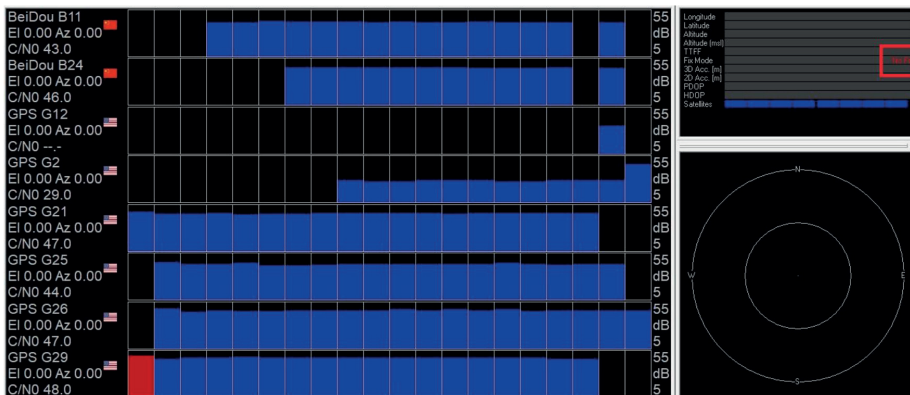
²⁵ TAPETE et al. 2015.

A 6. ábrán látható az U-Blox modul, jobb alsó részen a tápellátást biztosító mini-USB foglalat, a bal alsó részen az antennacsatlakozó. A chip maga 17 mm × 22 mm × 2,4 mm, az alaplap valamivel nagyobb. Az egész blokk Arduino UNO vezérlőre szerelhető, a pirossal kiemelt csatlakozók pedig Bluetooth-modul használatára adnak lehetőséget.

A többsávos GNSS-vevőegység főbb jellemzői:

- GPS- (Navstar), Glonass-, BeiDou- és Galileo-rendszer elérése;
- centiméteres pontosság;
- mozgás közbeni, RTK-s felmérés;
- kis méret.

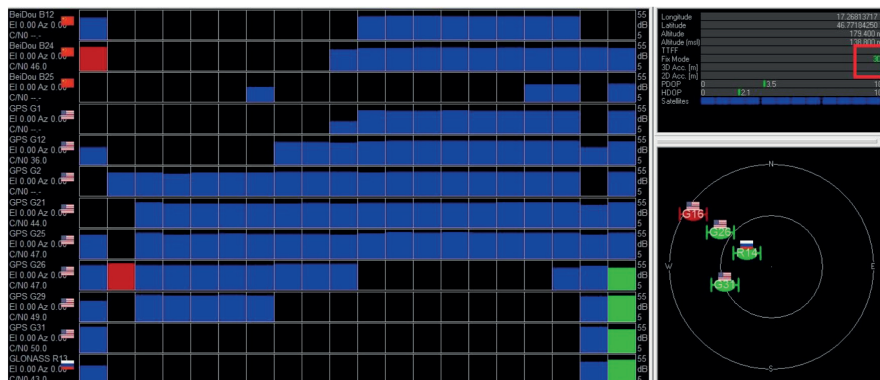
A tesztelés első lépéseként statikus (fixpontos) mérést végeztem. Ez azt jelenti, hogy egy bizonyos ponton helyezzük el az antennát. A mérés közben nem mozgatjuk annak érdekében, hogy a fáziscentrum a mérés során ne változzon, a fixpontos felmérés megbízhatósága érdekében. A fáziscentrum az a pont, ahova az eszköz a mért pontokat elhelyezi. A számítógépes feldolgozás az interneten mindenki számára elérhető U-Center szoftverrel történt.



7. ábra. Műholdkapcsolat felépülése, 1. fázis „no fix”

Forrás: a szerző (saját kép)

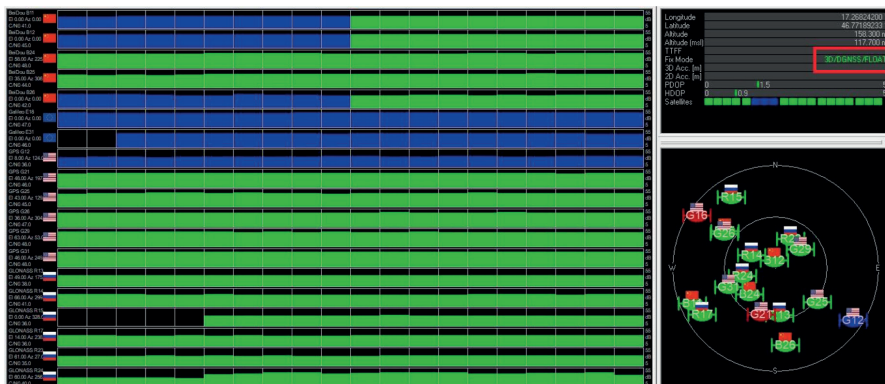
Elsőként a szoftver elkezd felépíteni a kapcsolatot a különböző műholdakkal. A kék szín azt jelzi, hogy az adott műholdat a vevőegység látja, kapcsolatot viszont még nem hozott létre. A bekeretezett „No Fix” jelzés is arra utal (7. ábra).



8. ábra. Műholdkapcsolat felépülése, 2. fázis „3D”

Forrás: a szerző (saját kép)

A 8. ábrán már három műholddal van kapcsolat („3D”). Ez az okostelefonokban, navigációs applikációkban megszokott 3–5 méteres pontosságnak felel meg.

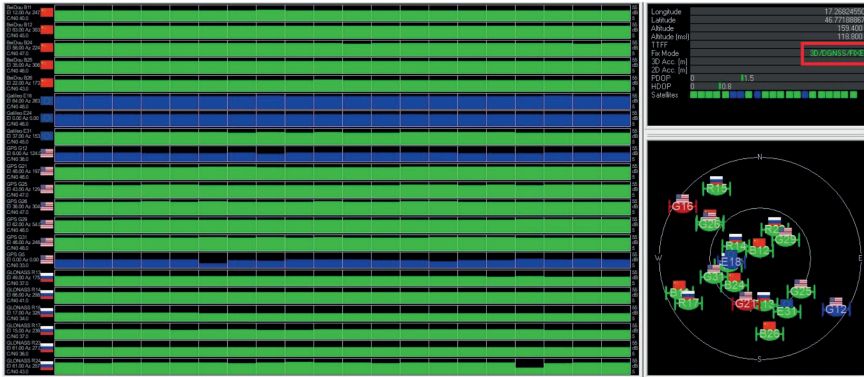


9. ábra. Műholdkapcsolat felépülése, 3. fázis

Forrás: a szerző (saját kép)

A miniatűr műholdtérkép megmutatja, hogy az elérhető műholdak milyen konstellációban helyezkednek el. A középső kisebb kör 45°, a befoglaló kör pedig 90°-os elevációs szöget jelöl. Városon belül, erdőben, minden olyan helyen, ahol jelentősebb tereptárgyak szegélyezik a mérés helyét nagy jelentősége van, hiszen ezek árnyékolnak. Hasonlóképpen a távvezetékek

is befolyásolhatják a műholdakkal való kapcsolatot. A „3D/DGNSS/FLOAT” jelzés azt jelenti, hogy pontosítást használ már, a kapcsolat a bázisállomással létrejött, de a konfidenciaszint, így a pontosítás még bizonytalan (9. ábra).



10. ábra. RTK-műholdkapcsolat pontosítással

Forrás: a szerző (saját kép)

A 10. ábrán lévő „3D/DGNSS/FIXED” már azt jelenti, hogy a bázisállomással a kapcsolat kiépült, a mért adatok pontosítottak. 3–5 cm horizontális, 6–8 cm vertikális pontosság elérhető. A műholdak száma és a bázisállomással való kommunikáció is megfelelő mértékű, a mért adatok innentől kezdve használhatók.



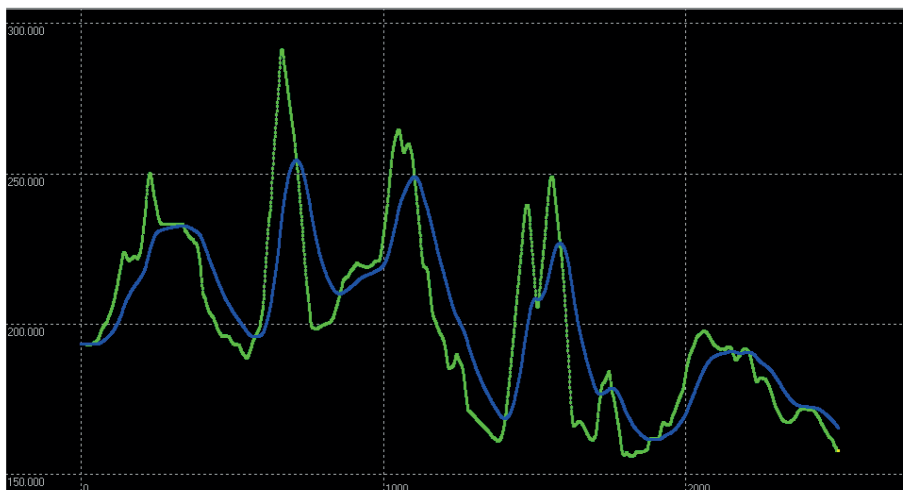
11. ábra. WGS84 magasság az idő függvényében

Forrás: a szerző (saját kép)

Tanulságos a jelleggörbe, amelyet a 11. ábra mutat. 100 másodperc után a bázisállomással való kapcsolat megvalósult, a WGS84 magassággörbe kisimul, a mérés lehetséges. A WGS84 egy koordináta-rendszer, amelyben az adott téradatokat értelmezzük. A referencia egy ellipszoid, ehhez képes adódnak a magasságértékek.

Mozgás közbeni RTK-mérés tesztelése

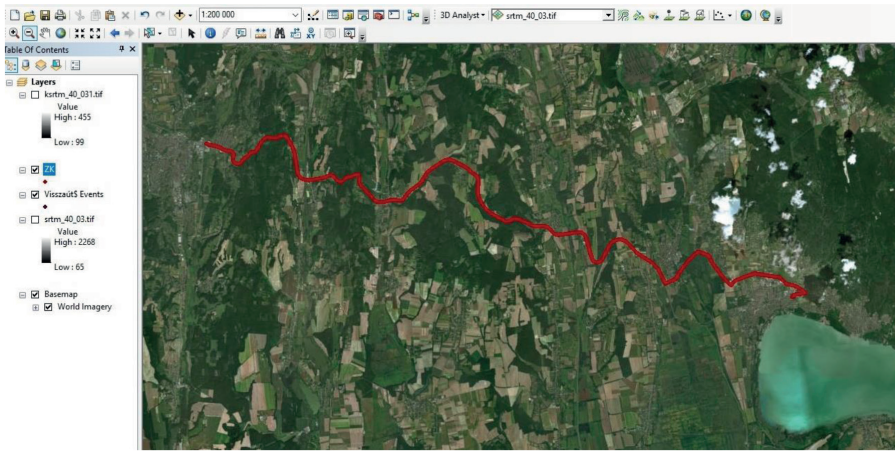
A statikus (fixpontos) mérés tanulságai alapján a tesztelés közúton, valós idejű, mozgás közbeni méréssel folytatódott, ami Zalaegerszeg és Keszthely között valósult meg. Az útvonal kifejezetten előnyös, mert jól behatárolható emelkedők, lejtők tartikják, így a későbbi OBD-vel való tüzelőanyag-fogyasztási mérési görbékkel összehasonlítható.



12. ábra. A felmérés magassági adatbázisa

Forrás: a szerző (saját kép)

A 12. ábra visszaadja az útvonal Z irányú magassági adataiból kirajzolt domborzati viszonyokat. A zöld színnel jelölt pontok a valós Z irányú koordináták, a késsel jelölt trendvonal pedig egy illesztett jelleggörbe. Később ehhez az adatbázishoz szeretném hasonlítani a független mérésből származó fedélzeti diagnosztika adatait.



13. ábra. A tesztmérés útvonala (ArcGIS)

Forrás: a szerző (saját kép)



14. ábra. Nagyított útvonal-részlet (ArcGIS)

Forrás: a szerző (saját kép)

Végezetül a szemléltetés kedvéért elemeztem az adatokat ArcGIS-ben, amely egy térképszerkesztő szoftver.

A GIS maga a Földrajzi Információs Rendszer – Geographical Information System, amelynek segítségével térképes adatbázisok információinak meghatározására van lehetőség.

A 13. és 14. ábrán a felmért pontok láthatóak. Jól kivehető, hogy a haladási iránynak megfelelő sávban sorakoznak a pontok, bizonyítván a mérés pontosságát.

A felmérés tanulsága, hogy az elérhető műholdrendszerek együttes használata (GNSS) az úthálózaton előforduló árnyékoló hatású objektumok által előidézett lokális kimaradásokat jó hatásfokkal helyettesíti, a rendszereket külön kezelő mérésekkel szemben.

Következtetések

Vizsgálataim során arra a következtetésre jutottam, hogy az OBD felhasználása helymeghatározási problémák megoldására egy releváns lehetőség. A fogyasztási adatok közvetlenül összehasonlíthatók a menetemelkedéssel, ez alapján a fogyasztás jól becsülhető, a trendeket összehasonlítva alapot biztosít későbbi fedélzeti diagnosztikaalapú nyomon követési eljárásoknak. A piacon elérhető drága, precíziós helymeghatározási eszközök helyettesítése fontos feladat.

Az új generációs U-Blox RTK GNSS-modullal történő első tesztek eredményei kedvezőek. A méretéből és kialakításából adódóan rendkívül egyszerűen kezelhető. Fontos, hogy az antenna a beépített mágnes segítségével egyszerűen felhelyezhető a gépjárműre, ezzel lehetővé teszi a pontos, folyamatos, mozgás közbeni mérést (15. ábra).

Autómérnöki, közlekedéstudományi alkalmazhatóságának alapjait a cikk tárgyalja, kibővítve további potenciális lehetőségeket rejt, akár Arduino-alapú komplett eszközök alapjaként.

Az alábbi műholdtérképen jól látszik, hogy adott pillanatban az RTK-méréshez elengedhetetlenül szükséges, minimum öt műholdnál sokkal több elérhető, a zöld színnel jelöltekkel a kommunikáció megvalósul. Ezek közt a Navstar-rendszer műholdjai, a Glonass- és BeiDou-, valamint az európai Galileo-műholdak is megtalálhatók.

A GNSS-módszer ezeket magába foglalja, így az egy adott rendszerre támaszkodó eljárásoknál (GPS) sokkal megbízhatóbb mérési módszer adódik. Az U-Blox RTK GNSS-modulja pedig erre alkalmas.

Továbblépési lehetőségek

- Algoritmus készítése a helyrajzi adatok alapján, amelyhez hasonlítva a fogyasztási adatokat megvalósítható a helymeghatározás valós idejű GNSS-mérés nélkül is.
- Új helyrajzi adatbázisok létrehozása.
- OBD-alapú helymeghatározás fejlesztése.
- Mérések nagyobb sebességek mellett, főúton, autópályán.
- Számítógépes analízis és modellalkotás.
- Különböző helymeghatározási rendszerek összehasonlítása.
- Arduino-alapú, kompakt eszközök kutatása.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet fejezem ki az EFOP-3.6.1-16-2016-00017 számú „Nemzetköziesítés, oktatói, kutatói és hallgatói utánpótlás megteremtése, a tudás és technológiai transzfer fejlesztése mint az intelligens szakosodás eszközei a Széchenyi István Egyetemen” megnevezésű projekt támogatásért.

Felhasznált irodalom

- BUSZNYÁK Tibor – LAKATOS István (2018): Digitális eszközrendszerek a gépjárművekben, mint az autonómizálódó közlekedés fejlesztésének információforrásai. In: *IFFK 2018: XII. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés*, 2018. 08. 29. – 2018. 08. 31. Budapest, MMA, Paper 13.
- BUSZNYÁK, Tibor – LAKATOS, István (2017): Automotive Engineering possibilities in combining Global Positioning and Vehicle Diagnostic. In *5th International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering (ISCAME 2017)*. University of Debrecen Faculty of Engineering, 84–89. Elérhető: https://mecheng.unideb.hu/sites/default/files/upload_documents/iscame_conference_proceedings5.pdf (A letöltés dátuma: 2019. 04. 01.)
- COLOMINA, Ismael – MOLINA, Pere (2014): Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 92. 79–97. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013>
- DABOVE, Paolo – MANZINO, A. Maria – GOGOI, Neil (2018): Assessment of positioning performances in Italy from GPS, BDS and GLONASS constellations. *Geodesy and Geodynamics*, Vol. 9, No. 6. 439–448. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geog.2018.06.009>
- DERBEL, Oussama – PETER, Tamas – ZEBIRI, Hossni – MOURLLION, Benjamin – BASSET, Michel (2013): Modified intelligent driver model for driver safety and traffic stability improvement. *IFAC Proceedings Volumes*, Vol. 46, No. 21. 744–749. DOI: <https://doi.org/10.3182/20130904-4-JP-2042.00132>
- HAN, Houzeng – WANG, Jian – DU, Mingyi (2017): GPS/BDS/INS tightly coupled integration accuracy improvement using an improved adaptive interacting multiple model with classified measurement update. *Chinese Journal of Aeronautics*, Vol. 30, No. 3. 556–566. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cja.2017.12.011>
- IORDANOPOULOS, Panagiotis – MITSAKIS, Evangelos – CHALKIADAKIS, Charis (2018): Prerequisites for Further Deploying ITS Systems: The Case of Greece. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, Vol. 46, No. 2. 108–115. DOI: <https://doi.org/10.3311/PPtr.11174>

- KUTI, Rajmund – HORVÁTH, Galina (2017): Задачи руководителя аварийно-спасательных работ по ликвидации аварий при перевозке опасных веществ автотранспортом. *Pozhary i Chrezvychajnye Situacii, Predotvrashenie Likvidacia*, No. 1. 30–34. DOI: <https://doi.org/10.25257/FE.2017.1.30-34>
- LEE, Seungjae – HEYDECKER, Benjamin G. – KIM, Jooung – PARK, Sangung (2017): Stability analysis on a dynamical model of route choice in a connected vehicle environment. *Transportation Research Procedia*, Vol. 23. 720–737. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.040>
- LIM, Chiehyeon – KIM, Kwang-Jae – MAGLIO, Paul P. (2018): Smart cities with big data: Reference models, challenges, and considerations. *Cities*, Vol. 82, 86–99. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.04.011>
- ОМАЕ, Manabu – FUJIOKA, Takehiko – HASHIMOTO, Naohisa – SHIMIZU, Hiroshi (2006): The application of RTK-GPS and Steer-by-wire technology to the automatic of vehicles and an evaluation driver behavior. *IATSS Research*, Vol. 30, No. 2. 29–38. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0386-1112\(14\)60167-9](https://doi.org/10.1016/S0386-1112(14)60167-9)
- PATEL, Nirav J. – JHAVERI, Rutvij H. (2015): Trust based approaches for secure routing in VANET: A Survey. *Procedia Computer Science*, Vol. 45. 592–601. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.03.112>
- PÉTER, Tamás – BOKOR, József (2010): Modeling road traffic networks for control. *Annual international conference on network technologies communications: NTC 2010*. Thaiföld, 2010. 11. 30. – 2010. 11. 30. Paper 21. 18–22.
- PÉTER, Tamás – BOKOR, József (2011): New road traffic networks models for control. *GSTF International Journal on Computing*, Vol. 1, No. 2. 227–232.
- PETROV, Tibor – DADO, Milon – AMBROSCH, Karl E. (2017): Computer Modelling of Cooperative Intelligent Transportation Systems. *Procedia Engineering*, Vol. 192. 683–688. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.118>
- RABAH, Mostafa – BASIOUNY, Mohamed – GHANEM, Essam – ELHADARY, Ahmed (2018): Using RTK and VRS in direct geo-referencing of the UAV imagery. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, Vol. 7, No. 2. 220–226. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nrjag.2018.05.003>
- RAMLI, Mohammad F. – ABURAS, Maher M. – ABDULLAH, Sabrina H. – ASH'AARI, Zulfa H. (2015): Measuring Land Cover Change in Seremban, Malaysia Using NDVI Index. *Procedia Environmental Sciences*, Vol. 30. 238–243. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.10.043>
- SUN, Hongjian – JIANG, Jing – ALNASSER, Aljawharah (2019): Cyber security challenges and solutions for V2X communications: A survey. *Computer Networks*, Vol. 151. 52–67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.12.018>
- TAPETE, Deodato – MORELLI, Stefano – FANTI, Riccardo – CASAGLI, Nicola (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*, Vol. 58. 65–83. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.01.009>
- XIA, Jianhong – SUN, Qian – FOSTER, Jonathan – FALKMER, Torbjörn – LEE, Hoe (2017): Pursuing Precise Vehicle Movement Trajectory in Urban Residential Area Using Multi-GNSS RTK Tracking. *Transportation Research Procedia*, Vol. 25. 2356–2372. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.255>
- XU, Hongtao (2012): Application of GPS-RTK Technology in the Land Change Survey. *Procedia Engineering*, Vol. 29. 3454–3459. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.511>

Internetes források

- Az RTK-módszer. Elérhető: <https://gisgeography.com> (A letöltés dátuma: 2019. 04. 15.)
- Járművek és a kiszolgáló infrastruktúra kapcsolata. Elérhető: www.govtech.com (A letöltés dátuma: 2019. 04. 15.)
- Országos T-Mobile 2G lefedettség. Elérhető: www.telekom.hu/lakossagi/szolgáltatások/mobil/lefedettség (A letöltés dátuma: 2019. 04. 15.)

