

Károly Krisztián főhadnagy:

## GLOBÁLIS MŰHOLDAS NAVIGÁCIÓS RENDSZEREK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI KATONAI ÉS POLGÁRI CÉLÚ FLOTTA- ÉS ERŐKÖVETÉSI RENDSZEREKBEN (2.)

*ÖSSZEFOGLALÓ: A támogató flotta- és erőkövetési rendszerek elengedhetetlen tartozéka a geolokális pozíciót biztosító műholdas navigációs vevőberendezés. Tudományos közleményemben tárgyalom a globális műholdas navigációs rendszerek (GNSS<sup>1</sup>) általános felépítését, melyek közül részletesen ismertetem az amerikai GPS-, az orosz GLONASS-, az európai Galileo- és a kínai BeiDou-rendszereket. Kutatásomban vizsgálom a különböző infrastruktúrák műholdas konstellációját, a műholdak által navigációs célból sugárzott jelstruktúrákat. Elemzem továbbá a nyílt és a titkosított csatornák vételi lehetőségeit. Általam konfigurált kísérleti vevőberendezéssel primer méréseket hajtottam végre a GNSS-szolgáltatások tanulmányozása céljából. Kutatásaim alapján javaslatot tettem komplex GNSS-vevőberendezések kifejlesztésére és alkalmazására.*

*KULCSSZAVAK: GNSS, GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo, műhold, navigáció*

### BEVEZETÉS

Tanulmányom első részében bemutatam a globális műholdas navigációs rendszerek (GNSS) általános felépítését, melyek közül részletesen ismertetem az amerikai NAVSTAR-,<sup>2</sup> GPS-,<sup>3</sup> az orosz GLONASS-<sup>4</sup> és az európai Galileo-rendszereket. Elemzésemben kitértem a különböző rendszerek műholdas konstellációjára és a műholdak által navigációs célból sugárzott jelstruktúrára. Ismertetem a nyílt és a titkosított csatornák vételi lehetőségeit, továbbá különböző interneten elérhető források alapján és alkalmazások segítségével (követőrendszerek,<sup>5</sup> és szimulátorprogramok<sup>6</sup> segítségével) kísérleteket hajtottam végre, és modelleztem a geolokális pozícióm (álláspontom) felett elérhető GNSS-szolgáltatásokat.

Kutatásomban olyan GNSS-eket tanulmányozok, amelyek feltételezésem szerint hatékonyan alkalmazhatók a közszolgálati célú flotta- és erőkövetésben. Az elsősorban katonai szakterminológiából származó erőkövetési rendszerek kifejezés helymeghatározó és

<sup>1</sup> Global Navigation Satellite System.

<sup>2</sup> Navigation System with Timing and Ranging – navigációs műholdas idő- és távolságmeghatározás.

<sup>3</sup> Global Positioning System – globális helymeghatározó rendszer.

<sup>4</sup> ГЛОНАСС, Globalnaja Navigacionnaja Szputnyikovaja Szisztyema – globális műholdas navigációs rendszer.

<sup>5</sup> N2YO.com internetes élő műholdkövető szolgáltatás. <http://www.n2yo.com/satellites/?c=35> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 07.)

<sup>6</sup> QZSS navigációs rendszer GNSS view alkalmazása. <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 05.)

jelentőrendszereket takar, amelyek alapvető rendeltetése a csapatok (alegységek, járművek, katonák) aktuális helyzetére vonatkozó geolokációs információk megosztása (periodikus frissítéssel), valamint megjelenítése digitalizált térképi felületeken, hogy a parancsnokok és törzsek felhasználhassák azokat a teljes helyzetismereti kép kialakításához. Az ezzel összefüggő folyamatok korszerű információtechnológiai eljárásokra alapozva automatizáltak, az üzemeltető, illetve a kezelőállomány beavatkozása nélkül mennek végbe.<sup>7</sup> Flottakövető rendszernek nevezzük azokat a polgári célú, informatikai megoldásokat felhasználó elektronikai rendszereket, amelyek révén lehetővé válik az adott társadalmi szervezet, gazdasági vállalkozás technikai eszközeinek és személyi állományának nyomon követése.<sup>8</sup> A fenti fogalmi meghatározásokból is jól látható, hogy a globális műholdas navigációs rendszerek által szolgáltatott mérési eredmények, helymeghatározási információk kulcsszerepet töltenek be a nyomon követésben.<sup>9</sup>

Kutatási céloom megvizsgálni, hogy milyen formátumban nyerhetők ki a geolokális pozíció adatai a GNSS-vevőkből, és mi az optimális formátum a helymeghatározó és a jelentőrendszerek számára. Végül javaslatot teszek egy többszintű, hazai kivitelezésű navigációs GNSS-vevőcsalád kifejlesztésére.

## A KÍNAI BEIDOU-RENDSZER

A globális műholdas navigációs rendszerek közül kétségkívül a kínai rendszer mutatja a legnagyobb fejlődési ütemet. A források feldolgozása során viszonylagos ellentmondások tapasztalhatók a rendszer felépítését illetően. Ez annak köszönhető, hogy akár öt év leforgása alatt is történtek szignifikáns változások a műhold-konstellációt vagy a jelstruktúrát illetően is.

A rendszer tervezése 1997-ben indult meg, majd rövid időre úgy tűnt, hogy beolvad az európai Galileo-projektbe. A kínai globális műholdas navigációs rendszer első fázisa (2000–2007) a BeiDou–1, a második fázisa a BeiDou–2 (2007–2015), a harmadik, jelenlegi fázisa pedig a BeiDou–3 (2015–). A második fázisban megváltoztatták a hivatalos megnevezését BDS-re.<sup>10</sup> A globális lefedettséget a harmadik fázis végén, körülbelül 2020-ra tervezik elérni. A több elnevezés közül (BeiDou, BDS, Compass) az egyértelműség kedvéért a legszélesebb körben elterjedt BeiDou-t használom.

Jelenleg 26 műhold<sup>11</sup> kering a globális lefedettséghez tervezett 35-ből, amelyek napjainkban hivatalosan az ázsiai és az ausztráliai régióknak biztosítanak lefedettséget. A konstellációt tekintve 27 műhold kering majd közepes Föld körüli pályán (MEO<sup>12</sup>), öt

<sup>7</sup> Gulyás Attila, Károly Krisztián, Németh András kutatók által alkotott fogalom, továbbá Károly Krisztián: NATO-hadseregek Erőkötvetési Rendszerei a honi alkalmazhatóság tükrében. Magyar Honvédség Összhaderőnemi Parancsnokság Tudományos Kutatóhely pályázata, 2015, 5.

<sup>8</sup> Karmazin György: Flotta menedzsment rendszerek bevezetése és pozitív hatásai. Logisztikai Trendek és Legjobb Gyakorlatok, 2015/06, 1. <http://logisztikaitrendek.hu/wp-content/uploads/2015/06/Flotta-menedzsment-rendszerek.pdf> (Letöltés időpontja: 2016. 12. 04.); Németh András: A katasztrófavédelmi kommunikáció alternatív megoldásai. In: Kommunikáció 2006. Budapest. ZMNE, 2006, 227–255. [http://www.puskashirbaje.hu/index\\_html\\_files/Kommunikacio\\_2006-NSZTK.pdf](http://www.puskashirbaje.hu/index_html_files/Kommunikacio_2006-NSZTK.pdf) (Letöltés időpontja: 2017. 02. 25.)

<sup>9</sup> Gulyás Attila: Force Tracking System in SOF applications. AARMS, Vol. 10, 3. sz. 2012, 601–617. <http://www.zmne.hu/aarms/docs/Volume8/Issue4/pdf/08.pdf> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 25.); Gulyás Attila: Field identifications for Special Operation Forces' applications. AARMS, Vol. 8, 4. sz. 2009, 469–481. <http://www.zmne.hu/aarms/docs/Volumel1/Issue1/pdf/07.pdf> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 25.)

<sup>10</sup> BeiDou Navigation Satellite System – BeiDou műholdas navigációs rendszer.

<sup>11</sup> <http://www.n2yo.com/satellites/?c=35> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 07.)

<sup>12</sup> Medium Earth Orbit.

pedig geostacionárius pályán (GEO<sup>13</sup>) az Egyenlítő felett, és három műhold ugyancsak a Föld forgási periódusával szinkronban, de az Egyenlítővel 55 fokos szöget bezáró, ún. ferde geoszinkron pályán (IGSO<sup>14</sup>). Az IGSO pályaelhajlása révén a műhold navigációs jeleit magasabb földrajzi szélességeken is venni tudják.<sup>15</sup>

A rendszer várhatóan öt nyílt (ingyenes) és öt katonai (titkos) szolgáltatást biztosít majd. A tervek szerint a rendszer nyílt szolgáltatásai 1-2 méteres, titkosított szolgáltatásai deciméteres helymeghatározási pontosságot tesznek majd lehetővé.<sup>16</sup>

Mivel Kína és hazánk nem tartozik közös szövetségi rendszerbe, így a BeiDou titkosított szolgáltatásaihoz nincs hozzáférésünk, a nyílt szolgáltatások azonban hasznosak lehetnek majd hazánk számára is. Jelstruktúráját illetően a BeiDou-rendszer is direkt szekvenciális szórt spektrumú jeleket sugároz kódsztásos hozzáféréssel (CDMA), melyeket az 1. táblázat foglal össze.

1. táblázat A BeiDou jelstruktúrája (szerkesztette a szerző)

A BeiDou jelstruktúrája			
Jelenlegi megnevezés	Korábbi megnevezés	Frekvencia	Moduláció
E1	B1-2	1589,74 MHz	QPSK <sup>1</sup>
E2	B1	1561,1 MHz	QPSK
E6	B3	1268,52 MHz	Q/BPSK
E5a		1176,45 MHz	
E5b	B2	1207,14 MHz	BPSK <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Quadrature Phase-Shift Keying – kvadratúra fázisbillentyűzés.

<sup>2</sup> Binary Phase-Shift Keying – bináris fázisbillentyűzés.

Forrás: Xingxin: *GNSS over China, The Compass MEO Satellite Codes (2007)* és Rodriguez: *BeiDou Signal Plan (2011)*

Az 1. táblázatból kiemelem az E5a és az E5b csatornákat, melyeken az orosz GLONASS is sugározni fog interoperábilis jeleket. 2017. február 5-én 13.19-kor álláspontom felett hat BeiDou-műhold volt látható, és 24 órás viszonylatban átlagosan 6–9 műhold volt elérhető.<sup>17</sup> Mint a fenti kísérletről is látható, bár a rendszer még nem közelít teljes műveleti képességeihez, már a hazánk felett rendelkezésre álló műholdak száma is jelentős hatással lehet a geolokális pozíciót meghatározó mérések eredményeire.

<sup>13</sup> Geostationary Earth Orbit.

<sup>14</sup> Inclined Geosynchronous Orbit – inklinációs geoszinkron pálya.

<sup>15</sup> Busics György: Műholdas helymeghatározás 2. GNSS alaprendszerek. NYME–GEO, Székesfehérvár 2011, 16. [http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027\\_MHM2/index.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_MHM2/index.html) (Letöltés időpontja: 2017. 01. 19.).

<sup>16</sup> Merryl Azriel: US Department of Defense Reports on China's Space Capabilities. <http://www.spacesafetymagazine.com/space-on-earth/international-relations/department-defense-reports-chinas-space-capabilities/> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 07.); Stan Goff: U.S.–China Economic and Security Review Commission Releases Staff Report on BeiDou. Inside GNSS, 2017. január 17. <http://www.insidegnss.com/node/5296> (Letöltés időpontja: 2017. 09. 24.)

<sup>17</sup> <http://www.n2yo.com/satellites/?c=35> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 07.), továbbá a szerző kísérlete a japán navigációs rendszer GNSS view alkalmazása segítségével 2017. február 5-én 13.19-kor az N 47° 19' E 20° 18' állásponton. <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 05.)

## REGIONÁLIS MŰHOLDAS HELYMEGHATÁROZÓ RENDSZEREK HATÁSA A HONI MÉRÉSEKRE

Mint azt tanulmányom első részében is említettem, jelenleg két regionális lefedettséggel bíró rendszer üzemel, a japán kvázi zenit elhelyezkedésű műholdas rendszer (QZSS<sup>18</sup>) és az indiai regionális műholdas navigációs rendszer (IRNSS<sup>19</sup>). A japán rendszer tervezetten négy műholdból áll majd, három magas elliptikus pályán (HEO<sup>20</sup>) fog keringeni, a negyedik pedig GEO-műhold lesz. A rendszerből jelenleg még csak egy HEO-műhold üzemel. A szimulációk alapján Magyarországról nézve általában éjszaka pár órára látható a műhold közel a horizonthoz, de a méréseim során (melyeket később részletezek) nem észleltem a műholdat, köszönhetően a nagyon alacsony láthatósági szögnek.<sup>21</sup>

Jelstruktúráját tekintve a GPS-ből ismert L1 C/A, L1C, L2C, L5, illetve a Galileo E6 csatornán fog jeleket sugározni.<sup>22</sup> Az interoperabilitás révén bármely GPS/Galileo közcélú vevővel kihasználhatók a rendszer nyílt szolgáltatásai. Bár hazánkban a flotta- és erőkövetés során a japán rendszer érdemi hatásait nem tapasztaljuk majd, de a Kelet-Ázsiában, Ausztráliában, Óceániában kiküldetésben lévő magyar közszolgálati funkciót ellátó szervek (katonák, diplomáták, mentőszervezetek) már kihasználhatják a rendszer képességeit. Különösen érdekes lehet ez abból a szempontból, hogy a területen fennállhat a lehetősége a GPS szelektív hozzáférés bekapcsolásának (gondoljunk bele, hogy itt javarészt orosz, kínai, észak-koreai területek vannak), ez esetben a szolgáltatás segítség lehet a közcélú vevőkkel rendelkezők számára.

Az indiai rendszer teljes egészében indiai tulajdonban és irányítás alatt áll, katonai és polgári célú helymeghatározási, navigációs és pontos idő (PNT<sup>23</sup>) szolgáltatásokat biztosít. Jelstruktúráját tekintve a GPS-rendszerből is ismert L5 csatornán és a műholdas hírközlésben alkalmazott S sávban (2492,08 MHz) sugároz jeleket. A tervezett hét műhold mindegyikét felbocsátották, közülük három GEO- és négy IGSO-műhold.<sup>24</sup> A teljes műveleti képességet a rendszer 2016 szeptemberében érte el.<sup>25</sup> Szimulációim során hazánk területéről öt műhold volt egyidejűleg látható<sup>26</sup> keleti irányban.<sup>27</sup>

Megállapítható, hogy ezeknek a regionális műholdas navigációs rendszereknek a hatása a honi helymeghatározásra elhanyagolható, ugyanakkor egyes külföldi kiküldetések során alkalmazásuk hasznos lehet.

<sup>18</sup> Quasi-Zenith Satellite System.

<sup>19</sup> Indian Regional Navigation Satellite System.

<sup>20</sup> Highly Elliptical Orbit.

<sup>21</sup> Szerző kísérlete a japán navigációs rendszer GNSS view alkalmazása segítségével 2017. február 5-én 24 óra időtartamban az N 47° 19' E 20° 18' állásponton. <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 05.)

<sup>22</sup> QZSS az Európai Űrügynökség (ESA) NAVIPEDIA oldalán, 2011. <http://www.navipedia.net/index.php/QZSS> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 20.), továbbá a japán rendszer hivatalos oldala. <http://qzss.go.jp/en/> (Letöltés időpontja 2017. 02. 21.)

<sup>23</sup> Position, Navigation, Timing.

<sup>24</sup> NAVIC az Európai Űrügynökség (ESA) NAVIPEDIA oldalán, 2011. <http://www.navipedia.net/index.php/NAVIC> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 21.)

<sup>25</sup> Az indiai navigációs rendszer hivatalos honlapja. <http://www.isro.gov.in/irns-programme> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 21.)

<sup>26</sup> 2017. február 06-án 11.30-kor az 1A, 1B, 1C, 1D, 1F típusjelű műholdak nyalábjai lefedték Magyarországot.

<sup>27</sup> <http://www.n2yo.com/satellites/?c=35> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 07.)

Szimulációkat végeztem egy GPS/GLONASS/BeiDou/Galileo GNSS-vevőre (GPS: L1C; GLONASS: L1OF; BeiDou: E2; Galileo: E1b, E1c) és egy IRNSS (L5 és S sáv) vevőre afganisztáni és indiai mintavételezési pontokra. Új-Delhiből 24 óra leforgása alatt 38–47 GNSS-műhold<sup>28</sup> látszott, melyből 8-9 a műholdas kiegészítő rendszer (SBAS<sup>29</sup>) része.<sup>30</sup> Ezzel szemben az IRNSS hét műholdat biztosít. Az afganisztáni Pol-e Kumriből (magaslati pontról) 24 óra alatt 41–53 GNSS-műhold látszott, melyből 8-9 a műholdas kiegészítő rendszer része, nem számítva az IRNSS műholdjait.<sup>31</sup> Megállapítható, hogy a korábban tárgyalt globális rendszerek kielégítik a felhasználói igények legszélesebb palettáját. A rendszerek lekorlátozása csak rendkívül szélsőséges esetekben valósulhat meg. Ez esetben egyéni cselekvési tervekre és megoldásokra van szükség. A lefedettségi adatok alapján első megközelítésben nem tartom célszerűnek az IRNSS-technológia implementálását a honi flotta- és erkövető rendszerek GNSS-moduljaiba, ugyanakkor, ha ez jelentős költségnövekedés nélkül megvalósítható a jövőben, a megoldás növelheti a tervezés szabadságát. A QZSS által biztosított nyílt szolgáltatások jeleit a GPS/Galileo-vevők képesek feldolgozni.

## GNSS-VEVŐKKEL VÉGZETT MÉRÉSI EREDMÉNYEIM

Kutatómunkám eddigi részében az irodalomkutatás és a szimuláció eszköztárából merítettem. E tudományos módszereken továbblépve általam konfigurált kísérleti GNSS-vevőket alkalmaztam mérések végrehajtására, hogy eddigi kísérleteimet valós primer mérési eredményekkel egészítsem ki. Négy hónap alatt közel 100 ezer automatizált mérést végeztem különböző időpontokban, helyszíneken, műholdas pályageometriák alatt, 1 Hz-es mintavételi idővel, alkalmanként nagy kitakarási szögű területeken.

Mérőeszközöm egy Quectel L76 GNSS (GPS+GLONASS+QZSS) navigációs vevő volt fejlesztői készletbe ültetve, külső antennával, PowerGPS v.2.3.5 szoftverrel. Az eszköz a navigációs célú vevők területén műszaki tartalom szempontjából gyengébb képességűnek számít, de kutatása szükségszerű, tekintettel jelentős piaci részesedésére.<sup>32</sup> Képes a GPS L1 C/A jel, a QZSS L1 C/A jel és a GLONASS L1OF jel vételére 1–10 Hz mintavételezési periódussal. 99 csatornát képes figyelni és 33 csatornán a műholdakat követni –167 dBm vevőérzékenység mellett. Emellett interferenciavédett és anti-spoofing technológiákkal látták el.<sup>33</sup> Az eszköz az 1. ábrán látható.

<sup>28</sup> GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo.

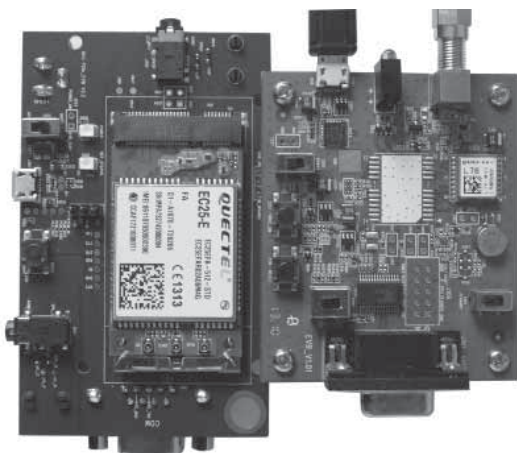
<sup>29</sup> Satellite Based Augmentation System.

<sup>30</sup> Szerző kísérlete a japán navigációs rendszer GNSS view alkalmazása segítségével 2017. február 5-én 24 óra időtartamban az N 28° 38' E 77° 13' állásponton. <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 05.)

<sup>31</sup> Szerző kísérlete a japán navigációs rendszer GNSS view alkalmazása segítségével 2017. február 5-én 24 óra időtartamban az N 28° 38' E 77° 13' állásponton. <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 05.)

<sup>32</sup> Quectel's Build a Smarter World Seminar. Kína, Sencsen, 2016. június 17. <http://www.quectel.com/infocenter/news/184.htm> (Letöltés időpontja: 2017. 09. 22.)

<sup>33</sup> Quectel L76 EVB kit GNSS-vevő dokumentációi.



1. ábra EC25–E kommunikációs modul és L76 GNSS-vevő fejlesztői készletbe ágyazva (A szerző fotója)

Másik mérőeszközöm a navigációs célú vevők területén műszaki tartalom szempontjából komolyabb képességű, u-blox M8N navigációs vevő fejlesztői készletbe ágyazva, patch antennával. A rendszer képes fogni a GPS+GLONASS+BeiDou+Galileo jeleit, melyekből egyszerre legfeljebb hármat tud kezelni, a GPS L1 C/A, a GLONASS L1OF, a BeiDou E2 (B1), a Galileo E1b, E1c és a QZSS L1 C/A csatornákon 1–10 Hz mintavételezési periódussal. A vevő érzékenysége 167 dBm, valamint képes detektálni a spoofingot. A vevőt a hozzá készített u-center v.8.23 szoftverrel használtam. Az eszköz képes továbbá más, hasonló vevőkkel összekötve relatív méréseket végezni, ezáltal esetenként lehetséges szubméteres vagy akár deciméteres mérési pontosságot elérni.<sup>34</sup> Az eszköz az 2. ábrán látható.



2. ábra U-blox M8N navigációs vevő fejlesztői készletbe ágyazva (A szerző fotója)

Harmadik mérőeszközöm egy Quectel EC25–E LTE<sup>35</sup> mobilkommunikációs modul volt fejlesztői készletbe ültetve. A modul tartalmaz egy GNSS-vevőt, mely képes fogni a GPS (L1C), a GLONASS (L1OF), a BeiDou (E2) és a QZSS (L1C) szolgáltatásait 1 Hz-es mintavételezési periódussal.<sup>36</sup> Az eszköz a navigációs célú vevők területén műszaki tartalom szempontjából gyengébb képességű, mivel a modul elsődlegesen LTE mobilkommunikációs egység, így a helymeghatározó szolgáltatások csak másodlagos szerepet töltenek be. A kompakt kivitelnek köszönhetően azonban széles körben alkalmazzák flottakövető és IoT<sup>37</sup>-feladatokra. Az eszköz az 1. ábrán látható.

<sup>34</sup> U-blox M8N GNSS-vevő dokumentációi.

<sup>35</sup> Long Term Evolution – negyedik mobilgenerációs megoldás.

<sup>36</sup> Wu Woody: EC-25 Hardware Design v.1.0. Kína, Sanghaj, 2016. 04. 01. [https://www.codico.com/shop/media/datasheets/Quectel\\_EC25\\_Hardware\\_Design\\_V1.0.pdf](https://www.codico.com/shop/media/datasheets/Quectel_EC25_Hardware_Design_V1.0.pdf) (Letöltés időpontja: 2017. 10. 02.)

<sup>37</sup> Internet of Things – a „dolgozók internete”.

Kísérleteim első fázisában a GNSS-műholdak láthatóságát tekintve összevettem a szimulátorszoftverek<sup>38</sup> számított adatait a GNSS-vevőim által mért értékekkel. A GNSS-vevőket támogató szoftverek segítségével nyomon követhetők a látható és a mérésben részt vevő műholdak. Elmondható, hogy átlagosan egy műhoddal láttam kevesebbet az előre jelzettnél. Ennek oka feltehetően az, hogy mérési helyeimen nem láttam a teljes égboltot, mert egyes részeit a horizont felett benyúló tereptárgyak kitakarták.

A következő lépésben választ kerestem arra a kérdésre, hogy hogyan publikálhatók legcélszerűbben a flotta- és erőkövetési rendszerek számára a GNSS-vevőkből kinyert adatok. A vizsgált GNSS-vevők képesek hexadecimális formában (gépi kódban) és NMEA<sup>39</sup> 0183 formátumban kiadni PNT-adataikat. Az NMEA 0183 szabványüzenet a GPS alapértelmezett formátuma, alkalmazása a navigációban széles körben elterjedt. Fontos kiemelni, hogy nem az NMEA 0183 más GNSS-ek alapértelmezett szabványa, az orosz GLONASS például eltérő navigációs üzeneteket alkalmaz az L1OC és az L3OC jeleknél.<sup>40</sup> A GPS-en kívüli rendszereknél fellépő egyéb karakterkészletek (cirill betűk, kínai írásjelek) és a GPS korai és gyors korai elterjedésének köszönhetően *de facto* az NMEA 0183 került előtérbe.

Ezt a hatást tovább erősíti, hogy az újonnan piacra dobott eszközök esetében a tervezők előnyben részesítik az interoperabilitás kialakítását az említett szabvánnyal, mivel ez többek között gazdasági érdekük is. Hazánk számára ez pozitív hatással van, hiszen a jelenlegi GPS-alapú rendszerekbe jól illeszthetők ezek a navigációs célú GNSS-technológiák. Megállapítható, hogy a honi közszolgálati célú flotta- és erőkövető rendszereket támogató GNSS-eknél célszerű az NMEA 0183 protokoll kialakítása, alkalmazása.

Terjedelmi korlátok miatt jelen publikációmban mérési eredményeim teljes körű kiértékelésére nem kerül sor, ezt egy későbbi tudományos közleményben tervezem. A szemléltetés érdekében azonban kiemelek egy 14 ezer mérésből álló kísérletet, 1 Hz-es mintavételi rátával. A publikációm első részében említett gondolkísérlet saját mérési eredményekkel történő alátámasztása érdekében kiválasztottam egy vasbeton épületet, ahol egy feltételezett katonai tüzérségi megfigyelő tevékenykedik, akinél GNSS-vevővel felszerelt erőkövető rendszer van a magasabb szintű koordináció, illetve a baráti tűz elkerülése érdekében. A figyelőhelyről a kilátás az égboltra korlátozott, ezért alaphelyzetben a GPS-vevőkészülékekkel történő mérés nehézkes lenne.

Mindezen körülmények ellenére az általam alkalmazott GNSS-vevő (Quectel L76 GPS+GLONASS) képes volt helymeghatározásra horizontálisan 32 m pontossággal, vertikálisan 18 m deviációval. Ez az eredmény a két GNSS korrelált alkalmazásának köszönhető, valamint a vevőben használt zavarásellenes és anti-spoofing technológiának. A mérés során a vevő 10 műhold jeleit használta vegyesen GPS/GLONASS/SBAS, illetve az SBAS-műholdak révén differenciális GPS-szolgáltatást alkalmazott a pályakorrekció kiszámítására.

<sup>38</sup> <http://www.n2yo.com/satellites/?c=35> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 07.) és <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 05.)

<sup>39</sup> National Marine Electronics Association – amerikai Nemzeti Tengerészeti Elektronikai Egyesület.

<sup>40</sup> J. Sanz Subirana – JM. Juan Zornoza – M. Hernandez-Pajarez: GLONASS Navigation Message. [http://www.navidpedia.net/index.php/GLONASS\\_Navigation\\_Message](http://www.navidpedia.net/index.php/GLONASS_Navigation_Message) (Letöltés időpontja: 2017. 02. 22.)

## NAVIGÁCIÓS CÉLÚ GNSS-FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

Bár mérési eredményeim alapján a GNSS-vevők elég jól szerepeltek, nem szabad figyelmen kívül hagyni a tényt, hogy a GPS-hez hasonlóan más GNSS-vevők is zavarhatóak.<sup>41</sup> Ugyanúgy lehet alkalmazni ellenük elnyomó zavarást, spoofingot, meaconingot, de a GNSS-ek komplex jelstruktúrája és redundanciája révén ez sokkal bonyolultabb folyamat, illetve jelenleg még kevésbé elterjedt. Ennek ellenére már ilyen zavarórendszereknek is léteznek képviselői.<sup>42</sup>

Kutatásaim során arra a következtetésre jutottam, hogy hazánkknak is választ kell adnia a globális műholdas helymeghatározás biztonságát érintő fenyegetettségekre. Az általam elvégzett kutatómunka során megállapítottam, hogy a piacon fellelhető, számunkra elérhető polgári GNSS-, illetve katonai célú, P(Y)-kódok fogadására is képes GPS-vevők nem elégítik ki az ez irányú igényeinket. Mint azt az írásom első részében is említettem, Magyarországnak gazdaságilag nem reális lehetőség saját globális műholdas navigációs rendszer fenntartása, ehelyett sokkal racionálisabb olyan speciális GNSS-vevők alkalmazása (GPS+GLONASS+BeiDou+Galileo), amelyek egy része képes hozzáférni (szövetségi rendszerünkben fakadóan) a GPS- és a Galileo-rendszer minősített szolgáltatásaihoz is.

Az ilyen speciális, honi K+F+I tevékenység eredményeként fejlesztett GNSS-vevők optimális esetben hozzájárulhatnak a hazai védelmi ipar erősítéséhez is. Ez egybecseng a kormány „Irinyi Tervében” megfogalmazott gondolataival<sup>43</sup> és más gazdasági jellegű védelmi ipari kutatásokkal is.<sup>44</sup> A honi fejlesztésű eszközökkel redundáns módon használhatnánk a rendelkezésre álló nyílt és minősített hozzáférésű GNSS-infrastruktúrát. E vevőberendezések elsődleges felvevőpiaca a hazai közsféra lehetne, de komoly gazdasági potenciált jelenthet az eszközök nemzetközi szinten történő értékesítése.

Tekintettel arra, hogy a klasszikus navigációs feladatok mellett számos olyan alkalmazás is rendelkezik katonai vonatkozásokkal, melyek nagyobb pontosságú helymeghatározást igényelnek (pl. geodéziai, robotikai alkalmazások), a katonai célú vevőberendezések kialakításával kapcsolatban az alábbi javaslatokat fogalmazom meg.

Az első szintű navigációs GNSS-vevő a közsféra szélesebb rétegei számára készülne, elsődlegesen a flottakövetési igények kielégítésére. A vevő a GPS+GLONASS+BeiDou+Galileo+SBAS infrastruktúra nyílt hozzáférésű szolgáltatásait használná. A felhasználó jeleket, csatornaszámot, jelfrissítési ciklust, mérési módot (kód/fázis) úgy kell meghatározni, hogy a létrejövő termék megfelelő ár-érték arányt képviseljen, bizonyos szinten versenyképessé váljon a piac más termékeivel szemben. A versenyképességet nö-

<sup>41</sup> Horváth József: Katonai megtévesztés. Seregszemle, XII. évf. 1. szám, 2014, 172. <http://www.honvedelem.hu/container/files/attachments/46172/seregsz2014-1-jav.pdf> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 22.); Horváth József: Az elektronikai zavarás napjainkban. Hadmérnök, X. évf. 1. szám, 2015, 189. [http://hadmernok.hu/151\\_18\\_horvathj.pdf](http://hadmernok.hu/151_18_horvathj.pdf) (Letöltés időpontja: 2017. 02. 22.)

<sup>42</sup> Ványa László: Navigációs berendezések zavarása és megtévesztése. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, XXVII. évf. 2015/2., 7–16. [http://epa.oszk.hu/02600/02694/00068/pdf/EPA02694\\_rtk\\_2015\\_2\\_007-016.pdf](http://epa.oszk.hu/02600/02694/00068/pdf/EPA02694_rtk_2015_2_007-016.pdf) (Letöltés időpontja: 2017. 01. 28.); Ványa László: A műholdas helymeghatározó rendszerek elektronikai hadviselési kérdései. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, XXVIII. évf. 2016/2., 145–152. [http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_2/2016-2-09-0308\\_Vanya\\_Laszlo.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-09-0308_Vanya_Laszlo.pdf) (Letöltés időpontja: 2017. 01. 30.)

<sup>43</sup> Nemzetgazdasági Minisztérium: Irinyi Terv, az innovatív iparfejlesztés irányainak meghatározásáról. Budapest 2016. február, 67–69. <http://www.kormany.hu/download/d/c1/b0000/Irinyi-terv.pdf> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 23.)

<sup>44</sup> Petkovics Tamás: A hadiipar fejlesztési lehetőségei Magyarországon. Katonai Logisztika, 24. évf. 2016/1., 54–87. [http://real.mtak.hu/40116/1/KatLog7%20doc%20Petkovics\\_hadiipar.pdf](http://real.mtak.hu/40116/1/KatLog7%20doc%20Petkovics_hadiipar.pdf) (Letöltés időpontja: 2017. 02. 23.)



velhetné a zavarvédelmi és az anti-spoofing megoldások integrálása, melyet a mobiltelefon és a földfelszíni trónkölt rádióhálózat (TETRA<sup>45</sup>) bázisállomásai jeleinek háromszögelési módszerrel történő mérésével támogathatna.

A második szintet olyan minőségi navigációs GNSS-vevők képviselnék, amelyek használnák a GPS+GLONASS+BeiDou+Galileo+SBAS és megfelelő adatkommunikációs csatornák esetében a földi bázisú kiegészítő rendszer (GBAS<sup>46</sup>) infrastruktúráinak a nyílt hozzáférésű szolgáltatásait, mely keretében akár hálózatos RTK<sup>47</sup>-információkkal lennének képesek pontosítani a méréseiket. A vett jeleken alkalmaznák a kód- és a fázismérés technológiáját, 1–10 Hz mintavételi frekvenciákon, ezáltal akár szubméteres pontosságot kialakítva. Mindezeket támogatnák fejlett elektronikai védelmi képességeik (anti-spoofing, zavarás elleni védelem, szoftverrádiós technológiák,<sup>48</sup> adaptív antenna csatlakoztatási lehetősége – modulrendszerű kialakítással).<sup>49</sup> Háromszögelési módszer alkalmazása révén a mobiltelefon és TETRA-tornyok segítségével kiegészítő helymeghatározó szolgáltatást biztosítanának, melyet keresztkorrelálnának a globális műholdas navigációs rendszerek adataival. E szegmens célcsoportja a nagy pontosságú navigációs adatokat, illetve minőségi szolgáltatásokat igénylő alkalmazások lennének.

A harmadik szintű navigációs GNSS-vevőket két alcsoportra bontom. Az első alcsoport tagjai használnák a GPS+GLONASS+BeiDou+Galileo+SBAS infrastruktúrák nyílt szolgáltatásait, továbbá a GPS+Galileo minősített hozzáférésű szolgáltatásait is. A második alcsoport kiegészül továbbá hozzáféréssel a GBAS-infrastruktúrák nyílt hozzáférésű szolgáltatásaihoz, mely keretében akár hálózatos RTK-információkkal lennének képesek pontosítani méréseiket. Mindkét alcsoport esetében kód- és fázismérési lehetőséggel, 1–10 Hz mintavételezési periódussal és fejlett elektronikai védelmi szolgáltatásokkal (anti-spoofing, zavarás elleni védelem, adaptív antennák alkalmazása). E szegmens célcsoportja a fegyveres és rendvédelmi szervezetek, titkosszolgálatok és egyéb kiemelt közszolgálati tevékenységet ellátó állami szervezetek lennének.

A negyedik szintet geodéziai GNSS-vevők képviselnék, amelyek a geodéziai vevőkkel szemben támasztott követelményeken túlmenően képesek lennének a GPS+Galileo infrastruktúra minősített hozzáférésű szolgáltatásait is igénybe venni. Szerepük a navigációs célú vételtechnikában az RTK-adatok biztosítása nyílt és minősített hálózatokban, továbbá PNT-szolgáltatások biztosítása a közszolgálat egyéb szervezetei és a kritikus infrastruktúrák számára.

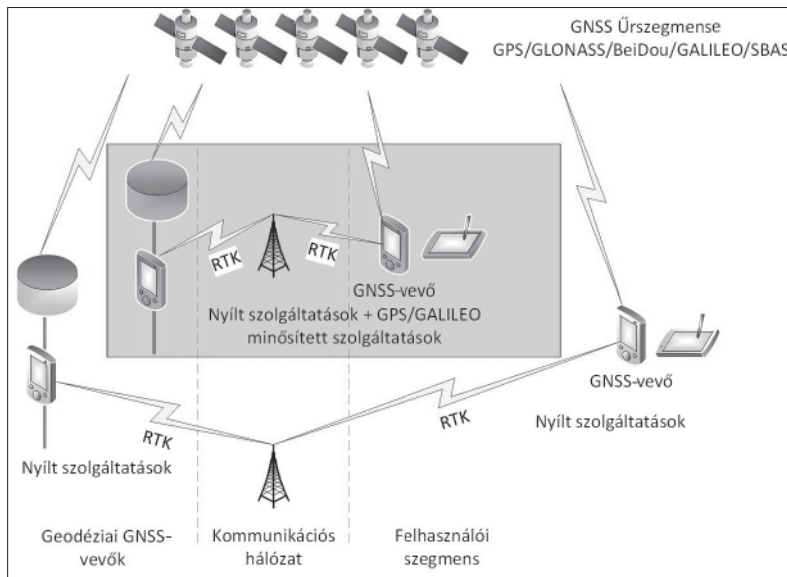
<sup>45</sup> Terrestrial Trunked Radio.

<sup>46</sup> Ground Based Augmentation System.

<sup>47</sup> Real Time Kinematic – valós idejű kinematikus (mérés).

<sup>48</sup> Szabó András: GNU RADIO based TESTBED (GRaTe-BeD) for Evaluating the Communication Link of Unmanned Aerial Systems. Acta Universitatis Sapientiae Electrical and Mechanical Engineering 2016/8., 5–18. <http://www.acta.sapientia.ro/acta-emeng/C8/emeng8-01.pdf> (Letöltés időpontja: 2017. 10. 12.)

<sup>49</sup> Németh András: Adaptív antennarendszer szimulációja. In: Kommunikáció 2003. Budapest, ZMNE, 2003, 245–253. [http://www.puskashirbaje.hu/index\\_html\\_files/Kommunikacio\\_2003-NSZTK.pdf](http://www.puskashirbaje.hu/index_html_files/Kommunikacio_2003-NSZTK.pdf) (Letöltés időpontja: 2017. 02. 25.); Németh András: Adaptív antennarendszer hardverének realizációja. Bolyai Szemle, 2004/1., Budapest, ZMNE, 2004, 75–83. [http://uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2004/1/nemeth\\_andras.pdf](http://uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2004/1/nemeth_andras.pdf) (Letöltés időpontja: 2017. 02. 25.); Németh András – Folkmann Viktor: Direction Finding Based on Adaptive Antennas. Radioelektronika 2002, 12th International Czech-Slovak Scientific Conference, Pozsony, Műszaki Egyetem, 2002, 1–4.; Németh András – Folkmann Viktor: Iránymérés adaptív antennarendszerrel. Híradástechnika, 2004/3. Budapest, HTE, 2004, 49–54. [http://www.hiradastechnika.hu/data/upload/file/2004/2004\\_03/HT0403-13.pdf](http://www.hiradastechnika.hu/data/upload/file/2004/2004_03/HT0403-13.pdf) (Letöltés időpontja: 2017. 02. 25.)



3. ábra RTK-információk biztosítása nyílt és minősített hálózatokban (Szerkesztette a szerző)

Ilyen technikai innováció révén olyan zárt rendszerű minősített hálózatokba lehetne kötni a megfelelő szintű flotta- és erőkövető terminálokat, ahol megvalósulhatna az RTK-információk biztosítása a terminálok titkosító kulccsal feltöltött GNSS-vevői részére. Az általam elgondolt hálózati kialakítást a 3. ábra szemlélteti.

Megítélésem szerint a fenti kialakítású GNSS-vevők és relatív mérési hálózatok hatékonyan növelnék a globális műholdas navigációs rendszerek infrastruktúrájának rendelkezésre állását. Ezzel a fejlesztéssel, illetve az áttéréssel a kizárólag GPS alkalmazásáról a GNSS világába további menedzsment- és vezetés-irányítási rendszerek,<sup>50</sup> illetve flotta- és erőkövető rendszerek hatékonysága lenne javítható.

## BEFEJEZÉS

A negyedik ipari forradalom vívmányainak köszönhetően mára már mindennapos a globális műholdas navigációs rendszerek használata hétköznapi eszközeinkben, de ezeknek a PNT-szolgáltatásoknak a biztonságát is komoly veszély fenyegeti. A kockázat minimalizálásához szükséges, hogy hazánk is megtegye a megfelelő lépéseket.

<sup>50</sup> Tóth András: A tábori C2 automatizált vezetési és irányítási rendszer alkalmazhatósága a Magyar Honvédség csapatvezetési rendszerében. In: Kommunikáció 2009, 185–192. [http://www.puskashirbaje.hu/index\\_html\\_files/Kommunikacio\\_2009-NSZTK.pdf](http://www.puskashirbaje.hu/index_html_files/Kommunikacio_2009-NSZTK.pdf) (Letöltés időpontja: 2017. 02. 25.); Tóth András: Az automatizált harcvezetési és információs rendszer modell. In: Kommunikáció 2009, 199–206. [http://hadmernok.hu/2009\\_1\\_toth.pdf](http://hadmernok.hu/2009_1_toth.pdf) (Letöltés időpontja: 2017. 02. 25.); Tóth András: A vezetés-irányítási rendszerek alkalmazásával szemben támasztott követelmények a csapatvezetésben, gyakorlati használata során felmerült észrevételek, tapasztalatok. Hadmérnök, IV. évf. 1. szám, 2009, 276–283. [http://www.puskashirbaje.hu/index\\_html\\_files/Kommunikacio\\_2009-NSZTK.pdf](http://www.puskashirbaje.hu/index_html_files/Kommunikacio_2009-NSZTK.pdf) (Letöltés időpontja: 2017. 02. 25.); Farkas Tibor: A katasztrófavédelmi és válságkezelési tevékenységek általános elemzése az irányítás és az infokommunikációs támogatás tükrében. Hadmérnök, XI. évf. 3. szám, 2016, 135–148. [http://hadmernok.hu/163\\_11\\_farkas.pdf](http://hadmernok.hu/163_11_farkas.pdf) (Letöltés időpontja: 2017. 02. 25.)

Kutatómunkám során átfogó jelleggel bemutattam a globális műholdas navigációs rendszereket, azok korlátait, valamint a hatékony használatukat veszélyeztető tényezőket. Szimulációkat és saját vevőberendezéssel primer méréseket hajtottam végre a GNSS-szolgáltatások tanulmányozása céljából. Megállapítottam, hogy a honi közszolgálati célú flotta- és erőkövető rendszereket támogató GNSS-eknél célszerű az NMEA 0183 protokoll kialakítása, alkalmazása a széles körű interoperabilitási lehetőségek kihasználása érdekében.

Kutatásaim alapján javaslatot tettem többszintű navigációs GNSS-vevőberendezések kifejlesztésére és alkalmazására. Az elképzelések jól támogathatják a hazánkhoz hasonló méretű gazdasági és katonai potenciállal rendelkező szövetséges államok fejlesztési törekvéseit is.

(Vége)

A kutatás az Emberi Erőforrások Minisztériumának Nemzeti Tehetség Program, Nemzeti Ifjúsági Tehetségeiért Ösztöndíj pályázat (NTP-NFTÖ-17) keretében valósult meg.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

- Azriel, Merry: *US Department of Defense Reports on China's Space Capabilities*. <http://www.spacesafetymagazine.com/space-on-earth/international-relations/departement-defense-reports-chinas-space-capabilities/>
- Basics György: *Műholdas helymeghatározás 2. GNSS alaprendszerek*. NYME-GEO, Székesfehérvár, 2011. [http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027\\_MHM2/index.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_MHM2/index.html)
- Farkas Tibor: *A katasztrófavédelmi és válságkezelési tevékenységek általános elemzése az irányítás és az infokommunikációs támogatás tükrében*. Hadmérnök, 2016. XI. évf. 3. [http://hadmernok.hu/163\\_11\\_farkas.pdf](http://hadmernok.hu/163_11_farkas.pdf)
- Goff, Stan: *U.S.–China Economic and Security Review Commission Releases Staff Report on BeiDou*. <http://www.insidegnss.com/node/5296>
- Gulyás Attila: *Field identifications for Special Operation Forces' applications*. AARMS, Vol. 8, 4. sz. 2009. <http://www.zmne.hu/aarms/docs/Volume11/Issue1/pdf/07.pdf>
- Gulyás Attila: *Force Tracking System in SOF applications*, AARMS, Vol. 10, 3. sz. 2012. <http://www.zmne.hu/aarms/docs/Volume8/Issue4/pdf/08.pdf> Horváth József: *Az elektronikai zavarás napjainkban*. Hadmérnök, X. évf. 1. szám, 2015. [http://hadmernok.hu/151\\_18\\_horvathj.pdf](http://hadmernok.hu/151_18_horvathj.pdf)
- Horváth József: *Az elektronikai zavarás napjainkban*. Hadmérnök, X. évf. 1. szám, 2015, 189. [http://hadmernok.hu/151\\_18\\_horvathj.pdf](http://hadmernok.hu/151_18_horvathj.pdf)
- Horváth József: *Katonai megtevesztés*. Seregszemle, XII. évf. 1. szám, 2014. <http://www.honvedelem.hu/container/files/attachments/46172/seregsz2014-1-jav.pdf>
- Karmazin György: *Flotta menedzsment rendszerek bevezetése és pozitív hatásai*. Logisztikai Trendek és Legjobb Gyakorlatok, 2015/06. <http://logisztikaitrendek.hu/wp-content/uploads/2015/06/Flotta-menedzsment-rendszerek.pdf>
- Károly Krisztián: *NATO hadseregek Erőkövetési Rendszerei a honi alkalmazhatóság tükrében*. Pályamű. Magyar Honvédség Összhadmérnöki Parancsnokság Tudományos Kutatóhely pályázata 2015.
- N2YO.com internetes élő műholdkövető szolgáltatás. <http://www.n2yo.com/satellites/?c=35>
- NAVIC az Európai Űrügynökség (ESA) NAVIPEDIA oldalán, 2011. <http://www.navipedia.net/index.php/NAVIC>
- Németh András: *Adaptív antennarendszer hardverének realizációja*. Bolyai Szemle, 2004/1. Budapest, ZMNE, 2004. [http://uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2004/1/nemeth\\_andras.pdf](http://uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2004/1/nemeth_andras.pdf)
- Németh András: *Adaptív antennarendszer szimulációja*. In: Kommunikáció 2003. Budapest, ZMNE, 2003. [http://www.puskashirbaje.hu/index\\_html\\_files/Kommunikacio\\_2003-NSZTK.pdf](http://www.puskashirbaje.hu/index_html_files/Kommunikacio_2003-NSZTK.pdf)

- Németh András: *A katasztrófavédelmi kommunikáció alternatív megoldásai*. In: Kommunikáció 2006. Budapest, ZMNE, 2006. [http://www.puskashirbaje.hu/index\\_html\\_files/Kommunikacio\\_2006-NSZTK.pdf](http://www.puskashirbaje.hu/index_html_files/Kommunikacio_2006-NSZTK.pdf)
- Németh András – Folkmann Viktor: *Direction Finding Based on Adaptive Antennas*. Radioelektronika 2002, 12th International Czech-Slovak Scientific Conference, Pozsony, Műszaki Egyetem, 2002.
- Németh András – Folkmann Viktor: *Iránymérés adaptív antennarendszerrel*. Híradástechnika, 2004/3. Budapest, HTE, 2004. [http://www.hiradastechnika.hu/data/upload/file/2004/2004\\_03/HT0403-13.pdf](http://www.hiradastechnika.hu/data/upload/file/2004/2004_03/HT0403-13.pdf)
- Nemzetgazdasági Minisztérium: Irinyi Terv, az innovatív iparfejlesztés irányainak meghatározásáról. Budapest, 2016. február. <http://www.kormany.hu/download/d/c1/b0000/Irinyi-terv.pdf>
- Petkovics Tamás: *A hadiipar fejlesztési lehetőségei Magyarországon*. Katonai Logisztika, 24. évf. 2016/1. [http://real.mtak.hu/40116/1/KatLog7%20doc%20Petkovics\\_hadiipar.pdf](http://real.mtak.hu/40116/1/KatLog7%20doc%20Petkovics_hadiipar.pdf)
- Quectel's Build a Smarter World Seminar. Kína, Sencsen, 2016. június 17. <http://www.quectel.com/infocenter/news/184.htm>
- QZSS az Európai Űrügynökség (ESA) NAVIPEDIA oldalán, 2011. <http://www.navipedia.net/index.php/QZSS>
- QZSS navigációs rendszer GNSS view alkalmazása. <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html>  
Subirana, J. Sanz – Zornoza, JM. Juan – Hernandez-Pajares M.: *GLONASS Navigation Message*. [http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS\\_Navigation\\_Message](http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS_Navigation_Message)
- Szabó András: *GNU RADIO based TESTBED (GRaTe-BeD) for Evaluating the Communication Link of Unmanned Aerial Systems*. Acta Universitatis Sapientiae Electrical and Mechanical Engineering, 2016/8. <http://www.acta.sapientia.ro/acta-emeng/C8/emeng8-01.pdf>
- Szerző kísérlete a japán navigációs rendszer GNSS view alkalmazása segítségével 2017. február 5-én 24 óra időtartamban az N 47° 19' E 20° 18' állásponton. <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html>
- Szerző kísérlete a japán navigációs rendszer GNSS view alkalmazása segítségével 2017. február 5-én. 13.19-kor az N 47° 19' E 20° 18' állásponton. <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html>
- Szerző kísérlete a japán navigációs rendszer GNSS view alkalmazása segítségével 2017. február 5-én 24 óra időtartamban az N 28° 38' E 77° 13' állásponton. <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html>
- Tóth András: *A tábortábori C2 automatizált vezetési és irányítási rendszer alkalmazhatósága a Magyar Honvédség csapatvezetési rendszerében*. In: Kommunikáció 2009. [http://www.puskashirbaje.hu/index\\_html\\_files/Kommunikacio\\_2009-NSZTK.pdf](http://www.puskashirbaje.hu/index_html_files/Kommunikacio_2009-NSZTK.pdf)
- Tóth András: *A vezetés-irányítási rendszerek alkalmazásával szemben támasztott követelmények a csapatvezetésben, gyakorlati használata során felmerült észrevételek, tapasztalatok*. Hadmérnök, IV. évf. 1. szám, 2009. [http://hadmernok.hu/2009\\_1\\_toth.pdf](http://hadmernok.hu/2009_1_toth.pdf)
- Tóth András: *Az automatizált harcvezetési és információs rendszer modell*. In: Kommunikáció 2009. [http://www.puskashirbaje.hu/index\\_html\\_files/Kommunikacio\\_2009-NSZTK.pdf](http://www.puskashirbaje.hu/index_html_files/Kommunikacio_2009-NSZTK.pdf)
- Ványa László: *A műholdas helymeghatározó rendszerek elektronikai hadviselési kérdései*. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, XXVIII. évf. 2016. 2. [http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_2/2016-2-09-0308\\_Vanya\\_Laszlo.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-09-0308_Vanya_Laszlo.pdf)
- Ványa László: *Navigációs berendezések zavarása és megtévesztése*. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, XXVII. évf. 2015. 2. [http://epa.oszk.hu/02600/02694/00068/pdf/EPA02694\\_rtk\\_2015\\_2\\_007-016.pdf](http://epa.oszk.hu/02600/02694/00068/pdf/EPA02694_rtk_2015_2_007-016.pdf) Woody, Wu: *EC-25 Hardware Design v.1.0*. Kína, Sanghaj, 2016. [https://www.codico.com/shop/media/datasheets/Quectel\\_EC25\\_Hardware\\_Design\\_V1.0.pdf](https://www.codico.com/shop/media/datasheets/Quectel_EC25_Hardware_Design_V1.0.pdf)
- <http://qzss.go.jp/en/>
- <http://www.isro.gov.in/irnss-programme>