



# GPS – nagy pontosságú alkalmazások: mire jó a földi GNSS infrastruktúra?



Dr. Borza Tibor, dr. Fejes István  
FÖMI Kozmikus Geodéziai Observatórium

## Bevezetés

Cikkünkben olyan valós idejű GPS alkalmazásokkal foglalkozunk, melyeknek nem elegendő a globális műhold rendszerek által közvetlenül szolgáltatott helymeghatározás pontossága (5–15 m), még az EGNOS kiegészítő rendszer használatával sem (1–3 m), ezért elengedhetetlen a földi kiegészítő rendszerek korrekciós adataira való támaszkodás. Pontossági igényük 1 m vagy annál jobb, egészen a néhány mm-es szintig.

Magyarországon javában folyik a GNSS földi infrastruktúra kiépítése, ami alatt elsősorban a valós idejű GPS korrekciókat szolgáltató állomáshálózatot értjük. (Jelenleg már 17 db referencia állomás üzemel, lásd GPSNET.HU.) A KGO-ban létrejött az Országos GNSS Szolgáltató Központ, ahol fogadják valamennyi állomás méréseit, ill. azokból a helytől független, azonos pontosságú korrekciókat állítanak elő, és ezeket elérhetővé teszik a felhasználók számára. Folyamatban van egy európai regionális szintű állomáshálózat, az EUPOS előkészítése is, melyben hazánk is részt vesz, és amely azonos szabványok szerint fog működni, megkönnyítve ezzel az átjárhatóságot térségünk országai között. Rövidesen, a fejlesztések befejeztével, már csak a felhasználókon fog múlni, ki, milyen célra, milyen hatékonysággal használja ki az új technológiát. A lehetőségek száma korlátlan, csak a fantázián múlik, milyen új alkalmazások bevezetésére lehet számítani. Az alábbiakban, néhány példa alapján, áttekintjük azokat a területeket, ahol már vannak tapasztalatok.

## Mit szolgáltató a GNSS földi állomáshálózat?

Egyetlen GPS vevőt használva abszolút meghatározást végzünk, mivel a koordináták közvetlenül a műholdak pozíciójából származnak. A műholdak több mint 20 000 km-es távolsága, valamint koordinátáinak pontatlansága a meghatározásban 5–15 méter hibát okoz. Ha szeretnénk

megtartani az abszolút meghatározás függetlenségét, kényelmét, de mindezt nagyobb pontossággal, akkor ún. kiegészítő rendszert kell építeni. A pontosság növelését a relatív módszerre való áttéréssel lehet elérni. (A relatív valós idejű mérés szinte egyidős a GPS technikával. Lényege, hogy egy ismert földi ponton felállítunk egy bázisállomást, amely képes meghatározni a pillanatnyi hibákat, majd ezeket a korrekciókat eljuttatja a mozgó vevőkhöz.) Kiegészítő rendszer esetén a relatív technikát a felhasználók elől gyakorlatilag elrejtjük, nem kell foglalkozniuk a bázisállomással, a korrekciók autonóm módon képződnek és jutnak a GPS vevőbe.

A kiegészítő rendszer alapja az *aktív GPS hálózat*, amelyen előre telepített, folyamatosan üzemelő bázisállomások rendszerét értjük. A rendszer feladata tehát a korrekciók előállítás és eljuttatása a GPS vevőkbe.

A földi állomáshálózat, a pontosító korrekciókon felül integritási adatokat is szolgáltat, amelyek alapján képet kaphatunk a rendszer megbízhatóságáról. Nem az a kérdés tehát, hogy épül-e kiegészítő rendszer, hanem az, hogy milyen színvonalon és mennyi idő alatt.

Kimutatható, hogy a gazdaság egészét tekintve egyetlen, de minden felhasználói igényt kielégítésére alkalmas GNSS kiegészítő rendszert célszerű építeni.

## Hogyan jut a felhasználó a korrekciókhoz?

A FÖMI-KGO által fejlesztett GPSNET.HU nevű és Internet című GNSS infrastruktúra, számolva az adatátvitel rádiós megoldásának nehézségeivel, az Internet alapú megoldást választotta. Ennek egyik előnye, hogy az internetes adatrendszerhez párhuzamosan akár 1000 felhasználó is hozzáférhet, másik előnye pedig, hogy a mobil telefon szolgáltatók által felkínált GPRS adatátvitel lehetővé teszi a szerver elérését, a fenntartók szerint az ország területének 99%-án. Az NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Pro-

to)col) nevű eljárást a német kollégák dolgozták ki (a BKG Frankfurtban és a Dortmundi Egyetem). Használata rohamosan terjed, a GPS műszergyártók az időközben szabványosított technikát már beépítik műszereikbe.

A felhasználó oldaláról nézve, tehát olyan GPS vevőt kell beszerezni, amelyik rendelkezik GPRS átvitelrel megoldott NTRIP bemenettel. Ha valakinek már van korábbi GPS vevője, amelyet saját bázissal használt (RTK), akkor is érdemes áttérni a központi korrekció szolgáltatásra: egyrészt, mert a bázisvevője felszabadul, és azt is használhatja felmérésre, másrészt, mert nem kell számolnia a kövel állandósított, bázisnak használt pontok koordináta-hibáival. Ez esetben szükséges egy terepi (PDA) számítógép (ingyenesen hozzáférhető) szoftverrel, valamint egy GPRS vételére alkalmas mobil telefon. A GPS műszerforgalmazók általában ismerik a technológiát, tudnak segíteni. Regisztrálás után, az NTRIP rendszer kliens szoftverével a felhasználó eléri a GPSNET.HU szervert, ahol láthatóvá válik a szolgáltatott adatok listája. Általában minden állomásról letölthető utólagosan felhasznált adatok és valós idejű adatok. Ez utóbbiaknál elérhető a néhány dm pontos DGPS és cm pontos RTK korrekciók. Miután kiválasztottuk a számunkra megfelelő korrekció típusát, indíthatjuk is a mérést. Az intelligens vevők mutatják, ha valami probléma van, esetleg a kívánt pontosság nem biztosítható. A pontosság a kiválasztott állomásoktól való távolság növekedésével csökken. Ennek kiküszöbölésére dolgozták ki az ún. területlefedéses, hálózati szoftvereket, amikor a központ, több referencia állomás mérési adatait együttesen kezeli, és határozza meg az aktuális „testre szabott” korrekciót a felhasználó számára. A korrekciók típusa többféle is lehet (pl. VRS, FKP).

### **Példák a nagy pontosságú alkalmazásokra**

Az alábbiakban néhány olyan gyakorlati alkalmazást sorolunk fel, melyek – véleményünk szerint – Magyarországon jól hasznosíthatók. Az alkalmazásokat lehetne technika specifikusan csoportosítani, de nagyon elterjedt a hasznosítási területek szerinti csoportosítás is. Ezért mi most ez utóbbit követjük, bár megjegyezzük, hogy az alkalmazások technikai háttere jól leszűrhető néhány alapeszköz használatára, illetve integrálásukra más szenzorokkal („sensor fusing”). Ez bátorítólag hathat az alkalmazásfejlesztőkre,

mert néhány jól konstruált GPS modul a legkülönbözőbb területeken hasznosítható.

### *Mezőgazdaság*

A precíziós mezőgazdaság címszó alatt igen kiterjedt alkalmazási területeket találunk (1, 2). Bár a fogalom komplex, közös eleme a szubméteres, esetenként cm-es pontosságú munkagépezérlés, nyomkövetés vagy térkép alapján pozíciófüggő utasítások végrehajtása. Kezdetben, az USA-ban, de ma már Európában is egyre elterjedtebb technika számottevően javítja a terméshozamot, csökkenti a káros talajszennyezést, és elősegíti a hatékonyabb és ezért takarékosabb műtrágya felhasználást. Mivel költségcsökkentő hatása vitathatatlan, versenyképesebb mezőgazdasági termelést tesz lehetővé.

A feladat alapján véve a munkagép megfelelő pontossággal történő vezetése. Ezt a feladatot a műholdas technika hiányában relatív módszerrel (általában az előző sorhoz képest) oldják meg, valamilyen sorvezető alkalmazásával. Ennek a technikának nyilvánvaló hiányossága, hogy a jelzések nem követhetők minden körülmények között (köd, sötétség, vízborítás stb.), és vele a cm-es pontosság sem érhető el. A műholdas technika megfelelő háttérrel alkalmas a cm pontos vezetésre, ugyanakkor, ha a korrekcióknak a munkagéphez történő eljuttatása megoldott, minden körülmények között használható.

A megkívánt pontosságot természetesen a feladat jellege szabja meg, de hogy valójában mit lehet elérni, az függ a GNSS infrastruktúra fejlettségétől, valamint a GPS technika képességétől.

A permetezés és műtrágyaszórás dm-es pontosságot igényel. Nagy táblán számottevő veszteséghez vezet már a 10 cm-es sorvezetési hiba is. Megoldható manuális sorvezetővel is, mellyel 20–30 cm biztosítható. A vetéshez viszont 5–10 cm-es pontosság ajánlott, amihez már a földi kiegészítő rendszert célszerű alkalmazni, mert az OmniStarHP (szolgáltatászerűen működő, privát, térítéses, műhold alapú kiegészítő rendszer) is csak megközelíti ezt a pontosságot. Ehhez szervomotorral segített sorvezetőt lehet alkalmazni. A munkagép ekkor már autonóm dolgozik. Biztosítható vele az 5 cm-es csatlakozási pontosság, ha megfelelő GPS technikával párosítjuk. Ilyen rendszerek már Magyarországon is üzemelnek.



Első hallásra talán túlzásnak tűnik, de szükséges a mezőgazdaságban is a cm-es pontosság, a „sorközművelésnek” nevezett feladathoz, kukorica, napraforgó, cukorrépa és természetesen a szántóföldi zöldség termesztésénél. Ehhez a technológiához kívánt pontosságot kizárólag a földi GNSS infrastruktúra képes biztosítani, abból is a legfejlettebb, amely a kinematikus (RTK) technikához szolgáltat valós idejű korrekciókat. Az ehhez a technológiához szükséges munkagép a legfejlettebb vezérlő robotpilóta rendszerrel van felszerelve, a kormányzást a gép hidraulika körébe épített beavatkozó egység végzi el. Ennek következtében a kormányzási pontosság a lehető legjobb, képes a 2–3 cm-es pontosságra.

Az EU területalapú támogatási rendszerének lényeges eleme az adott művelési ág területének pontos ismerete. A megengedett hiba a használt terület megadásában 3% lehet. Az ellenőrzés egy részét el lehet végezni távérzékeléssel, de meghatározott százalékát pontosabb, földi eljárással kell végrehajtani. Ismeretes, hogy hibás adatmegadás esetén nemcsak a tévesen felvett támogatást kell visszafizetni, de komoly büntetést is kiszab az EU. Az ellenőrzés végzésére leghatékonyabb technológia a műholdas helymeghatározás, természetesen központi GNSS infrastruktúrára támaszkodva. Az ingatlan-nyilvántartás műszaki állapotának jó minőségéhez fokozott társadalmi érdek fűződik.

### Földmérés, kataszter

A geodézia az első precíz GPS felhasználók közé tartozik. Nagymértékben hozzájárult a széles pontosságú módszerek kifejlesztéséhez, tökéletesítéséhez.

A GPS technika döntően járult hozzá az egységes világ (ITRF), kontinentális (EUREF) és országos (OGPSH) geodéziai alaphálózatok létrehozásához. A korábbi, ún. passzív hálózatokat felváltják az aktív GPS hálózatok (Közép- és Kelet-Európában az EUPOS). Egy EUPOS szintű kiegészítő rendszer a helymeghatározást koordináta leolvasássá egyszerűsíti, amit bárki el tud végezni, aki rendelkezik megfelelő technikai felszereléssel.

A nagyméretarányú térképeink digitális felmérésének előírt hibahatára a pontok rendűségétől függően  $\geq 3$  cm. A topográfiai térképek pontossága nem lehet jobb, mint a keretként szolgáló geodéziai vonatkoztatási rendszer. A Nemzeti Kataszteri Program keretében végzett térképi új-

felmérések alaphálózatait már eddig is GPS technikával létesítették, de fejlett GNSS kiegészítő rendszer használatával már a részletmérésben is nagy szerepet játszhat a műholdas technika. Egy EUPOS szintű GNSS infrastruktúra képes kiváltani a mintegy 50 000 hagyományos geodéziai alappontot<sup>1</sup>, és az ország egész területén biztosítja a cm-es pontosságú helymeghatározást. A földmérés számára új időszámítás kezdődik, amikor valós időben lehetségessé válik országosan a cm pontos helymeghatározás. (Mivel az alaptérképeink alaphálózata továbbra is az EOVA, az OGPSH-EOVA transzformáció még so- káig alapfeladatnak számít.)

### Térinformatika

A térinformatikai alkalmazások többsége méteres, sok esetben dm-es pontosságot igényel, ami feltételezi a földi infrastruktúra igénybevételét. Ez a közműnyilvántartástól a műtárgyak felmérésén keresztül, a környezetvédelemmel kapcsolatos adatok felvételéig igen széles területet ölel fel. A precíz digitális térképek előállítására hagyományos módszerekkel már nem versenyképes.

Egy felhasználóbarát, kiegészítő rendszerrel támogatott műholdas helymeghatározási technika, számos, ma még fel sem merült új alkalmazáshoz biztosít kedvező terepet.

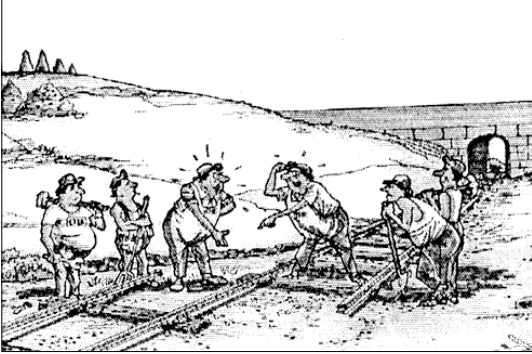
### Közlekedés

Vasúti közlekedés. Az IHM 2004-ben tanulmányt készítettett a műholdas helymeghatározás alkalmazásairól a vasúti közlekedésben (3). Az igen színvonalas és részletekbe menő tanulmányban számos olyan alkalmazást találunk, melyek pontossági igénye 1 m vagy ennél jobb (bár nem a nagypontosságú alkalmazások voltak fókuszban). Ilyenek pl. a forgalomirányító és forgalomellenőrző rendszerek, az infrastruktúra adatok gyűjtése és ellenőrzése vagy az ütközőbakok felügyelete.

Megemlítendő még a német vasutaknál (DB) elterjedt, üzembiztonsági szempontból igen jelentős alkalmazás, a valós idejű pályafelmérés és monitorozás a felépítmény karbantartásához (4).

<sup>1</sup> A magyarországi geometriai rendet biztosító, fizikailag is állandósított, rendszeresen karbantartott felső- és negyedrendű vízszintes alaphálózati pontok említett „kiváltására” a minisztériumi szakmai irányítás (FVM) nem lát lehetőséget! – a Szerkesztő

Ehhez erre a célra fejlesztett szoftvert alkalmaznak – GNNet RTK és a GNBahn elnevezéssel. A jelenlegi 1800 euró/km költséget felére lehet lecsökkenteni, ami a német vasutaknál évi 10–15 millió euro megtakarítást eredményez.



**Városi közlekedés.** Reupke (5) a Berlini Közlekedési Vállalatnál bevezetett SAPOS alkalmazásokról tartott előadásában többek között megemlítette a baleseti helyszínelésnél szükséges precíz pozicionálás jelentőségét, a baleset körülményeinek feltárásában. Itt 10 cm vagy jobb pontosságra van szükség.

**Kisodródásveszély.** A precíziós útvonalterképek alapján a túl gyorsan haladó gépjármű vezetője jelzést kaphat, ha a következő útkanyarnál a kisodródás veszélye fenyegeti (6). A jelzés hatékonysága tovább fokozható, ha a pozíció- és sebességadatokat más szenzorok adataival kombináljuk, pl. nedvesség érzékelő, fagyásérzékelő stb.

**A sávelhagyás számos baleset forrása.** A sávelhagyó vezető figyelmeztetéséhez a jármű pozíció 30 cm-es, az út-középvonal térkép legalább 20 cm-es pontossága szükséges.

**Közútkarbantartás.** Úthibák (kátyúk) listázása pontraállással vagy akár automatikusan is történhet, gépkocsiba szerelt érzékelővel. Itt 10 cm-es pontosság ajánlott. Ilyen vagy ennél nagyobb pontosság szükséges az úthibák területének felméréséhez, ami a költségszámítás és a munka ellenőrzésének is alapját képezi.

### *Bányászat, útépités*

A mezőgazdasági gépek vagy bányászati eszközök precíziós vezérlésétől nem sokban különbözik az útépitésnél használt géppark vezérlése.



A Modular Mining Systems, Inc, Tucson precíziós dózervezélő rendszert fejlesztett ki és alkalmaz a külszíni bányászatban (7). A dózer mozgását cm pontossággal tudja követni, illetve vezérelni. Az adatok valós időben, egy központi számítógépben is kiértékelésre kerülnek, ezáltal el lehet kerülni a geodéziai ellenőrző méréseket, és figyelemmel kísérhető a munkagép teljesítménye.



### *Környezetvédelem*

Talajminták vételének helyét vagy veszélyes hulladék előfordulását mintegy 10 cm-es pontossággal kell meghatározni, különösen, ha a helyszín növényzettel vagy hóval borított, és a helyszínt utólagosan is ellenőrizni akarjuk. A monitorozás céljára is ajánlatos a 10 cm-en belüli hiba. Ezért ajánlatos a talajminta adatbázisokban a centiméter pontosságú koordinátáknak megfelelő adatformátum biztosítása.

### *Biztonságnövelő alkalmazások*

A GNSS infrastruktúra számos területen alkalmazható a biztonság növelésére, és talán itt van a legnagyobb tere az új, innovatív alkalmazásoknak. Az Olasz Űrügynökség geodinamikai állomásán (Matera) például módszereket dolgoznak ki földcsuszamlások előrejelzésére, precíz valós idejű GPS monitoring rendszer segítségével (8). A földi kéreglemez mozgások és feszültségek felhalmozódása a lemezeken belül földrengésekkel hozhatók kapcsolatba. Ilyen GPS mozgásvizsgálati mérések már több mint másfél évtizede folynak hazánkban. Nagyméretű ipari létesítmények stabilitása is ellenőrizhető hasonló módszerekkel, ami természetesen biztonsági kérdés is. Veszélyzónában mozgó robotok vezérlése cm pontosságot igényel (9).

### **Az alkalmazásfejlesztések az infrastruktúrára épülnek**

A GNSS infrastruktúrák kiépítésében komoly verseny bontakozik ki térségünk országai között. Aki időt nyer, az korábban kezdheti alkalmazásfejlesztéseit. Az alkalmazások minél gyorsabb elterjesztése természetesen gazdasági haszonnal

jár, és javítja a versenyképességet. A kezdeti fázisban azonban az alkalmazásfejlesztések első-sége a kritikus szempont. Aki hamarabb fejleszt, az fogja megszerezni a termékpiacot, és akár regionális szintű előnyre, dominanciára tehet szert. Természetesen az alkalmazásfejlesztések csak a már működő GNSS infrastruktúrára épülhetnek, és ezért nem mindegy, hogy milyen gyorsak vagyunk ennek létrehozásában.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

1. *Goddard, T.*: What is Precision Farming? (Proc. Precision Farming Conference, Taber, Alberta, Canada, 1997)
2. *Davies, G.*: Precision Agriculture: An Introduction (Published by University Extension, University of Missouri – System)
3. BME Közlekedésautomatikai Tanszék és MÁV INFORMATIKA Kereskedelmi Szolgáltató és Tanácsadó Kft.: A Műholdas helymeghatározás alkalmazása és integrálása a vasúti közlekedés folyamataiba. (IHM tanulmány, 2004)
4. *Lahr, B.*: Gleisvermessung zur Oberbauins-tandhaltung. Satellitengestützte Messfervahren zur präzisen Erfassung und Beurteilung von Gleislagen im Soll – Ist Vergleich. (Lahr DB Netz A. G. Zentrale Ffm, 2003)
5. *Reupke, H.*: SAPOS Anwendungen für die BVG. (Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) 2003.)
6. *Wilson, K. H.* et al. : The Potential of Precision Maps in Intelligent Vehicles. DaimlerBenz Research and Technology Center

7. Pro Vision – High Precision GPS Dozer System. Modular Mining Systems, Inc. Tucson, Arizona, USA – [www.modularmining.com](http://www.modularmining.com)
8. *Vespe, F.* et al. : CERGOP 2 report. Reports on Geodesy, pp. 117–131. No2 (73) 2005
9. *Willgross, R.* et al.: High Precision Guidance of Mobile Robots. (Intelligent Agents Research Group, UNSW, Sydney, Australia)

## GPS – High Precision Applications: What is a Ground Based GNSS Infrastructure Good for?

*T. Borza and I. Fejes  
Summary*

A ground based network of reference stations providing correction data and other information for the users is necessary for real time, high accuracy (down to the 1 cm level) GPS positioning. This is what we call a ground based GNSS infrastructure. There are intensive developments of such infrastructures, such as EUPOS in Central and Eastern Europe. In Hungary a precursor of EUPOS, the GPSNET.HU is being developed. We review some, already existing examples in order to encourage application developments in our country. Applications on the fields of agriculture, geodesy, GIS, transport, road construction, mining, environment protection and security are pointed out.

**gpsnet.hu**  
**GNSS Szolgáltató Központ**

**Valós idejű helymeghatározás**

- DGPS korrekciók (országosan)
- RTK korrekciók (17 állomásról)

**Utólagos feldolgozáshoz**

- 24 órás RINEX fájlok
- 1 órás RINEX fájlok

**FÖMI KOZMIKUS GEODÉZIAI OBSZERVATÓRIUM**  
Tel.: 27/374-980  
Fax: 27/374-982