

A GPS-es helymeghatározás pontossági kérdései és alkalmazási lehetőségei a mezőgazdaságban

Pázmányi Sándor¹ – Dobos Attila² –
Pajna Sándor¹

¹Hajdú-Bihar Megyei Informatika Központ, Debrecen

²Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum,

Mezőgazdaságtudományi Kar,

Földműveléstani és Területfejlesztési Tanszék, Debrecen

dobosa@helios.date.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A GPS rendszer kialakításának, működési elvének, a távolság és időmérés alapvető fogalmainak ismertetését követően a műholdas helymeghatározás pontosságát befolyásoló tényezők vizsgálatának eredményei közül ismertettünk néhányat. Rámutattunk az abszolút GPS mérések pontossági vizsgálatának eredményeire, illetve az átlagolási idők változtatása következtében tapasztalható pontosságnövekedés alakulására.

Megvizsgáltuk továbbá a műholdas helymeghatározás mezőgazdasági alkalmazásának gyakorlati lehetőségeit, rámutatva a GIS-GPS integráció, a termésterképek, talajterképek, hozamterképek készítése, valamint a Változó Mértékű Kezelési Technológia (VRT – Variable Rate Technology) illetve ezek kombinációiban rejlő előnyökre.

Kulcsszavak: GPS, GIS, precíziós mezőgazdaság

SUMMARY

A description of the design and operating principle of the GPS system and the explanation of key terms of telemetric and chronometric measurements is followed by several examples characteristic of the results of factors which may influence accuracy of the identification of geographic location by satellites. In addition, results of accuracy testing of absolute GPS measurements and improvements of accuracy experienced and attributable to the alteration of the periods used for establishing average values are highlighted. Furthermore, we examined certain practical possibilities for the use of GPS systems in agriculture, emphasizing the advantages hidden in the use of GIS-GPS integration, crop mapping, soil maps and gross produce maps, in the application of the VRT (Variable Rate Technology) and in combinations of the same.

Keywords: GPS, GIS, precision agriculture

1. A GPS RENDSZER ÉS MŰKÖDÉSE

A GPS általános alkalmazási lehetőségei és területei

Főbb felhasználók	A rendszer független
– a (precíziós) mezőgazdaság	– időjárástól
– az úrkutatás	– napszaktól
– a navigáció	– légköri viszonyoktól
– a geodézia	– földfelszín feletti magasságtól (bizonyos megkötésekkel)
– a közlekedés	– mozgási sebességtől (bizonyos megkötésekkel)
– a földtudományok	
– az erőforrás kutatások	

A GPS magas szintű helymeghatározó rendszer, amellyel 3 dimenziós helyzet meghatározást, időmérést és sebességmérést végezhetünk földön, vízen vagy levegőben. Pontossága jellemzően méteres nagyságrendű, de differenciális mérési módszerekkel akár mm pontosságot is el lehet érni, valós időben is. A rendszer előnye, hogy a helymeghatározás nagy magasságban keringő műholdak segítségével történik, így a rendszer folyamatos mérési lehetőséget biztosít bármilyen közegben, napi 24 órában.

Hogyan működik a GPS?

A GPS működésének alapelvei igen egyszerűek. Ezeknek az ötleteknek a gyakorlatba való átültetéséhez, valamint a rendszer rendkívül pontos működéséhez napjaink legfejlettebb technikájára van szükség.

A rendszer felépítése:

- 24 db, 12 órás keringési idejű műholdból (6 pályasíkon egymáshoz képest 60 fokkal elforgatva, az egyenlítőhöz viszonyított pályaelhajlás 55 fok),
- 5 db földi ún. monitor állomás, 4 feltöltő és 1 központi vezérlő,
- GPS vevőberendezés, amelyből számtalan lehet, a Föld bármely pontján.

A műholdas helymeghatározó rendszer gyakorlatilag egy időmérésből kiszámított távolságmérésen alapul. Mivel ismerjük a rádióhullámok terjedési sebességét, ha van két nagyon pontos óránk, és ismerjük a rádióhullám kibocsátásának és beérkezésének idejét, ezek alapján meghatározhatjuk a forrás távolságát. Ez a meghatározási módszer nem egyszerű folyamat. Az áttekinthetőség kedvéért az alábbi főbb részekre bontjuk e technikát:

1. Az adott helyzetű műholdaktól való távolságok ismeretében a keresett pont koordinátáinak számítása
2. Távolságmérés rádióhullámok segítségével
3. A távméréshez szükséges igen nagy pontosságú időmérés
4. A műhold pontos helyének meghatározása
5. A GPS jel ionoszférikus és atmoszférikus késleltetésének és torzításának figyelembevétele

A műholdas helymeghatározás geometriai alapelvei

A GPS rendszer lényege a műholdas távolságmérés. Ha ismerjük néhány műholdtól való pontos távolságunkat és egy (a referenciapontként szolgáló) műhold helyét, saját helyzetünket a következőképpen számíthatjuk ki:

A globális helymeghatározó rendszer esetén az alappontok a rendszer földkörüli pályán keringő, rádióhullámokat sugárzó műholdjai, a meghatározandó pontok pedig a Föld felszínén elhelyezkedő vevő(k). Amíg a hagyományos alappont hálózat statikus, addig a mozgó műholdak miatt az űrbeli alapponthálózatunk dinamikus. A vevő helyzetét a vevőnek a műholdaktól mért

távolságai alapján határozzuk meg. A műholdak helyzetüket (pontosabban pályadataikat) folyamatosan sugározzák, ezért a vevő minden pillanatban tudja számítani a holdak GPS rendszerbeli koordinátáit.

Geometriai értelemben a GPS tehát a térbeli ívmetszés feladatát oldja meg.

A műholdaktól való távolság meghatározása

A műholdaknak a vevőkészüléktől való távolsága egyszerűen a műholdak által kisugárzott jelek beérkezési idejéből számítható ki (sebesség \times idő = távolság).

Mivel tudjuk azt, hogy a rádióhullámok fénysebességgel terjednek, így a nagyon nagy terjedési sebesség miatt, nagyon pontos időmérésre van szükségünk. Ha a meghatározandó műholdunk zenitben van, akkor kb. 0.06 másodperc alatt ér le a mérő jel róla, gyakorlatilag tehát a vevő mérő órájának 0.00000001 másodperc pontossággal kell mérnie a cm-es mérési pontosság eléréséhez.

Adódik egy másik probléma is, nevezetesen: ismernünk kell a kibocsátott mérőjel indulásának időpontját. A fejlesztők ezt a problémát úgy oldották meg, hogy mind a műhold, mind a vevő ugyanazt a jelet generálja szinkronban egymással. A vevő összehasonlítja a beérkezett jelet a sajátjával, és méri a késési időt. Ehhez olyan jelet kell alkalmazni, amellyel bármely pillanatban meghatározható az időkülönbség.

A GPS rendszer különböző periódusú pseudo-véletlen (pseudo-random) kódokat használ. Ezek az ún. P- és C/A-kódok.

Az időmérés

Ha tudjuk azt, hogy a rádióhullámok a fény sebességével terjednek, s feltételezzük, hogy a GPS vevőnk és a műhold között 0.01 másodperces szinkronizálási hiba keletkezett, számolhatók, hogy a mérésünket 3000 km-es hiba terheli! Hogyan határozzuk meg tehát a távolságot.

Az adóoldalon viszonylag egyszerű a megoldás, hiszen a műholdakon 4 atomóra működik (rubídium és cézium), melyek rövid idejű frekvencia stabilitása 10^{-12} - 10^{-13} . Ezeknek az óráknak az ára 100000 USD közelében található. A pontosságuk is megfelelő. Marad a vevő oldali órák pontosságának növelése. Természetesen nem alkalmazhatunk minden GPS vevőben atomórát (csak az ára az oka), de egy kis ügyes csellel, egy egyszerűbb olcsóbb „sima kvarcóra” is megteszi.

A megoldást tulajdonképpen az jelenti, hogy +1 mérést kell végeznünk (még egy műhold bevonásával). Az előzőekben már említett +1 mérés segítségével kiegyenlíthetjük a vevőoldali időmérési hibát. Mint eddig is, ebben az esetben is matematikai magyarázat húzódik meg a dolgok hátterében: trigonometriai összefüggés értelmében, térben egy pontot meghatározhatunk 3 pontos méréssel, vagy 4 olyan pontatlan méréssel, amelynél a mérési hiba konstans.

A GPS méréseket terhelő szabályos hibák

A szabályos hibák közül a legfontosabbak:

Többutas terjedés: a GPS jel nem csak közvetlenül a műholdról, de különböző tereptárgyakról visszaverődve is bejuthat a vevőantennába. Mivel a visszavert jel hosszabb utat tesz meg, mint a közvetlenül terjedő ez szabályos hibát eredményez, nagyságát 0.5 m-re becsülhetjük.

Órahibák: a műhold órák azon hiba részét melyet a földi irányító központ nem korrigál. Nagyságrendje az 1 m-es nagyságrendű.

Troposzférikus torzítás: az atmoszféra alsó 8-13 km-es tartományában a troposzférában a jel terjedési sebessége függ az időjárási tényezőktől (hőmérséklet, légnyomás, párányomás). Ha ezeket nem mérik, és nem veszik figyelembe a számítás során, úgy nagyságrendileg 1 m-es szabályos hibát okozhatnak.

Ionoszférikus torzítás: az ionoszféra, az atmoszféra 50 km-től 500 km-ig terjedő tartományának hatását a jel terjedési sebességére különböző modellekkel próbálják figyelembe venni. Mivel azonban ezek a modellek sem tökéletesek bizonyos esetekben 10 m körüli szabályos hibával terhelhetik a mérést.

Néhány adat a GPS műholdakról

- Név: NAVSTAR
- Gyártó: Rockwell International
- Magasság: 20200 km
- Súly: 850 kg (pályára állás után)
- Méret: kb. 6 méter a nyitott napelemekkel
- Keringési idő: 11 óra 58 perc
- Elhelyezkedés: 6 pályasík, egymáshoz képest 60 fokkal elforgatva, 55 fokos pályasík-hajlás az egyenlítőhöz képest
- Tervezett élettartam: kb. 7.5 év
- Keringő példányok: állandóan változnak, ma még kb. 10 db ún. Block I prototípusú műhold van az űrben, amit folyamatosan felváltanak Block II típusúakra
- Konstelláció: 24 műhold

2. VIZSGÁLT PONTOSSÁGI KÉRDÉSEK

Jelen munka keretein belül megpróbálunk választ adni arra a kérdésre is: milyen pontos az helymeghatározás különböző mérési eljárások eredményeképp. Különböző vevőkkel végeztünk kísérleti méréseket, ezek eredményeit és a velük kapcsolatos tapasztalatokat foglaltuk össze. Megvizsgáltuk továbbá azt, hogy a pozíciók különböző időintervallumokon végzett átlagolásával növelhető-e a mérések pontossága.

Abszolút GPS mérések pontossági vizsgálata

Ismert ponton elhelyezett műszerekkel 48 órán keresztül végezve kódéréseket a műszer által valós időben meghatározott koordináták rögzítésével. Az eredmények az időben lassan változnak, ezért elegendő azokat percenként rögzíteni. A mért

koordinátákat az álláspont ismert és hibátlanak tekintett koordinátaival hasonlítjuk össze, az eltérések tehát valódi hibáknak tekinthetők. A továbbiakban az É-D és K-Ny irányú eltérések eredőjét vízszintes hibának, a magasság-eltérések abszolút értékét pedig magassági hibának nevezzük.

Az értékeléshez előállítottuk a hibák tapasztalati eloszlásfüggvényét, amely megmutatja, hogy az esetek hány százalékában kaptunk tetszőleges értéknél nem nagyobb hibát. Az eredményeket tekintve a következő megállapításokat tehetjük:

- A mért értékek alapján 95 százalékos valószínűségi szinten a vízszintes pozíciók hibája körülbelül 5 méter, a magassági pozícióké pedig 8 méter.
- A kézi vevők és a geodéziai műszerek között nincs nagyságrendi különbség.
- A különböző műszerekkel meghatározott vízszintes pozíciók pontossága alig különböző.
- A magassági hibák között már számottevőbb különbségek mérhetőek.

Az átlagolás pontosságnövelő hatásának vizsgálata

48 órás mérés különböző átlagolási időtartamokhoz tartozó tapasztalati eloszlásfüggvényének néhány jellemző értékei alapján azt mondhatjuk, hogy a 68.3 százalékos konfidenciaszinthez tartozó hiba az átlagolás során alig csökken a vízszintes hiba egy óras mérések esetén is mindössze 13 százalékkal, a magassági hiba pedig 20 százalékkal csökkent. A 95.4 és 99.7 százalékos konfidenciaszintekhez tartozó hibák már valamivel erősebben csökkennek. Ezek alapján megállapítható, hogy nem érdemes hosszabb időt eltölteni egy-egy pont abszolút meghatározásával, mert az idő növelésével az átlagolt pozíciók pontossága alig javul.

3. A GPS ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A MEZŐGAZDASÁGBAN

Megvizsgáltuk, hogy a GPS technológia a mezőgazdaság mely területén teheti hatékonyabbá a munkát. Az alábbi fő pontok köré körvonalazható az alkalmazások köre:

Földrajzi Információs Rendszer (GIS)

A Földrajzi Információs Rendszer (GIS – Geographical Information System) egy eszköz a térbeli adatok manipulálására és megjelenítésére. Hatékony módszer térképek feldolgozására, megjelenítésére és elemzésére. A GPS-szel való összeköttetése megoldott, a két rendszer egymás közt képes adatokat küldeni és fogadni. A GIS képes ezen túlmenőleg rendszerezni, analizálni, statisztikai elemzéseket végezni a GPS által szolgáltatott adatok felhasználásával. Segítségével síkban megjeleníthetők a különböző adatsoportok, s ezeket egymással összekombinálva új adatsorokhoz juthatunk. Ilyen, síkban megjeleníthető adatsoportok

lehetnek például a talajtípus, topográfia és a természetű növények összetétele. Ha ezeket az adatsorokat termésmoделlekkel, illetve döntéstámogató rendszerekkel kombináljuk, akkor egy rendkívül hatékony gazdálkodói eszközhöz juthatunk. A GIS előnye a hagyományos térképekkel szemben az, hogy a gazdálkodó képes ezeket síkban megjeleníteni és kombinálni. Az így kapott térképek alkalmasak, pl. a termés és a pH közti kapcsolat kimutatására. Lehatárolható, hogy a terület egyes részei miért nyújtanak nagyobb termést.

Terméstérképek, talajtérképek, talajmintavétel, hozamtérképek

A terméstérképek és a talajmintagyűjtés a precíziós gazdálkodás első lépcsőfoka. A terméstérképekhez az adatokat a kombájnra szerelt GPS berendezés és különböző szenzorok (szemnedvesség, átfolyó magmennyiség, sebesség) segítségével gyűjthetjük össze. Mezőgazdasági szempontból az abszolút mérések eredményeképpen létrejövő pontosság az alkalmazások szempontjából nem minden esetben elegendő. Ezért van szükség a

differentiális korrekcióval javított pontosságra, megelőzve ezzel a méter alatti felbontást. A GPS és GIS technológia integrációjával válik lehetővé a részletes és pontos talajtérképezés.

Változó Mértékű Kezelési Technológia

A Variable Rate Technology egy olyan rendszernek a megnevezése, amely képes automatikusan változtatni a kezelések mértékét a hely függvényében. A VRT rendszerek különböző anyagok, mint folyékony és szilárd műtrágya, növényvédő szerek, magok és víz szórására alkalmasak. A legszélesebb körben elterjedt VRT gépek 11 különböző anyagot tudnak egyidőben kezelni. A VRT rendszerekben fontos szerep jut egy helymeghatározó rendszernek és egy előre beállított térképnek, mely segítségével a szórás mértékét állapíthatjuk meg a hely függvényében. A hagyományos gépeken a jármű vezetője szabályozza a kezelések mértékét. A GPS és GIS segítségével a szabályozás automatikusan történik, miközben a jármű a megművelt területen dolgozik.

IRODALOM

Detrekői Á. (1991): Kiegészítő számítások. Tankönyvkiadó, Budapest
Györfly B. (1999): A biogazdálkodástól a precíziós mezőgazdaságig. In.: Nagy J.-Németh T.: Talaj, növény és kertészet kölcsönhatásai. Debrecen, 57-71.
Krauter A. (1995): Geodézia. Jegyzet, Műegyetemi Kiadó, Budapest

Lechner, W. (1994): Navstar GPS and Glonass. Computers and Electronics in Agriculture, Special Issue; GPS in Agriculture, Elsevier Science Publishers
Márkus J.-Németh T.-Winkler P.-Zörög Z. (1999): A GPS-szel integrált rendszerek jelene és jövője az agrárgazdaságban és a mezőgazdasági kutatásokban. In.: Harnos Zs.: Agrárinformatika. Debrecen
Sárközy F. (1984): Geodézia. Tankönyvkiadó, Budapest