

Debreceni Egyetem

Informatikai Kar

A GPS TÉRHÓDÍTÁSÁNAK ELEMZÉSE

Témavezető:

Bodroginé Dr. Zichar Marianna

Egyetemi tanársegéd

Készítette:

Szajkó Viktória

Programozó matematikus

Debrecen

2007

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	4
2. A HELYMEGHATÁROZÁS TÖRTÉNETE.....	5
3. A MŰHOLDAS HELYMEGHATÁROZÁS GEOMETRIAI ALAPELVE	7
4. A GPS RENDSZER FELÉPÍTÉSE.....	9
4.1. A RENDSZER FELÉPÍTÉSÉNEK ISMERTETÉSE.....	9
4.1.1. Az űrszegmentek felépítése:	9
4.1.2. A vezérlőrendszer felépítése:	10
4.2. A RENDSZERBEN ALKALMAZOTT JELEK ÉS KÓDOK	11
4.3. A TÉR ÉS AZ IDŐ RÖGZÍTÉSE	12
5. A GPS MÉRÉSEK PONTOSSÁGA.....	14
5.1. HELYMEGHATÁROZÁSI MÓDSZEREK ÉS PONTOSSÁGUK	14
5.2. A TÁVOLSÁGMÉRÉS PONTOSSÁGI KORLÁTAI	15
5.3. A PONTOSSÁGOT BEFOLYÁSOLÓ EGYÉB TÉNYEZŐK.....	17
5.4. A PONTOSSÁG NÖVELÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI	18
5.5. A DIFFERENCIÁLIS GPS (DGPS) RENDSZER MŰKÖDÉSE	18
5.6. KONTINENTÁLIS KIEGÉSZÍTŐ RENDSZEREK.....	19
5.7. LOKÁLIS KIEGÉSZÍTŐ RENDSZEREK	20
5.7.1. Passzív GPS-hálózat.....	20
5.7.2. Aktív GPS-hálózat	21
5.7.3. Valós idejű megoldások.....	21
5.7.4. Galileo	22
6. TÉRKÉPÉSZETI ALAPISMERETEK.....	23
6.1. A LEGISMERTEBB VETÜLETEK	23
6.1.1. Egységes Országos Vetület (EOV)	23
6.1.2. UTM (Universal Transverse Mercator)	24
6.1.3. Gauss-Krüger vetület.....	25
6.2. TÉRKÉP TÍPUSOK.....	26
6.2.1. Topográfiai térképek	26

6.2.2. Tájékoztató térképek	27
6.2.3. Digitális térképek főbb jellemzői	28
6.2.4. Beépített topográfiai térképek	29
6.2.5. Beépített utcatérképek.....	29
6.2.6. Beépített hajózási térképek.....	30
6.2.7. Beépített léginnavigációs térképek.....	31
6.3. TRANSZFORMÁCIÓ.....	31
7. ALKALMAZÁSOK.....	33
7.1. KÖZÚTI KÖZLEKEDÉS	33
7.2. KÖVETÉS	34
7.3. GPS A TAXIKBAN	35
7.4. AUTÓSPORTOK	36
7.5. REPÜLŐSPORTOK.....	37
7.6. VÍZI SPORTOK	38
7.7. TÚRÁZÁS	39
7.8. GEOCACHING.....	39
7.9. JÁTÉKOK.....	41
7.10. IPARI ALKALMAZÁSOK	43
7.10.1. Geodéziai alkalmazás.....	43
7.10.2. Térinformatika.....	43
7.10.3. Mezőgazdaság	44
7.11. KATONAI ALKALMAZÁSOK.....	45
7.12. VÉSZHELYZETEK	48
7.13. ÁGYÉKKÖTŐS ÓSLAKOSOK ÉS A GPS	49
7.14. SVÁJC KITILTOTTA A GPS-T	51
8. ÖSSZEFOGLALÁS.....	52
9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	54
10. IRODALOMJEGYZÉK.....	55
11. FÜGGELÉK.....	57

1. Bevezetés

Tanulmányaim során „Bevezetés a térinformatikába” című tárgyat is hallgattam, mely során az egyik gyakorlati órán a geometriai adatok nyelését szolgáló eljárások között említésre került a mesterséges holdakon alapuló helymeghatározás, köztük a GPS. Ekkor még igen csekély háttér-információval rendelkezttem ezen a területen. Annyit tudtam a GPS-ről, hogy használata egyre elterjedtebb, és segítséget nyújt a tájékozódásnál szárazföldön, nyílt vizeken, illetve levegőben.

Pár hónap múlva a testvérem Angliában járt, egy konferencián vett részt Portsmouthban. Taxi várta a repülőtéren, és vitte a konferencia helyszínére. A sofőr megkérdezte a címet, és mint kiderült, ő sem ismerte a helyet. A bátyám aggódni kezdett, mert késésben volt. Egyszer csak észrevette, hogy a sofőr valamilyen kézi számítógépen – amit a szélvédőjén tartott – elkezdte a gombokat nyomkodni. Kíváncsian megkérdezte tőle, mit tesz, mire ő azt felelte, hogy betáplálja a címet a PDA-ba. A sofőr a PDA-n kijelzett utat követte, és amikor növekvő forgalom volt az előttük álló útszakaszon, a program átrajzolta az útvonalat, és egy kevésbé forgalmas szakaszon, megkerülve a forgalmi dugókat, újra az eredeti irányban folytatták útjukat. A történet azzal végződött, hogy a sofőr úgy szállította a bátyámat a konferencia helyszínére, hogy még sohasem járt előtte arra, viszont az aktuális körülményekhez képest a lehető legoptimálisabb útvonalon sikerült megtennie a távolságot. Amikor a testvérem hazajött, és elmesélte ezt nekem, hihetetlennek tűnt, pedig igaz volt, csak Magyarországon a GPS időben később kezdett teret hódítani.

Rendszeres nézője vagyok a Mindentudás Egyeteme előadásainak. Egyik alkalommal Papp László, „A technika új csodája: a globális helymeghatározás” címmel tartott előadást a műsorban. Maga az előadó rendkívül érthetően és szemléletesen tálalta a témakört. Mindez nagy hatással volt rám, és meghatározó volt a szakdolgozati témám kiválasztásánál.

A fent említett, egymást véletlenszerűen követő események olyan ösztönző erőt adtak, hogy nagy energiával és érdeklődéssel kezdtem utána járni a témának, és végül arra az elhatározásra jutottam, hogy mindenféleképpen a GPS-ről szeretném írni a szakdolgozatomat. Ezért felkerestem Zichar Marianna tanárnőt, akinél a Bevezetés a térinformatikába tárgyat hallgattam, és megkértem, legyen segítségemre, hogy mindezt megvalósíthassam.

Szakdolgozatomban a GPS történetén, kialakulásán túl működését és alkalmazhatóságát elemzem, melyet ábrákkal gazdagítottam az átláthatóság, könnyebb érthetőség kedvéért.

2. A helymeghatározás története

Az emberiség történetének kezdetén a földrajzi helyzet meghatározásához a fontosabb természeti jellemzőket (hegyek, völgyek, fák, folyók) valamint az égboltot (Nap, Hold, csillagok) tanulmányozták. Távolságmérésre a lépésszámlálást használták, vagy a sebesség és az út megtételéhez szükséges idő kiszámításával állapították meg.

Bizonyára mindenki hallott már arról, hogy egyes ősi civilizációk kultúrájában mekkora szerepet kapott az égbolt „fényes pontjainak” figyelése. Az ezzel szerzett elméleti és gyakorlati tapasztalatok a térképészet fejlődését segítették elő. Eratoszthenész, a Nap helyzetének segítségével már i.e. 201-ben képes volt különböző földrajzi helyek szélességi adatai közötti különbséget közelítőleg megadni. Így már elég korán meg tudták becsülni az észak-dél irányú elhelyezkedést. A kelet-nyugat irányú helymeghatározást a sebesség, út és idő mérésével állapították meg.

A Kínában feltalált mágneses iránytű megjelenése Európában utat nyitott a tengeri kereskedelemnek, és a még ismeretlen földrészek felfedezésének. Éppen ezért a középkortól a helymeghatározáshoz szükséges technológiai fejlesztések mozgó rugója a tengeri navigáció lett. A XVI. századra az északi féltekén a földrajzi szélességet már viszonylag pontosan meg tudták határozni a Sarkcsillag helyzetének mérésével. Bár még ma is kétséges például, hogy Kolumbusz melyik szigeten járt először az Új Világban. Ez nyilvánvalóan meglepő, hiszen ezek a szigetek mintegy 100 km-re vannak egymástól. Igen ám, de a szögértéket leolvasni a szextáns skálájáról (két égitest, vagy egy égitest és a horizont szögtávolságát mérő eszköz, hatvan fok van a két szára között, innen a neve) egy mozgó hajón nem túl egyszerű, és egyetlen foknyi tévedés több mint 100 km hibát okoz a szélességi koordinátában. A hosszúság meghatározása még nagyobb hibalehetőséget jelentett, mert azt csak időmérés alapján lehetett megadni. A pontosabb órák készítése előtt erre a Jupiter holdjait használták, ám elég nagy hibával.

A földrajzi hosszúság elfogadható pontosságú meghatározását a kronométerek megjelenése tette lehetővé a XVIII. században.

A tengeri hajózás elmúlt évszázadaiban a földrajzi szélességet szextánszal, a földrajzi hosszúságot kronométerrel és a Nap delelési idejének megfigyelésével határozták meg. Ezeket a globális mérési adatokat kiegészítették tengerparti jelzőpontok (világítótornyok, sziklák) megfigyelésével és a hajózási sebesség mérésével.

A tengeri navigáció fejlesztésének velejárója volt a térképészet és a geodézia fejlődése. Az egyre precízebb térképek megjelenése után egyre nagyobb lett az igény a mérések pontosságának növelésére.

A XX. század elejéig a hagyományos tengeri navigációs eszközök kielégítették a felhasználók igényeit, a légi navigáció azonban új megoldásokat követelt. Bár a már meglévő eszközöket (iránytű, szextáns, magasságmérő) továbbfejlesztették és újakat is kifejlesztettek, a forradalmi újdonságot a rádiós iránymérés technológiájának bevezetése jelentette, amely már kapcsolódik a témámhoz, a globális helymeghatározás módszeréhez. Ezen rendszerek pontossága attól függ, hogy milyen hullámhosszal dolgoznak. A néhány méteres pontossághoz több száz MHz frekvenciát kell használni, de a Föld görbülete miatt ezt csak korlátozott távolságra lehet használni. A hosszuhullámú, alacsony frekvenciás jeltovábbítás alkalmas a hosszú távú átvitelre, de pontatlanabb.

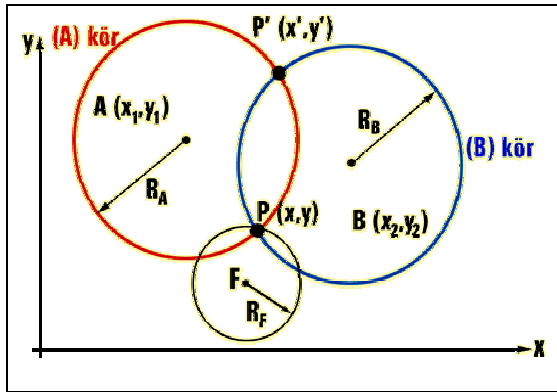
A hagyományos technológiák és eszközök a XX. században is megállták helyüket, és a legtöbb probléma megoldására használhatók voltak, de újabb, nagyobb precizitást igénylő feladatokhoz új módszerek feltalálására volt szükség. A modern harcászatot például, nem elégítette ki, hogy az egész földfelszínre kiterjedő helymeghatározás hibája rádiós módszerekkel akár több km is lehet.

A szakemberek méltán várták az első műholdak pályára állítását, hiszen szinte azonnal megkezdődött azok navigációs célú felhasználása. Már a hatvanas években létrehozták az amerikai NNSS-t. Ez volt az I. generációs globális helymeghatározó rendszer. A Transit rendszert 5-7 poláris pályára állított műhold szolgálta ki. Hátránya, hogy helymeghatározásra csak óránként volt képes, ezért gyorsan mozgó objektumok navigálására nem volt alkalmas, továbbá egy helymeghatározás kb. 15-20 percig tartott, és csak 2 dimenziós koordinátákat szolgáltatott. A fenti problémák és az egyre növekvő igények hatására született meg egy új rendszer, a GPS.

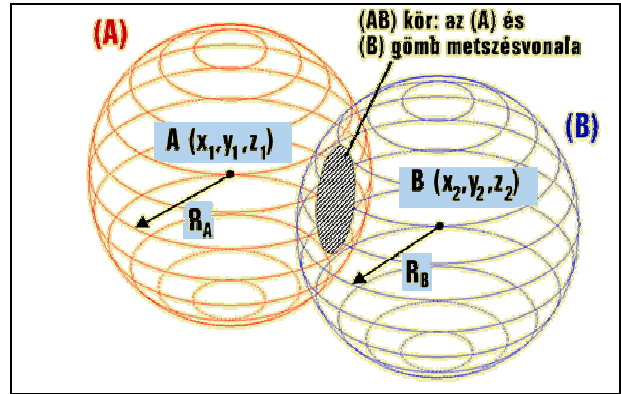
A globális helymeghatározó rendszer (Global Positioning System - GPS) olyan új és korszerű technológia, amely hagyományos feladatok megoldására használja ezt az új eszközrendszert. A műholdas helymeghatározás nem önálló tudományterület, hanem több tudományterület (geodézia, geofizika, űrtudomány, űrtechnológia, elektromágneses térelmélet, rádiótechnika, híradástechnika, elektronika, számítástechnika, informatika, mérés technika, szabályozástechnika stb.) eredményeit felhasználó műszaki megoldás.

3. A műholdas helymeghatározás geometriai alapelve

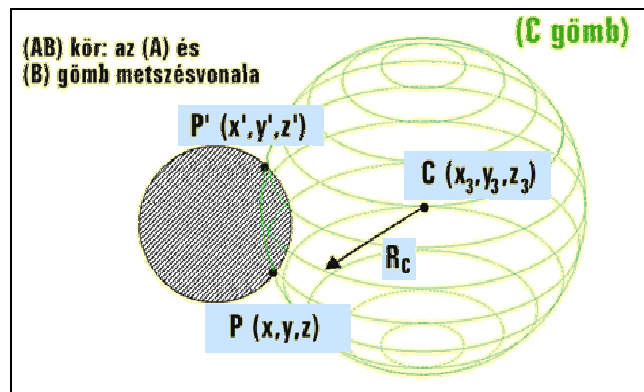
A korszerű műholdas helymeghatározó rendszerek a pontok helyzetét térbeli ívmetszéssel határozzák meg.



1. ábra



2. ábra



3. ábra

Helymeghatározás két dimenzióban két mérés alapján

A **1. ábrából** látható, hogy kétdimenziós esetben a P pont helyzete egyértelműen meghatározható a következő módon: az ismert helyzetű A és B pont körül megrajzoljuk az R_A és R_B sugarú (A) és (B) köröket, és ezek két metszéspontja (P és P') közül azt fogjuk kiválasztani, amelyik az F középpontú, R_F sugarú körön, vagy annak közelében helyezkedik el. Az F pont köré rajzolt R_F sugarú kör a mi esetünkben a Föld felszínét fogja jelképezni.

Helymeghatározás három dimenzióban két mérés alapján

A **2. ábrán** látszik, hogy az A és B pont körül felrajzolható R_A és R_B sugarú gömbök egy kör mentén metszik egymást. Az ábra alapján megállapítható, hogy két mérés biztosan nem lesz elegendő a helyzet meghatározásához, mivel az (A) és (B) gömb metszési köre mentén végtelen sok olyan pont van, amely az A ponttól éppen R_A , a B ponttól pedig, éppen R_B távolságra van. A pontos helymeghatározásához szükség lesz még egy mérésre.

Helymeghatározás három dimenzióban három mérés alapján

A **3. ábra** azt illusztrálja, hogy az (A, B) kör, az (A) és (B) gömbök metszésvonala két pontban (P és P') metszi a C középpontú, R_C sugarú (C) gömböt, ami alapján a P pont helyzete egyértelműen meghatározható, ha tudjuk, hogy a P pont például a Föld felszínének közelében található.

Mindezek alapján megállapítható, hogy ideális esetben, ha a műholdak és a felhasználó vevőkészüléke pontosan azonosan járó órákkal rendelkezik (ami szinte lehetetlen, mivel a vevőkészülékben nincsenek beépített atomórák), azaz pontosan ismerjük az R_i távolságokat, akkor egy időben három műhold jelének vétele elegendő a hely pontos meghatározásához.

A vevők tehát megméri a műholdak távolságát, és kiolvassák a kódolt információból a műholdak helyzetét leíró adatokat. Geometriai szempontból a helyzetünk ismeretlen koordinátái akkor számíthatóak, ha ezek a mérések, illetve helyzeti információk egy időpillanatban három műholdra rendelkezésre állnak.

A mért távolságokat pszeudotávolságoknak nevezzük, mivel értéküket a vevő órájának a műhold órájához viszonyított eltérése is befolyásolja. A műholdakon nagy pontosságú cézium és rubídium atomórák vannak, melyek szinkronizálásával a földi irányító központ foglalkozik. A vevőkbe viszont gazdaságtalan lenne drága atomórák beépítése, ráadásul központi szinkronizálásukat sem lehet technikailag megvalósítani. Az ismeretlen óra késést egy negyedik műholdra végzett méréssel lehet kiküszöbölni.

4. A GPS rendszer felépítése

4.1. A rendszer felépítésének ismertetése

A GPS rendszer három alapvető alrendszerből épül fel:

- az űrszegmensből (műholdak),
- a felhasználói rendszerből (vevőkészülékek és szolgáltatások) és
- a vezérlőrendszerből (földi vezérlő- és monitorállomások).

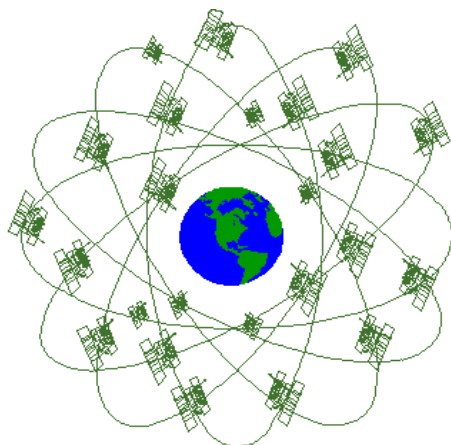
4.1.1. Az űrszegmens felépítése:

A meghatározási időt minimalizálásához 24 holdat juttattak pályára, így a rendszer teljes kiépülése után 4-8 hold mindig észlelhető a Föld bármely pontjáról 15° -ot meghaladó magassági szög alatt. A rendszer 21 aktív és 3 tartalék műholdból áll, melyek hat pályasíkban helyezkednek el. Az egyes síkok a forgástengely körül mérve 60° -os szöget zárnak be egymással, és 55° -os szöget zárnak be az Egyenlítő síkjával, így az 55° -os szélességi kör fölött már nincsenek GPS műholdak. Mind a 6 síkban négy műhold kering 20.200km magasan közel kör alakú pályán, 11 óra 58 perces keringési idővel.

A pályákat képzeletben az Egyenlítőt hosszúság szerint 30° -os szeletekre osztjuk, majd minden egymástól 180° -ra fekvő két osztásponton keresztül egy körlapot helyezünk el, melynek középpontja egybeesik a Föld középpontjával, sugara $26\,370\text{ km}$, és az Egyenlítő síkjával bezárt hajlásszöge 55° .

A mintegy 750kg tömegű műholdak fedélzetén adóberendezések és a hozzájuk tartozó antennák és modulátorok, a pontos időt előállító atomi órák, tápegységek és napelemek, navigációs egység és fedélzeti számítógép, helyzetstabilizáló elemek, műholdközi kommunikációs egységek, földi kommunikációs egységek találhatóak. A műhold tervezett élettartama 15 év.

A műhold rádióüzenete egyrészt lehetővé teszi a földi ponton a műhold-vevő távolság meghatározását, másrészt információt ad a műhold pontos térbeli helyzetéről. A **4. ábrán** láthatóak a GPS rendszer pályái és a műholdak elhelyezkedése a pályákon.



4. ábra

A GPS műholdak nemcsak az időzítő jelet sugározzák, hanem adatüzeneteket is sugároznak a GPS vevők számára. Ezek a jelek tartalmazzák az ún. almanach adatokat, a korrekciós pályaadatokkal valamint a rendszerinformációkkal. Ha egy műhold nagyon eltér a számított pályától, akkor a Földi irányító központból ki lehet ideiglenesen kapcsolni, hogy ne zavarja a pontos méréseket, majd miután a műhold ún. pályakorrekciós meghajtó-művével visszaáll a számított pályára, újra fel lehet „éleszteni”. A jobb minőségű GPS vevők automatikusan rögzítik és alkalmazzák az almanachban foglalt korrekciókat, a pontosabb műhold pozíciók számítására. [9]

4.1.2. A vezérlőrendszer felépítése

A GPS rendszer működését a földi vezérlőrendszer irányítja. A vezérlőrendszer három alapelemből áll: egy központi vezérlő állomásból, monitorállomásokból és földi antennákból.

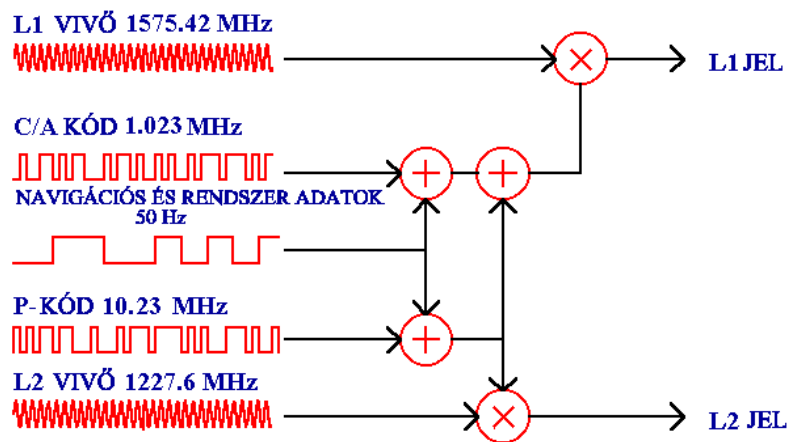
A földi vezérlőegység a következő feladatokat látja el:

- a műholdak működésének folyamatos figyelése, az egyes egységek állapotának ellenőrzése;
- a műholdak pályadatainak folyamatos mérése, a műholdon tárolt adatok frissítése;
- a műhold fedélzeti óráinak szinkronizálása, a pontos idő beállítása;
- a műholdon tárolt navigációs üzenettár frissítése, a helymeghatározáshoz szükséges korrekciós adatok (időjárás adatok, a légkör és az ionoszféra állapotjellemzői) gyűjtése és továbbítása a műholdak felé.

A földi állomások sűrűségének növelésével növelhető a GPS rendszer pontossága. [13]

4.2. A rendszerben alkalmazott jelek és kódok

A GPS műholdak két jelet sugároznak. Az első jel vivőhullám hossza $L1=1575.42\text{MHz}$, a másodiké $L2=1227.60\text{MHz}$. E frekvenciákat a nagy pontosságú atomórával stabilizált 10.23MHz -es alappfrekvencia sokszorozásával állítják elő. Mindkét vivőhullámot modulálják a körülbelül 30 méter hullámhosszú **P** kóddal (P a precision - szabatos rövidítése). Az $L1$ vivőt ezen kívül modulálják még a **C/A** (coarse/acquisition - durva/elérés) kóddal, mely kb. 300m hosszú (**5. ábra**). A vevő ezeknek a kódoknak a felhasználásával határozza meg a pseudotávolságokat. A **P** kód nagyobb, a **C/A** kód kisebb pontosságot biztosít a pseudotávolságok meghatározásában. [6]



5. ábra

Az eredeti katonai célokkal összhangban a Védelmi Minisztérium a szelektív elérhetőség (Selective Availability, **S/A**) politikáját gyakorolja, ami azt jelenti, hogy esetenként korlátozza a teljes rendszer használatát a polgári alkalmazóknak. Gyakorlatilag ez korábban úgy történt, hogy „elrontották” azokat az üzeneteket, melyek a műhold koordinátáit továbbítják a vevőknek. A **C/A** kódra műholdanként változó, alacsony frekvenciás torzítást visznek, mely az eredeti 30m -es pontosságot 100m körülire csökkenti.

A pontosságot és a hozzáférést korlátozó intézkedések célja a valós idejű pontos helymeghatározás lehetetlenné tétele. Utólagos feldolgozás esetén az üzemeltető a pontos adatokat is rendelkezésre bocsátja. Clinton elnök döntésére európai idő szerint $2000.$ május $2-$ án hajnalban megszüntették a GPS pontosságának mesterséges rontását.

4.3. A tér és az idő rögzítése

A GPS a **WGS-84** referencia rendszert használja. A GPS által mutatott koordináták jelentésének egyértelművé tételéhez bevezettek egy, az egész Földet magába foglaló, azzal együtt forgó globális koordinátarendszert, melyre rögzítettek egy, a Föld alakjához legjobban simuló ellipszoidot. Ennek közismert neve a WGS-84. A műholdak pillanatnyi, időponttal jelölt koordinátái a navigációs üzenetben kaptak helyet, melyet mindkét kód (P és C/A) tartalmaz. Az eredeti feldolgozás a GPS saját referencia rendszerében történik. Ha más referencia rendszerben dolgozunk, akkor a mérési eredményeket transzformálni kell a használt referencia rendszerbe (EOV, UTM, Gauss-Krüger). Ez a művelet természetesen torzulásokkal jár együtt, de a térképészek törekednek ennek csökkentésére. Akkor van lehetőségünk a transzformációra, ha a mért területen, vagy annak közelében legalább 3 olyan alappontunk van, melyek koordinátái mindkét rendszerben ismertek.

Amíg a térkép méretaránya kisebb, mint 1:100000, a térképen látható fókuszpont pontossága megfelel a GPS-vevő által kijelzett koordináták pontosságának. A probléma az 1:100000 méretarány felett annak növekedésével egyre jobban súlyosbodik. Ilyenkor tehetjük meg azt, hogy a vevőkészülékünkben átállítjuk a Datumot (a helymeghatározáshoz használt Földmodellt, forgás-ellipszoidot), azaz lecseréljük a WGS-84 ellipszoidot a GRS-80 ellipszoidra, és az origót eltoljuk megfelelő mértékben.

A hely koordinátái mellett nagyon fontos szerepe van az időnek. Globális koordinátarendszerünkben a műholdak másodpercenként több km-t tesznek meg, ezért ha csupán néhány méter hibával terhelt pontosságot szeretnénk elérni, ahhoz msec pontosság szükséges. Papp László, a Mindentudás Egyetemén a nagyságrendek érzékeltetéséhez az alábbi számítást alkalmazta:

A távolságot a vevő úgy határozza meg, hogy méri a jel érkezési idejét, és - ismerve a jel startjának időpontját - a jelterjedési idő kiszámítása után a fénysebesség ismeretében meghatározza a műhold és a vevőkészülék távolságát az alábbi módon:

$$R_i = c \cdot T_i, \text{ ahol}$$

R_i - távolság, c - fénysebesség, T_i - terjedési idő.

A nagyságrendek érzékeltetéséhez számoljunk egy kicsit!

Legyen a műholdak távolsága a Föld felszínétől:

$$R_i = 24.000\text{km} = 24.000.000\text{m}$$

Tudjuk, hogy a fény sebessége vákuumban közelítőleg:

$$c = 300.000.\text{km/s} = 300.000.000.\text{m/s}$$

A tipikus terjedési idő ilyenkor:

$$T_i = \frac{R_i}{c} = \frac{24.000.000}{300.000.000} = 0.08\text{sec} = 80\text{m sec}$$

Számoljuk ki azt is, hogy mekkora időhiba tartozik például 3méter mérési hibához!

$$\Delta T_i = \frac{\Delta R_i}{c} = \frac{3}{300.000.000} = 0,00000001\text{sec} = 10\text{n sec}$$

Ez azt jelenti, hogy ha 10 milliárdod másodpercnyi hibát vétünk az időmérésben, akkor ennek következtében a távolságokat csak három méter hibával tudjuk meghatározni. [13]

A GPS rendszer üzemeltetői ezért 1980-tól ún. **GPS időt** használnak. A műholdakon elhelyezett atomórák frekvenciáját még itt a Földön, a relativisztikus hatás miatt elállítják, hogy azután felgyorsulva a Föld körüli keringés sebességére, és elfoglalva a kijelölt pályát, a frekvencia visszaálljon a Földön tapasztalt értékre. [2]

5. A GPS mérések pontossága

5.1. Helymeghatározási módszerek és pontosságuk

Aki először érdeklődik a GPS technika iránt, biztosan felteszi azt a kérdést, hogy milyen pontosságú helymeghatározás érhető el GPS-szel. A válasz attól is függ, gyakorlatban mire használjuk. Minden alkalmazásnak más a célja, technikai felszereltsége, és ezáltal a pontossága is. Ahhoz, hogy az adott célnak, a kívánt pontosságnak legmegfelelőbb módszert választhassuk, előbb meg kell ismerkedni a különböző GPS mérési módszerekkel.

A **valós idejű** (real-time) alkalmazások feltétele, hogy a vevő-készülék a mérés helyszínén, rövid időintervallumon belül határozza meg a pozícióját, azaz egyetlen időpillanatban végzett mérés alapján, elhanyagolhatóan rövid számítási idő után szolgáltatssa a vevő pozícióját. A GPS eredeti koncepciója ugyanis mozgó járművek valós idejű navigációja.

Abszolút helymeghatározásról akkor beszélünk, ha egy vevővel egyszerre legalább négy GPS holdra végzünk méréseket, és a pont koordinátáit ezekből számítjuk ki. Ez egy független, egyponos meghatározás, ahol a koordinátákat kód mérésből, pszeudotávolság meghatározásból kapjuk a WGS-84 koordinátarendszerben, a méréssel egy időben. Ehhez a mérési módszerhez csupán egy vevőkészülék szükséges.

A **relatív helymeghatározás** előfeltétele, hogy legalább két ponton folyjon fázismérés ugyanazon GPS holdakra. Az egyik pont koordinátái rendszerint nagy pontossággal ismertek (referencia pont), míg a másikéi ismeretlenek. A módszer a két pont közötti vektort adja meg. A mérésekből képzett különbségekkel való számítás során bizonyos hibák eltűnnek, vagy hatásuk jelentősen csökken. A kapott koordináták a referenciaponthoz viszonyított értékek. Ehhez a mérési módszerhez legalább két vevőkészülék szükséges.

Differenciális helymeghatározásról van szó, ha kód méréssel kapott pszeudotávolságok felhasználásával hasonló eljárást alkalmazunk.

Másik szempont szerint statikus és kinematikus helymeghatározásról beszélünk.

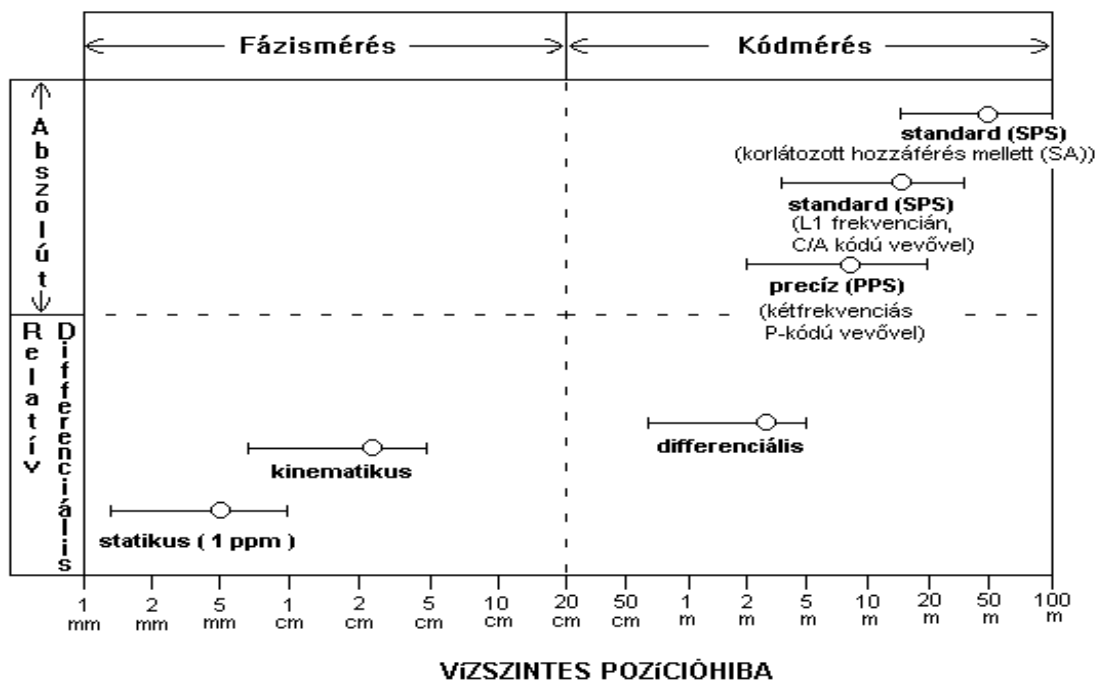
Statikus helyzet-meghatározásról beszélünk, ha a vevő mozdulatlan, azaz egy pontban áll, míg **kinematikus** helymeghatározás esetén a vevő mozog mérés közben.

A **statikus abszolút helymeghatározás** segítségével rövid mérési idő után 5-10m pontosságot érhetünk el kód méréssel.

Kinematikus abszolút helymeghatározással mozgó járművek helyzetét 10-100m-es pontossággal határozhatjuk meg kódmérés segítségével.

A **statikus relatív helymeghatározás** vivőfázis mérések felhasználásával történik. Ez a geodéziában leggyakrabban alkalmazott módszer, melynek segítségével egy milliomodrász pontosság néhány kilométeres bázisvonalon néhány milliméter hibát jelent. Két vagy több álló vevő közötti vektor meghatározásán alapul. Az így kapott koordináták öröklik a referencia pont koordinátáinak esetleges pontatlanságát.

Kinematikus relatív (vagy differenciális) helymeghatározás esetén egy álló referenciavevő, és egy mozgó műszer szimultán mérését végezzük. A pontosság nagyobb, mint az abszolút eljárás esetén. Fázismérés esetén a pontosság elérheti a centiméteres, kódméréssel (differenciális technika) pedig a méteres nagyságrendet.



6. ábra

A **6. ábrán** a szakaszok közepén lévő kör jelzi a legvalószínűbb értéket, az eredmények 5-5%-a lehet rosszabb, illetve jobb, mint amit a szakaszok két végpontja jelöl.

5.2. A távolságmérés pontossági korlátai

A Földünket körülvevő légkörön keresztül halad a műholdról sugárzott jel. Az atmoszféra lefékezi a jelterjedési sebességet. A troposzféra, annak függvényében, hogy mekkora szög alatt látszik a műhold, akár 10 méteres késést is okozhat. Azok, akik precízebb értékekkel

szeretnének dolgozni, meteorológiai adatgyűjtéssel és ebből készített modellekkel próbálják meg csökkenteni a hatást. Az ionoszféra akár 150 méter késést is okozhat. Itt a Nap hatására keletkezett szabad elektronok okozzák a problémát, de kiküszöbölhető, ha a GPS – jeleket mindkét frekvencián (L1, L2) vesszük. A kézi vevők azonban általában csak az L1 frekvenciát használják, így ebben az esetben is modellezéssel csökkentik a hatást.

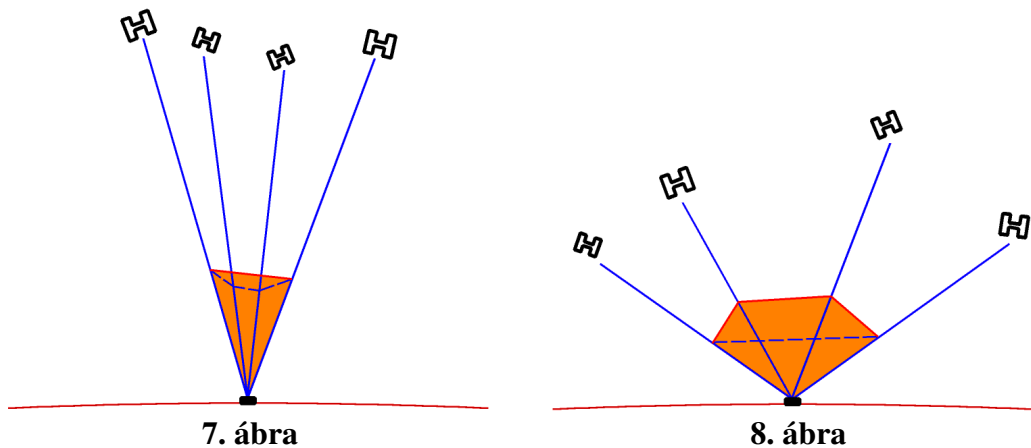
Mint már említettem, ahhoz, hogy viszonylag pontos koordinátákat kapjunk, legalább négy műhold távolságát kell egy adott időpillanatban mérnünk. Így a négy ismeretlen (elhelyezkedésünk három koordinátája, és a vevőkészülék órahibája) kiszámítható.

A helymeghatározás pontossága alapvetően három tényezőtől függ:

- a műholdak pálya- és időadatainak hibájától,
- a távolság-meghatározás hibájától,
- a műholdak geometriai elhelyezkedésétől.

Ennek a geometriai hatásnak a figyelembe vételére a GPS-szel foglalkozó szakterület a **GDOP (Geometric Dilution of Precision)** nevű mennyiséget használja, melynek magyar jelentése: geometriai pontosság hígulás.

Ez egy középhibát szorzó tényező, amely fordítva arányos az álláspontból az észlelt műholdak felé mutató egységvektorok csúcspontjaiból kialakított test térfogatával. [5]

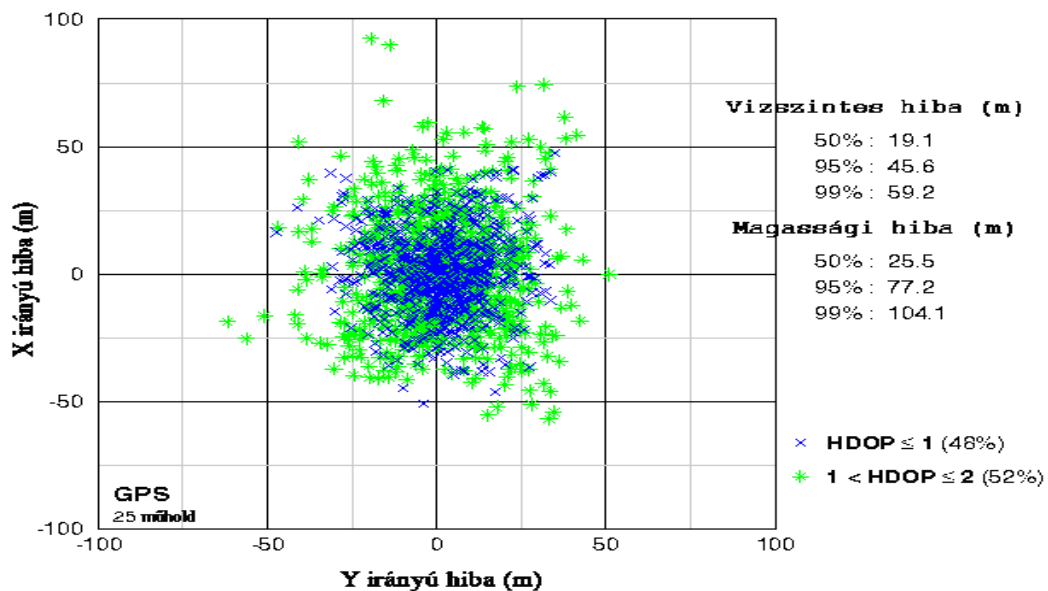


Ha tehát a test térfogata kicsi, következésképpen a GDOP nagy, a helymeghatározás pontossága pedig alacsony (**7. ábra – rossz GDOP**). Fordított esetben, amikor a test térfogata nagy, a GDOP pedig kicsi, a pontmeghatározás pontossága megnő (**8. ábra – jó GDOP**).

A PDOP felbontható vízszintes (HDOP) és magassági (VDOP) komponensre. A pályaadatok és a távolságmérés pontossága különböző észlelési és feldolgozási módszerekkel fokozható, de a kedvezőtlen műhold-geometria nem javítható. [5]

Ha kedvező a műholdak elhelyezkedése, akkor a vevőkészüléken 1-5 közötti számértéket látunk. Minél magasabb az érték, annál rosszabb a geometria.

A következő ábra grafikusán szemlélteti az egy perces GPS mérési minták pontosságát, melyet az MIT Lincoln Laboratórium munkatársai készítettek méréseik alapján.



9. ábra

A 9. ábra jól illusztrálja a véletlen hibák megjelenési formáját. Az ábrán jól látható, hogy a kékekkel jelölt, kisebb, tehát pontosabb HDOP-pal rendelkező, mérések jól tömörülnek az elméleti ponthely körül. Megfigyelhetjük azt is, hogy míg a vízszintes hiba 99%-os valószínűségi szinten 59.2 m-en belül van, addig a magassági hiba ugyanezen a valószínűségi szinten 104.1 m., azaz majdnem a kétszerese a vízszintes hibának.

5.3. A pontosságot befolyásoló egyéb tényezők

A GPS rendszer pontosságát több egyéb tényező is befolyásolja. Ezek közül a legfontosabbak a következők:

- a hullámterjedés sebességének változása - a fénysebesség függ az aktuális közegtől, vákuumban más, mint egyéb anyagokban; a GPS rendszerben a fény

terjedési sebessége függ az ionoszféra állapotától és az aktuális légköri viszonyoktól (hőmérséklet, nyomás, páratartalom, stb.);

- a több-utas hullámterjedés;
- a GPS vevő környezete (árnyékolás, takarás);
- a környezetben érzékelhető elektromágneses zajok.

A földi vezérlőrendszer a helymeghatározás hibájának csökkentése érdekében gyűjti és továbbítja a műholdra azokat az adatokat, amelyekkel a hibák mérsékelhetők. Néhány hibát okozó tényezőt ki lehet küszöbölni úgy is, hogy a méréseket párhuzamosan több különböző frekvencián végezzük el.

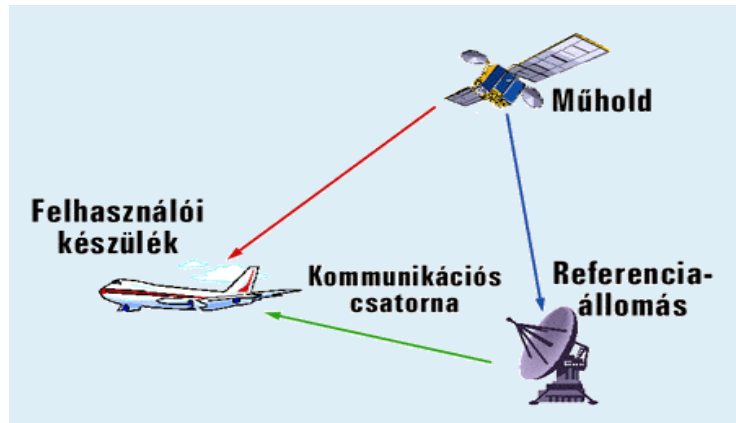
5.4. A pontosság növelésének lehetőségei

A pontosság növelésére több lehetőség kínálkozik, ezek közül a legfontosabbak:

- Növelhetjük a földi vezérlő és monitorállomások számát, melynek segítségével növelhetjük a pályaadatok pontosságát, a hullámterjedéssel kapcsolatos korrekciós adatok pontosabb meghatározását, az időmérés precízebbé tételét.
- Nem a legcélravezetőbb megoldás, de ismételt mérésekkel lehet a pontosságot javítani. Egy teljes napi mérés (pl. percenként) átlagával elérhetjük a 2-4 méteres vízszintes pontosságot.
- Növelhetjük a mérési frekvenciák számát – segítségével az ionoszféra által okozott hullámterjedési késleltetést pontosan meghatározhatjuk.
- Kiemelkedően fontos lehetőség a differenciális helymeghatározási elv alkalmazása, amelyről korábban már elmondtuk, hogy a helymeghatározás pontosságát azáltal növeli, hogy a felhasználó pozícióját egy ismert helyzetű referencia-vevőkészülék helyzetéhez viszonyítva határozza meg.

5.5. A differenciális GPS (DGPS) rendszer működése

A **10. ábrán** azt láthatjuk, hogy a referenciaállomás helyzete pontosan ismert, és mind a felhasználónál, mind pedig a referenciaállomáson működik egy-egy GPS vevőkészülék. A vevők egy időben, ugyanazoknak a műholdaknak a jelét veszik, és ennek alapján folyamatosan meghatározzák a helyzetüket. A referenciaállomás egy külön kommunikációs csatornán keresztül folyamatosan tájékoztatja az ismeretlen helyzetű felhasználót arról, hogy az általa aktuálisan mért helyzet mennyiben tér el a referenciaállomás ismert helyzetétől.



10. ábra

Ha igaz, hogy a mérési hibák egy része (a műholdak pályaadatainak hibája, az ionoszféra és a légkör által okozott késleltetések, a műholdak óráinak hibája) mindkét vevőkészüléket azonos módon érinti, akkor az adatok cseréjével a hibák jelentős része kiküszöbölhető. [13]

Differenciális módszerrel az abszolút meghatározás hibáját akár deciméteres szintre csökkenthetjük.

A vevőkészülékek általában másodpercenként végeznek egy mérést, de a korszerűbb készülékek ennek a tízszeresére is képesek. Gyors mozgás esetén van szükség a gyakori mérésekre, mivel mozgás közben nem lehet megismételni a mérést. Egyetlen GPS vevővel nem lehet a néhány méteres pontosságnál jobbat elérni. Centiméter, milliméter, és az alatti pontosságról csak abban az esetben beszélhetünk, ha egy időben több, más típusú GPS vevőt, komoly szoftvereket, speciális mérési módszereket alkalmazunk.

5.6. Kontinentális kiegészítő rendszerek

Problémát jelent differenciális módszer esetén az, hogy a mozgó- és referenciavevők méréseit össze kell hangolni. Valós idő esetén az adatátvitelt rádiós technikával kell megoldani, ami nehézségekkel jár. Mivel ez a probléma minden felhasználót érint, ezért már a 90-es években olyan kontinentális rendszerek fejlesztését tervezték, mellyel a referenciavevő és a rádiós adattovábbítás egyaránt kiküszöbölhető. Erre szolgál a GNSS (Global Navigation Satellite System), mely tartalmazza a már meglévő GPS és GLONASSZ alrendszereket, valamint ezek minőségét javító egyéb kiegészítő rendszereket.

A WAAS-rendszer (Wide Area Augmentation System) az Egyesült Államokat szolgálja ki, az EGNOS (European Global Navigation Overlay Service) Európa területét fedi le, a MSAS

(Multi-Functional Satellite Augmentation System) pedig Japán környezetében nyújt szolgáltatást. Ezen kívül több más ország is belekezdett hasonló rendszerek fejlesztésébe, illetve már kiépítette azt.

Ezek a rendszerek saját megfigyelő-állomás hálózatot tartanak fenn. A referenciaállomások koordinátái ismertek. A vezérlő és feldolgozó központokban számítják a mért adatok alapján a korrekciókat, majd műholdas adattovábbítással juttatják a kért információt a felhasználóhoz. A WAAS és az EGNOS az L1 frekvencián továbbítják az információt a vevőbe. Azok a vevőkészülékek, melyek alkalmasak az ilyen jelek vételére, automatikusan használják a minőségjavító adatokat, ha engedélyezzük azt. Az említett kiegészítő rendszerek a 10-15 méteres pontosságot díjmentesen 3-5 méterre javítják. Természetesen további korrekcióra is lehetőség van, de ezek már nem ingyenes szolgáltatások.

A kontinentális kiegészítő rendszerek nagy sikert aratnak szinte minden területen, kivéve azokat a területeket, ahol precízebb helymeghatározásra van szükség. A geodéziai feladatokhoz ezért kisebb területet lefedő, ún. lokális kiegészítő rendszereket kell kiépíteni.

A kontinentális és lokális kiegészítő rendszerek egyaránt relatív mérés technikával javítják az abszolút pontosságot. Ezeknek a rendszereknek a hálózati pontjain permanens GPS állomások működnek. Az állomásokat együttesen aktív GPS hálózatnak nevezzük.

A kontinentális kiegészítő-rendszerek hátránya, hogy a korrekciós adatok egy adott irányból érkeznek alacsony magassági szög alatt, így például városokban az eredeti 10-15 méteres pontosságnál jobb érték csak lokális kiegészítő-rendszerek segítségével érhető el.

5.7. Lokális kiegészítő rendszerek

5.7.1. Passzív GPS-hálózat

A passzív GPS-hálózat az a referencia rendszer, mely a relatív mérésekhez alapul szolgál. Minden ország rendelkezik saját GPS-hálózattal. Magyarországon ez az **OGPSH (Országos GPS Hálózat)**, amely 1153 pontot tartalmaz, melyek a hagyományos kétdimenziós geodéziai hálózatnak is részét képezik, így alkalmasak a két rendszer közötti transzformáció elvégzésére. Az OGPSH 10km-es sűrűség-választása jónak bizonyult, mivel ez a sűrűség az olcsóbb, egyfrekvenciás készülékek számára is megfelelő.

5.7.2. Aktív GPS-hálózat

Mivel egy referencia állomás tetszőleges számú, új mozgóvevőt képes kiszolgálni, a felhasználók kezdettől törekedtek a referenciaponton felállított bázisvevő minél jobb kihasználására. Ennek egyenes következménye az ún. aktív GPS-hálózat kiépítése, melynek szembetűnő előnye a passzív hálózattal szemben a gazdaságosság mellett (a felhasználó munkájához csak egyetlen mozgóvevő szükséges) az is, hogy a folyamatosan ellenőrzött permanens állomások koordinátái mm-re megbízhatók.[2]

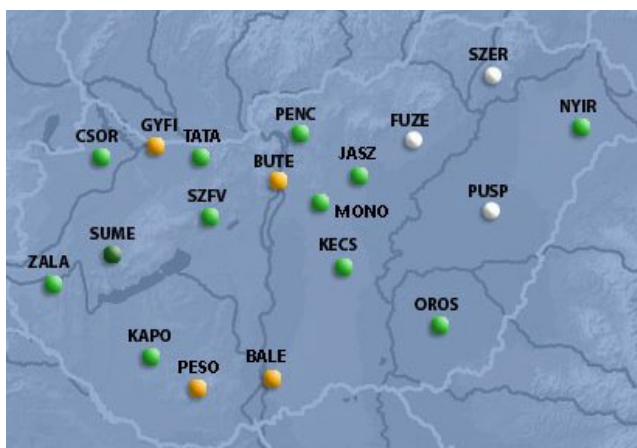
A hálózat sűrűségének meghatározásánál figyelembe kellett venni, hogy minél kevesebb referenciaállomás mellett, reális idő alatt a legtávolabbi helyről is el lehessen végezni a relatív geodéziai helymeghatározást is. Ez a határ kb. 50km, ami azt jelenti, hogy Magyarország teljes lefedéséhez legalább 12 állomás szükséges. A referenciaállomások mérései az állami földmérés Takarnet nevű számítógépes hálózatán át a FÖMI szerverére kerül, a felhasználók pedig a www.gpsnet.hu internetes oldalon juthatnak hozzá.

5.7.3. Valós idejű megoldások

Az SBAS (Satellite-Based Augmentation System) által biztosított 1-3 méteres pontossággal nem oldható meg a valós idejű navigáció, és gyakori a holdak kitakarása is. Így az egyes országok kiépítették saját földi kiegészítő rendszereiket, melyek összefoglaló neve **GBAS** (**G**round-**B**ased **A**ugmentation **S**ystem), mivel az egyes egységek közötti kommunikációt földi telepítésű rádiós technikával valósítják meg. A hazai legkézenfekvőbb adatkapcsolatnak a GSM, GPRS alapú kapcsolat látszik. Az aktív GPS-hálózat a valós idejű kommunikáció megvalósításán túl alkalmas deciméter pontosságú valós idejű helymeghatározásra, így ezeket a felhasználókat el tudja látni valós idejű korrekcióval.

A legfejlettebb GBAS-ek az ún. harmadik generációs rendszerek, melyek valós időben képesek a centiméter pontos helymeghatározásra. Ehhez a pontossághoz azonban 60-70km sűrűséggel telepített referenciaállomásokra van szükség. Ezeket a kiegészítő rendszereket általában egy-egy nagyváros környékén kezdik kiépíteni, majd fokozatosan lefedik az egész országot, mint például Dániában, Svájcban vagy Németországban. Magyarországon ehhez a pontossághoz mintegy 40 állomásra van szükség, melyek távolsága nem lehet több, mint 70km. A megvalósítás után az igénylők száma is minden bizonnyal nőni fog a földmérők, a mezőgazdaság és az intelligens közlekedési rendszerek területén túl.

A magyarországi aktív GPS hálózat kialakítása a FÖMI penci Kozmikus Geodéziai Observatóriumában (KGO) működő felügyelet irányításával folyik.



11. ábra

A **11. ábrán** Magyarország 2005 év végi aktív GPS hálózata látható. Zölddel a FÖMI állomásai, narancssárgával a már működő külső tulajdonú állomások, míg fehérrel a tervezett helyszínek szerepelnek. A hálózat 2006 végére 21 állomásból állt, 2007 első felében további 8-9 állomás építését tervezik, a határ közeli külföldi állomások bekapcsolásával pedig kb. 40-re növelik a rendszerbe kapcsolt referencia állomások számát.

5.7.4. Galileo

Az EU és az ESA (Európai Űrügynökség) évekkel ezelőtt megkezdte a Galileo rendszer kiépítését attól tartva, hogy az USA egy krízishelyzetben kikapcsolná műholdas navigációs rendszerét, nem beszélve arról, hogy a rendszer létfontosságú lenne Európa stratégiai függetlenségének megőrzéséhez. Az eredeti tervek szerint a Galileo műholdjai 2010-ben foglalták volna el a helyüket, de a folyamatos csúszások miatt jó, ha a rendszer 2012-re elkészül. 2005 végén csak egy műholdat sikerült üzembe állítani (Giove-A), míg a második szatellit fellövését (Giove-B) lassan egy éve halasztják.

A Galileo két jelet fog adni, egy díjmenteset polgári felhasználásra, és egy fizetőset a kereskedelmi alkalmazások számára. Pontosságát tekintve mindkettő felülmúlja a GPS-t, miközben megmaradna polgári irányítás alatt, ha eléri a 30 műholdból álló teljes kiépítését.

Ezzel szemben a kínai BEIDU rendszer 2008-ban már működőképes lesz Kína és szomszédos országai számára, idővel pedig az egész világra kiterjesztik szolgáltatását.

Az oroszok GLONASSZ rendszere is töretlen lendülettel halad a 2009-es teljes megvalósítás felé. 2007 végére a tervezett 24 műholdból 18 már élesben fog működni.

6. Térképészeti alapismeretek

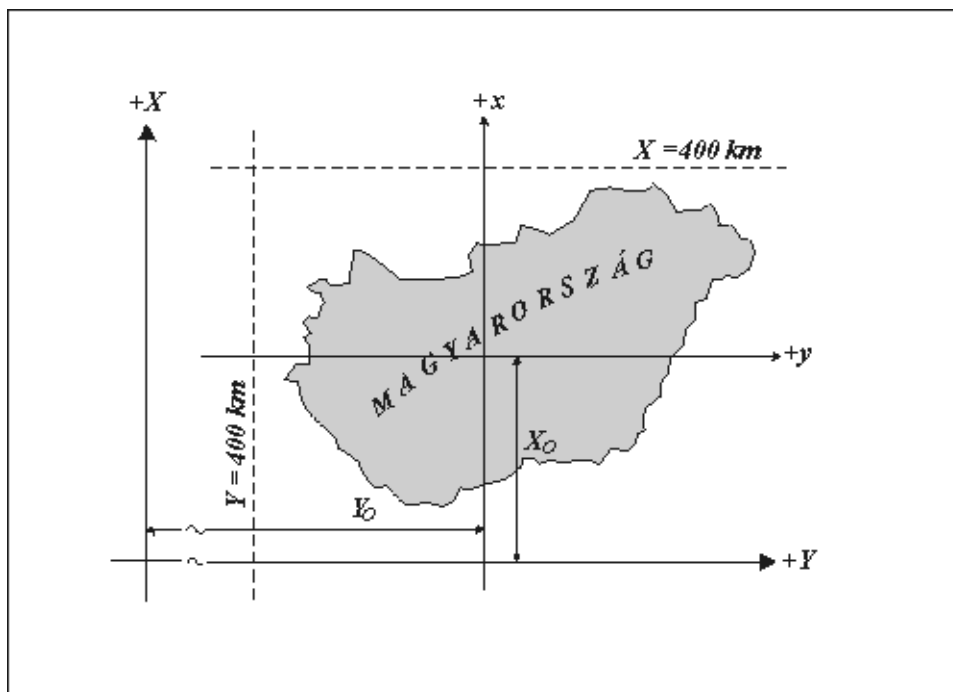
A térkép a valóság kicsinyített, torzított mása. Torzításmentesen csak térbeli térképek tükröznék a valóságot. Földgömbbel történő ábrázolás esetén még az 1: 100000 méretarányú topográfiai térkép is 120 méter átmérőjű lenne. Így marad a hagyományos sík papír, és az egyre népszerűbb sík digitális térkép.

6.1. A legismertebb vetületek

A térkép méretaránya mellett a másik legfontosabb tulajdonsága a vetület. Magyarországon leggyakrabban az alább említett három vetülettel találkozunk.

6.1.1. Egységes Országos Vetület (EOV)

Magyarországon a hivatalos polgári alaptérképek EOV rendszerben adottak. Annak érdekében, hogy az egész országban pozitív legyen mindkét koordináta, az origót eltolták (**12. ábra**). Az Y tengely nyugatról keletre, az X tengely délről északra mutat. A két koordinátát nem lehet felcserélni, mivel az Y mindig nagyobb az X-nél. Országunkban a polgári térképeket kizárólag ebben a rendszerben készítik, és minden méretarány megtalálható.



12. ábra

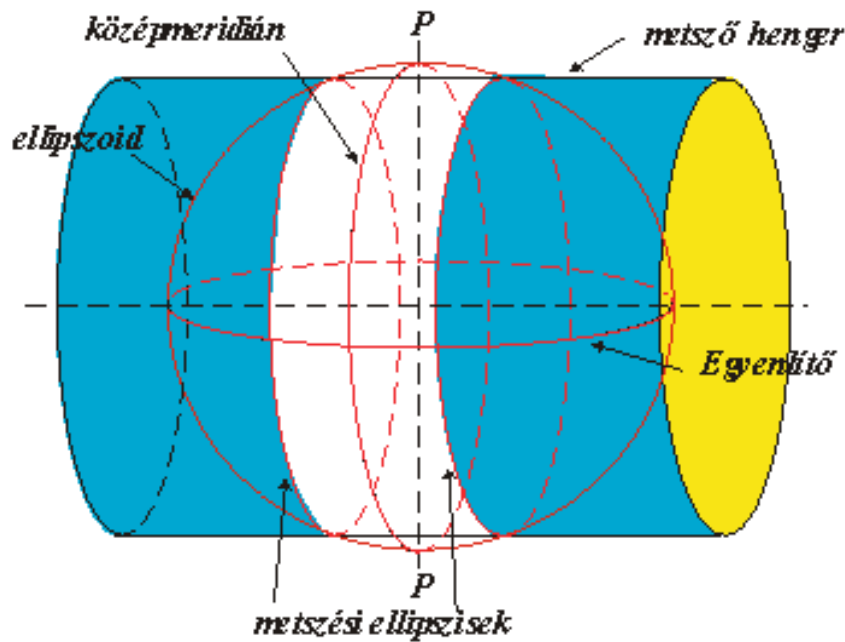
A vetítés specialitása, hogy az ellipszoidi koordinátákat előbb egy gömbre, majd egy ferde tengelyű hengerre vetítik, majd kiterítik síkba. Annak érdekében, hogy a torzulást még jobban csökkentsék, a hengert besüllyesztik a gömbbe. A legnagyobb torzulás 100 kilométeren mintegy 5 cm. Sajnos a magyar EOVS GPS vevőkbe történő beépítésére sokáig kellett várni. Páratlan előnye az EOVS-nak, hogy egyetlen szelvényen ábrázolható Magyarország egésze. Így egyetlen derékszögű koordináta-rendszerben ábrázolható az ország tehát minden pontnak csak egyetlen koordinátája lehet. Hátránya, hogy csak az ország határain belül használható, azon kívül gyorsan növekszik a torzulása.

6.1.2. UTM (Universal Transverse Mercator)

Magyarország NATO-ba történő belépése szükségessé tette a katonai térképek „átkonvertálását” egy egységes világrendszerbe. A honvédség régebben sem az EOVS-t, hanem a Gauss-Krüger vetületi rendszert használta. Az UTM a legelterjedtebb vetület, különösen a GPS megjelenése óta.

A Földgolyót 6 fokként felszeleteljük a forgástengely mentén, majd az egyes szeleteket megpróbáljuk síkba fektetni, és ellátjuk középen egymásra merőleges koordináta-tengelyekkel. Mivel a 6 fokos szeleteket sem lehet síkba fektetni, ezért a Földet jelképező ellipszoidot egy olyan csőbe helyezük, melynek tengelye merőleges a forgástengelyre. Ezt a hengert forgatjuk a forgástengely körül 6 fokként, és vetítjük az ellipszoid felületét a síkba fektethető hengerpalástra. A torzítás nem jelentős, de jóval nagyobb, mint EOVS esetén. Minden szelet azonosan értelmezhető, de más- más koordináta-rendszert jelent, mivel más a középmeridiánja. Mivel egy sáv 6 fokos, ezért Magyarországon két középmeridiánt alkalmaznak: a 15 és 21 hosszúsági foknál. Minden esetben a felhasználó dönti el, hogy melyiket használja az alapján, hogy melyikhez van közelebb. A szelvényhatárokon a pontoknak két érvényes koordinátát adhatunk, csak más középmeridiánhoz tartoznak. Ezért előnyösebb az EOVS, mert ott minden pontnak csak egy koordinátája van. Az UTM előnye, hogy az egész világon azonos szabályokkal alkalmazható.

Az UTM vetület az ellipszoid egyenlítői elhelyezésű (transzverzális) redukált, szögtartó hengervetülete. A meridián-ellipszoidnál kisebb keresztmetszetű egyenes henger a vetületi sáv középmeridiánjára szimmetrikusan elhelyezkedő két torzulásmentes vonalon (normálellipszoidon) metszi az ellipszoidot (**13. ábra**). [16]

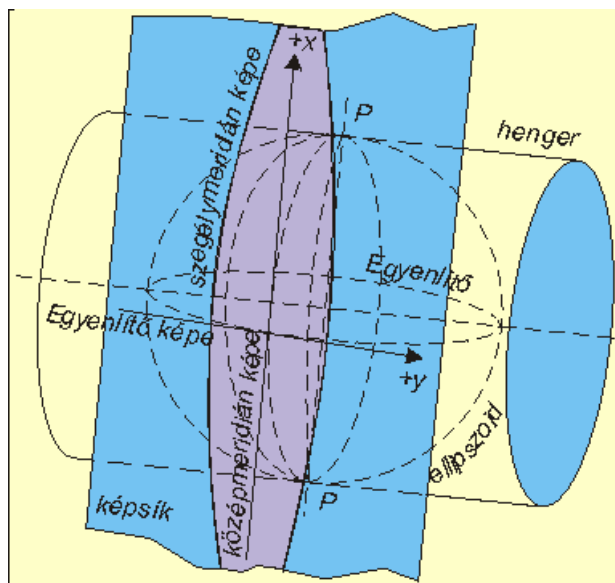


13. ábra

6.1.3. Gauss-Krüger vetület

Gyakorlatilag azonos az UTM vetülettel, eltérés csupán abban van, hogy más a vonatkozási ellipszoid. A hazai Gauss-Krüger vetületek az ún. Kraszovszkij ellipszoidra vonatkoznak. Ennek az ellipszoidnak – bár földi módszerekkel határozták meg – mérete meglehetősen jól egyezik a műholdak segítségével, jóval később meghatározott WGS-84 ellipszoid méretével. A Gauss-Krüger térképszelvényeket mégsem használhatjuk közvetlenül a GPS mérésekre, mert a Kraszovszkij ellipszoid nem geocentrikus, középpontja nem egyezik meg a Föld tömegközéppontjával, ami körül a GPS műholdak keringenek. [2]

A Gauss-Krüger vetület a forgási ellipszoid (transzverzális) elhelyezésű, érintő, szögtartó hengervetülete. A képfelületi henger tengelye az egyenlítő síkjában fekszik, és átmegy az ellipszoid középpontján. Az ellipszis keresztmetszetű henger mindig egy-egy ábrázolandó ellipszoidi kétszög (sáv) középméridiánja mentén érinti az alapfelületet. A vetítés szögtartó módon történik az ellipszoid felszínéről a henger palástjára, amit ezután egy alkotója mentén elvágva kiterítnek a síkba (14. ábra). [16]



14. ábra

6.2. Térkép típusok

A térképeket több szempont szerint osztályozhatjuk. Az én szempontomból az egyik legfontosabb, hogy nyomtatott vagy digitális térképekről beszélünk. Az alábbiakban ennek a két csoportnak a főbb típusait tekintem át.

6.2.1. Topográfiai térképek

A topográfiai térképek a földfelszínt, valamint az azon lezajló természeti és társadalmi jelenségeket szabatos, matematikai eszközök felhasználásával, egységes szimbólumrendszer és névrajzi megírások használatával, a méretarányuk megfelelő lehető legnagyobb pontossággal, részletességgel és teljességgel ábrázoló, műszaki jellegű alkotások. A topográfiai térképekkel szemben támasztott legfontosabb követelmény a hitelesség, az aktualizáltság, a pontosság, a mérhetőség, valamint a teljes térképműre és térképrendszerre kiterjedő egységesség. [2]

Mint már említettem, a térképeket sokféleképpen lehet csoportosítani. A topográfiai térképek talán leglényegesebb osztályozási szempontja a méretarány szerinti. A topográfiai térképek célja, hogy átfogó képet adjanak egy adott területről, melynek méretarányát csökkentve az adott területnek még általánosabb, kevésbé részletes képe jelenik meg.

Magyarországon két topográfiai térképrendszer létezik. A polgári célú topográfiai térképeket a Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI), a katonai topográfiai térképeket a Magyar Honvédség Térképészeti Kht. állítja elő.

A pontos topográfiai térképezés alapja a precíz mérési és számítási módszerek alkalmazása. A modern technológiák alkalmazása természetesen hatással van a topográfiai térképezésre is. A felmérés és korrekció során felhasználják a távérzékelés nyújtotta eszközöket, a GPS technológia adta lehetőségeket, valamint az informatikai és térinformatikai fejlesztéseket.

A topográfiai térképek legkidolgozottabb, leghangsúlyosabb része a domborzatrajz. Ábrázolásának legpontosabb és leghatékonyabb módja a szintvonalas domborzatábrázolás, melynek előnye a szemléletességen túl, hogy a térképen megbízhatóan mérhető. A térképen használt alapszínközt úgy választják meg, hogy az adott terület ortográfiai viszonyait pontosan és szemléletesen adja vissza.

A topográfiai térkép speciális síkrajzi elemei az alappontok, melyek a felmérés során referenciapontként szolgáltak. Alappontok alatt az országos vízszintes és magassági hálózat pontjait, valamint a GPS-hálózatok referenciapontjait értjük.

A vízrajz ábrázolása hagyományosan kék színnel, a közlekedési hálózat objektumai vonalas elemként jelennek meg. Egyes fontos épületeket gyakran méretarányon felül ábrázolva, egyezményes jelekkel tüntetnek fel. A topográfiai térképek egységes grafikai szimbólumrendszere (jelkulcsa) a teljes térképrendszerre kiterjed.

6.2.2. Tájékozódási térképek

A térképek másik osztályozási szempontja a használati módja, célja, és az ehhez szorosan kapcsolódó megjelenési forma. Így alap-, általános, tömegfelhasználásra szánt és tematikus térképekről beszélhetünk.

Az alaptérkép alatt a fent említett nagy méretarányú topográfiai térképeket értjük.

Általános térképek alatt a Föld felszínét, valamint a rajta megfigyelhető folyamatokat egyszerűen és áttekinthetően ábrázoló térképeket értjük, mint például a közepes és kis méretarányú topográfiai térképek, vagy az általános földrajzi térképek.

A tömegfelhasználásra szánt térképek folyamatosan specializálódnak tartalmilag, formailag. Ezek részben általános, részben tematikus térképek. Ebbe a kategóriába tartoznak a különböző tájékozódási jellegű térképek. A legismertebbek ezek közül az autóstérképek, melyek az autós közlekedéssel történő tájékozódást, navigálást szolgálják. Ezek a térképek elkülönítik a

különböző útkategóriákat, és méretaránytól függően ábrázolják az autós közlekedéssel kapcsolatos objektumokat. A speciális tematikájúak tartalmazhatják a közlekedési szabályokat, esetleg a látnivalókat, nevezetességeket.

Szintén széles körben használt térképek a turistatérképek. Ezek egy terület földrajzi bemutatásán túl (ami a topográfiai térképekre jellemző) a túrázással kapcsolatos fontos információkat tartalmaznak, mint turistautak, jelzések, és egyéb fontos információk. Jellemző méretarány-tartományuk 1:5000 – 1:25000 közötti.

Ebbe a kategóriába tartoznak még az egyéb navigációs térképek, valamint a történelmi térképek is.

Tematikus térképek alatt olyan térképeket értünk, amelyek bizonyos objektumok vagy jelenségek minőségi vagy mennyiségi ismérveinek bemutatását célozzák meg, ilyenek például a különböző tudományágak szaktérképei (talajtérkép, geomorfológiai térkép, választási térkép, éghajlattérkép). [2]

6.2.3. Digitális térképek főbb jellemzői

A digitális térképeknek GPS-es felhasználás szempontjából két típusa létezik: a számítógépes és beépített térképek. Másik osztályozási szempont szerint beszélhetünk raszteres és vektoros térképekről. A raszteres térképeket a változó jellemzők (domborzat, növényi borítottság), a vektoros térképeket diszkrét objektumok megjelenítésére használják.

Raszteres térkép esetén egy rácshálóval lefedjük az ábrázolni kívánt területet, és minden cellát azzal a jellemzővel azonosítunk, ami az adott cellát legnagyobb mértékben kitölti. Ebben a csoportba tartoznak a légi felvételek és a szkennelt papírtérképek is. Sok esetben ezt a fajta térképet csak háttérként használják, és előtte vagy felette jelenítik meg az aktuális pozíciót vagy útvonalat. A szkennelt papírtérképek előnye, hogy ugyanazt a vizuális hatást nyújtják, mint a már megszokott papír alapú térképek.

Vektoros térkép esetén a világot objektumokkal ábrázoljuk, melyek térbeli helyzetét sarokpontjainak koordinátájával adjuk meg. Az azonos jellemzőkkel rendelkező objektumokat rétegekbe szervezik, és az egyes objektumokhoz adatokat rendelhetünk. Mérete kisebb, mint a raszteres térképé, viszont hogy mennyire hasonlít a megjelenítése a már megszokott papírtérképére, nagymértékben függ a térképet megjelenítő szoftveres alkalmazástól.

A digitális térképnél a méretarány nem lényeges, hiszen kicsinyíthetjük, nagyíthatjuk. Inkább a térkép információtartalmáról ad felvilágosítást. Egy kis méretarányú digitális térképet

felnagyítva nem jutunk több információhoz. Vektoros térképeknél gyakori a nagy méretarányok együtt kezelése. Ilyenkor a kisebb méretarány felé haladva a szoftver csökkenti az információtartalmat, vagy egy másik térképre támaszkodik.

A **digitális domborzatmodell** a Föld felszínének háromdimenziós matematikai leírása. Két legáltalánosabb formája a szabályos négyzethálózat (Grid) és a vektoros háromszöghálózat (Triangulated Irregular Network, TIN).

A grid-módszer előnye, hogy kicsi a tárolóhely igénye, és áttekinthető. Hátránya viszont, hogy a magassági attribútumokat gyakran nem közvetlen méréssel képezik, hanem interpolálás eredményeként jön létre, ami befolyásolja a pontosságot.

A TIN-modell esetébe a háromszögek sarokpontjaira felmérjük a magasságot, és ezekre síklapokat fektetünk. Előnye, hogy nem tartalmaz interpolált értékeket, így pontossága csak a bevitt adatok pontosságától függ. Hátránya, hogy minden pontot, és azok mindhárom koordinátáját tárolni kell, ezért nagy kiterjedésű rendszereknél nem nagyon alkalmazzák.

A **számítógépes térképeket** nem lehet teljes egészében átvinni GPS-re, néhány hasznosabb pont azonban kivehető belőle, és adatkábellel áttölthető GPS vevőre. Ezek a térképeken viszont megjeleníthetjük pozícionkat, ha a számítógéphez egy vevőkészüléket kapcsolunk.

A **GPS térképeket** a GPS vevőben tároljuk. Ezek egy része szintén feltölthető számítógépre, lényeges különbség azonban a számítógépes térképekkel szemben, hogy ezek a térképek már feltölthetők a GPS vevőkre.

A leglényegesebb digitális beépített térképeket szeretném a következőkben röviden bemutatni.

6.2.4. Beépített topográfiai térképek

Többnyire a vevőkészülékek gyárilag nem tartalmaznak topográfiai térképeket, azonban az ilyen típusú térképek széles választéka került már forgalomba, melyek nélkülözhetetlenek lehetnek természetjárásnál. Mivel számítógépes térképekről van szó, ezért a számunkra fontos részeket a PC-ről kell átvinni a vevőkészülékre. Gyártótól függően változhat, hogy a térkép mennyi új információt tartalmaz.

6.2.5. Beépített utcaterképek

Általában az országos úthálózatot és a belterületi utakat tartalmazzák, valamint bizonyos, a topográfiai térképekből átvett elemeket. Csak az látható rajtuk, hogy épp hol vagyunk, vagy

utcaszintű navigációt is tervezhetünk velük. Az utóbbira is alkalmas eszközök tartalmazzák az utcák haladási irányára, a csomópontok és keresztezések kanyarodási szabályaira vonatkozó információkat. A **15. ábrán** egy beépített autóstérkép látható.



15. ábra

A gépkocsiba épített navigációs rendszerek **on-board navigáció** esetén a járműben lévő adathordozón tárolják a térképet, és az adathordozót cserélve jut a felhasználó friss információhoz. A NavTeg és a TeleAtlas fejleszt térképeket az on-board navigáció számára, és Európa nyugati részét már teljesen lefedték.

Lényegesen jobb megoldás az **off-board navigáció**, amikor a térkép egy központi szerveren létezik, amit a felhasználók valós időben tudnak elérni. Ez azért jó, mert a térképi javításokat gyorsabban lehet követni, és a változások minden felhasználó számára elérhetőek, miután a térképszerver és a GPS közötti kommunikáció biztosított.

6.2.6. Beépített hajózási térképek

A hajózási térképek topográfiai térkép jellegűek, adatsűrűségük és ez által fizikai méretük miatt viszont az utcai térképekhez hasonlít.

A hajózási térképek abban különböznek a szárazföldi térképektől, hogy ott a szárazföldi részek kevésbé részletezettek, csak a nagyobb utakat, és a jól látható tereptárgyakat (világítótorny, hegycsúcs) ábrázolják. A vízben viszont számos objektum segíti a tájékozódást és a biztonságos hajózást, valamint a vizek mélységvonalakkal vannak ellátva. Feltüntetik a

világítótornyokat, veszélyes zátonyokat, roncsokat, bójákat, áramlatokat. A kikötők általában részletesen kidolgozottak, így megfelelő nagyítás és GPS pontosság esetén a kikötői manőverezést is segítik. A BlueNav és a Navionics által fejlesztett digitális hajózási térképek az ismertebbek közé tartoznak.

6.2.7. Beépített léginavigációs térképek

A léginavigációs térképeknek két típusát különböztetjük meg:

- VFR, a látvarepülés szabályai szerinti
- IFR, a műszeres navigáció szabályai szerinti repülést támogatók.

Mindkét fajta térképen szerepelnek a repülőterek, a korlátozott- és tiltott-légterek határai, valamint az országhatárok. A két típus közötti eltérések a következők:

A VFR térképeken szerepelnek a fontosabb tájékozdási elemek (folyók, tavak, városok, vasútvonalak, közúthálózat), a repülőtereknek viszont csak a nevük és koordinátáik jelennek meg, míg az IFR térképeken a navigációs rendszerek megjelenítése előnyt élvez, és több információ van a repülőterekről (frekvenciák, pályairányok, stb.) és azok megközelítési lehetőségeiről.

Egy VFR-es térképpel ellátott GPS jóval olcsóbb, mint IFR-es társa. Ennek oka, hogy egy IFR GPS estén a hardverrel szemben komolyabbak az elvárások (saját hibafelismerő algoritmusok, tanúsított eszközök használata).

Léginavigációs GPS vevők esetén egy szempontból viszont egyszerű a helyzet, mert minden gyártó a Jeppessen térképet használja.

6.3. Transzformáció

Gyakori probléma, mikor a GPS vevőt át szeretnénk állítani a hazai térképrendszerre, vagy a térképet kell ellátni olyan szelvényezéssel, amit a vevőkészülék ismer. Ezért időnként az EOV szerinti pontokat át kell számítani WGS-84-be, vagy az OGPSH-ba, de gyakoribb ennek az inverze, amikor OGPSH-ból térünk át az EOV rendszerbe.

Az OGPSH hozzáférhető koordinátái (melyek mind EOV pontok is egyben) alapján térbeli Helmert transzformációval a konvertálás elvégezhető.

Elvileg mindkét rendszer (GPS, EOV) lineáris, azaz a rendszereken belül minden irányban egységes a méretarány. A pontok koordinátái viszont mérési hibákkal terheltek, így érthető a hálózat torzulása. Az EOV elsőrendű hálózatának relatív pontossága 1:500000, ami 40-60cm-

es vízszintes hibát jelent 2-300km-en. A GPS képes ennél két nagyságrenddel pontosabb hálózat létrehozására, de ebben az esetben sem beszélhetünk hibátlan rendszerről. Így a gyakorlatban nem létezik maradékhiba nélküli kapcsolat a GPS és EOVS rendszer között. Minél nagyobb területre szeretnénk megoldást találni, annál nagyobb maradékhibára kell számítani a transzformáció elvégzése után.

Egy méter körüli pontosság esetén elegendő egy, az országra egységes paraméterkészletet használni. Ekkor elegendő kiválasztani 4-5 egyenletesen elhelyezkedő OGPSH pontot, és elvégezni a transzformációt.

Léteznek nem lineáris transzformációk is (pl. polinomos közelítés), amellyel ugyan az egész országra is lehet vízszintesen jó eredményt kapni, de arra nincs garancia, hogy mi van az ismert pontok közötti területen.

A legjobb olyan programot használni, amely kiegyenlítéssel végzi el a transzformációt, és inputja a felhasználó által megadott GPS és EOVS koordináta párok. Mivel a GPS koordináták eleve háromdimenziósak, az OGPSH pontok EOVS koordinátáinak is van GPS-szel meghatározott geoid feletti magassága, a legkézenfekvőbb megoldás a hétparaméteres térbeli transzformáció, mely síkillesztéssel meghatározza egyben a magasságot is úgy, hogy szembeállítja az ellipszoid feletti GPS magasságokat a geoid feletti EOVS magasságokkal.

Kiválóan alkalmazható ez a transzformáció abban az esetben is, ha kis területről van szó.

A www.gpsnet.hu internetes címen megtalálható és ingyenesen letölthető az a FÖMI KGO által készített (EHT)² szoftver, mellyel a lehető legpontosabb átszámítás végezhető a GPS koordináta rendszeréből az EOVS rendszerbe.

7. Alkalmazások

7.1. Közúti közlekedés

A legelterjedtebb polgári célú felhasználása a GPS-nek a közlekedéssel kapcsolatos szolgáltatások széles választéka.

A legismertebbek a vezető tájékozódását segítő rendszerek, melyekhez precíz digitális autóstérképekre van szükség.



16. ábra

Régebben csak a luxusautók kiváltsága volt a beépített navigációs rendszer, de manapság már megtalálható az alsó kategóriás autók körében is. Működésükhöz valamilyen közlekedési információs hálózat aktuális adatait is felhasználják, valamint össze vannak kötve az autó egyes jelzőrendszereivel, így a műholdvétele megszakadása után még néhány percig képes a pontos pozíciót szolgáltatni, míg a vétel helyre nem áll. Természetesen léteznek utólag beszerelhető, vagy beszerelést nem igénylő készülékek is. (16. ábra)

A TMC (Traffic Message Channel) egy olyan rendszer, mely bármely rádióadó adatátvivő rendszerén keresztül kódolt közlekedési információkat sugároz. Így a rendszer automatikusan értesítést küld, ha a megadott útvonalon dugó alakul ki, valamint egy optimális elkerülő utat javasol. A közlekedési információk megbízhatatlansága miatt ez a fajta dinamikus navigáció nem minden esetben szolgáltat pontos információt.

Ennél nagyobb megbízhatóságot kínál a **telematika**, mely a telekommunikáció és informatika összefonódása a mobil közlekedési szolgáltatások területén. Lényege, hogy figyelembe veszik a felhasználó pontos helyzetét, és az adatok átvitele mobiltelefon hálózatokon keresztül történik.

Az **FCD** (Floating Car Data) rendszerben minden autó egy-egy anonim közlekedési szenzorként szolgál egy GPS navigációs rendszer és egy beépített mobiltelefon segítségével. A navigációs rendszer kiszámolja a jármű pillanatnyi sebességét és helyzetét, és bizonyos időközönként telefonon keresztül elküldi az információkat a központba. Minél több jármű vesz részt ebben a rendszerben, annál jobban látható az aktuális közlekedési helyzet.

A szolgáltatás előfizetői felhívják a központot, megadják az útvonalat, és tájékoztatást kapnak az adott útvonal pillanatnyi közlekedési helyzetéről. Vannak gyártók, melyek a navigációs rendszer mellett telematikai csomagot is készítenek. Ekkor a navigációs rendszer maga kommunikál a központtal, a felhasználónak nem kell külön telefonálnia.

Létezik telematikai szolgáltatással bővített ún. **off-board rendszer** is, melynek előnye, hogy nem kell sem navigációs számítógép, sem térkép hozzá. Az útvonalat egy, a központban lévő gép számolja ki a legaktuálisabb térkép alapján, és juttatja a felhasználóhoz mobiltelefonon keresztül.

7.2. Követés

A GPS a járművekben nem csak a vezetőt segítheti a navigálásban, hanem a jármű pozícióját is folyamatosan rögzítheti, mely más célokra is használható.

Több gépjárművel rendelkező vállalkozás esetén a járműflotta mozgása (megtett útvonalak, mozgással és állással töltött idő), a bejárt helyszínek utólagos ellenőrzése, a menetnapló automatikus vezetése kiemelt fontossággal bír. Ekkor a gépjárműbe olyan GPS-es fekete dobozt (loggert) építenek be, melyről a rögzített adatokat a telephelyen töltik le, és utólag dolgozzák fel. Ennél az ún. **off-line követési** módnál azonnali beavatkozásra nincs lehetőség.

On-line követés esetén a GPS által szolgáltatott pozíció adott időközönként, folyamatosan eljut a cég szerverére.

A **személykövetés** valósidejű helymeghatározási adatokat igénylő szolgáltatás, melyben miniatürizált interaktív eszközök fejlesztése szükséges. [2]

A követés jelentős biztonsági szerepet tölthet be a gyermekek, idős, szellemileg leépült személyek, pénzzel teli táskával bankba igyekvő alkalmazottak távfelügyeletében a csuklón

hordható vagy a bőr alá ültethető GPS-chippel, mely a pozícion túl például életfunkciós adatok továbbítására is alkalmas.

Egy amerikai tudós a lábbelibe olyan chipet ültetett, mellyel viselője egy gomb hat másodpercig tartó megnyomásával hoz működésbe, s így bemérhetővé válik, bárhol is tartózkodik. A segélykérés a figyelőrendszeren keresztül a hatóságokhoz jut. A szolgáltatás 20 dollárba kerül havonta. A GPS-es cipő 350 dollár, és május-június környékén kerül forgalomba.

A GPS használatának egyik rejtett változata a lopott járművek megtalálásában nyújt segítséget. A készülék minden elemét rejtve szerelik be, hogy a tolvaj minél később vegye észre, valamint olyan intézkedéseket tesznek, hogy minél több időbe kerüljön kiiktatni, így tovább képes pozícióadatokat szolgáltatni a felügyeletet ellátó cég számára.

Már létezik olyan személyi és autós nyomkövető rendszer, hogy diszpécser központ nélkül, közvetlenül követhető az adó egység mozgása. Két fő egységből áll. Az egyik egy GPS vevővel ellátott nyomkövető modul, amely GSM hálózaton keresztül, hanghívásként továbbítja a vevő pozícióját egy magadott telefonszámra. A fogadó oldalon tetszőleges mobiltelefon lehet, amely rendelkezik audio kimenettel. Erre csatlakozik a dekódoló modul, amely soros, USB, vagy Bluetooth kapcsolaton keresztül továbbítja az adatokat egy navigációs alkalmazást futtató PDA-nak vagy PC-nek. Mindez kiegészíthető autós vezérlő egységgel, mellyel blokkolható az autó elektromos- és üzemanyag rendszere, valamint vibrációs érzékelővel, amely automatikus riasztást küld mozgás észlelésekor.

7.3. GPS a taxikban

A New York City Taxi társaság egy speciális, kifejezetten taxisok számára tervezett GPS megoldást vezet be, amely a navigáció mellett utas tájékoztató rendszert is tartalmaz. A megoldás különlegessége éppen a többrétű használhatósága: miközben navigációs utasításokkal segíti a vezetőt, az utas számára szórakoztatásról és információkról gondoskodik, emellett nyomon követhető a jármű aktuális helyzete és mozgása is.

Álló helyzetben szöveges információkkal látja el a sofőrt is, például közlekedési információkkal a dugók, torlódások elkerülése végett.



17. ábra

Ezáltal a taxizás az utas számára sokkal szórakoztatóbb, miközben pontosan látja, hogy merre halad a taxi, a vezető számára megkönnyíti a munkát a könnyebb navigáció és a közlekedési információk segítségével. (17. ábra) Az utazás végeztével pedig akár bankkártyával is fizethet az utas az új rendszeren keresztül. [44]

7.4. Autósportok

Pályaversenyek esetén a GPS a köridők, leggyorsabb szakaszok, legnagyobb elért sebesség meghatározásában nyújthat segítséget, illetve a rendezők számára hasznos a mezőny teljes átlátásában, az események rekonstruálásában. 2007-től például, a Forma-1-ben nem lesznek „nem láttam a sárga zászlót” típusú kifogások, mivel a GPS-szel ellenőrzött rendszer segítségével az autók műszerfalán is kijelzik az adott szakaszra érvényes zászlójelzést.

A GPS lehetőségeit a versenyszabályzatban is kiaknázó esemény a **Dakar rali**. Az elérendő pontok koordinátái egy speciálisan a versenyre készült GPS vevő adatbázisban vannak rögzítve, melynek segítségével a mezőny eligazodik a sivatagban. A rendezők egyéb követelményei közé tartozik, hogy bizonyos szakaszokon ne lehessen átlépni a megadott sebességhatárt, melyet szigorúan ellenőriznek a track log letöltésével.

A **terepjárós versenyeken** már igen korán megjelent a GPS. 2000-ben, miután megszüntették a GPS pontosságának mesterséges rontását, Magyarországon megrendezték az első Hungarian GPS Challenge nevű versenyt. A résztvevők interneten kapták meg az ország területén elrejtett 100 pont koordinátáit. Az nyert, aki 48 óra alatt a legtöbb pontot regisztrálta, vagyis a legoptimálisabb útvonalat választotta. Az azóta minden évben megrendezett versenyen a

részvevők komoly követő eszközökkel is fel vannak szerelve, hogy a rendezők ellenőrizhessék a szabályok és kötelező pihenők betartását.

7.5. Repülősportok

A repülősportokban már a kilencvenes évek elején megjelent a GPS technika, legelsőként az **útvonalrepülésben**. Egyrészt megkönnyíti a pilóta dolgát, másrészt megerősíti a hagyományos számításokat, valamint segítséget nyújt az egyenes irány tartásában.

A **vitórlázórepülésben** a GPS segíti a tájékozódást, segítségével elkerülhetők a veszélyes illetve tiltott légterek, valamint a tiltott határátlépés, és biztonságot nyújt a hagyományos tájékozódást segítő eszközök mellett. Az olcsóbb vevőkészülékek is képesek jelezni azt az irányt, melyet a következő fordulópont eléréséhez tartani kellene. A komolyabb nemzetközi versenyeken már a fordulópontok GPS koordinátáit adják meg, és a versenyzők arra repülnek. Azt, hogy pontosan az adott pont körül történt a forduló, a versenybírák a GPS-loggerről (adatgyűjtő) letöltve utólag tudják ellenőrizni.

A **sárkányrepülésnél és siklóernyőzésnél** ugyanazokra a célokra használják a GPS vevőket, mint a vitórlázórepülés esetében. Versenyeken sokszor úgy használják, hogy a bírók közvetlenül a GPS-be táplálják be a fordulópontok koordinátáit, összeállítva az útvonalat, melyet a versenyzőknek a lehető legrövidebb idő alatt teljesíteniük kell.

A **rali repülési** versenyeken a csapatoknak szigorúan tilos GPS vevőt használni, a bírók viszont olyan GPS-es adatgyűjtőket helyeznek el, melyek navigációra alkalmatlanok, viszont leszállás után így tudják ellenőrizni az egyes gépek tevékenységét.

A **ballonrepülésnél** eleinte csak tájékozódási céllal használták a GPS-t, hogy meghatározzák a következő célpontok távolságát és irányát. Az utóbbi években viszont a speciális GPS-logger-ek használata feleslegessé tette a korábban a ballonnal repülő, és az egyes célpontoknál helyet foglaló bírók jelenlétét.

A kilencvenes évek elején amerikai katonai **ejtőernyősök** arról számoltak be a Navigation című szakfolyóiratban, hogyan használták a kiképzésben a GPS-t. A kezdő ugrókat GPS-es adatrögzítővel látták el, hogy földre szállás után objektíven elemezhesék a manőverezést. Bár jó ötletnek tűnt, és látványos eredményeket hozott, mégsem terjedt el széles körben. Azonban egyre több ejtőernyős klub használja arra a GPS vevőt, hogy az ugrató repülőgépet a lehető leggazdaságosabban irányítsa az ugratási pontba.

7.6. Vízi sportok

A vízi navigációnál egy útvonal kialakítása nem olyan komplikált feladat, mint közúti navigáció esetén, mégis kiemelt fontosságú alkalmazási terület, hiszen nyílt vízén kevés tájékozódási pont van, ezért fontos a hely pontos meghatározása.

A **túravitorlázók** GPS-be tölthető speciális vízi térképek jelrendszerére támaszkodva elkerülhetik a víz alatti veszélyes tárgyakat, láthatják, hol helyezkednek el védett kikötők, illetve idegen partra szállás előtt informálódhatnak az elérhető szolgáltatásokról. A hajózás azok számára is élvezetes lehet, akik a hagyományos navigációs ismeretekben nem túl jártasak.

A közúti flottakövetés eszközei a vitorlás sportban is megtalálhatók. A közismert Kékszalag illetve Balatonkerülő versenyt Interneten, valós időben követhetik az érdeklődők. A szörfösök által elért abszolút sebességi rekordot off-line loggerrel hitelesítik. A 2006-os Kékszalag versenyen 80 hajót GPS nyomkövetőkkel láttak el, amelyek valós időben küldték az adatokat egy rendszer számára, így webes felületen keresztül is követhető volt a verseny.



18. ábra

A www.yacht-magazin.hu oldalon megtalálható néhány vitorlás GPS rögzítette útvonala, négy hajó útvonalának műholdfelvétel fölé helyezett képe, és egy rövid videó, amely az egyik hajó virtuális befutóját mutatja. A **18. ábrán** a 2006-os abszolút első helyezést szerzett (kormányos: Litkey Farkas) útvonala látható.

7.7. Túrázás

Magyarországon a magán felhasználó körében a kézi GPS készülékek turisztikai célú felhasználása az egyik leggyakoribb. Az első automatikus útvonaltervezésre képes autóstérképek megjelenése előtt szinte csak ilyen eszközökre volt igény.

A **természetben** régebben az olcsó, térképet nem tartalmazó kézi vevőkészülékek voltak nagyon népszerűek, melyek segítségével egy előre betáplált ponthoz lehetett eljutni, illetve visszatérni a kiindulási ponthoz.

Manapság már – a vevőkészülékbe tölthető magyar topotérképek megjelenése óta – a térképes GPS-ek is elterjedtek a természetjárásban. Lehetőség van a turista útvonalak, jellegzetes tereptárgyak megkeresésére a vevő kijelzőjén, valamint ellenőrizhető, hogy útközben ne legyen sok emelkedő, illetve lejtő.

Egy GPS-be töltött település térkép segítségével meg lehet tervezni az útvonalat, illetve segítséget nyújthat a látnivalók megtalálásában. Az újabb várostérképek azonban tartalmazzák a legfontosabb turisztikai objektumokat, és azok történetét. Így idegenvezetőként is funkcionálhat: elnavigál a látni kívánt nevezetességhez, és megmutatja azok érdekességeit, történetét.

7.8. Geocaching

Bár az előző és az ezt követő alfejezethez kapcsolódik, mégis külön szeretném tárgyalni nagy népszerűsége miatt.

A szelektív elérhetőség feloldásának megünneplésére, 2000. május 2-án egy oregoni programozó Portland egyik külvárosi parkjában elrejtett egy vízhatlan műanyagdobozt, benne egy üres füzetrel és egy tollal, majd a weboldalán közzétette a láda GPS koordinátáit, „Találjátok meg!” felkiáltással. A ládát hat nap múlva egy vállalkozó szellemű GPS-es „kincsvadász”, a seattlei Jeremy Irish találta meg, aki azon nyomban meg is alapította a www.geocaching.com weboldalt, és útjára indította a játékot.

Ma már virtuális ládatípusok is léteznek, de a játék klasszikus formája még ma is népszerű. Ennek során különböző méretű ládákban ajándékokat helyeznek el, majd elrejtik (többnyire a természetben, de nagyvárosokban is éppúgy megtalálhatók), és a láda koordinátáit és egyéb, a megtaláláshoz szükséges információkat közzéteszik az Interneten. A ládavadászok megkeresik, kiveszik az ajándékot, majd egy másikat tesznek a helyébe a következő

megtaláló számára, és beleírnak a ládában található naplófüzetbe, valamint Interneten is regisztrálják a megtalálás tényét.

Bárki elhelyezhet saját geoládát. Nem kell mást tennie, csak egy vízhatlan „kincses ládába” elhelyezni egy angol illetve magyar nyelvű üdvözlő szöveget (arra az esetre, ha valaki véletlenül találna rá), egy naplófüzetet, egy tollat és egy apró ajándékot. Ha ez megvan, akkor már csak a megfelelő rejtkehelyet kell megtalálni, és a láda elhelyezésére magánterület esetén a tulajdonostól, közterület esetén az üzemeltető cégtől, hatóságtól kell engedélyt kérni. Fontos a pontos koordináták megadása (többszöri méréssel, vagy modernebb vevők esetén átlagolással). A rejtkehely pontos koordinátáját fel kell tüntetni (WGS-84 formátumban) a geoládán, és a naplófüzetben, melynek első oldalára rövid köszöntő szöveget, és egy titkos jelszót is kell írni (ezzel tudják igazolni a játékosok a megtalálás tényét). Ezután nincs más hátra, mint regisztrálni a www.geocaching.hu honlapon, és belépve kitölteni egy űrlapot, melyen meg kell adni a láda adatait. A geoládát célszerű a nemzetközi www.geocaching.com oldalon is regisztrálni, így a külföldről Magyarországra látogató „kincsvadászok” is megkereshetik. Természetesen a láda további karbantartása az elhelyező feladata. A **19. ábrán** a GCTAJV geoláda látható a cinkotai erdőben.



19. ábra

A geocaching szabályzatában szerepel: A geoládának egy valamilyen szempontból érdekes, értékes, nevezetes helyen kell lennie. Ez lehet egy különleges, egyedi koordináta helye; egy érdekes, akár romos épület, pl. templom vagy várrom; érdekes tanösvény, múzeum; különleges geodéziai pont; történelmi emlék. Sokak számára legértékesebbek a kirándulós célpontok, pl. egy hegytető kitűnő kilátással, egy szép völgy vagy forrás, öreg fa, érdekes

sziklák. Egyszóval minden olyan hely, ami valós értéket képez, minden olyan célpont, ahova tényleg érdemes akár több száz kilométert is autózni, vagy vonatozni, minden, ami tényleg megérdemel egy geoládát. [7]

A játék célja ugyanis, hogy az érdekes és szép helyek varázsát megosszák egymással a túrázók, miközben kedvenc játékuknak hódolnak. Kiváló szabadidős tevékenység, mely a kincskeresés ősi szenvedélyén keresztül egyesíti a modern technikát (GPS, Internet) a természetjárással, a turizmussal és az ismeretterjesztéssel.

Magyarországon már 1500-nál is több láda került elhelyezésre, és a játékosok tábora is egyre bővül, akik a geocaching szeretetén túl természetvédelemmel, illegális személtlerakó helyek felfedezésével (a pontos hely GPS-szel történő bejelentésével) segítik az ország tisztaságának megőrzését.

A geocaching kipróbálásához készüléket kölcsönözni is lehet a www.geocaching.hu oldalon. Ugyanitt megtalálható a játék részletes leírása, és az erre vonatkozó szabályzat.

7.9. Játékok

A GPS-szel űzhető játékok, és sportok köre egyre bővül. A legismertebbeket szeretném itt megemlíteni.

Hasonlóan a mobiltelefonokhoz, manapság már a GPS vevőkben is vannak **beépített**, illetve **letölthető játékok**. A GPS annyiban tud többet nyújtani, hogy vannak olyan játékok, melyekhez szükséges a készülék mozgatása, mivel a pozíció része lehet a játéknak.

Egyre népszerűbbek viszont a GPS-es **csapatjátékok**, melyet több játékos, több vevőkészülékkel űz. Eleinte egyforma, adó-vevővel, vagy mobiltelefonnal egybeépített GPS készülékekre volt szükség, melyek között lehetőség volt a koordináták cseréjére. Újabban viszont elegendő egy PDA-hoz kötött GPS vevő, melynek adatait interneten keresztül egy központi szerver dolgozza fel, és vezérli a játékot.

A **GPS drawing** (GPS rajzok) játék a vevőkészülékek nyomvonal-rögzítési tulajdonságait használja ki. A készülékkel szándékosan olyan útvonalat jár be a tulajdonos, hogy nyomvonala egy-egy értelmes szót, vagy jól felismerhető alakot formázzon, mint például a **20. ábrán** látható hajó.



20. ábra

A GPS játékok e műfaját Jeremy Wood és Hugh Pryor találta ki, akik 2000-ben készítették el első rajzukat, egy kb. 21 kilométer hosszú halat. A játék célja, hogy egy út során (gyalog, gépkocsival, csónakkal, repülőgéppel), a folyamatosan gyűjtött koordináta párokat összekötve egy „művészi alkotást” kapjunk. A rajz folytonosságához szükség van a műholdak jó láthatóságához, ezért nyílt terepen célszerű hozzálátni az alkotáshoz. Aki kedvet kapott a játékhoz, további információt a www.gpsdrawing.com oldalon talál.

Egy másik ismert GPS-es játék a **metszéspont-keresés**, melynek kitűzött célja, hogy a Föld felszínén lévő összes egész számú szélességi és hosszúsági kör metszéspontját felkeressék. Magyarországon a játékosok néhány hét alatt teljesítették a feladatot, de nagyobb és nehezen megközelíthető természeti adottságokkal rendelkező országokban még vannak fel nem keresett pontok.



21. ábra

A játékkal kapcsolatos információk megtalálhatók a www.confluence.org címen. (21. ábra)

7.10. Ipari alkalmazások

7.10.1. Geodéziai alkalmazás

A GPS felhasználók számát tekintve a geodézia csak a második helyet foglalja el, de szinte elsőként fedezte fel a GPS-ben rejlő lehetőségeket.

Minden térképezési, földmérési feladat alapja a geodéziai hálózat. A hagyományos technikákkal fejlesztett hálózatok pontosságát befolyásolja a légkör, még a legkorszerűbb műszerek esetén is. Egy másik probléma, mellyel a hibák egyre növekednek, hogy a Föld görbülete miatt 30-40km-nél hosszabb távot nem lehet közvetlenül mérni. Nem beszélve arról, hogy az egyes országok közötti geodéziai kapcsolatot lehetetlenné tette az egységesség hiánya, amire a megoldást a GPS jelentette.

A GPS-szel megszületett az egységes világrendszer, a GPS koordináta-rendszere jelenti az egységes világnyelvet, melyben lehetőség van az egyes országok hálózatainak összekapcsolására, mindössze megfelelő számú alappontot kell meghatározni az egyes hálózatokból.

A GPS technika segítségével nem kell többé nehezen megközelíthető helyekre telepíteni az alappontokat. A geodézia külön kezelte a vízszintes és a magassági hálózatot. A GPS azonban térben dolgozik, így a matematikai számítások is egyszerűsödnek. A földalatti jelek telepítése is szükségtelenné válik, mert a GPS hálózatban egy új pont meghatározása olcsóbb, mint egy állandósítás, és számos más pozitív hatása is van a GPS-nek a geodéziában.

7.10.2. Térinformatika

A térinformatikában az objektumok koordinátáit (geokódok) és jellemzőit leíró adatokat (leíró adatok, attribútumok) együttesen használják különböző elemzések elvégzéséhez. Ezek az elemzések sok szakterület működését segítik, például környezetvédelem, vízügy, önkormányzatok, távközlési vállalatok. A GPS-t a térinformatikában többféle módon lehet alkalmazni a leíró adatok gyűjtésére.

A legegyszerűbb eset, amikor a GPS vevőt csak koordináta-meghatározásra kell használni. Ez abban az esetben célravezető, ha csak a pontok adataira van szükség, kevés objektum van, és elegendő a néhány méteres pontosság. Pontosabb meghatározás esetén térinformatikai adatgyűjtő GPS-re (GIS data collector GPS) van szükség. A professzionális térinformatikai

adatgyűjtő rendszerek a terep- és irodai munkához egyaránt tartalmaznak valamilyen speciális szoftvert, melyek az adatelemzéshez és minőségellenőrzéshez szükséges grafikus és térképezési lehetőségekkel rendelkeznek. Ebben az esetben a GPS csak egy segédeszköz, melynek használata közben adattárolóba gyűjtjük a leíró adatokat.

Előfordulhat, hogy a helyszínen nem szükséges a valós idejű adatszolgáltatás használata, vagy a feladat szempontjából nem is szükséges a pontosított adatok terepi ismerete. Több GPS vevő olyan adatokat rögzít, melyeknek utólagos feldolgozásával nagyobb pontosság érhető el, mint valós idejű terepi mérés esetén.

A GPS alapú térinformatikai adatgyűjtő rendszerek fejlődésének köszönhetően már nem csupán gyűjthetők a terepi adatok, hanem lehetőség van az irodai adatok terepre vitelére, így ott már csak a hibás leíró adatok frissítésére van szükség.

7.10.3. Mezőgazdaság

A mezőgazdaság azon iparágak közé tartozik, amelyek egyre kevésbé tudják távol tartani magukat az informatika világától.

Az Európai Unióban a gazdálkodók területalapú támogatást igényelhetnek. Ehhez azonban évente nyilatkozni kell a megművelt terület méretéről, melyből ki kell vonni a művelésből kivont területeket, és a hiba nem haladhatja meg a 3%-ot. A GPS alkalmasságát ezen a területen is tesztelték, és megállapították, hogy ajánlható a gazdálkodóknak támogatásigényléshez. Így érhető, hogy már 2003-2004-ben is több száz EGNOS-korrektív, speciális területmérő szoftverrel rendelkező GPS-t adtak el a forgalmazók Magyarországon kifejezetten erre a célra.

2002-es FMV Műszaki Intézet (Gödöllő) kísérletei alapján megállapították, hogy speciális GPS vevővel, és egyéb kiegészítő eszközökből álló rendszer, megfelelő DGPS korrekcióval alkalmas azonos párhuzamos távolság beállítására elfogadható hibával, és alkalmas egyenes vonal követésére. Így a permetezőgépek sorvezetése megoldható GPS-sorveztővel, illetve GPS-robotkormányal. Az árak csökkenésével, esetleges pályázatok kiírásával az érdeklődés egyre nagyobb lehet Magyarországon is.

Az eltérő domborzati viszonyok, talajminőség és terménytípusok miatt különböző mennyiségben és minőségben szükséges az egyes tápanyagok használata. A terepen a kijelzőn megjelenik a munkaterület, az elvégzendő feladatokkal, a GPS rendszer segítségével pedig az adott helyre érkezve a megadott mennyiségben és módon juttatja ki a szükséges anyagokat.



22. ábra

A gazdálkodók szerint a precíziós, automatikus vezérléssel 20-30%-os tápanyag és vegyszer megtakarítás érhető el, az üzemanyag-költségnek pedig több, mint 10%-kal csökkenthető.

A fentiekén kívül a GPS használható területhez kapcsolt hozammérésre, mintavételi hely meghatározására, és számtalan egyéb problémára. (22. ábra)

7.11. Katonai alkalmazások

A globális helymeghatározó rendszer tervezői a hetvenes évek végén egy 18 működő, és 3 pályán lévő tartalék műholdból álló katonai műholdrendszert álmodtak meg. A GPS elsődleges feladata az amerikai haderő helymeghatározása illetve navigálása bárhol, bármikor, bármilyen körülmények között (P kód). Ugyanakkor a rendszert úgy tervezték, hogy polgári célokra is alkalmas legyen (C/A kód).

Az 1991-es Öböl-háború volt az első, ahol nagy számban használtak GPS-eszközöket. A P kódú vevők magas ára, és bonyolultabb gyártása miatt még nem volt belőlük nagy készlet, így az amerikai és szövetséges haderők többsége C/A kódú vevőket is használt.

A különböző GPS vevők a háborúban helyet kaptak a harckocsikon, helikoptereken, harci repülőgépeken, illetve a felderítő-csoportok arsenáljában.

A legtöbb feladatnak a 30 méteres C/A pontosság is megfelelt. A nagyobb sebességű légi járművek, rakéták 10 méter körüli pontosságát P kódú vevőkkel biztosították.

A háború után azonban a katonai vezetők feltették a kérdést: „Mi lett volna, ha az iraki SCUD-ok navigációját, a világpiacon könnyen hozzáférhető C/A kódú vevők is segítik?” Így az első Öböl-háború után nem sokkal aktiválták a korlátozott hozzáférést (S/A kód).

Megjegyzés: A kizárólag a polgári-kód vételére felkészített vevőket a kezdetektől ellátják egy speciális védelemmel, és ez gyakorlatilag kizárja azok használatát korszerű harci repülőgépeken vagy rakétákon. Valamennyi C/A kódú vevő szoftvere figyeli a saját magasságot, és sebességet. Amennyiben ez egy kritikus érték (ez általában az 50000 feet (kb. 15000 méter) magasság, illetve az 1000 knots (kb. 1850 km/óra)) bármelyikét meghaladja, a GPS vevő beszünteti az adatok kimeneti csatlókra (képernyő, output-portok) küldését. Egy ilyen vevőt tehát egyszerűen nem lehet rakéta-vezérlésre használni! [2]

Precíziós fegyverek már a vietnámi háborúban is voltak. Segítségükkel kisméretű objektumokat tudtak hatékonyan megsemmisíteni nagysebességű repülőgépről. Az első intelligens bomba 1965 áprilisában jelent meg. Jelentős problémát jelentett – és a mai napig fennáll a lézer-vezérlésű precíziós fegyvereknél –, hogy a célt valahogy folyamatosan meg kell világítani. Így szükségsszerűvé vált olyan navigációs rendszer kifejlesztése, melynek nem jelent problémát, hogy a cél „nem látszik”. Erre ma három technológiát, és ezek kombinációját alkalmazzák:

- Terepkövető radar (Terrain Tracking Radar)
- Inerciális navigációs rendszer (INS)
- Globális Helymeghatározó Rendszer (GPS).

GPS esetén olyan P kódú vevőkről van szó, melyek másodpercenként több tíz alkalommal is újra tudják számítani a pozíciót. A GPS előnye, hogy nem befolyásolják az időjárás viszonyok, illetve a napszakok, viszonylag pontos és olcsó. Hátránya, hogy mivel tulajdonképpen egy rádióvevő, ezért zavarható, valamint tudni kell a célpont koordinátáit.

Az első Öböl-háborúban használtak először INS-GPS kombinációjú precíziós fegyvert, azonban ekkor még nem volt kiemelkedő szerepe a GPS-nek a precíziós fegyverek vezérlésében, többnyire inkább a katonák és a különböző harcászati járművek navigálására használták.

Az évek múlásával, az elektronika és informatika nagy léptékű fejlődésével lehetőség nyílt a katonai pontosság javítására, így eltörölték az S/A-t, és a C/A kód pontosságát is megnövelték. A műholdak száma 24 lett, és újak is megjelentek (Block-IIR). Ezek már egymást is képesek követni, tehát ha a követőhálózat megsemmisülne, a holdak 180 napig képesek saját és egymás pályáit számítani, és a szolgáltatást biztosítani. Ezzel párhuzamosan új katonai GPS vevő típusokat fejlesztettek ki.

Az első Öböl-háború óta minden amerikai részvétellel zajló katonai konfliktusban (Bosznia, Jugoszlávia, Afganisztán) jelentős szerepet kapott a GPS. A második Öböl-háborúban sem volt ez másképp. Nagy számban gyártottak GPS vezérlésű JDAM bombákat és más intelligens fegyvereket. A JDAM egy átalakító készlet, mellyel a meglévő szabadeséses bombákat teszik INS-GPS vezérlésű precíziós fegyverekké. A JDAM szállítmányokkal az USA Védelmi Minisztériuma 1998 óta folyamatosan látja el a Légierőt (USAF) és a Haditengerészetet (NAVY).

Többször felvetették a kérdést, hogy mekkora szerepe volt a háborúban a precíziós fegyvereknek, és mennyire voltak megbízhatóak, pontosak. A többségük eredményes volt annak ellenére, hogy voltak téves találatok. A pontosságról ma azt állítják, hogy az első Öböl-háborúban 60-70%-os volt, az utóbbiban pedig legalább 85%-os.

A második Öböl-háború érdekessége, hogy megjelentek az orosz fejlesztésű GPS-zavaró rendszerek, melyekkel korábban még nem találkoztak az amerikaiak. A háború kimenetelét tekintve nem volt jelentős hatásuk, de a politikai egyeztetés hangnemét befolyásolták.

A bizonyítottan megsemmisített 6 GPS zavaró rendszerből egyet GPS-es bombával semmisítettek meg. Ez úgy lehetséges, hogy a zavaró berendezés tulajdonképpen egy rádióadó, így saját magát teszi célponttá, mivel bemérhető sugárzást bocsát ki.

Miután évek óta nyilvánvaló volt, hogy az oroszok GPS-zavaró rendszereket fejlesztenek, az amerikaiak a következő műhold-generációkat (Block-IIR-M) új, jobban titkosított, erősebb zavarvédelemmel ellátott ún. M kóddal látják el. Márciusban el is készült az utolsó (nyolcadik) korszerűsített GPS IIR-M műhold az USAF számára. Eddig 3 szatellit állt pályára (emellett 12 eredeti IIR is működik a konstellációban), a negyedik fellövését 2007 végére tervezik, a maradék 4 pedig egyelőre raktárba kerül. A IIR-M műholdak fokozatosan leváltják a régi (GPS 2A) holdakat.

Ezzel párhuzamosan tervezik, hogy a Block IIR és Block IIR-M után következő műhold-generációk (Block-IIF), Földre lejutó jelteljesítménye a jelenleginél jóval nagyobb lesz. [2]

Mindig felmerült a kérdés egy-egy katonai konfliktus előtt, hogy várható-e a rendszer kikapcsolása, vagy esetleges mesterséges rontása. Az eddigi tapasztalatok alapján kijelenthető, hogy nem. A GPS rendszer üzemeltetését 1996 óta egy direktíva szabályozza, azt sosem kapcsolták ki, és a P kódú rendszerek nagy léptékű fejlődésének köszönhetően erre nem is lesz szükség. Ráadásul a GPS ma már olyan szinten része a mindennapjainknak, hogy ezt már meg sem lehetne tenni.

7.12. Vészhelyzetek

A váratlan természeti jelenségek, **katasztrófák**, műszaki balesetek, repülőgép szerencsétlenségek esetén kiemelt fontosságú lehet a pozíció ismerete. Például, ha egy kereső csapat megtalál egy eltűnt személyt, pozíciós adatokat kell szolgáltatnia az orvosoknak. A repülőgép fekete dobozában rögzített adatok pedig választ adhatnak egy tragédia kérdéseire.

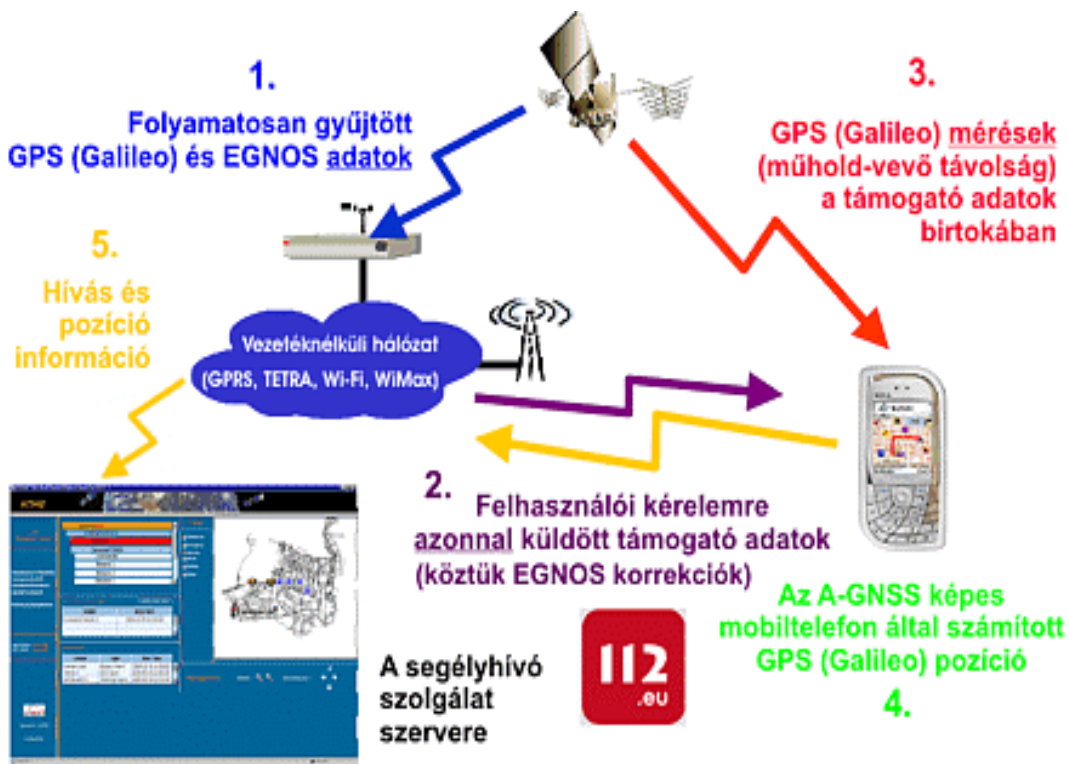
A **rendőrség** számára hatékony lehet a rendőrautóban elhelyezett navigációs rendszer például címre riasztás esetén. On-line követéssel a bevetés irányítása könnyíthető meg, off-line adatokkal pedig az események dokumentálhatók.

A sürgősségi betegszállítás irányításának optimalizálásához **a mentő szolgálatoknak** kiemelten szükségük van a GPS-es szolgáltatásokra. Ugyanakkor sokszor éri támadás a mentőket, hogy a bejelentéstől a kiérkezésig eltelt idő túl hosszú volt. A loggerről letöltött adatokból viszont utólag az indulási és érkezési időtől az útvonalválasztáson és sebességen át ellenőrizhető, hogy a feltevés valós-e.

A **tűzoltók** számára a navigáción túl a leégett terület pontos meghatározásában nyújthat segítséget a GPS.

Az USA-ban kötelezővé tették az új mobiltelefonok ún. **911**-es hívógombbal történő ellátását. Gyakorlatban a 9-es gomb hosszú lenyomásával történik a híváskezdeményezés. Ekkor kapcsolatba lép egy diszpécser szolgálattal, ahol választhat, hogy mire van szüksége (orvos, mentő, rendőr, tűzoltó). Ha a hívó valamilyen okból nem tud kommunikálni, akkor egy automatikus helymeghatározást követően a legközelebbi mozgó ügyeletes megkapja a riasztást, és megkeresi a hívót a megadott körzetben. Az amerikaiak 1/3-a e szolgáltatás miatt vesz mobiltelefont. Európában is vannak hasonló törekvések a **112**-e nemzetközi segélyhívó számmal kapcsolatban. 2006 márciusában például Lisszabonban egy olyan mobil segélyhívó rendszert mutattak be, amelyben az 112-est tárcsázó bajbajutottakat EGNOS támogatású helyfüggő szolgáltatás segítségével érik el a mentők.

A két éves fejlesztés eredményét Portugáliában egy városi és egy vidéki tüzeset elhárításának szimulálásával mutatták be. A demonstráció során a rendszernek meg kellett határoznia mind a 112-es hívás, mind pedig a helyszínre érkező tűzoltó- és katasztrófavédelmi alakulatok pozícióját.



23. ábra

A 112-es segélyhíváshoz kapcsolódó helymeghatározás elvi működése a **23. ábrán** látható.

A vezeték nélküli hálózat adott pontján folyamatosan gyűjtik a GPS műholdak által sugárzott adatokat és EGNOS korrekciókat, és egy 112-es hívást kezdeményező készülék számára a földi hálózaton keresztül azonnal továbbítják a helymeghatározást támogató adatokat. A mobil így gyorsabban jut pontosabb pozícióhoz ott is, ahol műholdas adatátvitelre a gyenge jelszint miatt egyébként nem lenne lehetőség. A készülék a kapott és mért adatok alapján pozíciót számít, és azt a hívás kezdeményezését követő néhány másodpercen belül továbbítja a segélyhívó szolgálat szerverére.

7.13. Ágyékkötős őslakosok és a GPS

Az ősi kultúrák és a modern technológia találkozása kétségkívül csodákra képes: az ágyékkötős őslakosok helyzet-meghatározó készülékkel járják a dzsungelt, hogy aztán egy laptop és az internet segítségével feltérképezzék az Amazonas hatalmas kiterjedésű őserdőjét. (24. ábra)

Ecuador huaorani népe, az Amazon Conservation Team (ACT) környezetvédő szervezettől kapott legmodernebb berendezések segítségével járja be saját, jól ismert területét, így az

illegális fakitermelések, aranybányák, és ültetvények pontos helye jól meghatározható lesz, így hatékonyabban lehet majd ellenük eljárást indítani.



24. ábra

A környezetvédők felfigyeltek arra, hogy ahol őslakosok élnek, ott alig néhány illegális aranybánya működik, mivel a végsőkig próbálják védeni területüket a betolakodókkal szemben. A Tumucumaque Nemzeti Parkban, ahol őslakosok egyáltalán nem laknak, legalább 25 illegális bányából rabolják az aranyat. A GPS-szel felszerelt indiánok segítségével viszont már a helyi hatóságok is képesek lesznek lokalizálni az illegális tevékenységek helyét.

Azzal, hogy az indiánok a vevőkészülékkel bejárják saját területüket, megtörténik a pontos behatárolás és feltérképezés, majd a Google Map segítségével pontosan meghatározhatják, hogy hol folynak az illegális tevékenységek. A műholdképeken eddig is jól láthatók voltak ezek a területek, a földön viszont nehéz volt rábukkanni a pontos helyre. Az indiánok és a GPS segítségével azonban mindez pillanatok alatt lokalizálható lesz, ahogyan azoknak a törvénytelenül épített repülőgép felszállópályáknak a helye, amelyeket eddig nem tudtak meghatározni. Mindez hasznos az őslakosok számára is, mivel a térképek segítségével, a kormányzattal szemben is jogot formálhatnak saját területükre, mivel most már egészen pontos adatokkal tudják azonosítani azt a területet, amelyre igényt tartanak. A készülő térképeken az indiánok saját maguknak is megjelölik a természeti kincsekben gazdag területeket.

7.14. Svájc kitiltotta a GPS-t

Végül egy példa arra, hogy hol nem használják, pontosabban nem használhatják a GPS készülékek egyes fajtáit:

Svájcban, januárban kezdeményezték, februárban pedig törvénybe is foglalták, hogy az ország területén tilos minden olyan berendezést használni, így egyes GPS navigátorokat is, amellyel előre lehet jelezni a traffipaxokat. A jogszabály kiterjed a radar- és lézerezékelőkön kívül minden olyan GPS vevőre, amelyek képesek a sebességmérő helyek jelzésére és riasztásra.

A rendőrségnek, amennyiben rajtakap valakit egy ilyen készülék használatán, jogában áll elkobozni azt, majd megsemmisíteni, valamint igen súlyos pénzbírságra is lehet számítani.

A törvény szinte minden nagy gyártó több készülékét érinti, mint a Garmin, a Medion, a Mio, a Navman, a Packard Bell, a Sony, a TomTom, vagy a ViaMichelin.



25. ábra

Így természetesen tilossá vált az új Passport 9500i használata is (25. ábra), amely egy olyan GPS egység, amely bármilyen radarállomást képes bemérni.

A cégek igyekeznek megoldást keresni a problémára. Az iGO 2006SE legújabb változata például Svájc területén, GPS pozíció alapján kikapcsolja a „Speedcam” opciót.

8. Összefoglalás

Szakedolgozatom írásánál a fejezetcímekkel kialakított és tükrözött logikai sorrendet igyekeztem követni.

Először egy rövid történeti áttekintéssel érzékeltettem, hogy bármennyire is napjaink vívmányának gondoljuk a GPS technikát, gyökerei időben mégis egész messzire visszavezethetők. Egy-egy új technikai berendezés használatának általánossá válásával többekben felmerül az igény, hogy megértse eszköze működését. Ebből a célból ismertettem a globális helymeghatározás geometriai alapelvét, majd a GPS rendszer felépítésének részletes ismertetése után kitértem annak pontossági korlátaira, részletezve a pontosság növelhetőségének módjait.

Egy kisebb térképészeti kitérő után, melyben bemutattam a legismertebb vetületeket és térkép típusokat, a legnagyobb terjedelmű fejezet következett, amelyben részletesen ecseteltem a GPS alkalmazási területeit. Azért szenteltem a legtöbb helyet ennek a fejezetnek, mert kiemelkedő szerepét, sikerét szinte minden életterületen, ezáltal beépülését mindennapjainkba egyre szélesebb körű elterjedésének köszönheti. Szélsőséges példákat felhozva pedig arra szerettem volna rávilágítani, hogy az eredetileg katonai célra kialakított rendszert napjainkban már akár az ágyékkötős öslakosok is használhatják. Ezáltal azt akartam megmutatni, hogy az emberek többsége, ha meghallja azt a mozaikszót, hogy GPS, már nem kérdez rá, mit jelent. Ez a kifejezés is beleolvadt mindennapjainkba, mint a PC, a GSM vagy az SMS rövidítések. Egy szó csak akkor válik sajátunkká, ha gyakran találkozunk vele, illetve használjuk. Mindez arra bizonyíték, hogy a GPS már átszötte hétköznapjainkat.

A kérdés, amit ugyan nem tettem fel a szakedolgozatomban, hogy meddig fokozható ez a fejlődés? A választ a jövő rejti magában, habár meg kell jegyeznünk, hogy a GPS technika használatának foka erősen függ a felhasználók élőhelyének földrajzi helyétől. A 7.12-es fejezetben bemutatott, az USA-ban közkedvelt segélykérésre használt mobiltelefon hazánkban még csak álom, annak ellenére, hogy a technika már létezik.

Végül szakedolgozatomat egy függelék zárja, melyben a munkám során felmerült fogalmak magyarázatát gyűjtöttem össze, és rendszereztem.

Számtalan publikációt, szakirodalmat kutattam fel és tanulmányoztam át, nyomtatott formában viszont nem sok forrást találtam. Ennek több oka is lehet. Az egyik, talán legkézenfekvőbb magyarázat, hogy a GPS, mint minden más informatikával kapcsolatban álló

tudományterület, rohamos ütemben fejlődik. Mivel polgári célú felhasználása az utóbbi években hihetetlen mértékben terjed, a rendszerek egyre fejlettebbek, és a készülékek választéka is folyamatosan bővül, ezért egy nyomtatott könyv megjelenése után rövid idő elteltével már korszerűtlen, elavult lesz. Ez is egyfajta motiváció volt, hogy ebben a témában valamilyen aktuális összefoglalót készítsek, ezáltal teljesen megbizonyosodtam, hogy a GPS-ről szeretnék szakdolgozatot írni.

Nagy segítséget nyújtott a végleges forma kialakításában a számtalan internetes forrás, melyeket áttanulmányozva nagy mennyiségű információ birtokába jutottam, gazdagítottam látókörömet és tudásomat.

9. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni témavezető tanáromnak, Bodroginé Dr. Zichar Mariannának, hogy mindvégig segített ötleteivel, észrevételeivel és javaslataival. Építő jellegű kritikái, és ösztönzése nélkül nem készülhetett volna el szakdolgozatom.

Munkám során rengeteg tanácsot, ötletet és erkölcsi segítséget kaptam családomtól. Nekik is hálásan köszönöm, hogy mindvégig mellettem álltak és támogattak.

10. Irodalomjegyzék

1. Detrekői - Szabó: Térinformatika, Bp.: Nemzeti Tankönyvkiadó, 2003.
2. Dr. Borza Tibor: GPS mindenkinek, Bp.: Sztrato, 2005.
3. Bartha Csaba: A műholdas helymeghatározás elve, és gyakorlati alkalmazása
(<http://www.muszeroldal.hu/measurenotes/bartha.html>)
4. Borza Tibor: A háromdimenziós geodézia és perspektívái
(<http://www.sgo.fomi.hu/files/3dgeod.htm>)
5. Domonyik Gábor: A GPS alkalmazásának lehetőségei a tájfutó térképek készítésénél
(<http://lazarus.elte.hu/tajfutas/magyar/archiv/dg/tart.htm>)
6. Dr. Sárközy Ferenc: Térinformatika
(http://bme-geod.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t36.htm)
7. Geocaching szabályzat
(<http://www.geocaching.hu/documents.geo?id=szabalyzat>)
8. Harangi László: Svájc kitiltotta a GPS-eket, 2007. 02. 10.
(<http://www.pcworld.hu/story.php?sid=7949>)
9. Kovács Béla: A GPS alkalmazása a térképészetben
(<http://lazarus.elte.hu/~climbela/start.htm>)
10. Magyar Geocaching Közhasznú Egyesület hivatalos honlapja
(<http://www.geocaching.hu>)
11. National Geographic Online: Ágyékkötős őslakosok és a GPS, 2007.01.27.
(http://www.fn.hu/tech_tudomany/0701/agyekkotos_oslakosok_gps_154434.php)
12. Nemzetközi geocaching oldal
(<http://www.geocaching.com>)
13. Papp László: A technika új csodája: a globális helymeghatározás
(<http://www.mindentudas.hu/pap/20030623paplaszlo41.html>)
14. Takács Bence - Gáspár Péter: Mire képesek az olcsó GPS vevők?
(http://bme-geod.agt.bme.hu/public_h/gps2/gps2.html)
15. Takács Bence: GPS mérések pontossága a SA kikapcsolása után
(http://bme-geod.agt.bme.hu/public_h/gps/gps1.html)
16. Varga József: A vetületnélküli rendszerektől az UTM-ig
(http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/publik/publikaciok.htm)

17. <http://ghamori.freeweb.hu/geocaching/geoelmgyak.html>
18. <http://hu.wikipedia.org/wiki/Geocaching>
19. <http://index.hu/tech/mp3/kincs/>
20. <http://index.hu/tech/net/geoca/>
21. http://www.fn.hu/sport/auto_motor/0703/startol_forma_1_158116.php
22. <http://www.geocaching.hu/documents.geo?id=hide>
23. http://www.geox.hu/showPage.asp?CLICKMENU=3_5_1#10
24. <http://www.gps.hu/index.php?id=1235>
25. <http://www.gps.hu/index.php?id=1239>
26. <http://www.gps.hu/index.php?id=961>
27. <http://www.gpslap.hu/>
28. <http://www.gpsmagazin.hu/>
29. <http://www.gpsnet.hu>
30. <http://www.gpsnet.hu/altalanos.html>
31. <http://www.info-media.hu/hirek/26418?wa=geocaching.lap.hu>
32. http://www.kutyu.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=25&Itemid=52
33. http://www.kutyu.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=331&Itemid=47
34. http://www.kutyu.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=333&Itemid=47
35. http://www.kutyu.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=336&Itemid=47
36. http://www.kutyu.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=355&Itemid=51
37. http://www.kutyu.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=360&Itemid=53
38. http://www.kutyu.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=539&Itemid=51
39. http://www.kutyu.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=542&Itemid=51
40. http://www.kutyu.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=758&Itemid=56
41. http://www.kutyu.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=911&Itemid=56
42. http://www.kutyu.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=938&Itemid=56
43. http://www.kutyu.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=948&Itemid=53
44. http://www.kutyu.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=968&Itemid=44
45. http://www.yacht-magazin.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=661&Itemid=101
46. http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html

11. Függelék

Abszolút helymeghatározás: háromdimenziós mérés esetén legalább 4, kétdimenziós mérés esetén legalább három műhold jelei alapján számított pozíciót szolgáltat. Előnye, hogy csak egy vevőkészülék szükséges a mérés elvégzéséhez, de 5-15 méternél nagyobb pontosság nem érhető el vele.

Aktív GPS hálózat: egy adott területen egyenletes sűrűségben telepített GPS állomások hálózata. Egy ilyen rendszer több tucat referenciavevőt üzemeltet, hogy korrekciós adatokat tudjon szolgáltatni. A számított korrekciókat kontinentális rendszereknél geostacionárius műholdakkal, lokális rendszerek esetében pedig földi kommunikációs eszközökkel juttatja a felhasználókhoz. Előnye, hogy terepi használathoz nincs szükség saját bázis kiépítésére. Ilyen rendszer például a kontinentális WAAS, EGNOS, MSAS, és a lokális SAPOS, GPSNET.HU.

Almanach adatok: az összes GPS műhold pálya- és óraadatait, illetve egészségi állapotát (Health Status) tartalmazzák. Minden műhold sugározza ezeket az adatokat. Ennek segítségével a GPS vevő meg tudja állapítani, hogy melyik műhold milyen irányból küldi a jeleket. Ezáltal az almanach adatok segítségével a GPS vevő gyorsan meg tud találni egy-egy műholdat. Ezek nélkül nem működik a GPS navigáció.

C/A kód (Coarse/Acquisition Code): durva pozícionálásra alkalmas kód, melyet az L1 frekvencián sugároznak. A polgári felhasználásra szánt GPS vevők ezt a kódot használják. A C/A kód által nyújtott pontosságot SPS-nek (Standard Positioning System) hívják.

Datum: a helymeghatározáshoz használt Földmodell, forgásellipszoid. Nem tévesztendő össze a magyar dátum szóval.

Differenciális GPS (DGPS): a GPS rendszer által nyújtott pontosság növelésére szolgáló eljárás. Az elve az, hogy néhány száz kilométer távolságon belül kb. ugyanazok a zavaró tényezők hatnak a GPS mérőállomásokra. Ezért ha egy referenciaállomásról (aminek a koordinátái ismertek, így a ráható zavaró tényezők is számíthatók) rádiójelekkel a korrekciós adatokat folyamatosan a mérőállomásra küldjük, akkor ezzel a zavaró tényezőket részben kiküszöbölhetjük.

Differenciális helymeghatározás: a mérés során két vevő mér egy időben. A referenciaállomás egy külön kommunikációs csatornán keresztül folyamatosan tájékoztatja az ismeretlen helyzetű felhasználót arról, hogy az általa aktuálisan mért helyzet mennyiben tér el a referenciaállomás ismert helyzetétől.

DOP (Dilution of Precision): jelentése a pontosság felhígulása. Létezik PDOP, HDOP, VDOP és GDOP. A mérés pontatlanságát jelző mérőszám. Pozitív szám, mely minél kisebb, annál pontosabb a vétel. A GPS vevők többsége 6 felett nem szolgáltat pozíciót. A speciális vevők számszerűen is kijelzik ezt az értéket. Az olcsóbb készülékek többsége, pedig ebből az értékből egy pontossági becslést számít.

EGNOS (European Global Navigation Overlay Service): az Európai Unió, az Európai Űrügynökség és az Európai Polgári Repülésügyi Szervezet által létrehozott kontinentális műhold alapú aktív GPS hálózat, amely egész Európát lefedi. Lényeges különbség a hasonló kontinentális rendszerekhez képest, hogy a korrekciókat nem csak az amerikai NAVSTAR GPS rendszerre végzi, hanem az orosz GLONASSZ-ra is biztosítja.

Egységes Országos Vetület (EOV): bevezetésére 1975-ben került sor. Az 1949-ben létrehozott felsőrendű háromszögelési hálózatot egy új ellipszoidon (GRS67) helyezték el, és HD72-nek (Hungarian Datum 1972) nevezték el. Az EOV egységes országos térképrendszerében (EOTR) készülnek a nagy méretarányú térképek, és a polgári topográfiai térképek.

Ellipszoid: a Föld alakjához illeszkedő matematikai (Föld-alak) modell.

ESA (European Space Agency): Európai Űrügynökség, az EGNOS és a Galileo rendszerek technikai megvalósítója.

Fázismérés: a mérés során az arra alkalmas vevők a kódmérésnél nagyobb, cm-es pontosság eléréséhez a vivőfrekvencia fázisát használják fel.

FCD (Floating Car Data): a telematikának olyan új ágazata, ahol a statikus adatgyűjtők helyett mozgó szenzorok (általában maguk a rendszert használó járművek) biztosítják az aktuális közlekedési információkat. Hatékony működéséhez sok, lehetőleg egyenletesen eloszló mozgó egység szükséges, ezért alkalmazása elsősorban nagyvárosokban célszerű.

Forgástengely: amikor a test minden pontja egy körpályán mozog egy, a testhez rögzített egyenes körül, a test forgástengelyének nevezzük.

Frekvencia: a GPS műholdak két frekvencián sugároznak jeleket (L1, L2). A készülékek vagy csak az L1 frekvencia jeleit tudják fogadni, vagy mindkettőt. A néhány cm-es pontosság eléréséhez kétfrekvenciás vevőre van szükség.

Galileo: Európában, várhatóan 2012-re kiépülő polgári felügyelet alatt álló GNSS rendszer.

GBAS (Ground-Based Augmentation System): földi telepítésű kiegészítő rendszer. A GPS rendszer pontosságát növelő DGPS, ahol a korrekciós adatokat földi sugárzással juttatják a vevőkhöz.

GDOP (Geometric Dilution of Precision): a háromdimenziós pozíció és az idő mérésének középhibája.

Geocentrikus: földközéppontú (rendszer).

Geoid feletti magasság: a Földet fizikai modellel leíró felület feletti magasság. A geoid a Föld elméleti alakja.

GIS (Geographic Information System): földrajzi információs rendszer, térinformatikai rendszer. Hardver, szoftver, adat és felhasználói környezet olyan együttese, amelynek célja a térbeli jelenségek hatékonyabb kezelése és elemzése.

GLONASSZ (Globálnájá Návigációnnájá Szputnyikovájá Szisztyemá): az amerikai rendszerhez hasonló orosz GNSS rendszer. 2007 végére a tervezett 24 műholdból 18 már élesben fog működni. Állítólag 2009-re éri el teljes kiépítettségét.

GNSS (Global Navigation Satellite System): a globális helymeghatározást lehetővé tevő különféle műholdrendszerek összefoglaló neve. A legismertebb az amerikai NAVSTAR GPS és az orosz GLONASSZ, de ide tartoznak a kontinentális kiegészítő rendszerek (WAAS, EGNOS, MSAS, BEIDU), és a még tervezés alatt álló Galileo-t. Ezen felül mindazok a kiegészítő rendszerek is ide értendők, amelyek a műholdas navigációt valamilyen módon

támogatják. Ezek között is megkülönböztetünk műholdas (SBAS) és földi (GBAS) kiegészítő rendszereket.

GPS (Global Positioning System): az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma által üzemeltetett globális helymeghatározó rendszer. Hivatalos neve a NAVSTAR (NAVigation Satellites for Timing And Ranging), jelentése: navigációs műholdak idő- és távolságmérése.

GPS idő (GPS Time): a GPS rendszerideje. Egyenletesen futó atomi idő.

GPS időszámítás: kezdete 1980. január 5. 0 óra 0 perc. A GPS idő ekkor megegyezett a koordinált világidővel. A GPS naptár hetekben számol. A napok 0-6-ig terjedő sorszámot kapnak vasárnapkal kezdődően. A nap megadható az adott év január 1-jétől induló sorszámozással.

GRS-80 ellipszoid: a GPS rendszer által használt ellipszoid. Igen jól közelíti a föld "optimális" alakját. A GRS-80 ellipszoid hosszabbik tengelye 6 378 137 méter, rövidebb tengelye 6 356 752.3 méter. Ez azt jelenti, hogy a föld középpontja és az egyenlítő közötti távolság ebben a rendszerben mindössze 21 kilométerrel rövidebb, mint a föld középpontja és a sarkok (akár az Északi-sark akár a Déli-sark) közötti távolság.

HDOP (Horizontal Dilution of Precision): kétdimenziós vízszintes középhiba.

Helmert transzformáció: 7 paraméterrel történik: 3 paraméter az eltolási, 3 az elforgatási tag, és a fennmaradó 1 az alap ellipszoidok közötti nagyítási tényező.

Helymeghatározás: műholdas pozíció meghatározás. A helymeghatározásnak három fajtáját különböztetjük meg: az egy vevővel végzett abszolút, a referenciaállomáshoz képest mért differenciális és relatív helymeghatározást.

IFR (Instrumental Flight Rules): műszeres repülési eljárás, amelynek során a felszínt nem szükséges látni. Az irányítás rádió navigációs eszközökkel történik.

Ionoszféra: a légkörnek kb. 80 km magasságban kezdődő, erősen ionizálódott rétege.

Jeppessen térkép: légi navigációhoz használatos térkép. Míg VFR térképeket sokan készítenek, IFR térképek esetén a Jeppessen szabvánnyá vált.

Kinematikus helymeghatározás: mozgás közben történő mérés. A mozgó állomás mérése vagy valós időben történik rádiós korrekcióval, vagy utófeldolgozással. A geodéziában részletmérésre is használható.

Kód: a vivőhullámokra a műholdak kódot modulálnak. A kód tartalmazza a műhold pálya- és időadatait, és egyéb információkat. Az L1 vivőt a C/A és P kódokkal modulálják, az L2-t viszont csak P kóddal.

Kódmérés: a csak kódmérésre képes vevők kisebb pontosságúak (2-5 méter). Geodéziai pontosság nem érhető el ezzel a méréssel, de GIS rendszerek karbantartására alkalmazhatók.

Kontinentális kiegészítő rendszerek: kontinentális GNSS infrastruktúrák. A globális navigációs műholdrendszerek használatát segítő, pontosságukat javító referencia állomások hálózata. Az egy egész kontinensre kiterjedő rendszerek a korrekciókat általában geostacionárius műholdakról sugározzák.

Koordináta: a pozíciót hosszúsági és szélességi értékkel jellemző adat.

Kronométer (chronometer): általában az igen pontosan járó billegős órákat nevezzük így. Az óra annál pontosabban járhat, minél szabadabb az ingájának, vagy a billegőjének a lengése. Az kronométerek Angliából származnak. A XVIII. sz. közepén Harrison készítette a első ilyen órát, amelyet tengeri hajózásnál használtak. A tengeri kronométereket általában úgy helyezik el, hogy számtáblájuk, és billegőjük síkja a hajó mozgásától függetlenül mindig vízszintes állásban maradjon. A szerkezetet olyan ládában tárolják, hogy a hőmérséklet változásaitól védve legyen.

L1 és L2 frekvencia: a NAVSTAR GPS műholdak által használt két frekvencia. Az első jel vivőhullám hossza $L1=1575.42$ MHz, a másodiké $L2=1227.60$ MHz.

Leíró adatok (attribútumok): térinformatikai rendszerekben a pontszerű objektumokat a koordinátákon kívül tulajdonságaikkal is jellemezzük.

Logger: olyan GPS vevő, amely saját memóriájában rögzíti a nyomvonalat, amely utólag feldolgozható (letölthető, visszajátszható). Kézi vevők esetén gyakori funkció.

Lokális kiegészítő rendszerek: a globális navigációs műholdrendszerek használatát segítő, pontosságukat javító referencia állomások hálózata, mely egy egész országra, vagy országrészekre terjed ki. A korrekciókat általában földi telepítésű kommunikációs eszközökről sugározzák.

MSAS (Multi-Functional Satellite Augmentation System): a japánok által tervezett, az amerikai WAAS-szal és az európai EGNOS-szal kompatibilis SBAS megoldás Kelet-Ázsiában.

Műholdak: a bolygók körül keringő mesterséges égitestek. Az első világűrbe indított űreszköz, a Szputnyik-1, a Föld műholdja volt. 1957 óta több ezer műhold állt pályára a Föld körül, de a Naprendszerben már más bolygók és holdak körül is keringenek műholdak.

NAVSTAR GPS: a GPS rendszer hivatalos elnevezése. 1978 és 1994 között létrehozott, jelenleg is működő rendszer. Az USA Védelmi Minisztériuma üzemelteti.

NNSS (Navy Navigation Satellite System): a Transit rendszer másik rövidítésére, ami egyértelműen a haditengerészeti alkalmazásra utal. A Transit rendszer teljes kiépítésében hét műholdból állt. A műholdak két frekvencián sugároztak mérő-jeleket, amelyek segítségével kb. 20 perces mérésből mintegy 50 méteres pontossággal lehetett a földrajzi helyzetet meghatározni, de csak a nap meghatározott időszakában.

Off-board navigáció: az útvonaltervet Internet segítségével egy távoli szerveren készíti, a felhasználó készüléke nem tartalmaz térképet, csak a szükséges információ- és térképmennyiség töltődik le a PDA-ra, vagy mobiltelefonra.

OGPSH (Országos GPS Hálózat): Magyarországon létesített passzív GPS hálózat, 1153 pontot tartalmaz, melyek a hagyományos kétdimenziós geodéziai hálózatnak is részét képezik, így alkalmasak a két rendszer közötti transzformáció elvégzésére. A kb. 10 km-es sűrűség az egyfrekvenciás készülékek számára is megfelelő.

On-board navigáció: járműbe épített fedélzeti navigációs rendszer. Beépített vagy lemezen cserélhető térképadatbázissal rendelkezik, TMC-n keresztül az aktuális közlekedési információkat figyelembe veheti.

On-line követés: a személyen, járművön, vagy egyéb mozgó objektumon elhelyezett GPS bizonyos időközönként elküldi a pozíciós adatokat egy központba, így ott az objektum valós időben, vagy közel valós időben követhető.

P kód (Precision Code): nagypontosságú kód. Az L1 és L2 frekvencián is sugározzák. A katonai vevők a P kóddal dolgoznak, a C/A kódot csak a P kódra való áttéréshez szükséges szinkronizáláshoz használják. A P kód által biztosított pontosságot PPS-nek (Precise Positioning Service) nevezzük. A Magyarországon forgalmazható geodéziai GPS vevők nem lehetnek alkalmasak P kód feldolgozására. P kódot használó navigációs vevőt az Egyesült Államok nagyon kevés szövetségesének ad el.

Passzív GPS hálózat: az egyfrekvenciás vevők használatát elősegítő, a hagyományos geodéziai hálózatokkal kapcsolatot teremtő ponthálózat. Az aktív hálózatokkal ellentétben itt a pontokon még nem üzemelnek folyamatosan GPS vevők, azokat a felhasználók viszik oda. Magyarországon ilyen hálózat az OGPSH.

PDOP (Positional Dilution of Precision): műhold geometriai paraméter, a műholdak elhelyezkedéséből adódó pontatlanság.

Permanens állomások: folyamatosan üzemelő referencia állomások, az aktív GPS hálózat alapjai.

Poláris pálya: olyan műholdpálya, amely a Föld (vagy más égitest) egyenlítőjére merőleges, vagyis az egyenlítővel alkotott inklinációja 90° . Számos műhold kering poláris pályán a Föld körül. Az ilyen pálya előnye, hogy a Föld bármely pontjáról látható valamikor.

Pszudotávolság (pseudo range): áltávolság. A GPS által mért, órahibákkal terhelt távolság.

Referenciaállomások: DGPS és/vagy valós idejű kinematikus (RTK) rendszerekben ismert pontra telepített, a korrekciót biztosító vevőberendezés.

Referenciamérések: a referenciaállomások által végzett mérések és számítások.

S/A (Selective Availability): korlátozott hozzáférés. Az USA Védelmi Minisztériuma által alkalmazott módszer, mellyel a pálya- és időadatokat C/A kód esetén 100-150 méteres

pontosságra rontják. Clinton elnök döntésére 2000. május 2-án megszüntették a GPS pontosságának mesterséges rontását, de szükség esetén bármikor aktiválható.

Sarkcsillag: a Kis Göncöl rúdjának utolsó csillaga. Jelenleg nagyjából feléje mutat a Föld forgástengelye, ezért segítségével megkereshetjük az északi irányt.

SBAS (Satellite-Based Augmentation System): műhold alapú kiegészítő rendszer. A GPS rendszer pontosságát növelő DGPS, ahol a korrekciós adatokat a műholdról veszik a GPS vevők. Ilyen a GPS-t javító WAAS és MSAS, illetve a GPS-t és GLONASSZ-t is javító EGNOS.

Statikus helymeghatározás: a GPS-szel végzett geodéziai mérések közül a legrégebben alkalmazott mérési technológia. Fő alkalmazási területe az alappont-sűrítés jellegű mérések. A mérés ideje 30- 120 perc a vételi és pontossági igényeknek megfelelően. Egyfrekvenciás vevővel a bázisvonal hossza legfeljebb 30 km lehet, míg kétfrekvenciás vevő esetén több száz km-es vektorokat is mérhetünk, és a mérési idő is jelentősen csökken.

Szextáns: a hajósok egyik alapléteszere. Két égitest, vagy egy égitest és a horizont szögtávolságát mérő eszköz (szögmérő). Teljes tartománya a teljes kör hatoda, azaz hatvan fok van a két szára között, innen kapta nevét. A szextánsokat felszerelik kis látcsővel a pontos méréshez és szűrőkkel a napmagasság méréséhez.

Takarnet: az állami földmérés által, a Földhivatalok összekötésére létrehozott nagysebességű adatátviteli hálózat. A magyarországi aktív GPS hálózat alapját képezi, mivel képes a referencia-vevőket összekötni.

Telematika: vezeték nélküli interaktív kommunikációs rendszer adatok összegyűjtésére és terjesztésére. GPS-hez kötődő alkalmazása az automatikusan gyűjtött, valós idejű közlekedési adatokat felhasználó közúti navigáció.

TMC (Traffic Message Channel): egy olyan rendszer, mely bármely rádióadó adatátvivő rendszerén keresztül kódolt közlekedési információkat sugároz. Segítségével a fedélzeti navigációs rendszerek útvonaltervezésnél számításba tudják venni az aktuális közlekedési helyzetet.

Transit rendszer: műholdas navigációs rendszer. Az Egyesült Államok Haditengerészete (NAVY) számára 1961-ben kifejlesztett rendszer. A NAVSTAR GPS és a GLONASSZ elődje. Csak kétdimenziós helyzet-meghatározásra volt alkalmas. A Transit rendszert 1967-től polgári célra is elérhetővé tették és egészen 1994-ig, a GPS teljes kiépítéséig üzemelt.

VDOP (Vertical Dilution of Precision): a műholdas magasságmérés középhibája.

VFR (Visual Flight Rules): látás szerinti repülési eljárás. A pilótának a földet látva, az ellenőrző- és fordulópontokat térképen azonosítva kell repülnie. Az olcsóbb vevő készülékek légi járműveken csak VFR eljárásban használhatók.

WAAS (Wide Area Augmentation System): műhold alapú aktív GPS hálózat (SBAS) Észak-Amerika felett. A WAAS egy olyan műholdakból és földi állomásokból álló rendszer, amely lehetőséget teremt a GPS készülékek mérési pontosságának 1-3 méterre csökkentésére. Bár a felhasználók Dél-Amerika területén is foghatják a WAAS műholdak jeleit, a földi korrekciós állomások hiánya miatt nem lesz pontosabb a készülékük.

WGS-84 (World Geodetic Survey 1984): a GPS műholdak által sugárzott fedélzeti pályaadatok vonatkozási rendszere. A rendszert az USA Védelmi Minisztériumának Katonai Térképészeti Szolgálatának alkotta meg, és tette közzé, elsősorban globális méretű katonai térképészeti feladatok megoldása céljából.