

Heilmann János

Globális helymeghatározó
rendszerrel történő vízszintes
alappontsúrités

 **NSZFI**
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:
Alappontsúrités és terepi adatgyűjtés feladatai

A követelménymodul száma: 2246-06 A tartalomlelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-008-50

GLOBALIS HELYMEGHATÁROZÓ RENDSZERREL TÖRTÉNŐ VÍZSZINTES ALAPPONTSÚRÍTÉS

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Napjaink geodéziai műszaki gyakorlatának egyik jellemző feladata a globális helymeghatározó rendszerrel történő felmérési alappont meghatározása. Szinte minden felméréssel, kitűzéssel kapcsolatban megjelenik ez a feladatelem, hiszen az országos vízszintes alappontok sűrűsége általában 1–1,5 km, a geodéziai munkával érintett területen lévő, felmérési alappontok, pedig ritkán használhatók konkrét feladatunkhoz.

A földmérési vállalkozás ahol Ön dolgozik, alappontokkal átlagosan ellátott területen háromdimenziós terepfelmérést végez. A terepi munka első fázisában a meglévő vízszintes alappontok között a terepi adottságok figyelembevételével el kell végezni a felmérési alappontok sűrítését. Tervezze meg, hogy a felmérési vízszintes alappont-sűrítést, milyen munkalépésekben szervezné meg, a végrehajtandó terepi munkájának folyamatát, válassza ki a feladatának legjobban megfelelő GPS eszközöket, tartozékokat, döntsön a munkacsoport összetételéről!

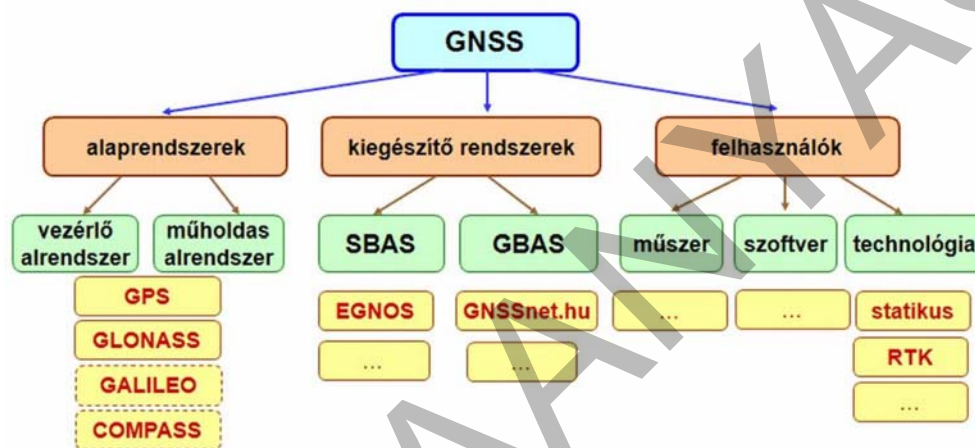
SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

GPS ALAPISMERETEK

1. A GNSS alapok

A földmérési műszaki gyakorlatban az alappont-sűrítésben, a felmérésekben és kitűzési munkáknál az 1990-es évektől kezdődően egyre nagyobb szerepe van a műholdas helymeghatározásnak. A mindennapi életünk részévé vált GPS (Global Positioning System) használata, elsősorban a közúti közlekedésben, turizmusban, az autós, repülő és vízi sportokban. A geochaching, geológiás vadászat sok ember számára jelent hétfői programokat. A műholdas helymeghatározásnak közzismert névrövidítése a GPS, a globális helymeghatározás a mindennapi életben egyértelmű jelentéssel elterjedt. A szakmai nyelvhasználatban egy másik, egyre gyakrabban használatos rövidítés a GNSS.

A GNSS rövidítés hasonló jelentésű: globális navigációs műholdas rendszer (Global Navigational Satellite System), tehát ez átfogóbb értelmű fogalom és helyesebb a GNSS rövidítést használni, amikor általánosságban beszélünk a műholdakon alapuló, az egész földkerekségre kiterjedő, a helymeghatározást és a navigációt szolgáló rendszerekről. Talán úgy lehet legjobban megközelíteni a GPS/GNSS fogalmakat, a helymeghatározásban (Positioning) a „hol vagyunk” kérdésre keresünk választ, a navigáció (Navigational) során pedig a „hogyan jutunk el a célpontig” kérdést tesszük fel. A globális műholdas navigációs rendszert (GNSS): a globális helymeghatározást lehetővé tévő különféle műhold alapú komplex rendszerek összefoglaló neve, teljes tartalma napjainkban kezd megfelelő tartalommal feltöltődni. A GNSS olyan rendszer, amely több alrendszert, rész-elemet foglal magában.



1. ábra. A GNSS rendszer elemei¹

Az ábrában szereplő legfontosabb betűszavak jelentése következő:

- GPS = helyesebben NAVSTAR GPS = Navigation Satellites for Timing And Ranging Global Positioning System, az USA védelmi minisztériuma által üzemeltetett, máig a legsikeresebb és a polgári életben is legjobban elterjedt GNSS rendszer
- GLONASS = Globálnájá Navigacionnájá Szputnyikovájá Szisztjémá, egy szovjet/orosz GNSS rendszer
- GALILEO = európai polgári felügyelet alatt álló GNSS rendszer
- COMPASS (BEIDOU) kínai katonai felügyelet alatt álló GNSS rendszer
- SBAS = Satellite Based Augmentation System, a GPS pontosságát növelő rendszer, ahol a korrekciós adatokat műholdról veszik a GPS vevők. Ilyenek például a GPS-t javító WAAS, MSAS, vagy a GPS-t és GLONASS-t javító EGNOS

¹ Forrás: Dr. Busics György, Dr Engler Péter, Guszlev Antal, Dr. Jancsó Tamás: Digitális adatgyűjtési technológiák, FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest, 2009.

- GBAS = Ground Based Augmentation System, a GPS pontosságát növelő rendszer, ahol a korrekciós adatokat földi sugárzással (pl kereskedelmi rádióadások RDS jeleiben) juttatják el a GPS vevőkhöz.

A GNSS rendszer tehát három részből áll, az **első összetevőjét** jelentik az alaprendszerek, amelyek jellemzően eredetileg katonai célú vezérlő és műholdas alrendszerekből állnak. (Kína például bejelentette a Compass, más néven Beidou nevű rendszerét). Láthatjuk, hogy ma még a műholdas helymeghatározás a gyakorlatban szinte kizárólag az amerikai GPS alaprendszer használatát jelenti, de ez a jövőben feltehetően változni fog. Ezért helyesebb, ha a GNSS fogalmat általános értelemben használjuk, a GPS-t pedig csak az amerikai alaprendszerre. Ebbe az alaprendszerbe tartoznak a navigációs mesterséges holdak és ezen holdak vezérlését ellátó földi követő állomások, a vezérlő alrendszer. A **második összetevő**, a kiegészítő rendszerekből áll. Ezek a GPS pontosságát növelő rendszerek, amelyek korrekciós adatokat szolgáltató műholdas és földi sugárzású alrendszerek. A **harmadik alaprendszer** elemei, a műholdjelek vételére alkalmas GPS (pontosabban: GNSS) vevők, a vevőbe telepített vagy különállóan használható szoftverek, amelyek a mérés feldolgozását, megjelenítését biztosítják.

A GNSS rendszereket az 1970-es évektől kezdődően eredendően katonai célra fejlesztették ki, az 1990-es évektől kezdve polgári hozzáférések, alkalmazások, egyre széleskörűbbé váltak. Összefoglalóan a GNSS rendszereknek a következő jellemzői vannak:

- A globális helymeghatározás a Föld felszínén, illetve annak közelében **bárhol, bármikor használható** (innen a globális elnevezés).
- A **felhasználók száma korlátlan**, mivel ún. egyutas rendszerről van szó. Csak egyirányú kapcsolat van a műhold és a vevő között, a műholdak jeleit akárhány felhasználó veheti.
- A rendszer **működése automatikus**, nem igényli a felhasználó különösebb közreműködését.
- **Mozgás közben is alkalmazható**, ezt nevezzük kinematikus mérésnek.
- Abszolút és relatív pontmeghatározást egyaránt lehetővé tesz.
- Az abszolút pontmeghatározás pontossága jelenleg 10 méteres nagyságrendűnek mondható, a relatív helymeghatározás pontossága centiméter nagyságrendű.

2. . A műholdas helymeghatározás rövid története

A műholdas helymeghatározás és navigáció, egyidős a műholdak megjelenésével. Az USA-ból 1960. áprilisában indult a világűrbe az első kísérleti navigációs műhold, a Transit-1B. Ezzel az amerikaiak egy olyan, a Doppler-hatás elvén működő globális helymeghatározó rendszer kiépítését kezdték el, amely elsősorban a hadihajók és a tengeralattjárók navigálását szolgálta. A Transit rendszer teljes kiépítésében hét darab, közel kör alakú pályán 1100 km magasságban keringő mesterséges holdból állt. A műholdak két frekvencián sugároztak mérőjeleket, amelyek segítségével kb. 20 perces mérésből mintegy 50 méteres pontossággal lehetett a földrajzi helyzetet meghatározni, de csak a nap meghatározott időszakában. A Transit rendszert 1967-től polgári célra is elérhetővé tették és egészen 1994-ig, a GPS teljes kiépítéséig üzemelt. Hasonló rendszer működött Cikada néven a Szovjetunióban is.

A NAVSTAR GPS rendszert fejlesztését az Amerikai Egyesült Államok védelmi minisztériuma kezdeményezte 1973-ban, és jelenleg is a VM a GPS rendszer fenntartója. A rendszer elsődleges célja a katonai igények kielégítése volt, bizonyos korlátozásokkal a polgári felhasználók számára is hozzáférhetővé tették, mégpedig ingyenesen. A hozzáférést és az ingyenességet amerikai elnöki rendeletek ma is szavatolják. Az első kísérleti GPS holdakat 1978 és 1980 között bocsátották fel. A cél az volt, hogy a Földön bárhol, bármikor, bármilyen időjárási körülmények között biztonságosan, gyorsan (másodpercek alatt) és megfelelő pontossággal lehessen a földrajzi helyzetet meghatározni. Ezt legalább 24 darab mesterséges hold megfelelő pályára juttatásával tervezték elérni. Mivel egy-egy műhold élettartama korlátozott (kezdetben 5 éves műhold élettartammal számoltak), valamint a nagyon költséges műholdas alrendszer kiépítése is időt igényelt, a GPS rendszer teljes kiépítését 1994-ben érték el. Azóta a működésüket befejezett holdak pótlása, korszerűbb típusokkal való felcserélése folyik, továbbá az egész rendszer fejlesztése, amit GPS-modernizációnak neveznek. A GPS rendszerben a műholdak mintegy 20200 km-re keringenek a Föld felszíne felett.

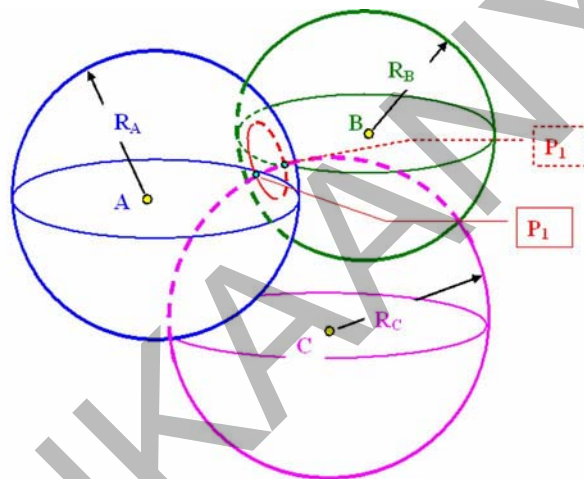
A két nagyhatalom vetélkedése a globális helymeghatározásban is megmutatkozott, párhuzamosan az amerikai fejlesztéssel, a Szovjetunió is kiépített egy műholdas navigációs rendszert, a GLONASS-t. Ez a rendszert is 24 műholdból álló flottára tervezték.

Az Európai Űrügynökség és az Európai Unió közös finanszírozásában megvalósuló, Galileo nevű polgári célú műholdas navigációs rendszer teljes kiépítése 2013 körül várható.

A GPS MŰKÖDÉSÉNEK ALAPJAI

1. A Geometriai alap

Geometriai értelemben a GPS a **térbeli ívmetszés** feladatát oldja meg. A térbeli ívmetszéshez 3 db, a térbeli koordináta-rendszerben ismert helyzetű pontra (A, B, C) van szükség. Ezek az adott pontok a GPS műholdak. Az ismeretlen helyzetű P pont a Föld felszínén, vagy a felszín közelében helyezkedik el. Könnyebben megérthetjük a geometriai megoldást, ha eltekintünk a műholdak mozgásától, a Föld keringésétől és forgásától, vegyünk tehát egy pillanatnyi statikus állapotot. Tegyük fel, hogy ismerjük a P pont és az A, B, C pontok közötti távolságokat. A **P pont helyzetét geometriailag három gömb metszéspontjaként kapjuk**. A gömbök középpontjai az A, B, C pontok, a gömbök sugarai rendre az ismertek az A-P (R_A), B-P (R_B), C-P (R_C) távolságok. A fenti feltételek mellett ennek a feladatnak két megoldása van. Két gömbfelület egy körben metszi egymást (az ábra piros ellipszise), ez a kör a harmadik gömböt két pontban dőfi (P_1 és P_2).



2. ábra. Térbeli ívmetszés geometriai megoldása

A két megoldás közül az egyik, a 6380 km sugarú gömbfelszín 10–20 km-es körzetében van, ez a keresett valódi megoldás, a másik pedig a világűrben. Ez könnyen belátható a méretek érzékeltetésével. Az A, B, C pontok a Földfelszíntől (a valódi megoldástól) több 20 000 km-es távolságban vannak tehát a sugarak hossza is több mint 20 000 km, így a két geometriai megoldásból rögtön kizárható az, amelyik a világűrben elhelyezkedő pontot jelentené. Geometriai értelemben, tehát ismernünk kell az A, B, C, pontok koordinátáit egy geocentrikus koordináta-rendszerben és ezekről a pontokról mért távolságokat R_A , R_B , és R_C , így térbeli P pont három geocentrikus koordinátáját (X_P , Y_P , Z_P) egyértelműen meg tudjuk határozni. A valóságban nem a minimális számú három adott pontra ismert a távolság a P ponttól, hanem egy negyedik, ötödik vagy akár tizedik adott pont (műhold) is részt vesz a meghatározásban, a térbeli hátrametszésben.

2. A műhold és a földfelszíni pont távolságának meghatározása

A műhold és a vevőegység közötti távolság mérése a fizikai távmérés elve alapján történik, közvetett módon, időmérésre visszavezetve. A fizikából ismert alapképlet a $v = s / t$, azaz a sebessége a megtett út (távolság) és út megtételéhez szükséges idő hányadosaként számítható. A fizikai távmérés esetén ismerjük a sebességet: az elektromágneses sugárzás, amelyet műholdról indítanak, a fény terjedési-sebességével ($c = 300\,000$ km/sec) halad. Ha sikerül megmérni a jel terjedési idejét (τ), akkor a megtett út (D) számítható: $D = c \times \tau$. Mivel a GPS holdak a Földtől kb. 20 000 km-es távolságban keringenek, nagyon kicsi időtartam, mindössze kb. 0,06 másodpercnyi idő, pontos megméréséről van szó. Az elektromágneses hullám futási idejét, úgy mérik meg, hogy mind a műholdon, mind a vevőben egy-egy órát helyeznek el. A két óra tökéletesen szinkronizált, vagyis ugyanabban az időrendszerben üzemel. Meghatározott időközönként (egy ezred másodpercenként) a műhold órája is és a vevő órája is egy jelsorozatot állít elő. A műhold jele a vevőhöz késéssel érkezik, hiszen a távolság megtételéhez időre volt szükség. Ha összevetjük a vevő saját maga által előállított jelsorozatát a műholdról érkezett jelsorozattal, és meg tudjuk mérni, hogy az mennyit késett, így éppen a futási időt kapjuk meg. A futási idő és a fénysebesség szorzata lesz a keresett műhold-vevő távolság. A GNSS rendszerekben minden műholdnak külön jelsorozata, kódja van. A kód szabálytalan, mintha véletlenszerűen lenne előállítva, így teljesen egyedi, ezért a neve Pseudo Random Code (PRC). Minden műholdhoz egy-egy kód, illetve kódszám is hozzá van rendelve ez a (PRN). A kódok egyedisége, erősen eltérő volta jól megkülönböztetővé, gyorsan azonosíthatóvá teszi az egyes jelsorozatokat. Erre azért van szükség, mert a vevőegység egyszerre több műhold jelét érzékeli.

Az előzőekből látszik, hogy a kódolt jel előállításának ugyanabban az időpillanatban kell megtörténnie mind a műholdakon, mind a vevőben, azaz a műhold és a vevő órájának ugyanabban az időrendszerben kell nagy pontossággal járnia. A műholdakon olyan atomórákat (úgynevezett cézium és rubídium etalonokat) helyeznek el, amelyeknél 300 ezer évenként várható egy másodperces késés vagy sietés. Továbbá a műhold-órák pontosságának fokozására szinkronizálják a földi időrendszerrel. A műholdak órái egy földi vezérlésű, egyenletes, nagy pontosságú időskálát megvalósító atomidő-rendszerben járnak, ez a GPS idő. A műholdórák egymáshoz (illetve az atomidő-rendszerhez) való szinkronizálása viszonylag jól megoldott, ellentétben a vevő órájától. Mivel a vevők olcsónak, kicsinek és gazdaságosan kezelhetőnek kell lennie, ezért nem törekednek a vevő órájának szinkronizálására, megelégednek egy pontatlan órával, melynek így lesz egy órahibája. A vevő órahibáját négy műhold egyidejű észlelése alapján számítással meg lehet határozni, így a mérés pontosságában nem okoz hibát. A műhold és a földi vevőegység közötti távolság meghatározásnak két módszere van: a kód mérés és a fázis mérés.

A kód mérés és a fázis mérés

A **kódmérés** esetén a műholdról érkező modulált jelet a vevő összehasonlítja a saját hasonló kódú jelével és addig "csúsztatja, késlelteti", amíg a két jel, fedésbe nem kerül egymással. A kódmérést viszonylag kis pontosság jellemzi, ennek oka az, hogy az C/A kód frekvenciája 1 MHz, ami 1 milliszekundumonként ismétlődik, egy kódelem (1 bit) terjedési ideje 1 mikrosekundum, ami távolságban kifejezve 300 m-t jelent. A jobb vevők mérési pontossága ennek 1%-ára tehető, ekkor 3 m-es bizonytalansággal (mérési zajjal) számolhatunk. Tehát magának a kódmérésnek a kiértékelésében is méteres nagyságú hibát követünk el, ha minden más körülménytől, így a pályahibáktól és a terjedési hibáktól most el is tekintünk.

A **fázismérés** esetén, a fizikai távmérésnél már megismert lehetőséggel élünk, a vivőhullám fázisát hasonlítjuk össze a vevőben előállított referenciajel fázisával. A vivőjel frekvenciája 1575 MHz, vagyis több mint ezerszerese a kódfrekvenciának, így ennek megfelelő pontosságnövekedést érhetünk el. A vivőjel hullámhossza $\lambda = 19,05 - 24,45$ cm, így jelkiértékelés mm-es pontossággal végezhető el. A probléma csupán az, hogy fázisméréssel csak az egy hullámhosszon belüli távolság (az ún. maradék távolság) határozható meg, nem ismeretes azonban az egész periódusok száma. Nem tudjuk tehát, hogy hány darab egész (N számú) hullám tölti ki a mérés kezdő pillanatában a műhold és a vevő közötti távolságot. Az N számú egész hullámok pontos számának meghatározása, azért nehézkes, mert a terjedési közeg és a pályaadatok okozta bizonytalanság miatt a matematikai modellek nem egész számot, hanem lebegőpontos tizedes törtet hoznak ki. A pontos egész N szám meghatározásában segít a kódtávolságnak a figyelembevétele, mert ez jó közelítő értéket jelent, illetve a két frekvencián történő mérés, valamint ha minél több műhold adatait vonjuk be a számításba.

3. A műholdak pillanatnyi helyzetének ismerete

A műholdas helymeghatározás geometriai alapjainál, már jeleztük, hogy a térbeli hátrametszés megoldásához ismernünk kell a 3 + 1 műhold pillanatnyi helyzetét, azaz három-három koordinátáját ugyanabba geocentrikus térbeli koordinátarendszerben. Ezt az információt maguk a műholdak közlik, ugyanis a kódjel-sorozat mellett úgynevezett navigációs üzeneteket is sugároznak a vevő felé. A navigációs üzenet részei a műholdpálya alakját és azon belül a hold pillanatnyi helyzetét leíró, ún. fedélzeti pályaadatok vagy efemeridák (broadcast ephemerics). A műholdpálya ellipszis alakú, amelynek megadják az alakját, hajlását, elhelyezkedését és ezen belül a műhold helyzetét. A földfelszíntől nagy (20 000 km-es) magasságban haladó műhold-pálya előnye, hogy viszonylag hosszú ideig észlelhető egy hold egy földi álláspont horizontjai felett, kevésbé hat rá a földi nehézségi erőter, így helyzet jobban előre jelezhető. A műhold-pálya folyamatos követésére a pályaadatok pontosítása érdekében azonban szükség van, ezt ismert helyzetű földi követő állomások oldják meg, amelyek az aktualizált pályaadatokat visszajuttatják a műholdra. Végül soron tehát a földi vezérlő állomásoktól származnak a frissített, javított pályaadatok, melyek azonban így is hibával terhelték, a műholdak pozíciójának hibája a geodéziában használatos szóhasználat a kerethiba.

A GPS RENDSZER FELÉPÍTÉSE

Napjainkra a legjobban elterjedt és részleteiben leginkább ismert műholdas helymeghatározó rendszer az amerikai NAVSTAR GPS, ezért felépítését ezen keresztül mutatjuk be. A NAVSTAR GPS rendszernek három fő elemét különítjük el: a GPS holdak alrendszerét, a vezérlő alrendszert és a vevőberendezések alrendszerét.

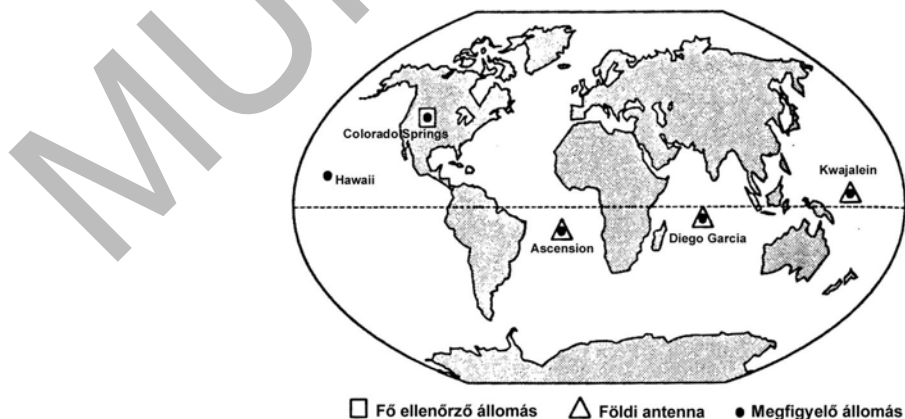
1. A GPS holdak alrendszere

A NAVSTAR GPS holdak számának, pályájának tervezésénél az volt a cél, hogy a Föld bármely pontján, bármely időpontban legalább négy hold legyen észlelhető 15° -kal a horizont felett. A jelenlegi állapot szerint 6 db, a Föld körül 20 200 km-es átlagos magasságban, egymáshoz képest egyenletesen elhelyezhető pályán, pályánként legalább négy hold és további tartalékholdak alkotják a műholdas alrendszert. A tapasztalatok szerint rendszeresen 6–7 hold helyezkedett el 15° -kal a horizont felett hazánkban. A keringési idő közel 12 óra. Naponta négy percet tolódik előbbre időben ugyanaz a műhold-konfiguráció.

A GPS holdak legfontosabb szerkezeti elemei a nagy pontosságú atomórák (cézium, rubidium), amelyek alapfrekvenciája 10,23 MHz. A műholdjelek (PRC és PRN) mellett további navigációs üzenetek érkeznek a Földre, ezek a műhold fedélzeti pályaadatai, a műhold órák korrekciós paraméterei, az összes hold állapotjellemzői (működőképességét) és az összes hold, közelítő (durva) pályaadatai. A durva pályaadatok az almanach adatok.

2. A vezérlő alrendszer

A vezérlő egy főállomásból (Colorado Springsben) és kb. tíz monitor állomásból áll. A monitor állomások az Egyenlítő mentén helyezkednek el, egyenletesen telepítve, amerikai katonai támaszponton. A monitor állomások olyan, a WGS84 koordináta-rendszerben ismert pontokon telepített GPS vevők, ahol folyamatos észlelés folyik, majd ezekből határozzák meg a műholdpályák adatait és előre jelzett értékeit.



3. ábra. A vezérlő alrendszer

3. A felhasználói alrendszer

A felhasználói alrendszer az a sok százezer GPS vevő, amely ma szerte a világon működik és számuk egyre növekszik. Mint már jeleztük, korlátlan számú vevőberendezés működhet, hiszen a mérés „egyutas” jelvétenen alapszik. A felhasználó számára a rendszer használata ingyenes. A vevőberendezések csoportosítása többféle szempont alapján lehetséges. A legkézenfekvőbb a pontossági kategóriába sorolás. Eszerint megkülönböztetünk **navigációs vevőket** (100 m-es pontosság), **térinformatikai vevőket** (méteres pontosság) és **geodéziai vevőket** (cm-es pontosság). A vevőcsatorna száma azt mutatja meg, hogy egyidejűleg hány műhold vételére alkalmas. A csatornaszám 6–12 között alakul, de ennél több is lehetséges (például a GLONASS vétel céljából). A geodéziai vevő lehet egy- vagy kétfrekvenciás.

A GPS MÉRÉS PONTOSSÁGÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

A GPS mérés pontosságát leginkább befolyásoló tényező a **földi légkör torzító hatása**. Az elektromágneses jel 20 000 km-ről érkezik, áthalad a felső légkör Földünkől 500–1000 km-re lévő szakaszán, az ionoszférán, majd az alsó 10 km-es légtérben, az ún. troposzférán. A fény sebességének állandó értéke csak a vákuumra igaz; a légkör késleltető hatással van a GPS jelre. Minél inkább horizonthoz közeli holdról van szó, annál vastagabb ez a légréteg, annál erősebb a torzító hatás. Ezért van az, hogy a 10–15°-os magassági szög alatt észlelhető holdakat általában kihagyjuk a feldolgozásból, vagy már a mérésnél sem rögzítjük. Az ionoszférában a napsugárzás hatására az ottani gázok atomjai ionizált állapotba kerülnek, elektromos töltéssel rendelkeznek. Az elektromágneses sugárzás itt késleltetést szenved, megváltozik a frekvenciája. Ennek távolságra gyakorolt hatása 50–100 méteres nagyságrendű is lehet. E hatás függ a napszaktól, az évszaktól és a napfolt-tevékenységtől. Az ionoszférikus hatás *kiküszöbölésének* egyik *módja* a modellezés (például a Nap magassági szöge alapján vagy a tapasztalati, tipikus adatok figyelembevételével). A modell-paraméterek azonban csak a tipizált, átlagos körülményekre érvényesek, de nem felelnek meg pontosan a tényleges állapotoknak. A másik lehetőség az, hogy két frekvencián mérünk egyidejűleg, mivel a hatás frekvenciafüggő. Ez a kiküszöbölő eljárás csak kétfrekvenciás, drágább vevőkkel lehetséges, az egyszerű navigációs vevőkkel nem. A traszferikus hatás kisebb, méteres nagyságrendű és szintén modellezhető.

A második hibajelenség a **többutas terjedés (multipath)**, azt jelenti, hogy nem közvetlenül a műholdról érkező jelet érzékeli a vevő, hanem egy közeli nagyobb visszaverő-felületről visszavert jelet. Ez elsősorban a nagy pontosságú méréseket érintő probléma: ilyenkor tányérantennát vagy körgyűrűs (choke ring) antennát használnak a nem kívánt jelek elnyelésére.

A harmadik hibajelenség a **műhold-geometria**. Ez a mérési helyzet geometriai elrendezését annak hatását jelenti, azaz a vevő és az észlelt műholdak a térben egymáshoz viszonyítva hogyan helyezkednek el, milyen az új pontnál metsződő meghatározó irányok egymással bezárt szöge. „Erős” a geometria, ha az égbolt minden irányában, egyenletesen vannak „adott pontok”, és „gyenge” a geometria, ha a műholdak „egy csomóban” helyezkednek el. A geometriának ezt a hatását, „erősségét”, matematikai úton egy ún. DOP értékkel lehet kifejezni (DOP=Dilution of Precision, a pontosság hígulása). Minél kisebb ez a DOP érték, annál jobb a geometria. A GDOP érték a térbeli helyzet és az idő együttes hatását jelöli, a HDOP a vízszintes helyzetre, a VDOP a magassági helyzetre utaló szorzószám. Minél több (6–8–10) műhold észlelhető, annál kevésbé van szükség a geometria figyelésére, mert az egyenletes műhold-konstelláció miatt automatikusan javul a DOP érték is. Ideális a 2–4 közötti GDOP érték.

A GPS MÉRÉSEK FAJTÁI

1. A GPS mérésekkel kapcsolatos fogalmak

Az egyetlen GPS vevővel végzett távolságmérést **abszolút helymeghatározásnak** nevezünk. **Relatív helymeghatározásról** beszélünk, amikor a mérés feldolgozásához két, egyidejűleg mérő vevő adatait használjuk fel. Ilyenkor a feldolgozás eredménye a két pont közötti térbeli vektor három összetevője lesz a WGS84 koordináta-rendszerben. A vektor azon végpontját, amelyhez viszonyítva határozzuk meg a térben a másik végpontot, referenciapontnak nevezzük, az ott felállított műszert pedig referenciavevőnek vagy referencia-állomásnak.

A **mérés kiértékelése** lehet **valós idejű** (real time) vagy **utólagos feldolgozású** (post processing). Ha a műszernek van kijelzője, ill. ellenőrző egysége, akkor másodpercenként látjuk a pillanatnyi pozíciókat – a földrajzi ellipszoidi koordinátákat – a WGS-84 koordináta-rendszerben. A **real time feldolgozás** alatt azt értjük, hogy a relatív módszerrel (két vevővel egyidejűleg) végzett mérés során is szinte rögtön, elhanyagolhatóan rövid idő elteltével kapjuk meg a pozíciókat.

A szakmai nyelvezetben nem teljesen egyértelmű a relatív és a differenciális GPS mérések használata. Az egyik felfogás szerint a relatív és a differenciális szavak jelentése ugyanaz. Ha egyidejűleg két vevővel mérünk, akkor a számítás a mérésekből végzett különbségeken (differenciákon) alapul és eredményként a két pont közötti különbség-vektort (relatív térbeli helyzetet) kapjuk meg. A másik felfogás szerint differenciális GPS (DGPS) technikán olyan valós idejű, relatív GPS módszert értünk, amikor (elsősorban) kódmerést dolgozunk fel és nem magunk biztosítjuk az ismert ponton mérő vevő üzemeltetését, hanem a referencia-állomás adatait szolgáltatásként átvesszük.

A GPS mérés fontos jellemzője, hogy mozgás közben is végezhető, nemcsak álló helyzetben. A **statikus mérés** során a vevők mozdulatlanok, legalábbis a Földhöz, a koordináta-rendszerhez képest. **Kinematikus mérés**kor a vevő mozog. Relatív kinematikus pontmeghatározást úgy végzünk, hogy a referenciavevő (álló vevő) egy ismert ponton áll, miközben a másik vevő (mozgó vevő) vándorol, mozog (rover). Ha valós időben végzünk fázisméréseken alapuló kinematikus mérést, akkor azt RTK-nak nevezzük (RTK=Real Time Kinematic).

2. Navigációs mérés

A navigációs helymeghatározás esetén a mérést egyetlen vevővel végezzük, abból a célból, hogy pillanatnyi helyzetünket meghatározzuk, vagy egy elérendő célponthoz eljussunk. A kézi navigációs vevők zsebszámológép nagyságúak, az antenna és a tápegység a műszerbe épített. A kijelzés elsődlegesen földrajzi ellipszoidi koordináták formájában történik, de lehetséges különböző vetületi rendszerek és különböző típusú transzformációs paraméter készletek beállítása is. Megoldható, hogy EOVS vagy Gauss-Krüger rendszerű síkkoordinátákat lássunk a kijelzőn. A navigáció lényegéhez tartozik, hogy a felkeresendő pontok koordinátáit (waypoints), és a bejárandó útvonal-pontokat előre tudjuk tárolni a memóriában. A pillanatnyi pozíció megjeleníthető egy digitális térképen.

3. A differenciális GPS (DGPS)

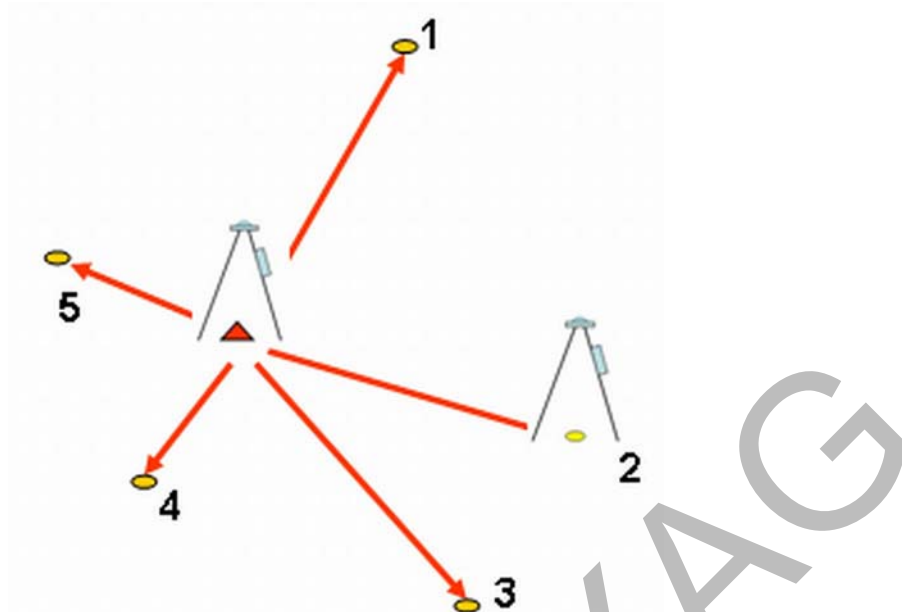
A DGPS alatt olyan valós idejű, relatív, kód-, vagy fázismérést felhasználó rendszert értünk, amelyben a referencia-állomás adatait szolgáltatásként tudjuk fogni valamilyen kommunikációs csatornán. A DGPS esetén a referencia-állomás az egyes műholdakra mért (kód- és fázis) távolságok korrekcióját és azok változásait sugározza. Korrekció alatt a mért távolság és a térbeli koordinátákból számított távolságok különbségét (koordináta különbségeket) értjük. A mozgó vevő ezekkel a korrekciókkal megjavítja saját méréseit és így számítja helyzetét. A korrekciós adatok sugárzásának késési ideje természetesen rontja a pontosságot. A folyamatosan üzemelő korrekciós állomásokat sugárzó referenciaállomásokat **permanens állomásoknak**, ezek **úgynevezett aktív hálózatot alkotnak**. Az aktív állomások adatait természetesen tárolják, azokat utófeldolgozáshoz is szolgáltatják térítés ellenében. Egy DGPS állomás akárhány felhasználót kiszolgálhat, ha a vételi lehetőségek biztosítottak.

4. Statikus GPS mérés

A statikus mérések célja az egymáshoz képest mozdulatlan helyzetű vevők közötti térbeli vektor-összetevők meghatározása fázisméréssel. Ha két vevő észlel egyidejűleg, akkor az egyetlen vektort jelent, három szinkronban mérő vevő 3 db vektor, négy vevő 6 vektor, öt vevő 10 vektor számítását teszi lehetővé. Minél több vevő összehangolt mérését biztosítjuk, annál több fölös adattal rendelkezünk, annál szilárdabb hálózatot hozunk létre. A mérés gazdaságossága is javul. Azt az időtartamot, amíg szinkronban, megszakítás nélkül, ugyanazon pontokra telepítve végzünk észlelést, mérési periódusnak vagy periódusidőnek nevezzük. A térbeli vektorokból ezután térbeli hálózat hozható létre, amely hálózat az adott pontok megkötésével kiegyenlíthető. Statikus méréssel több tíz, több száz, vagy ezer km hosszú vektorok is mérhetők cm pontossággal. Az elvi korlátot az a feltétel jelenti, hogy ugyanazon holdakra legyen biztosítva az észlelés, mindkét végpontról. Gyakorlati korlátot jelent azonban, hogy minél hosszabb a vektor, és minél inkább szélső pontosságra törekszünk, annál hosszabb ideig kell mérni. A 15 km-nél rövidebb vektorok néhányszor 10 perces időtartamú meghatározására alkalmas eljárást gyors statikus mérésnek nevezzük. A statikus mérések, eljárások között megemlíthető még az ún. visszatérési eljárás is, ami lényegében ugyanazon vektor kétszeri mérését jelenti eltérő időpontban, de együttes számítással.

Gyors statikus mérés OGPSH adott pontokra támaszkodva

A felmérési alappontok sűrítésére ajánlott egyik méréstípus az OGPSH pontokra támaszkodó gyors statikus mérés. Az 1990-es évek közepétől szinte kizárólagosan alkalmazták a földi újfelméréssel készített térképek felmérési alappont-hálózatának kialakításánál. Az OGPSH pontokhoz való csatlakozás egyrészt biztosítja a térbeli vonatkoztatási rendszert és ellenőrzési lehetőséget, másrészt megkönnyíti a transzformációt.



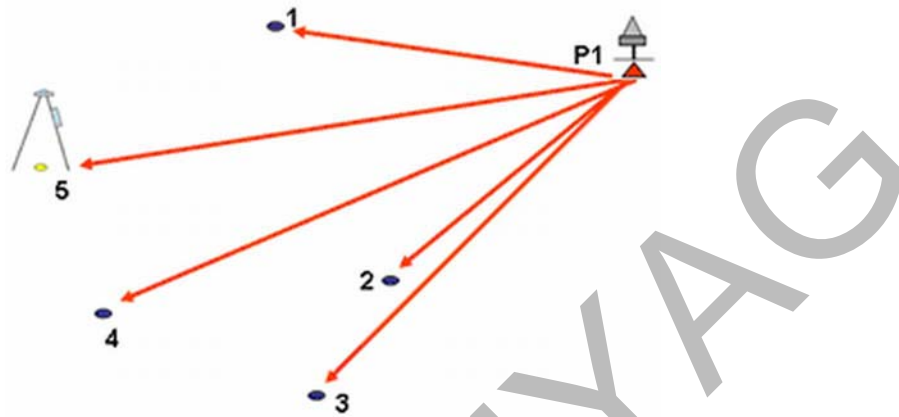
4. ábra. Gyors statikus mérés szimbolikus ábrázolása; referencia: OGPSH pont²

Feladatunk, hogy öt darab új felmérési alappontot kell meghatároznunk és két GNSS vevő áll rendelkezésünkre. Poláris elrendezésnél a referenciavevőt egy OGPSH ponton állítjuk fel, amely addig marad ott (folyamatosan, általában 15 másodpercenként rögzítve az adatokat), amíg a másik vevővel mind az öt új ponton nem fejeztük be a mérést, természetesen a vevő őrzéséről, folyamatos tápellátásáról gondoskodni kell. A másik vevővel sorra elmegyünk a mérendő pontokra. Hogy mennyi ideig kell ott mérni, azt elsősorban a vevő egy- vagy kétfrekvenciás volta, a vektor hossza és az észlelhető műholdak száma határozza meg. Mivel 15 km-nél hosszabb vektorok mérésére az OGPSH-ban nincs szükség, a mérési periódus időtartama 10–30 perc lehet. Az ábrán a referenciaponttól az új pontokra mutató vektorokat jelzik, hogy relatív helymeghatározás történik, az adott pontról az új pontra mutató vektorok három összetevőjét határozzuk meg a mérés eredményeként. Ezért nevezhetjük az így meghatározott pontot akár térbeli poláris pontnak is, ha össze akarjuk hasonlítani a síkon (az EOVS vetületen) mérőállomással végzett poláris felméréssel. Végeredményként az új pontok koordinátáit a GPS hazai koordináta-rendszerében kapjuk meg, aminek ETRS89 a rövidítése. Az ETRS89 (röviden: GPS) koordinátákat ezután rendszerint lokális transzformációval számítjuk át az EOVS/Balti rendszerbe. A lokális transzformációhoz a munkaterület 15–20 km-es körzetében elsősorban OGPSH pontokat célszerű választani, hiszen ezek mindkét rendszerbeli koordinátái rendelkezésre állnak.

. Gyors statikus mérés permanens állomások bevonásával

² Dr. Busics György, Dr Engler Péter, Guszlev Antal, Dr. Jancsó Tamás: Digitális adatgyűjtési technológiák, FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest, 2009.

A mérés és feldolgozás tekintetében nincs lényeges különbség az előző technológiához képest, de ebben az esetben az OGPSH pontok helyett a permanens állomásokat használjuk fel referenciapontként. Nem nekünk kell a referenciavevőt telepíteni, hanem ezt szolgáltatásként kapjuk referenciapontként. Így nem kell saját referenciapontot üzemeltetnünk, nem kell vevőegységet a referenciapontra szállítani és ott őrizni.



5. ábra. Gyors statikus mérés; referencia: permanens³

5. Kinematikus GPS mérés

A kinematikus mérés célja egy, a WGS84 rendszerben ismert ponton elhelyezett, állóhelyzetben mérő vevőhöz képest a mozgó vevő(k) térbeli koordinátáinak meghatározása, fázisméréssel. Két típusát különböztetjük meg. A **folyamatos kinematikus mérés**nél a mozgó vevő útvonalának meghatározása a cél. Ez lehet például egy gépkocsi nyomvonal terepfelméréskor. A beállított adatrögzítési időköznek (általában néhány másodpercnek) megfelelően kapjuk ilyenkor a pontok térbeli koordinátáit, a pont azonosítása a mérés időpontjával történik. A **Stop and go módszer**nél a mozgó vevővel a terepen megjelölt pontokat keressük fel, ezeken nagyon rövid (2 epocha időtartamú) mérést végzünk és rögzítjük a pontszámot. Diszkrét pontokat mérünk tehát, amelyek azonosítója a pontszám. Minden kinematikus mérésnél lényeges, hogy a jelvétele folyamatos legyen, ne következzen be úgynevezett ciklusvesztés. Pontosabban szólva a ciklusvesztés megengedett, azonban minden időpontban legyen legalább négy (de inkább több) hold észlelhető. Mivel cm-es pontossági igényű mérésről van szó, amely fázisméréseken alapszik, szükség van a mérés kezdetén (a műholddal való kapcsolat pillanatában) az egész periódusok számának az ismeretére, ezt a műveletet inicializálásnak nevezzük.

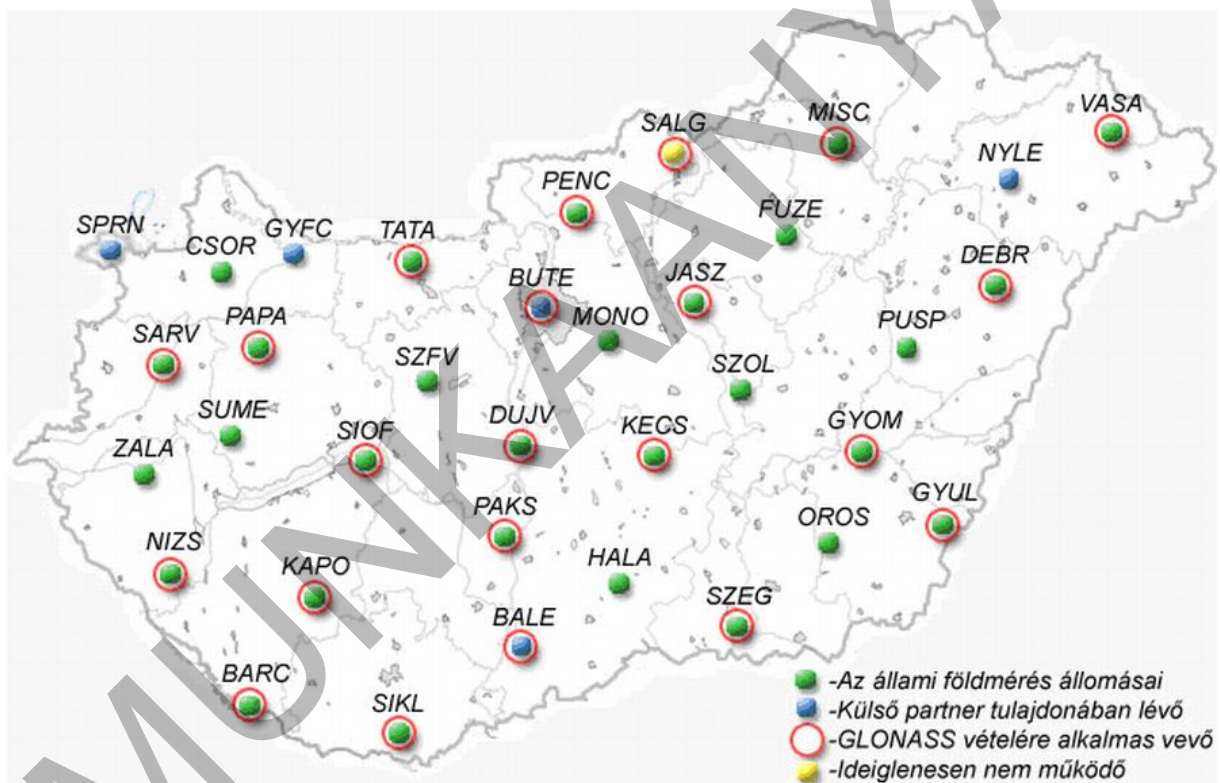
³ Dr. Busics György, Dr Engler Péter, Guszlev Antal, Dr. Jancsó Tamás: Digitális adatgyűjtési technológiák, FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest, 2009.

6. Valós idejű, kinematikus GPS mérés (RTK)

Az RTK (Real Time Kinematic) módszer csak abban tér el az előbb tárgyalt kinematikus módszertől, hogy a méréssel egyidőben a feldolgozás is megtörténik. Ezt a referenciavevőnél elhelyezett rádióadó biztosítja, amely a teljes mérési anyagot továbbítja a mozgó vevő felé, amely a számítást valós időben elvégzi. Nagy előny, hogy a mérés „jóságáról”, megbízhatóságáról a méréssel egyidejűleg van információnk. Továbbá lehetőségünk adódik a cm pontosságú kitűzésre.

A HAZAI AKTÍV GNSS HÁLÓZAT

Már érintettük az aktív, permanens hálózatokat, mint a földi kiegészítő rendszerek egyik a geodéziai műszaki gyakorlatban nagyon eredményesen használható elemei. Hazánkban is létezik aktív GNSS hálózat, melynek adatai a gnssnet.hu honlapon megtalálhatók.



6. ábra. A magyar aktív hálózat⁴

⁴ Forrás: www.gnssnet.hu 2010.07.03.

A magyar aktív GNSS hálózat kialakításánál, az optimális állomás-távolság meghatározásánál gyakorlati szempontokból indultak ki, amely elemzés eredményeként kezdetben egy 12 állomásból álló hálózatot terveztek létrehozni az állami földügyi szolgálat keretében. A 12 állomás telepítéséhez többnyire földhivatali épületeket választottak ki úgy, hogy átlagosan 50 km-es bázistávolsággal lefedjék az ország egész területét. Az aktív hálózat első állomása a penci Kozmikus Geodéziai Observatóriumban létesült 1996-ban, s azóta az EPN részét képezi, nemcsak egyszerű állomásként, hanem analízis központként is. A többi állomás telepítése viszonylag hosszú időt vett igénybe és közben a koncepció is módosult. 2002-ben 3 (a BME saját állomásával 4) állomás volt része a hálózatnak, míg 2004-ben 6 (7). Az ország teljes lefedettsége az eredeti tervekhez képest lényegesen sűrűbb hálózattal végül is 2008-ban valósult meg. Ekkor szlovák és osztrák állomásokkal is folyt adatcsere. A hazai aktív hálózat alapvetően kétféle szolgáltatást nyújt: nyers mérési adatokat utófeldolgozáshoz és valós idejű (real-time) adatokat.

A GNSS VEVŐK, ÉS TARTOZÉKAIK

A földmérési műszaki gyakorlatban a geodéziai vevőkkel tipikusan cm-es pontosságú helymeghatározást kívánunk végezni, ezt relatív helymeghatározással és fázisméréssel lehet elérni. A feladat elvégezhető utófeldolgozással, régebben ez volt a jellemző, napjainkban a valós-idejű technológiák válnak meghatározóvá. A valós idejű méréshez vagy magunk biztosítunk referenciavevőt (autonóm megoldás) vagy pedig GNSS infrastruktúrára épített szolgáltatást veszünk igénybe. A geodéziai vevő részei: vevőantenna, jelvételi és feldolgozó egység, kijelző egység, akkumulátor.



7. ábra GPS műszerállványon⁵

⁵ Forrás: www.leica.hu 2010.07.11.



8. ábra. GPS műszerállványon⁶

A geodéziai vevő lehet egy- vagy kétfrekvenciás. A nagy pontosságú méréseket **műszerállványra** helyezett vevővel végezzük, az **antenna** kialakítása is rendszerint különleges. A mozgás közbeni méréseket **rúdon elhelyezett antennával** végezzük. Ilyenkor lehet „minden a boton” megoldás, vagyis az antennatartó rúdon rögzíthető a kijelző egység, vevőegység és akkumulátor is.

⁶ Forrás: www.navicom.hu 2010.07.11.



9. ábra. "Minden a boton"⁷

A hátizsákos megoldásnál az antennán és kijelző egységen kívüli elemeket hátizsákban szállítjuk, könnyebbé téve az antenna cipelését. Vannak olyan ún. dobozvevők, amelyek csak indítógombbal rendelkeznek, nincs kijelző egységük. Az ilyen geodéziai vevőket csak statikus mérésre lehet használni, amikor a kiegészítő adatokat papíron kell rögzíteni.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

A szakmai információtartalom áttanulmányozása után, Ön feltehetően megértette a műholdas helymeghatározás lényegét, de mérni, eszközt és módszert választani biztonsággal még nem tud.

Javasoljuk első gyakorlatként:

⁷ Forrás: www.leica. hu 2010.07.11.

- szakképző intézményében, vagy munkahelyén, szaktanárával, szakmai felettesével, mentorával egyeztetve kérje el, egy geodéziai pontosságú GPS kezelési útmutatóját, és azt gondosan olvassa el,
- állítsa fel mérőpályán, terepen egy ismert ponton (melynek OGPSH koordinátái is ismertek), műszerállványra geodéziai pontosságú GPS eszközt, melynek kezelési útmutatóját áttanulmányozta,
- végezzen helymeghatározást GPS vevőkészülékkel, bátran kérjen segítséget szaktanárától, szakmai felettesétől, mentorától,
- értelmezze a kapott eredményeket, azok pontosságát, hasonlítsa össze mért eredményeit a pont koordinátaival,
- gyakorolja 8–10 új pont meghatározásával a terepi mérést, adatrögzítést.

Második gyakorlatként:

- Interneten keresse meg gnssnet.hu honlapot, és tanulmányozza az aktív hálózat adataihoz való hozzáférést, ebben a fázisban is kérjen segítséget szaktanárától, szakmai felettesétől, mentorától.

Most már a megismert földi vevőeszköz és az aktív hálózat ismeretében dönthet arról, hogy feladatát gyors statikus méréssel OGPSH pontokra támaszkodva, vagy permanens állomások bevonásával kívánja elvégezni. A munkacsoport összeállítását is megtervezheti.

Természetesen további lehetőségei is vannak arra, hogy felmérési alappontok koordinátáit meghatározza műholdas helymeghatározó rendszerrel. Ehhez az alapokat Dr. Busics György, Dr Engler Péter, Guszlev Antal, Dr. Jancsó Tamás: Digitális adatgyűjtési technológiák, FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest, 2009. a földmérő, térképész és térinformatikai szakképzés számára készített tankönyv, Dr. Busics György által írt I. fejezete alapján, szerezheti meg.

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat: Egy-egy mondatban írja le az alábbi betűszavak, elnevezések magyar jelentését! (3 pont)

NAVSTAR GPS: _____

GNSS: _____

GALILEO: _____

2. feladat: Mutassa be a térbeli ívmetszés megoldását, és magyarázza meg miért egyértelmű GPS meghatározásnál a földfelszíni megoldás! (3 pont)

Kettő gömb metszése: _____

A harmadik gömb metszése az első két gömb közös tartományával: _____

A GPS földfelszíni pontja a valódi megoldás, mert: _____

3. Egészítse ki az alábbi hiányos mondatot a műhold és a földfelszíni pont távolságának meghatározásáról! (8 pont)

A fizikából ismert alapképlet a sebesség egyenlő,

..... A fizikai távmérés esetén ismerjük

.....

.....

.....

.....

A műhold és a vevő órájának ugyanabban az időrendszerben kell nagy pontossággal járnia. A műholdakon

..... helyeznek el, amelyeknél 300 ezer évenként várható egy másodperces

késés vagy sietés. Továbbá a műhold-órák pontosságának fokozására

..... A műholdak órái egy földi vezérlésű, egyenletes, nagy pontosságú

időskálát megvalósító atomidő-rendszerben járnak,

A vevőknek olcsónak,

kicsinek és gazdaságosan kezelhetőnek kell lennie, ezért nem törekednek a vevő órájának szinkronizálására,

megelégednek egy pontatlan órával, melynek így lesz egy

A vevő órahibáját

.....

4, Mutassa be röviden mit ért műhold-geometria alatt? (3 pont)

.....

.....

.....

5, Egészítse ki az alábbi hiányos mondatot! (3 pont)

A mérés kiértékelése lehetvagy
..... A
.....**feldolgozás** alatt azt értjük, hogy a relatív módszerrel (két vevővel egyidejűleg)
végzett méréskor is szinte rögtön, megkapjuk a pozíciókat

MUNKANYAG

MEGOLDÁSOK

1. feladat: Egy-egy mondatban írja le az alábbi betűszavak, elnevezések magyar jelentését! (3 pont)

NAVSTAR GPS: az USA védelmi minisztériuma által üzemeltetett máig a legsikeresebb és a polgári életben is legjobban elterjedt GNSS rendszer

GNSS: globális navigációs műholdas rendszer

GALILEO: európai polgári felügyelet alatt álló GNSS rendszer

2. feladat: Mutassa be a térbeli ívmetszés megoldását, és magyarázza meg miért egyértelmű GPS meghatározásnál a földfelszíni megoldás! (3 pont)

Kettő gömb metszése: egy kör

A harmadik gömb metszése az első két gömb közös tartományával: kettő pont

A GPS földfelszíni pontja a valódi megoldás, mert: az A, B, C pontok a Földfelszíntől (a valódi megoldástól) több 20 000 km-es távolságban vannak tehát a sugarak hossza is több mint 20 000 km, így a két geometriai megoldásból rögtön kizárható az, amelyik a világűrben elhelyezkedő pontot jelentené.

3. Egészítse ki az alábbi hiányos mondatot a műhold és a földfelszíni pont távolságának meghatározásáról! (8 pont)

A fizikából ismert alapképlet a sebesség egyenlő, a megtett út (távolság) és út megtételéhez szükséges idő hányadosával. A fizikai távmérés esetén ismerjük a sebességet: az elektromágneses sugárzás, amelyet műholdról indítanak, a fény terjedési-sebességével ($c = 300\,000\text{ km/sec}$) halad. Ha sikerül megmérni a jel terjedési idejét (τ), akkor a megtett út (D) számítható: $D = c \times \tau$.

A műhold és a vevő órájának ugyanabban az időrendszerben kell nagy pontossággal járnia. A műholdakon nagy pontosságú atomórákat helyeznek el, amelyeknél 300 ezer évenként várható egy másodperces késés vagy sietés. Továbbá a műhold-órák pontosságának fokozására szinkronizálják a földi időrendszerrel. A műholdak órái egy földi vezérlésű, egyenletes, nagy pontosságú időskálát megvalósító atomidő-rendszerben járnak, ez a GPS idő. A vevőnek olcsónak, kicsinek és gazdaságosan kezelhetőnek kell lennie, ezért nem törekednek a vevő órájának szinkronizálására, megelégednek egy pontatlan órával, melynek így lesz egy órahibája. A vevő órahibáját négy műhold egyidejű észlelése alapján számítással meg lehet határozni.

4, Mutassa be röviden mit ért műhold-geometria alatt? (3 pont)

Ez a mérési helyzet geometriai elrendezését annak hatását jelenti, azaz a vevő és az észlelt műholdak a térben egymáshoz viszonyítva hogyan helyezkednek el, milyen az új pontnál metsződő meghatározó irányok egymással bezárt szöge. „Erős” a geometria, ha az égbolt minden irányában, egyenletesen vannak „adott pontok”, és „gyenge” a geometria, ha a műholdak „egy csomóban” helyezkednek el. A geometriának ezt a hatását, „erősségét”, matematikai úton egy ún. DOP értékkel lehet kifejezni (DOP=Dilution of Precision, a pontosság hígulása). Minél kisebb ez a DOP érték, annál jobb a geometria.

5, Egészítse ki az alábbi hiányos mondatot! (5 pont)

A mérés kiértékelése lehet valós idejű (real time) vagy utólagos feldolgozású. A real time feldolgozás alatt azt értjük, hogy a relatív módszerrel (két vevővel egyidejűleg) végzett méréskor is szinte rögtön, megkapjuk a pozíciókat.

MUNKANYELV

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Dr. Borza Tibor, Gerő András, Mohos Zoltán, Szentpéteri László: GPS mindenkinek, Sztrato Kft., Budapest

Dr. Busics György, Dr Engler Péter, Guszlev Antal, Dr. Jancsó Tamás: Gigitális adatgyűjtési technológiák, FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest, 2009.

AJÁNLOTT IRODALOM

gnssnet.hu honlap

47/2010. (IV. 27.) FVM rendelet A globális műholdas helymeghatározó rendszerek alkalmazásával végzett pontmeghatározások végrehajtásáról, dokumentálásáról, ellenőrzéséről, vizsgálatáról és átvételéről

A(z) 2246–06 modul 008–as szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
54 581 01 0010 54 01	Földmérő és térinformatikai technikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
16 óra

MUNKANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1-2008-0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet

1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210-1065, Fax: (1) 210-1063

Felelős kiadó:

Nagy László főigazgató