

Geodézia 7.

**Térbeli helymeghatározás navigációs
műholdrendszerrelTarsoly**

Tarsoly, Péter

Geodézia 7.: Térbeli helymeghatározás navigációs műholdrendszerrelTarsoly

Tarsoly, Péter

Lektor: Homolya, András

Ez a modul a TÁMOP - 4.1.2-08/1/A-2009-0027 „Tananyagfejlesztéssel a GEO-ért” projekt keretében készült. A projektet az Európai Unió és a Magyar Állam 44 706 488 Ft összegben támogatta.

v 1.0

Publication date 2010

Szerzői jog © 2010 Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar

Kivonat

Ez a modul a navigációs és térinformatikai célú műholdas helymeghatározás alapjait, az abszolút helymeghatározást valamint annak alkalmazási területeit tárgyalja.

Jelen szellemi terméket a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény védi. Egészének vagy részeinek másolása, felhasználás kizárólag a szerző írásos engedélyével lehetséges.

Tartalom

7. Térbeli helymeghatározás navigációs műholdrendszerrelTarsoly	1
1. 7.1 Bevezetés	1
2. 7.2 Térbeli helymeghatározás navigációs műholdrendszerrel	1
3. 7.3 A hely-, sebesség- és az időmeghatározás elve	2
4. 7.4 A GPS-rendszer kialakulása és felépítése	3
5. 7.5 Abszolút helymeghatározás	5
6. 7.6 Navigációs vevőkészülékek	7
7. 7.7 Az abszolút helymeghatározás alkalmazási területei	9
7.1. 7.7.1 Lakossági célú felhasználás	9
7.2. 7.7.2 Üzleti célú felhasználás	10
7.3. 7.7.3 Közcélú felhasználások	12
8. 7.8 Összefoglalás	13

7. fejezet - Térbeli helymeghatározás navigációs műholdrendszerrel

Tarsoly

1. 7.1 Bevezetés

Ebben a modulban Ön megismerkedik a műholdas helymeghatározás alapjaival, a hely- sebesség- és időmeghatározás elvével, a GNSS-rendszerek kialakulásával és felépítésével.

A modul részletesen tárgyalja a navigációs és térinformatikai célú műholdas helymeghatározás alapjait, az abszolút helymeghatározás elvét, valamint az alkalmazási területeit.

Ebből a modulból az olvasó megismerheti:

- a műholdas helymeghatározás alapfogalmait
- a GNSS-rendszerek kialakulását és felépítését
- az abszolút helymeghatározás alapjait
- a navigációs és térinformatikai célú műholdas helymeghatározás alkalmazási területeit.

A modul elsajátítása után képes lesz:

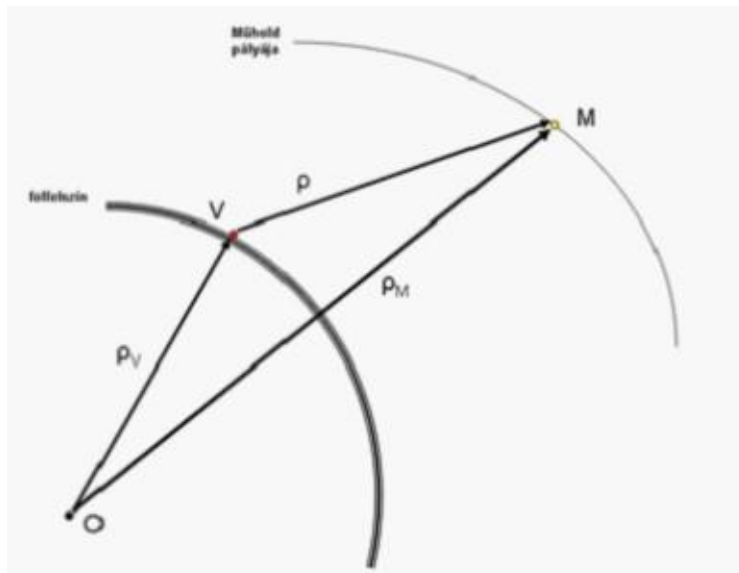
- eligazodni a műholdas helymeghatározás alapfogalmai között
- részletesen bemutatni a hely-, sebesség- és az időmeghatározás elvét valamint az abszolút helymeghatározás folyamatát
- bemutatni a navigációs és térinformatikai célú műholdas helymeghatározó eszközök felépítését és működésének alapjait
- átfogóan bemutatni a navigációs és térinformatikai célú műholdas helymeghatározás alkalmazási területeit

2. 7.2 Térbeli helymeghatározás navigációs műholdrendszerrel

A mai geodéziai gyakorlatban egyre fontosabb szerep jut a korszerű műholdas helymeghatározó rendszerek alkalmazásának. A geodézia egy dinamikusan fejlődő ágáról van szó, amelyet az **alappontmeghatározásban**, a **részletpontmeghatározásban**, továbbá a terepen való **tájékozódásban** egyaránt felhasználunk. Mindezek a világméretű rendszerek a **Föld körül keringő műholdakból** állnak, amelyek segítségével lehetővé válik a **földfelszín bármely pontján, tetszőleges időpontban az időjárástól függetlenül, gyorsan és megfelelő pontossággal, kis költséggráfordítással a navigációhoz szükséges adatok meghatározása: a pillanatnyi tartózkodási hely, a pillanatnyi sebesség és időpont**. A geodéziai szóhasználatban elterjedt kifejezés, hogyha ilyen globális rendszerre támaszkodva végeznek helymeghatározást, akkor azt mondják, hogy GPS-méréseket végeznek. Ma már óvatosan kell bánnunk ezzel az elnevezéssel, hiszen a GPS (Global Positioning System) csak egy az elérhető műholdas rendszerek közül, ezen kívül még további alapszisztemek és kiegészítő rendszerek is részt vesznek a helymeghatározásban. További műholdas alapszisztemek az **amerikai GPS** rendszeren kívül az **orosz GLONASS**, az európai **GALILEO** vagy a **kínai COMPASS**, kiegészítő **műholdas rendszerek** például az **európai EGNOS** vagy az **amerikai WAAS**, kiegészítő **földi rendszer** például a **magyar aktív hálózat (aktív hálózat alatt a folyamatosan üzemelő, un. permanens állomásokat értjük; ilyen működik például a székesfehérvári GEO tetején)**. Az alapszisztemek és a további kiegészítő rendszerek összességét nevezzük összefoglalóan **GNSS**-nek.(GNSS-Global Navigation Satellite System. A GNSS részletes felépítésével és működésével a *Geodéziai hálózatok* és a *Műholdas helymeghatározás* című tantárgyakban fogunk megismerkedni, ebben a fejezetben a műholdas helymeghatározás alapjait valamint az abszolút helymeghatározás elemeit fogjuk tárgyalni.

3. 7.3 A hely-, sebesség- és az időmeghatározás elve

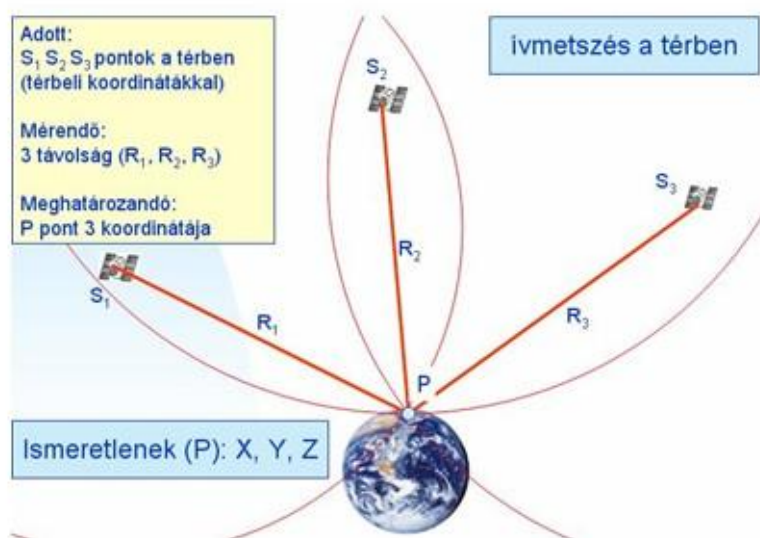
A műholdas helymeghatározó rendszerek a Föld körül pályákon keringő műholdakból állnak. Tekintsük a rendszer egyik műholdját, és képzeljük egy időpillanatig mozdulatlanak. Ekkor létrejön egy olyan **vektorháromszög**, amelynek egyik csúcsa a megfigyelt **M műhold**, a másik csúcsa a **V vevőkészülék**, a harmadik csúcsa, pedig a **Föld O tömegközéppontja**.(7-1. ábra)



7-1. ábra A műholdas helymeghatározás vektorháromszöge

A műhold egy a **geocentrikus koordinátarendszerben** ismert pályán kering, pillanatnyi helyzete tehát, a ρ_M **vektor ismert**. Ha **meghatározzuk** a földi állásponttól a műholdra mutató **p vektor**, akkor **kiszámítható lesz a Föld tömegközéppontjából a földi álláspontra mutató vektor**, azaz ismertté válik **az álláspont helyzete**.

A műholdas helymeghatározásra alkalmas vevőkkel csak a p vektor hossza határozható meg, az iránya nem. A vektort rögzítő további két szögadat meghatározásához még két további távolságot szükséges megmérni, tehát az **egyértelmű helymeghatározáshoz összesen három műholdra szükséges távolságmérést végezni. Ennek a feladatnak a megoldását térbeli ívmetszésnek nevezzük**. Az előző fejezetben megismert síkbeli ívmetszés két kör metszéspontjaként adta meg a keresett pont koordinátáját. A térbeli ívmetszés esetén a keresett pont koordinátáját három gömb metszéspontjaként fogjuk megkapni. (7-2. ábra)



7-2. ábra A térbeli helymeghatározás geometriai alapelve

A **távolság meghatározásához** a vevő a **műhold rádiójelének a futási idejét méri meg**. Az eredmény csak akkor lesz valódi távolság, ha a **műholdak atomórája** és **vevők** egyszerűbb kivitelű **órája** egymáshoz pontosan **szinkronizált**. A pontatlan szinkronizáció miatt a helymeghatározás egyenletrendszerébe egy újabb ismeretlen kerül (az álláspont három geocentrikus koordinátája mellé): a vevő órahibája. A vevő órahibájának meghatározása egy negyedik műholdra való méréssel valósítható meg, így tehát elmondhatjuk, hogy a műholdas rendszerek segítségével történő helymeghatározáshoz, a négy ismeretlen levezetéséhez **egyidejűleg legalább négy műholdra kell méréseket végezni**. A helymeghatározás **pontossága** az alábbi tényezőktől függ:

- a műholdak pálya-adat hibájától
- a távolság-meghatározás hibájától
- a légkör hibájától
- a műholdak geometriai elhelyezkedésétől.

A műholdak geometriai elhelyezkedése befolyásolja a helymeghatározás pontosságát hasonlóan a pontkapcsolásokhoz, ahol az ismert és ismeretlen koordinátájú pontok kölcsönös elhelyezkedése volt befolyással az új pont koordinátájának a pontosságára. A geodéziai szakirodalomban a **műholdak geometriai elhelyezkedését** egy mérőszámmal, az úgynevezett **DOP- értékkel** szokták jellemezni. (DOP-Dilution of Precision, azaz a pontosság „hígulása”) Többféle DOP- érték használatos, közülük a HDOP (Horizontal DOP), amely a vízszintes értelmű koordinátameghatározást jellemzi; a VDOP (Vertical DOP), amely a magassági értelmű koordinátameghatározást jellemzi; továbbá a PDOP (Positional DOP), amely a térbeli koordinátameghatározást jellemzi. A pálya-adatok és a távolság meghatározásának a pontossága különböző mérési és feldolgozási módszerekkel javítható, de a kedvezőtlen műhold-geometria hatása nem. Ez utóbbinak a hatását a **mérés időpontjának a megtervezésével**, kedvező műholdgeometriai időpontban történő végrehajtásával lehet csökkenteni.

A navigáció egyik meghatározó adatának, a pillanatnyi helyzetnek a meghatározása tehát a térbeli ívmetszés feladatának a megoldásával megvalósítható. A második adat, a **sebesség meghatározás** azon alapul, hogy a műhold és a vevő kölcsönös mozgása miatt a műhold által sugárzott rádióhullámok frekvenciája a **Doppler-hatással** terhelten jut a vevőbe. A vevő által megmért frekvencia különbségből kiszámítható a műhold és a vevő kölcsönös sebessége, így lényegében a vevőantenna mozgási sebessége is. Az **időpont** meghatározása a **vevő órahibájának** a meghatározásával történik. Az észlelés ideje alatt rádiókapcsolat útján a műhold vezérli a vevő óráját.

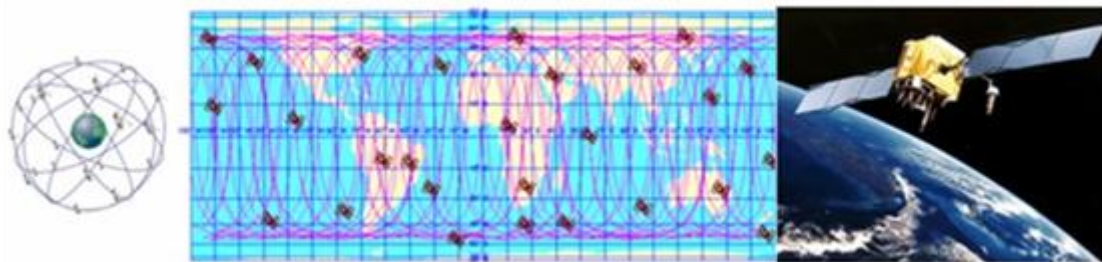
A további alfejezetekben az abszolút helymeghatározással és a műholdas navigációval fogunk foglalkozni, amely elsődlegesen az amerikai GPS-rendszerre támaszkodik. Ismerkedjünk meg tehát a GPS-rendszer kialakulásával és felépítésével.

4. 7.4 A GPS-rendszer kialakulása és felépítése

A **NAVSTAR GPS** (NAVigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System- globális helymeghatározó rendszer navigációs műholdakkal idő- és távolságmeghatározás útján) elvét az **Egyesült Államokban** dolgozták ki katonai navigációs célokra, 1973-ban. Az első műhold fellövésére 1978-ban került sor, a rendszer teljes kiépítése 1995-ben valósult meg. A GPS rendszer a felhasználó helyzetét **távolságmérés** alapján határozza meg. A távolságmérés mind **időméréses**, mind **fázisméréses távolságmérés** elvén lehetséges. A rendszer lényegében egy egyutas megoldásként működik, hiszen a műholdról kibocsátott jelek csak egy irányban kell, hogy befussák a megméréendő távolságot. A működés alapfeltétele az idő igen pontos mérése és a Föld körüli pályán keringő műholdak helyzetének pontos ismerete. A technikai és technológia fejlődése éppen a múlt század 80-as, 90-es éveiben tette lehetővé, hogy e két feltételt egyszerre teljesíteni lehessen.

A rendszer legfontosabb jellemzőit az alábbiakban foglalhatjuk össze:

- A GPS rendszerben ismert helyzetű Föld körüli pályákon keringő műholdak navigációs adatokat tartalmazó jeleket sugároznak a Föld felszíne felé. (7-3. ábra) A földi vevőkészülék ezeknek a jeleknek a mérési adataiból, illetve az általuk szállított információk feldolgozásából meghatározza a saját helyzetét. A rendszer tehát aktív műholdakkal és passzív földi vevőkészülékkel működik.

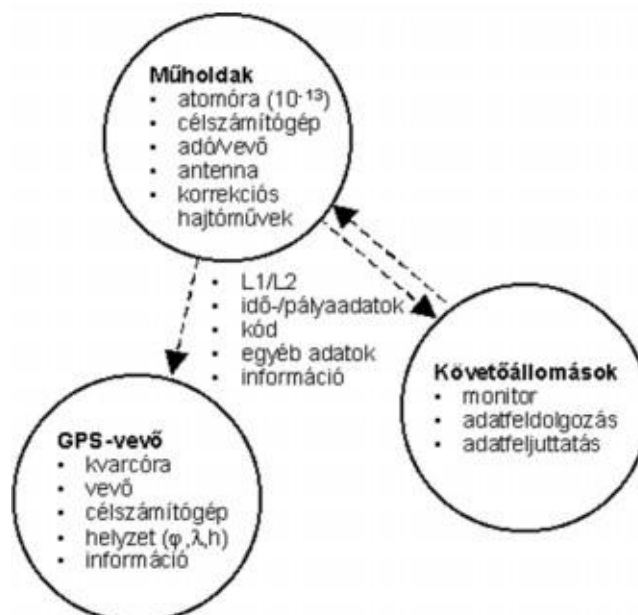


7-3. ábra A GPS-műholdak elhelyezkedése és egy GPS-műhold a Föld körüli pályán

- A GPS rendszer működéséhez feltétlenül szükséges az, hogy a vevőkészülék antennája és a műholdak között ne legyen akadály, ez azt jelenti, hogy a GPS rendszer csak olyan helyen alkalmas helymeghatározásra, ahol az égboltra való – a használt frekvenciájú rádióhullám szempontjából – szabad rálátás biztosított.
- A GPS rendszer működésének alapfeltétele az időmérés pontossága. Minden műholdon igen pontos cézium és rubídium atomórák találhatók, melyek abszolút pontossága eléri a 10^{-13} - 10^{-14} értéket. Ez azt jelenti, hogy egy ilyen pontosságú óra kb. 300.000 – 3.000.000 év alatt késik vagy siet egyetlen másodpercet.
- A GPS műholdak jele navigációs adatokat tartalmaz, melyek a vevőkészüléket tájékoztatják a műhold aktuális helyzetéről és a műholdon mérhető pontos időről. A rendszer minden műholdja szinkronizáltan működik, azaz óráik pontosan össze vannak hangolva, és jeleiket is pontosan azonos időben küldik a vevő felé. A távolságot a vevő időmérésre visszavezetett távolságméréssel határozza meg. Méri a jel érkezési idejét, és – ismerve a jel kiindulásának időpontját – a jelterjedési idő kiszámítása után a fénysebesség ismeretében meghatározza a műhold és a vevőkészülék távolságát.

A GPS rendszer három alapvető alrendszerből épül fel (7-4. ábra):

- **a műholdak alrendszere,**
- **a földi követőállomások alrendszere**
- **a felhasználói alrendszer (vevőkészülékek és szolgáltatások).**



7-4. ábra A GPS-rendszer három alrendszere

A műholdak alrendszere teljes kiépítésben 24 műholdat tartalmaz, azonban jelenleg ténylegesen 31 műhold lett pályára állítva. Ennek oka részben az, hogy a műholdak élettartama nem pontosan kiszámítható. A műholdak hat azonos alakú pályán keringenek: a szomszédos pályasíkok metszésvonalai az egyenlítő síkjával azonos (55° -os) szögeket zárnak be, az azonos pályán haladó 4-5 műhold egymástól egyenlő szögtávolságban kering, a 2

szomszédos pályán a megfelelő műholdak 40°-ot „sietnek” illetve „késnek”. A szimmetrikus elrendezés révén biztosított, hogy a földfelszín bármely pontján bármely időpontban legalább négy műhold van észlelésre alkalmas helyzetben, azaz legalább 15°-kal a horizont felett. A műholdak keringési ideje közel 12 óra, a közepes pályasugár ebből adódóan kb. 20 200 km. A műholdak felszerelése: adó-vevő rádiócsatorna, fedélzeti számítógép jelentős háttértároló kapacitással, két független frekvenciaetalon (atomóra), oszcillátor és frekvenciasokszorozó a vivőjelek előállításához. Egy-egy műhold tömege megközelítőleg 850-2000 kg között mozog, energiaforrása napelem. A NAVSTAR műholdak két vivőfrekvenciát használnak a kommunikációra, az L1 és az L2 frekvenciát. Az előbbi 1 575.42 Mhz-en szállít üzeneteket, és a szinkronizáláshoz szükséges ál-véletlen kódot, az utóbbi pedig 1 227.60 Mhz-en sokkal pontosabb, katonai ál-véletlen kódot tartalmaz. Minden egyes műholdnak saját ál-véletlen kódja van, így tudjuk egyértelműen azonosítani az adót. A polgári GPS álvéletlen C/A kódot használ (Coarse Acquisition), míg a katonai P (Precise) kódot. A P kód sokkal pontosabb, 266.4 naponta ismétlődik. Minden héten vasárnap éjfélkor (GPS hét kezdete) egy kód generálása megtörténik, mely modulálja mindkét vivőfrekvenciát, de ezt katonai célok miatt titkosították (a titkosított P kódot nevezzük Y kódnak). Sok esetben a P kód meghatározása sokkal bonyolultabb, ezért katonai alkalmazás során is először C/A kódot kérnek, majd utólag térnek át P kódra. A P kód körülbelül tízszer pontosabb, és sokkal ellenállóbb a zavarokkal szemben. A C/A kód minden műhold minden másodpercenként ismétlődik, ezredmásodpercenként ismétlődik, hossza 300 kilométer, az átlagos műhold-vevő távolságon tehát megközelítőleg 80 ilyen digitális kódsorozat fér el. A kód segítségével a jel beérkezési időpontja alapján a kód futási ideje egyértelműen meghatározható, mivel minden digitális kódsorozat tartalmazza a saját kiindulási időpontját is.

A **földi követőállomások alrendszerének** feladata az ismert helyzetvektorok sorozatából pálya-adatok számítása. Amerikai katonai támaszpontok területén lévő állomásokon (7-5. ábra) mért és egy-egy műholdra vonatkozó adatokat a vezérlő központban értékelik(Colorado Springs, USA), meghatározzák a pálya- és órákorrekciókat, majd az adatokat adatfeljuttató állomások segítségével rádióüzenetként a műholdak fedélzeti számítógépének memóriájába juttatják.



7-5. ábra Földi követőállomások a GPS-rendszerben

A **felhasználók alrendszere** lényegében a GPS-rendszer alkalmazóiból áll, szűkebb értelemben a helymeghatározásra használt vevőkészülékekből. (7-6. ábra) A vevőberendezés antennaegységből és jelfeldolgozó egységből áll. Az antennaegység feladata az észlelési programban kiválasztott műholdak összetett jelének vétele. A jelfeldolgozó egység legfontosabb része a navigációs célú vevőkészülék esetében a számítógép, amely lehetővé teszi az adatok gyors feldolgozását, a pozíció meghatározását, és a terepi vezérlést, a tulajdonképpeni navigációt.

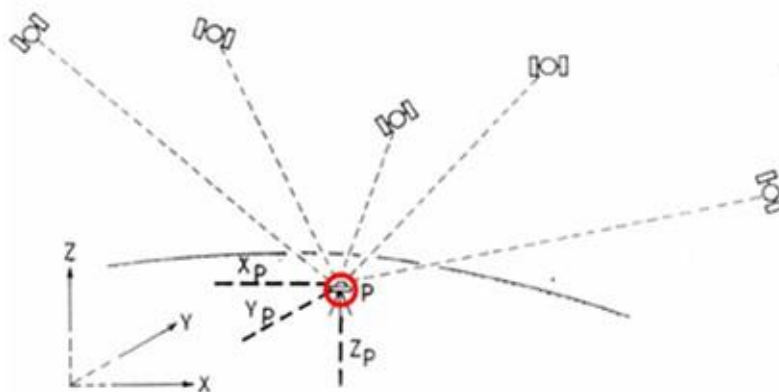


7-6. ábra A felhasználók alrendszere

5. 7.5 Abszolút helymeghatározás

A műholdak segítségével végzett helymeghatározás **időmérésre visszavezetett távolságmeghatározás**. A távolságok meghatározásának tényleges megvalósításáról, az időméréses és fázisméréses távolságmeghatározás elvéről és gyakorlati megvalósításáról későbbi tanulmányaink során lesz szó.

A navigáció alapját az **egyetlen vevővel** végzett helymeghatározás jelenti. Egyetlen vevőt használva a helymeghatározás eredménye a vevőantenna **három koordinátájának pillanatnyi értéke egy a Földhöz kötött** koordináta-rendszerben. (7-7. ábra)



7-7. ábra Az abszolút helymeghatározás elve

Ezek a koordináták a következők:

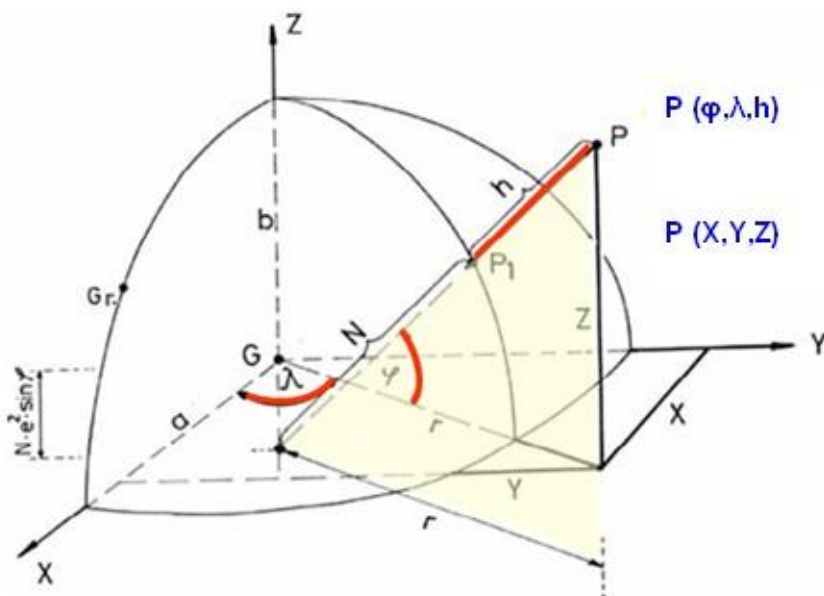
- a φ ellipszoidi szélesség, a λ ellipszoidi hosszúság és a h ellipsoid feletti magasság egy nemzetközileg elfogadott alakú, nagyságú és geocentrikus elhelyezésű forgási ellipsoidhoz képest. (7-8. ábra) Az 1984-ben elfogadott ellipsoid, mint a vonatkozási rendszer a WGS-84. (Word Geodetic System= Geodéziai Világ Rendszer)
- az X, Y, Z térbeli derékszögű koordináták ugyanezen ellipsoid tengelyei által megvalósított koordináta-rendszerben.

Az ellipszoidi és a térbeli derékszögű koordináták egymásba átszámíthatóak. A helymeghatározás eredménye tehát egy vektor lesz, amelynek kezdőpontja a Föld tömegközéppontja (origó), végpontja pedig a földi állásponton elhelyezett műholdvevő antennájának fáziscentruma. Fontos megjegyeznünk, hogy a felhasználók számára a legtöbb esetben a WGS-84 rendszerben meghatározott koordinátákat még át kell számítanunk, valamely más, az adott országban használt **koordináta-rendszerbe**.

A Magyarországon használt vetület és a hozzá tartozó koordináta-rendszer az Egységes Országos Vetület nevet viselni, és a legtöbb navigációs célú vevő alkalmas arra, hogy beépített transzformációs modulok segítségével a kapott WGS-84 koordinátákat átszámítsa ebbe a rendszerbe. Az átszámítás módszerét **térbeli, hétparaméteres hasonlósági transzformációnak nevezük**, amellyek majd későbbi tanulmányaink során fogunk megismerni.

P (φ, λ, h)

P (X, Y, Z)



7-8. ábra A φ, λ, h és X, Y, Z koordináták a WGS-84 rendszerben

6. 7.6 Navigációs vevőkészülékek

Napjainkban a GPS segítségével végzett navigáció a legtöbb ember számára elérhető. Egy felső kategóriás mobiltelefon árérték arányban bárki vásárolhat olyan navigációs eszközt, amely a műholdak jeleit véve a világ bármely helyén meghatározza a felhasználó pontos helyzetét. A helymeghatározás a GPS saját vonatkozási rendszerében, a **WGS84 rendszerben történik**, azonban előre beépített transzformáció programok segítségével a felhasználó ezeket a koordinátákat más, beépített vetületi rendszerbe transzformálhatja. Természetesen a koordináták önmagukban csekély információ-értékűek a navigációban, ezért a legtöbb vevő előre rátöltött szoftvereket is tartalmaz, amelyek a navigációs számítások elvégzésén túl térképeket is tartalmaznak a könnyebb tájékozódás érdekében. Ezek a térképek bővíthetők, kiegészíthetők a felhasználó saját és más felhasználók adataival is, cserélhetőek és frissíthetőek, ezzel lehetővé téve a naprakész navigációt.

A navigációs készülékek **működési elve azonos**: GPS-műholdakra végzett távolságméréssel és a pont térbeli koordinátáinak kiszámításával meghatározza a felhasználó térbeli pozícióját. Az abszolút helymeghatározás pontossága mindösszesen **± 10 méter vízszintes értelemben, magassági értelemben pedig ± 15 méter**. Figyelembe véve, hogy az esetek többségében járműnavigációról van szó, az autó, repülőgép vagy hajó pozíciójában jelentkező ekkora bizonytalanság elhanyagolható hatást okoz. A koordináta meghatározás bizonytalanságának magyarázata abban rejlik, hogy a műholdokról kibocsátott rádiójelek nem egy homogén közegen keresztül jutnak el a vevőkhöz, hanem a légkörön keresztül, amely szennyezettsége és függőleges rétegzettségének eltérő tulajdonságai (pl. troposzféra, ionoszféra stb.) miatt az egyes rétegekben különbözőképpen befolyásolja a rádiójelek terjedését, de szerepet játszik benne a műholdak helyzetének nem pontos ismerete is. Emiatt a pontos futási idő meghatározása nehézségekbe ütközik. Léteznek már olyan navigációs készülékek is, amelyek képesek különböző kiegészítő műholdas alrendszerek jeleinek (pl. EGNOS) a vételére, ezzel javítva a pozíciómeghatározás pontosságát. A készülékek szinte minden esetben méter élességgel szolgáltatják a koordinátákat a térbeli derékszögű koordináta-rendszerben, azonban ez megtévesztő, hiszen ennél jóval kisebb a koordináták megbízhatósága. A koordináta-bizonytalanság az abszolút helymeghatározás bizonytalanságából ered, és a méter élességgel kijelzett koordináta is csak ± 10 méteres koordináta megbízhatóságot takar.

A navigációs készülékek **csoportosítása felhasználásuk célja szerint lehetséges**, de fontos kihangsúlyoznunk, hogy ezek a készülékek működési elvükben nem, csak szolgáltatásaikban, a rajtuk lévő térképi adatbázisban különböznek. A csoportosítás a következő (7-9. ábra):

- turisztikai célú navigációs vevők
- gépjárműnavigációs vevők

- vízi járművek navigálására alkalmas vevők
- légi járművek navigálására alkalmas vevők
- speciális, egyedi alkalmazási területen végrehajtott navigációs célokra kifejlesztett vevők.



7-9. Különböző típusú navigációs készülékek

A GPS navigációs készülékek alapszolgáltatásai a következők:

- pillanatnyi pozíció meghatározása és eltárolása ± 10 méteres pontossággal vízszintes értelemben
- a keresett pont iránya, távolsága, annak megközelítésének sebessége és a megérkezés várható időpontjának meghatározásával
- pillanatnyi sebesség meghatározása (tizedesjegy pontossággal)
- pontos idő meghatározása (atomórák alapján, műholdas kalibrációval)
- ellipszoid feletti magasság meghatározása
- mozgás közben az égtájak meghatározása
- magányos pontok illetve vonalba szervezett pontok, útvonalak (*track*) helyzetének rögzítése (*track log*)
- előre megadott célpontokra (*waypoint*) illetve útvonalakra (*routes*) navigálás.

A GPS-navigációs készülékek navigálás közbeni általános szolgáltatásai:

- álló helyzetben égtájak meghatározása
- magasság barometrikus meghatározása
- térképek és pontadatbázisok tárolása és megjelenítése
- a GPS által mért adatok szoftveres feldolgozása és megjelenítése
- a mért pozíció kijelzése az aktuális ország vetületi rendszerében (pl. Magyarországon az egységes országos vetületi rendszer, EOV)
- útvonaltervezés (leggyorsabb, legrövidebb, autópálya prioritás, autópálya mellőzés, közlekedési szabályok figyelembe vétele stb.)
- hőmérséklet és légnyomás kijelzése.

A geodéziai gyakorlatban a gépjárműnavigáción kívül a **geodéziai alappontok felkeresésében** jut fontos szerep a navigációs GPS-készülékeknek. A pontleírások esetén a helyszínrajz alapján sokszor jelent gondot a pont felkeresése, hiszen a pont környezete folyamatosan változik (talajművelés, növényzet stb.), emiatt a pont megtalálása időt- és energiát rabló folyamat. A navigációs készülékek lehetővé teszik, hogy a pontleírásról a pont koordinátáját a készülékbe véve, akár gépjárművel, akár gyalogosan a pont közelébe lehessen jutni, gyorsítva ezzel közvetlenül a helyszínelés munkáját, közvetve pedig a mérés időigényét.

A mai felhasználók számára a piacon a navigációs készülékek széles skálája érhető el. Az alábbi felsorolásban megadjuk - a teljesség igénye nélkül - néhány olyan weboldal címét, ahol az érdeklődők további, a gyártóktól függő navigációs megoldásnak tudnak utánanézni.

- www.navigacio.lap.hu
- www.gps.lap.hu
- www.gpspont.hu
- www.gpsnavigacio-kereso.hu
- www.navngo.com
- www.magellan.com
- www.garmin.com
- www.igo.hu
- www.pdamania.hu
- www.geocaching.hu.

7. 7.7 Az abszolút helymeghatározás alkalmazási területei

Az abszolút helymeghatározás, tehát a műholdas navigációra épülő helymeghatározás széles körű felhasználási területtel rendelkezik. A csoportosítás a felhasználási kör alapján lehetséges:

- lakossági célú felhasználás
- üzleti célú felhasználás
- közcélú felhasználás.

Az emberek információ iránti igénye folyamatosan növekedik. Ezzel összefüggésben egyre többen használnak valamilyen navigációs készüléket a mindennapi tevékenységük során. Eleinte csak a nagyobb cégek engedhették meg maguknak ilyen jellegű technológiák alkalmazását, mára már azonban az árak csökkenésével ezek az eszközök mindenki számára hozzáférhetővé váltak. A szigorú értelemben vett munkavégzés céljára történő navigáció használat mellett egyre többen használnak navigációs készüléket szabadidős tevékenységhez. Mindez arra mutat, hogy a műholdas helymeghatározás továbbra is egy dinamikusan fejlődő ágazat marad, egyre újabb és újabb technológiák kerülnek majd kialakításra, kiszolgálva ezzel az emberek információk iránti igényét.

7.1. 7.7.1 Lakossági célú felhasználás

Napjainkban a legelterjedtebb felhasználási területe a műholdak segítségével végzett navigációnak. Ez az alfejezet célul tűzi ki a legfontosabb lakossági alkalmazási területek összefoglalását a teljesség igénye nélkül. (7-10. ábra)

Szabadidős tevékenység: Elsősorban a túrázók, tájfutók és a gyalogosok számára nagyon hasznos a navigáció ilyen célú felhasználása. A gyalogosok és a túrázók számára a műszerforgalmazók kisméretű, zsebben elférő kézi GPS vevőket fejlesztettek ki. Az egyszerűbb navigációs GPS vevők csak az amerikai GPS műholdak jeleinek a vételére alkalmasak az újabb típusok azonban képesek EGNOS korrekciók vételére is, amellyel jelentős pozíciójavulás érhető el. A legtöbb vevőkészülék rendelkezik saját térkép formátummal és valamilyen megjeleníthető digitális térképi adatbázissal, amely az előre definiált adatokon túl saját adatokkal is kibővíthető. Például: GPS Map 60/DTA050

Információs adatbázis nyújtotta lehetőségek: Az információnyújtás területén széles felhasználási területen a pontos helymeghatározást használó alkalmazások, amelyek egy adott területre koncentrálva saját információk rendszerrel segítik a felhasználót. Ez megvalósulhat egy adatbázis segítségével is. *Például:* a nyaralóknak,

turistáknak nagyon hasznos, ha meg tudják nézni, hol van a szállásuk közelében étterem, szórakozóhely, milyen látnivaló van a közelben, hol talál postát, bankot vagy akár megnézhetik, hol van a közelben benzinkút. Ezek az információk az adatbázison keresztül könnyen bővíthetők, javíthatók, így mindig valós képet kapunk a digitális térképen.

Vagyon- és életvédelemhez kapcsolódó alkalmazások: Fontos területévé vált a műholdas helymeghatározásnak a bűncselekmények megelőzése, illetve az elkövetett bűncselekmények felderítésének elősegítése. A biztonságtechnikai megoldásokhoz egyre többször használják a műholdas navigációs technológián alapuló biztonsági eszközöket. Magánszemély vagy hivatalos személy részére gyorsan nyújtható segítség baj esetén, ha tudjuk a pontos helyüket. Nemcsak magukat a személyeket lehet megvédeni, az értéktárgyaikat is (autó, mobiltelefon stb.) egy jeladó segítségével. A teherfuvarozó cégeknél egyre elterjedtebb ennek a módszernek az alkalmazása. Így mindig tudják, merre járnak az áruval, és ha letér, a sofőr a kijelölt útról azonnal jelez a rendszer a diszpécsernek, az elektronika pedig letiltja a gyújtást, lehetetlenné téve a továbbhaladást. Az így beépített technika a tolvajok elleni védekezést is segíti. A rendszer érzékeli a jármű megemelését, az ajtók nyitását vagy üveg betörését.

Közlekedéshez kapcsolódó lakossági alkalmazások: A GPS rendszerhez csatlakozva már léteznek a gépjármű helyének meghatározását, tájékozódást és navigációt elősegítő alkalmazások.

Három részre bontanám a közlekedéssel kapcsolatos használati területeket:

1. *Navigáció:* Az autóba gyárilag beépített vagy kézi elektronikus térképek segítségével pontos tájékozódás és navigáció válik lehetségessé. Napjainkban a PDA (Personal Digital Assistant) és a PNA (Personal Navigation Assistant) kezd egyre jobban elterjedni az emberek körében. Könnyen megtanulható a kezelése és egyszerűbb a közlekedés ennek segítségével. A kézi alkalmazás nemcsak a járművezetők tájékozódásán könnyít, hanem a gyalogosok, a kerékpárral közlekedők, és a vízi- és légi közlekedésén is.
1. *Útvonaltervezés:* Lehetőségünk nyílik a navigációs szoftverek segítségével a kívánt útvonal legoptimálisabb megtervezésére. Csomópontokat iktathatunk be az útvonalunkba, megadhatjuk, hogy autópályán vagy mely alsóbb rendű úton szeretnénk menni, melyik városon keresztül... stb.



7-10. ábra Lakossági célú felhasználások

Ha csak az indulási és érkezési helyet adjuk meg, a szoftver úgy a legrövidebb utat tervezi meg. A program segítségével számítani tudjuk a költséget és az út időtartamát is. Ha letérnénk a tervezett útról, újratervezi az érkezési helyhez a legoptimálisabb új utat.

A tervezett útvonal ismeretében lehetőség van arra, hogy a szolgáltatást használó csak a számára fontos közlekedési információkat kapja meg. A közúti balesetokról, útlezárásokról, közlekedési dugókról vagy forgalmi dinamikáról szerzett információk lehetőséget biztosítanak a haladási útvonal módosítására, amely által csökkenthető a menetidő és elkerülhetők ezek a kellemetlenségek. Ezt a fedélzeti navigáció biztosítja. Ahhoz, hogy a kapcsolatot meg tudjuk teremteni szükségünk van, valamilyen kommunikációs eszközre például mobiltelefonra (TMC-vel Traffic Message Channel), mellyel kombinálva a rendszer biztosítja, hogy a közlekedés szereplői folyamatosan aktuális információkat kapjanak a forgalomról

3. *Úthasználati díjszámítás:* A díj ellenében használható utak (például: autópálya) ma még sok ember számára elérhetetlenek. A műholdas rendszer az adott útvonalon megtett távolság kalkulációjával egy igazságosabb díjazási módszert kínál.

7.2. 7.7.2 Üzleti célú felhasználás

Az üzleti területen is számos feladatnál lehet használni a műholdas helymeghatározó rendszereket navigáció céljára. Ilyen felhasználási területek a mezőgazdaság, szállítmányozás, tömegközlekedés, energiaipar, távközlés, pénzügyi és banki szolgáltatások, műszaki és mérnöki alkalmazások. (7-11. ábra)

Szállítmányozás: A közlekedésben a következő féle navigációkról beszélhetünk: közúti navigáció, vízi, vasúti vagy hajózási navigáció és légi navigáció.

A *közúti navigáció* üzleti célú felhasználása lényegében megegyezik a lakossági szolgáltatásoknál említettekkel.

Vízi navigációnál a GPS-re töltött hajózási térkép alapján útvonalak tervezhetők, melyeken a készülék végigvezet. A hajós GPS-ek riasztanak a veszélyes pontok esetén, például hajóroncs vagy zátony, és riasztanak akkor is, ha megadottnál nagyobb elmozdulás (horgony-riasztás) történik. A legfejlettebb készülékek az un. autópilot-funkció segítségével képesek akár a hajót is elvezetni a megadott útvonalon.

Légi navigáció: A légi fuvarozásnál a forgalom fokozódása figyelhető meg. A műholdas navigációs rendszer használata nemcsak a növekvő légi forgalom hatékonyabbá tételét segíti elő, hanem nagymértékben emeli a légi közlekedés, ezáltal a légi cargo forgalom biztonságát is. A navigációs vevőről leolvasható a pillanatnyi pozíció, a célpont iránya és távolsága, a pillanatnyi magasság, sebesség, és egyéb adatok. Professzionális repülés (utas- és áruszállítás): a nagy pontosságú repülős GPS-ek a célpontra történő navigáción túl akár a leszállópályára történő rávezetésben is képesek segídeni, a repülési útvonal megtervezését pedig feltöltött légtér-adatbázis segíti.

Vasúti navigáció személyszállítás mellett közúti szállítmányozás kiegészítője is. Meg kell teremteni a polgári és a kereskedelmi szolgáltatások összhangját, biztonságát.



7-11. ábra Üzleti célú felhasználások

Veszélyes illetve értékes anyagok, áruk szállítása: A veszélyes és értékes anyagok szállítása mindegyik szállítmányozási cégnél kiemelt jelentőséggel bír. Az érintett anyagok, áruk folyamatos nyomon követését, felügyeletét, probléma esetén a szükséges akciók koordinálását a globális műhold rendszer emelt szinten képes biztosítani.

Tömegközlekedés: A buszok, villamosok követési távolságának, járatsűrűségnek optimalizálása egyenletessé teszi az utasok elosztását. A legfontosabb az lenne, ha az utasoknak folyamatosan biztosítva lennének az aktuális és pontos információk. Valós idejű információt kapnának a buszok érkezéséről, az esetleges késésekről, arról hogy előreláthatólag mennyit késik, a következő állomás érkezési időpontjának bemondása... stb. Bemondhatnák a közelben lévő látnivalókat, éttermeket... stb.

Energiaipar: Az energiaipari hálózatok elemeinek vagy fogyasztási helyeinek nagy pontosságú tervezése segíthet az üzemszünetek csökkentésében, a rendszer hatékonyabb üzemeltetésében. Az üzemeltetés során fellépő problémák gyors és pontos lokalizálása révén nagymértékben javítható a szolgáltatás minősége. Az energia-elosztó hálózatok növekvő integrációja, valamint az energia megtakarítások erősödése egyre precízebb szinkronizálást igényel. A műholdas rendszerek használatával költségcsökkentést érünk el, akár a mérőórák megbízható táv- leolvasásának tekintetében is.

Távközlés: A távközlés területén legtöbbször nem elegendő a pozíció pontos ismerete, csak ha az információ a kívánt helyre továbbításra is került. A műhold-navigációs alkalmazásokhoz valamilyen kommunikációs támogatás szükséges. A mobiltelefon használó helyének pontos ismerete és az információ automatikus továbbítása számos kiegészítő szolgáltatás nyújtására ad lehetőséget. A felhasználó szinte automatikusan kérhet információt a hozzá legközelebb eső kórháztól, parkolótól, étteremtől, strandtól, szórakozóhelyről... stb.

Pénzügyi, banki és biztosítási alkalmazások: A már említett folyamatosan megfigyelt és *biztosított tárgyak* tartoznak ide. (pl. autó, műalkotások stb.).

Műszaki, mérnöki alkalmazások: során, a területen elengedhetetlen a nagyfokú pontosság. A műholdas rendszert a tervezéstől egészen a kivitelezésig lehet alkalmazni. Illetve a későbbi karbantartás során is jó célt szolgál. A rendszer lehetővé teszi a hidak, gátak, műemlékek, felhőkarcolók szerkezetének felügyeletét. A műholdas navigáció segítségével pontosan megvalósítható bizonyos szélsőséges körülmények között üzemelő gépek távirányítása. A mérnöki alkalmazások közé tartoznak a geodéziai célú alkalmazások, ezekről részletesebben a *Geodéziai hálózatok* és a *Műholdas helymeghatározás* című tárgyakban lesz szó.

Mezőgazdasági alkalmazások: A GPS technika jó szolgálatot tesz a mezőgazdasági felhasználók esetében is. A termelőknek a minőség javítása mellett a környezetvédelemre is oda kell figyelniük. A termőföld kezeléséhez a vegyszeres védekezéstől kezdve a terméshozam regisztrálásáig, különösen nagy termőföldek esetén nagy segítséget nyújthat a pontos pozicionálás. A gazdák a rendszer segítségével csökkenthetik a költségeiket, mezőgazdasági információs adatbázisokat építhetnek ki. Például, kártevők, gaz elleni védekezés során a fertőzött terület pontos meghatározásával, a felhasznált vegyszer mennyisége csökkenhet, ha a terület egyes részeit nem permetezik le tévedésből többször. Ezzel csökkennek a kiadások és a környezetvédelemre is oda figyelnek.

Védett állatoknál is jól használható a GPS. Ha el tudunk rajta helyezni egy követő rendszert, akkor folyamatosan látjuk, mit csinál, merre jár. Figyelemmel tudjuk kísérni az életét.

7.3. 7.7.3 Közcélú felhasználások

A lakossági célú és az üzleti célú felhasználások valamint a közcélú felhasználások között gyakran elmosódik a határ. Vannak olyan alkalmazási területek, amelyek mind az egyikbe, mind a másikba besorolhatóak. A közcélú felhasználások közé elsősorban azokat a területeket soroljuk, amelyek kiemelt értékmentő funkcióval rendelkeznek.

Közbiztonság: A rendőri alkalmazások, kitiltások, távoltartások, házőrizetben lévő emberek megfigyelése tartozik ide elsősorban. Megoldásai megegyeznek a korábban a vagyon és életvédelem címszó alatt említettekkel.



7-12. ábra Az érintettek koordinálása műhold navigációval értékmentés esetén

Katasztrófa elhárítás: A katasztrófa elhárítás, illetve a veszélyeztetett helyek kezelése esetén nagyon fontos a gyors reagálási idő. (7-12. ábra) Fontos, hogy a mentés minél gyorsabban elkezdődjön (útvonaltervezés), és a sérülteket minél hamarabb ellássák. A balesetek során nagyon fontos a megfelelő koordinálás. A mentésben résztvevők követése elengedhetetlenül fontos. Navigáció segítségével megkönnyíthető a különböző szakterületek koordinálása. Ha tudják a baleset pontos helyét, akkor ki tudják küldeni a legközelebb lévő csapatot, a tűzoltóknak egyszerűbb dolguk lenne, ha pontosan tudnák hol találhatók a tűzcsapok stb. A képen jól látszik, hogy a felsorolt tevékenységek mellett, ha a mentést segítő embereken egy vevőt helyezünk el, akkor követni tudjuk őket, hol járnak, ki tudtak-e jönni a veszélyzónából. Ha esetleg nem segítséget tudnak küldeni a kimentésére.

Csökkentett cselekvőképességű emberek támogatása: A csökkentett cselekvőképességű emberek megbízható, műholdas támogatása különösen nagyvárosi környezetben hozhat jelentős változásokat. A fogyatékkal élő emberek tájékozódását könnyítheti és növelheti meg. Csökkentené a másoktól való függésüket, biztonságosabban tudnának közlekedni.

Környezetvédelem: A mezőgazdasági alkalmazások részénél már szó volt róla. (állatok megfigyelése, vegyszerek, árvizek stb). A légköri adatok folyamatos mérésével hasznos adatok szolgáltatathatók az időjárás pontosabb meghatározásához. Szennyezőanyagok, veszélyes anyagok folyamatos nyomon követésével vagy az allergén pollenek nyomon követésével hatékony segítséget nyújthatunk a környezeti károk megelőzésében.

8. 7.8 Összefoglalás

A modul során megismerkedtünk a műholdas helymeghatározás alapjaival, a GNSS-rendszerek kialakulásával és felépítésével. Röviden ismertettük az abszolút helymeghatározás elvét, végtermékeit és azok értelmezését a térbeli derékszögű koordinátarendszerben.

Megismertük a navigációs és térinformatikai célú műholdas helymeghatározó eszközök elvi felépítését, leggyakoribb programjait, mérés közbeni alapszolgáltatásait. A modul utolsó részében – a teljesség igénye nélkül – röviden összefoglaltuk a műholdas navigáció és térinformatikai célú helymeghatározás alkalmazási területeit gyakorlati példákkal kiegészítve.

Önellenőrző kérdések:

1. Ismertesse a hely-idő és sebesség meghatározás elvét a globális, műholdas helymeghatározó rendszerekben!
2. Melyek a GPS-rendszer legfontosabb jellemzői?
3. Melyek a GPS-rendszer alrendszerei, hogyan épülnek fel és mi a feladatuk?
4. Mi az abszolút helymeghatározás lényege?
5. Hogyan csoportosítjuk a navigációs készülékeket?
6. Melyek a navigációs célú műholdvevők alapszolgáltatásai, és melyek a navigáció közbeni szolgáltatásai?
7. Melyek az abszolút helymeghatározás legfontosabb felhasználási területei?
8. Ismertesse a lakossági célú felhasználásokat!
9. Ismertesse az üzleti célú felhasználásokat!
10. Ismertesse a közcélú felhasználásokat!

Irodalomjegyzék

Bácsatyai L. *Geodézia erdő- és környezetmérnököknek, Geomatikai Közlemények* MTA FKK GGKI, Sopron, 2003

Basics Gy. *Adatgyűjtés 1-2., elektronikus jegyzet*, NYME-GEO, Budapest, 2009

Deumlich-Steiger *Instrumentenkunde der Vermessungstechnik*, Wichmann Verlag 2002

Gyenes R. *A geomatika alapjai, főiskolai jegyzet*, NYME-GEO, Székesfehérvár, 2006

Krauter A.: *Geodézia*, Műegyetemi Kiadó, Budapest

Műholdas helymeghatározás, Műegyetemi Könyvkiadó, Budapest, 2004