

Geodézia 1.

A helymeghatározás alapjai

Gyenes, Róbert

Geodézia 1.: A helymeghatározás alapjai

Gyenes, Róbert

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 helymeghatározás alapjait, az egy-, két- és háromdimenziós helymeghatározó adatokat és azok vonatkoztatási rendszerét tárgyalja. Átfogóan jellemzi a helymeghatározás végrehajtásának módszereit. Külön fejezet mutatja be a földmérésben használatos mértékegységeket.

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

Tartalom

1. A helymeghatározás alapjai	1
1.1 Bevezetés	1
2.1.2 A hely fogalma és értelmezése	1
3.1.3 A vonatkoztatási rendszer	3
4.1.4 A helymeghatározó adatok definiálása: koordinátarendszerek	6
5.1.5 A helymeghatározás végrehajtásának módszerei	12
6.1.6 A geodézia fogalma, feladata	14
7.1.7 Mértékegységek	17
7.1.1.7.1 A távolság mértékegységei	17
7.2.1.7.2 A terület mértékegységei	19
7.3.1.7.3 A térfogat mértékegységei	19
7.4.1.7.4 A szög mértékegységei	19
7.5.1.7.5 A 360-as fokrendszer	19
7.6.1.7.6 A 400-as fokrendszer	20
7.7.1.7.7 Az analitikus szögegység	20
7.8.1.7.8 Műveletek szögekkel a 360-as fokrendszerben	21
7.9.1.7.9 A hőmérséklet és légnyomás mértékegységei	22
7.10.1.7.10 Az SI alapegységei és a prefixumok	23
7.11.1.7.11 Az élesség és a pontosság fogalma	24
8.1.8 Összefoglalás	25

A táblázatok listája

1-1.	10
1-2.	18
1-3. SI alapmennyiségek és mértékegységek	23
1-4. táblázat SI előtétszavak (prefixumok). SI előtétszavak (prefixumok)	24

1. fejezet - A helymeghatározás alapjai

1. 1.1 Bevezetés

Ez a modul az első, amely szakmai tanulmányainkba vezet be minket. A szakmát ma összefoglaló néven geomatikának nevezzük, de elfogadott a földmérés, térképészet, geodézia elnevezés is. Olyan fogalmakból indulunk ki, amelyekkel eddigi tanulmányainkban találkoztunk már, de most szakmai értelmezésüket fogjuk előtérbe helyezni. Ilyen fogalom a hely, a helymeghatározás, a helymeghatározó adat (koordináta), a vonatkoztatási rendszer.

A modul bemutatja az egy-, két- és háromdimenziós helymeghatározó adatok vonatkoztatási és koordináta-rendszereit. Átfogóan jellemzi a helymeghatározás végrehajtásának módszereit, amelyeket részleteiben majd különböző szakmai tantárgyak tárgyalnak.

Külön fejezet foglalkozik a földmérésben szerepet játszó mértékegységekkel.

Ebből a modulból az Olvasó megismerheti:

- a helymeghatározás alapfogalmait,
- a geomatika, geodézia, földmérés fogalmának értelmezését,
- a földmérésben használatos mértékegységeket,

A modul (fejezet) elsajátítása után képes lesz:

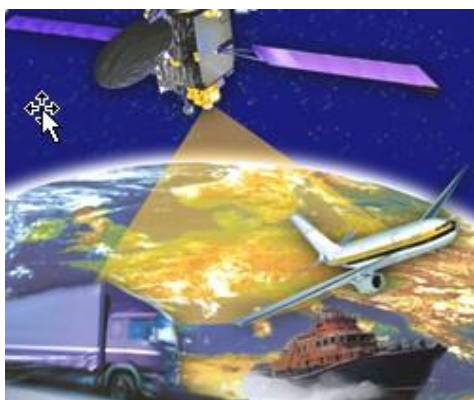
- eligazodni a geomatikával, geodéziával, földméréssel kapcsolatos fogalmak között,
- értelmezni a geomatikában használatos koordináta-rendszereket,
- különbséget tenni pontosság és élesség között,
- átfogó jelleggel csoportosítani a helymeghatározás módszereit,

2. 1.2 A hely fogalma és értelmezése

Az emberiséget mindig is foglalkoztatta a környezetének megismerése. Megismerni azt a környezetet, ahol vagyunk, eljutni valahová, amely környezet korábban nem volt ismert. Felismerni, hogy egy adott helyről milyen módon juthatunk el egy másik helyre. A hely meghatározása a környező tereptárgyakhoz történt, de ugyanígy történik napjainkban is. Körülnézünk, keresünk egy közeli épületet, megállapítjuk, hol vagyunk, majd keresünk egy „tájékozódási” pontot, amely mutatja nekünk az utat. Az ősember barlangrajzokat készített a tartózkodási helyéhez legközelebb eső vadászterületekről. Ábrázolta a lelőhely bőségét. A tudományok kialakulásával egyidőben még az ókorban felismerték, hogy a hely ilyen módon történő megállapítása nem metrikus. Jellemezni kell valahogyan, meg kell tudni mondani, hogy például két város milyen távol van egymástól. Ez vezetett azoknak a mértékegységeknek a kialakulásához, amelyek kötődtek a hely meghatározásához. A tájékozódást a Nap, a Hold és a csillagok alapján végezték. Az irányt is metrikusan kellett kezelni, kialakult a szög fogalma és annak különböző mértékegységei. A távolság és a szög méréséhez azonban valamilyen mérőeszközre volt szükség, így alakultak ki a mai műszerek ősei. Évezredeknek kellett azonban eltelnie, amíg felismerték, a Föld felszínén valaminek a helyét megadni egy adattal nem lehet. Csak a középkorban vált ismertté a koordináta-rendszer fogalma Descartes révén. Ő fektette le a koordináta-geometria alapjait, amely a modern helymeghatározás tudományában alapvető szerepet játszik.

Mit is nevezünk helynek? A helyet, mint azt fentebb olvashattuk, valamely tereptárgyhoz kötjük. Egy épülethez, egy folyón átívelő hídhoz, stb. A helyet tehát valamely természetes tereptárgy vagy mesterséges létesítmény, összefoglaló néven: **objektum** alapján definiáljuk. A helyet a tér egy adott részeként értelmezzük, amelyet tehát egy adott objektum elfoglal. Az **objektum** tovább bontható alkotó elemeire. A valós világ ezen elemi alkotórészeit nevezzük **entitásnak**. A hely meghatározása nem csak metrikus probléma. Le kell tudnunk írni,

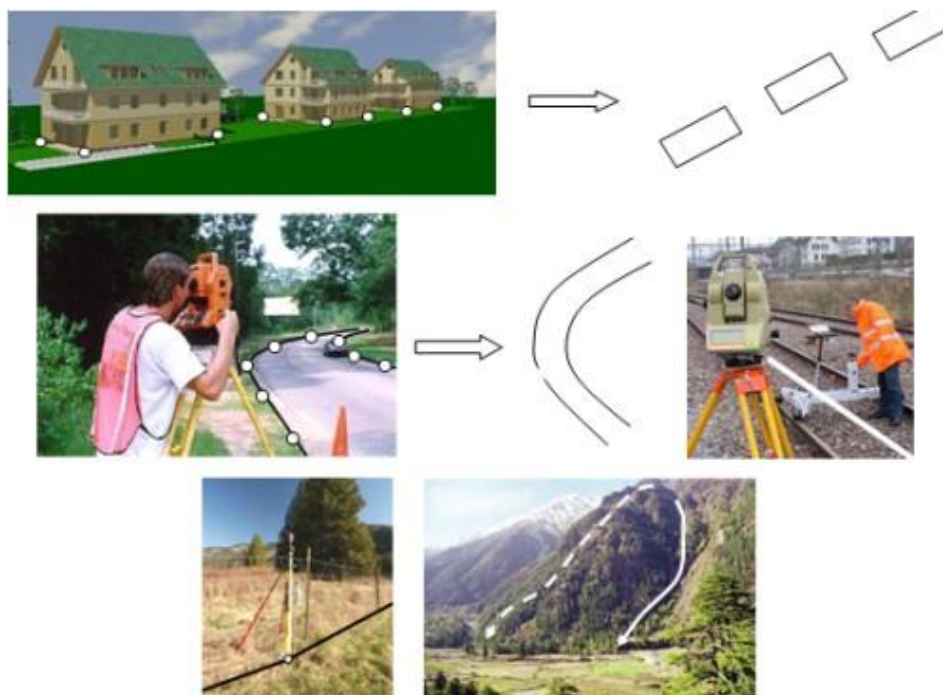
hogyan mi található az adott helyen. Azokat az adatokat, amelyek számszerűséget, az adott objektum metrikus tulajdonságait fejezik ki, **kvantitatív** adatoknak nevezzük. Azokat az adatokat pedig, amelyek az objektum jellemzőit nem metrikus formában írják le, **kvalitatív** adatoknak nevezzük. A **helymeghatározás** tehát helyhez kötött kvantitatív és kvalitatív adatok gyűjtését egyaránt magában foglalja. A tulajdonképpeni helymeghatározás csak arra a kérdésre ad választ, hogy mi, hol található. Azonban azt is meg kell tudnunk mondani, hogy egy objektum egy másikhoz képest milyen úton közelíthető meg. A tájékozódás természetes folyamata az agyunkban is így játszódik le. Megállapítjuk, hol vagyunk, hová szeretnénk eljutni, majd döntünk arról, hogy milyen úton jutunk el a célig. Ez a folyamat nemcsak a térben játszódik le, hanem az időben is: mikor vagyunk egy adott helyen, és mikor jutunk el a célállomásra. Ezt az összetett, térbeli és időbeli folyamatot **navigációnak** nevezzük.



1-1. ábra A navigáció napjainkban

Azt tehát már tudjuk, hogy objektumok helyét kell meghatározni. Azonban nem minden objektum jelenti az érdeklődésünk tárgyát, hanem azoknak csak egy csoportja, azok, amelyek a tér egy adott részén megtalálhatók. A helymeghatározást tehát csak egy bizonyos környezetre terjesztjük ki, ezt nevezzük a **helymeghatározás értelmezési tartományának**.

Az objektumok azonban nem ábrázolhatók a valóságnak megfelelően, a megjelenítésükhöz modellezni kell őket. Gondoljunk csak egy autótérképre. Az utakat nem tudjuk a valóságos méretüknek megfelelően ábrázolni a megjelenítés méretarányának következtében. Az épületeket a megjelenítésükhöz annak sarokpontjaival ábrázoljuk a térképen (1-2. ábra). A vasútvonalat a nyomvonal tengelyével, az egyes birtokhatárokat jelölő kerítéseket pedig egyetlen vonallal. A domborzati idomokat ún. idomvonalak segítségével modellezzük, amelyeket hát- és völgyvonalnak nevezünk. Ezek segítségével készítjük a szintvonalas térképet. A korszerű háromdimenziós megjelenítések során a domborzatot felületdarabokkal modellezzük, amelyek lehetnek háromszögek vagy négyszögek.

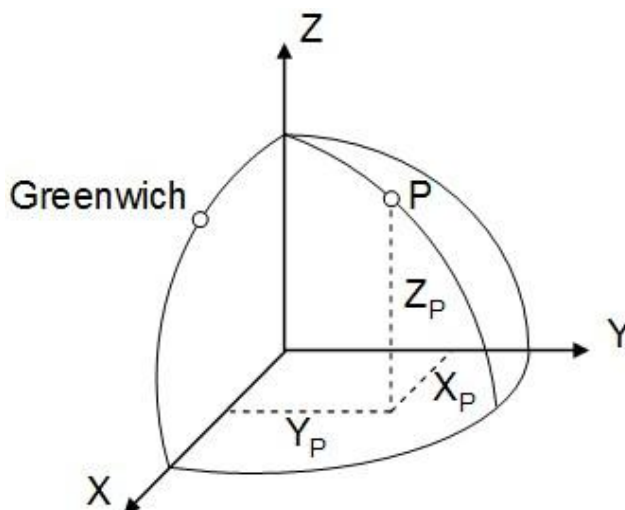


1-2. ábra Épület, út vasút, birtokhatár és domborzat modellezése felméréshez és megjelenítéshez

Mint arról már szó esett, a helyet kvantitatív és kvalitatív adatokkal írjuk le. A kvantitatív leírás pedig koordináták segítségével történik. A síkbeli koordináta-rendszer matematikából jól ismert felvételi módja a mi szakmánkban azonban nem tisztán geometriai úton történik. Sokkal általánosabb dologról van szó, így tulajdonképpen nem koordináta-rendszeréről, hanem vonatkoztatási (vagy vonatkozási) rendszerről beszélünk. Éppen ezért a következő fejezetben a **vonatkoztatási rendszerek** definiálásának fizikai és matematikai alapjait tekintjük át.

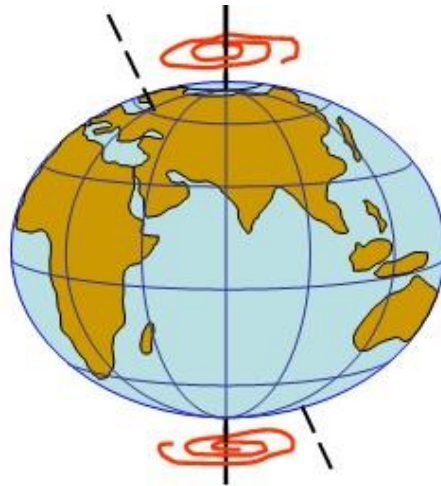
3. 1.3 A vonatkoztatási rendszer

A helymeghatározáshoz szükségünk van egy vonatkoztatási rendszerre, amelyhez a helyet kvantitatív módon kötni tudjuk. Attól függően, hogy mit tekintünk a helymeghatározás értelmezési tartományának, más és más módon definiálhatjuk a vonatkoztatási rendszert. A geomatikában a helymeghatározást egy, a Földhöz rögzített vonatkoztatási rendszerben végezzük el. Egy ilyen földi **vonatkoztatási rendszer** geometriai interpretációja egy olyan térbeli derékszögű matematikai koordináta-rendszernek felel meg, amelynek origója megegyezik a Föld tömegközéppontjával, Z tengelye a Föld forgástengelyével, valamint az X és Y tengelyek által kifeszített sík a forgástengelyre merőleges, amelyre illeszkedik a Föld tömegközéppontja (1-3. ábra). Ezt a koordináta-rendszert geocentrikus koordináta-rendszernek nevezzük.



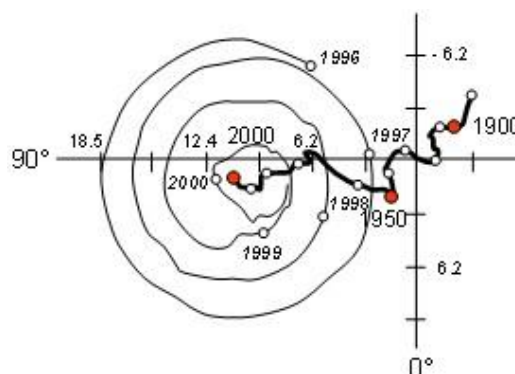
1-3. ábra A geocentrikus koordináta-rendszer

A vonatkoztatási rendszer említett módon történő definiálása azonban több problémát vet fel. Egyrészt, a Föld forgása következtében definiálnunk kell még egy további síkot, amely vagy az XZ vagy az YZ tengelyek által kifeszített sík lesz. Ezt a kitüntetett síkot úgy választották meg, hogy az megegyezik a Greenwichen átmenő és a Föld forgástengelyére illeszkedő sikkal. Másrészt, a Föld forgási szögsebessége nem állandó, rendkívül kis mértékben, de ma már mérhetően csökken. Azaz ennél a pontnál máris fellép egy lényeges szempont, mégpedig az, hogy a vonatkoztatási rendszert nem lehet az időtől függetlenül, még általánosabban fogalmazva, fizikai alapok nélkül definiálni. A geometriai interpretáció során azonban már hallgatólagosan így is tettünk, mikor azt mondtuk, hogy a Z tengely a Föld forgástengelyével, az origó pedig a Föld tömegközéppontjával megegyezik. A Föld egy inhomogén és nem merev test, a pontos sűrűségeloszlását pedig nem ismerjük. Ennek következtében a Föld forgástengelye és az inercianyomaték vektora nem esik egybe. A belső tömegátrendeződések, a tengeráramlások, a vulkáni tevékenység és a jégsapkák lassú olvadása következtében a forgástengely kis mértékben, állandóan változtatja a helyzetét. Ha ezt a folyamatot szabad szemmel látnánk, akkor azt észlelnénk, hogy a Föld forgástengelye „lötyög” az elméleti tömegközépponthez viszonyítva (1-4. ábra).



1-4. ábra A pólusmozgás és a pólusvándorlás

A pólusok tehát, amelyeket a Föld forgástengelyének földfelszíni dőléspontjaként definiálunk, állandóan változtatják helyzetüket. Ezt a jelenséget nevezzük pólusmozgásnak. A pólusmozgásnak azonban van egy jellegzetes, időbeli lefolyása. A pólus mintegy 435 nap alatt egy periodikus mozgást végez, amelyet Chandler periódusnak nevezünk. Ha a pólus helyzetének képezzük az éves átlagát, majd ezeket a pontokat összekötjük, akkor azt vesszük észre, hogy a pólus lassan vándorol. Ennek értéke kb. $0.01''/\text{év}$ (kb. 30 cm/év) délnyugati irányban (1-5. ábra).

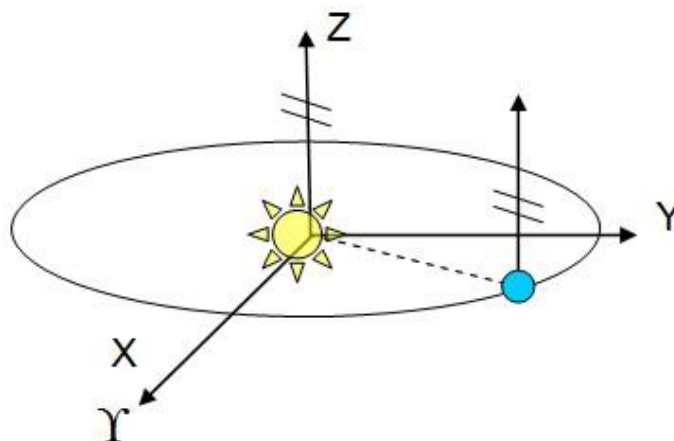


1-5. ábra A pólusmozgás (vékony vonal) és a pólusvándorlás (vastag vonal) mértéke méterben

A pólusmozgásra már a XIX. század végén felfigyeltek. 1884-ben Küstner a Berlinben végzett földrajzi helymeghatározások eredményeként azt tapasztalta, hogy a földrajzi szélesség értéke szabályosan változik, amelyet a pólus lassú mozgásának tulajdonított. Később ezért nemzetközi együttműködés keretében a pólusmozgást a Nemzetközi Szélesség Szolgálat (International Latitude Service), majd a Nemzetközi Pólusmozgás Szolgálat (International Polar Motion Service) koordinálásában határozták meg. Az első pólusmozgást bizonyító méréseket Berlinben és a Hawaii szigeteken végrehajtott mérésekkel igazolták (1891-1892). Jelenleg a pólusmozgás megfigyelése, hasonlóan a Föld forgásának és időbeli változásának a méréséhez

a Nemzetközi Földforgás és Vonatkoztatási Rendszerek Szolgálat (International Earth Rotation and Reference Systems Service – IERS) koordinálásában történik.

A Földhöz kötött vonatkoztatási rendszer tehát nem tekinthető **inerciális koordinátarendszernek**, mert szabatos értelemben a Newton-féle mozgástörvények abban nem érvényesek. Az említett tulajdonságokkal rendelkező vonatkoztatási rendszert egy külső pontból figyelve azt tapasztaljuk, hogy az nincsen nyugalomban, és nem végez egyenletes mozgást. A helymeghatározó adatokat tehát egy ilyen vonatkoztatási rendszerben nem lehet egyértelműen definiálni. Valójában inerciális koordinátarendszer nem létezik, de bizonyos szempontok figyelembevételével létezik annak legjobb közelítése. Ezt az úgynevezett **kvázi-inerciális** koordinátarendszert, amelyet **báricentrikus** koordinátarendszernek nevezünk, a Nemzetközi Csillagászati Unió (International Astronomical Union – IAU) ajánlása alapján úgy választották meg, hogy középpontja megegyezik a Naprendszer tömegközéppontjával, Z tengelye párhuzamos a Föld közepes forgástengelyével és az X tengely a tavaszpont (Kos csillagkép) irányába mutat (1-6. ábra).



1-6. ábra A báricentrikus vonatkoztatási rendszer

A vonatkoztatási rendszer fizikai definíciója azonban a helymeghatározás gyakorlati végrehajtására közvetlenül nem alkalmas. Szükségünk van olyan objektumokra (pontokra), amelyeknek ismerjük a **koordinátáit** egy adott vonatkoztatási rendszerben. Ezeket a pontokat **alappontoknak** nevezzük. A kvázi-inerciális vonatkoztatási rendszer **extragalaktikus** rádióforrásokra, az úgynevezett **kvazárookra** történő méréseken alapul. A kvazárok Naprendszerrel való távolsága olyan hatalmas, több milliárd fényév, hogy mind földi, mind báricentrikus értelemben mozdulatlan objektumoknak tekinthetők, nem mutatnak saját mozgást. Az inerciális koordinátarendszerben ezek az objektumok szolgálnak alappontként. A kvazárookra vonatkozó méréseket a Föld bizonyos pontjain telepített rádióteleszkópok segítségével végzik (1-7. ábra). Ezt a mérési módszert nevezzük **VLBI** technikának, amely az angol Very Long Baseline Interferometry rövidítése. Magyarra nagyon hosszú bázisvonalú interferométeres eljárásnak fordítjuk, azonban hazánkban is az angol kifejezés rövidítését használjuk gyakrabban. A mérések és a feldolgozás eredményeként ismertté válnak az egyes állomások és a kvazárok kvázi-inerciális koordinátái egy adott időpontra vonatkozóan.

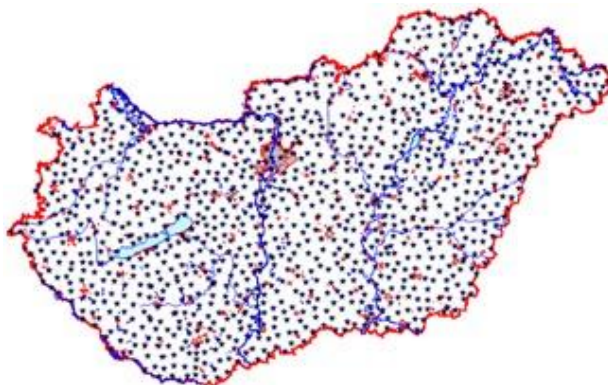


1-7. ábra VLBI rádióteleszkóp Wettzellben, Németország

A kvázi-inerciális vonatkoztatási rendszert a **Nemzetközi Csillagászati Unió** alapján **nemzetközi égi vonatkoztatási rendszernek** nevezzük, angolul International Celestial Reference System (ICRS). Ezt a vonatkoztatási rendszert a kvazárok és néhány válogatott csillag koordinátáin keresztül valósítják meg.

A VLBI állomások alkotta hálózat azonban nem kellően sűrű, a legtöbb ország nem is rendelkezik állandó VLBI állomással, így hazánk sem. Ezért minden ország létrehoz egy saját alapponthálózatot, amelyben az alappontok koordinátáit már nem a VLBI, hanem egy olcsóbb és elterjedtebb műholdas helymeghatározási technológia, nevezetesen a **GPS** felhasználásával határozzák meg. Ennek célja, hogy a földi alappontokat már a Földhöz kötött vonatkoztatási rendszerben határozzuk meg. Ezeket a méréseket az adott ország geodéziai szolgálata végzi el és dolgozza fel nemzetközi együttműködés keretében, közvetett úton kapcsolódva azokhoz az alappontokhoz, amelyeken VLBI állomásokat telepítettek.

Magyarország is rendelkezik ilyen korszerű, GPS méréseken alapuló alpponthálózattal (1-8. ábra). Ezt nevezzük Országos GPS Hálózatnak (OGPSH).

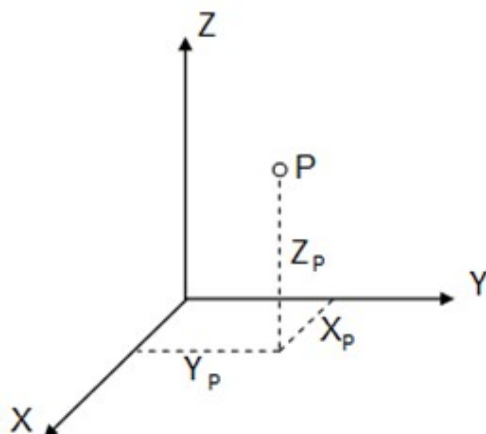


1-8. ábra A magyarországi Országos GPS Hálózat (www.sgo.fomi.hu)

Az **országos alpponthálózatokban** lévő pontok helymeghatározó adatai tehát már a Földhöz kötött vonatkoztatási rendszerben ismertek, amely rendszert **nemzetközi földi vonatkoztatási rendszernek** nevezzük (International Terrestrial Reference System – ITRS). Mivel az ITRS gyakorlati megvalósítása azonban a földi alppontokon keresztül történik, ezen alppontok alkotta hálózatot nemzetközi földi vonatkoztatási keretnek (International Terrestrial Reference Frame – ITRF) nevezzük. Ahhoz, hogy valamely földi pont kvázi-inerciális koordinátáit meg tudjuk határozni, ismerni kell az ITRF és az ICRS közötti kapcsolatot. Ennek koordinálását szintén a nemzetközi földforgás szolgálat látja el.

4. 1.4 A helymeghatározó adatok definiálása: koordinátarendszerek

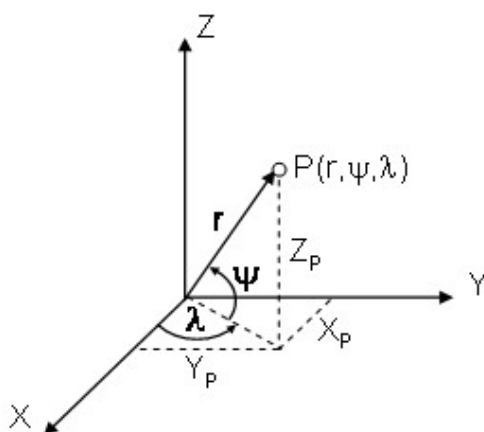
Az eddigi fejezetekben megismertük a hely fogalmát és azt, hogy miként lehet jellemezni. Tárgyaltuk a vonatkoztatási rendszerek definiálását, de a helymeghatározó adatokat csak a szemléletesség érdekében említettük meg. Ebben a fejezetben ezért áttekintjük a helymeghatározó adatokat és azok geometriai jelentését. A helymeghatározást a helymeghatározó adatok dimenziója alapján csoportosítjuk. Ha egy objektum térbeli helyzetére vagyunk kíváncsiak, akkor azt **térbeli koordinátákkal** írjuk le. Ezt nevezzük **háromdimenzós helymeghatározásnak**. A **térbeli koordinátarendszer** egy jobbsodrású matematikai koordinátarendszer (1-9. ábra).



1-9. ábra A térbeli derékszögű koordinátarendszer és a derékszögű koordináták

A koordinátarendszer origóját a három, egymásra kölcsönösen merőleges koordinátatengely metszéspontjaként kapjuk. A pont helyzetét a háromdimenziós koordinátarendszerben a pont megfelelő koordinátatengelyek által kifeszített síktól való előjeles távolságaként adjuk meg. A pont YZ tengelyek által kifeszített síktól való előjeles távolsága az X koordináta, az XZ tengelyek által kifeszített síktól vett előjeles távolsága az Y koordináta, az XY tengelyek által kifeszített síktól való előjeles távolsága pedig a Z koordináta.

A pont helyzete a térben azonban nemcsak derékszögű koordinátákkal adható meg, hanem a ponthoz tartozó **helyvektor polár koordinátaival** is (1-10. ábra).



1-10. ábra A térbeli derékszögű koordinátarendszer és a térbeli polár koordináták

A pont polár koordinátáit egy távolság és két szög alapján definiáljuk. A távolság a pont origótól való távolsága, a két szög pedig a helyvektor valamely kitéüntetett síkra vonatkozó merőleges vetülete alapján adható meg. A kiválasztott sík az XY tengelyek által kifeszített sík, amelyre a helyvektort a Z tengelyre és a helyvektorra illeszkedő sík mentén ortogonálisan vetítjük. A helyvektor merőleges vetületének X tengellyel, valamint a helyvektorral bezárt szöge lesz a keresett két szög-dimenziójú polár koordináta. A térbeli derékszögű és a polár koordináták között az 1-10. ábra alapján az alábbi összefüggések írhatók fel:

$$X = r \cdot \cos\psi \cdot \cos\lambda$$

1.1. egyenlet

$$Y = r \cdot \cos\psi \cdot \sin\lambda$$

1.2. egyenlet

$$Z = r \cdot \sin\psi$$

1.3. egyenlet

Valamint

$$\tan \lambda = \frac{Y}{X}$$

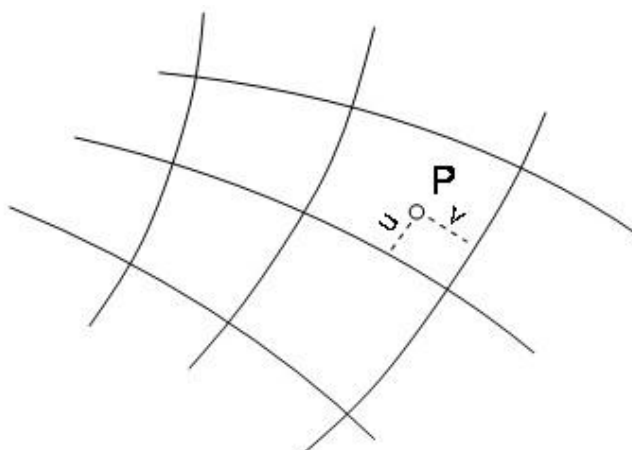
1.4. egyenlet

$$\sin \psi = \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}}$$

1.5. egyenlet

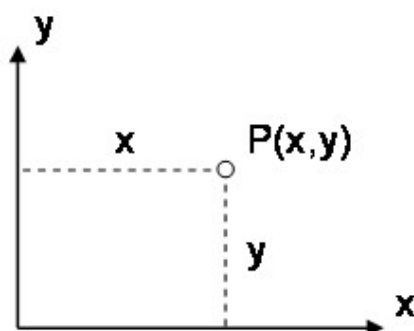
Megemlítjük, hogy egyes alkalmazásokban a polár koordinátákat egységnyi hosszúságú vektorokhoz kötjük. Így például az 1.3 [3] fejezetben említett kvázárok esetén a kvázárok bárcentrumtól való távolsága számunkra közömbös, hiszen azok csak a vonatkoztatási rendszer koordinátatengelyei irányának a megadására szolgálnak. Ilyen esetben, bár térbeli adatokról van szó, az objektumnak csak a ψ és a λ koordinátáit adjuk meg, a távolságot $r=1$ értéknek tekintjük. Abban az esetben, ha a térbeli derékszögű koordinátarendszer geocentrikus, akkor a ψ koordinátát geocentrikus szélességnek, a λ koordinátát pedig hosszúságnak nevezzük.

A térbeli derékszögű koordináták nem minden alkalmazásban szemléletesek. Ha például egy **síkrajzi térkép** akarunk készíteni, amely az objektumokat felülnézetben, kétdimenzióban ábrázolja, akkor az X, Y, Z koordinátahármas közvetlen megjelenítésre nem alkalmas. A kétdimenziós helymeghatározásban ezért **felületi koordinátákat** alkalmazunk. Egy adott felületen a pont helyzetét görbe vonalú koordinátákkal adjuk meg. A geometikában a **görbe vonalú koordinátarendszerek** közül azokat használjuk, ahol a görbe vonalak hálózata, az úgynevezett **koordinátagörbék** minden pontban merőlegesek egymásra (1-11. ábra). Ezeket a koordinátákat gyakran **Gauss-féle felületi koordinátáknak** is szokás nevezni.



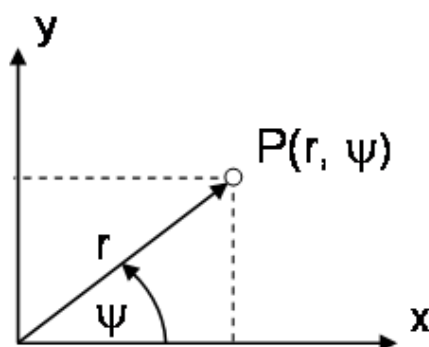
1-11. ábra A görbe vonalú ortogonális koordinátarendszer

A görbe vonalú ortogonális koordinátarendszer speciális esete a síkbeli derékszögű koordinátarendszer (1-12. ábra) Egy pont helyzetét a koordinátatengelyektől vett előjeles távolságokkal adjuk meg. A pont x tengelytől való távolsága az y, az y tengelytől való távolsága az x koordináta.



1-12. ábra A síkbeli matematikai derékszögű koordinátarendszer

Hasonlóan a térbeli derékszögű koordinátákhoz, a síkon is gyakran alkalmazunk polár koordinátákat. A síkon egy pont polár koordinátái alatt a pontba mutató helyvektor hosszát, és a helyvektor x tengellyel bezárt szögét, az úgynevezett **irányszöveget** értjük (1-13. ábra).



1-13. ábra A síkbeli matematikai derékszögű koordinátarendszer és a polár koordináták

Az irányszöget úgy értelmezzük, hogy a +x tengelyt az óramutató járásával ellentétes értelemben a helyvektor irányába forgatjuk. A síkbeli derékszögű és polár koordináták között az alábbi összefüggések írhatók fel:

$$x = r \cdot \cos \psi$$

1.6. egyenlet

$$y = r \cdot \sin \psi$$

1.7. egyenlet

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

1.8. egyenlet

$$\tan \psi = \frac{y}{x}$$

1.9. egyenlet

A matematikai koordinátarendszerben az irányszöget, mint forgásszöget, az óramutató járásával ellentétes irányban értelmezzük. A későbbiekben majd látni fogjuk, hogy a forgásszögeket a **geodéziában** viszont az óramutató járásával egyező irányban értelmezzük. A **geodéziái koordinátarendszerben** a pont koordinátáinak definiálása a matematikai koordinátarendszeréhez hasonló, azonban a koordinátatengelyek, a forgásszög értelmezésének következtében, fel vannak cserélve (1-14. ábra).

Az **irányszöget** a geodéziában úgy értelmezzük, hogy a +x tengelyt az óramutató járásával egyező értelemben forgatjuk a kérdéses irányba. A koordinátatengelyek felcserélése azonban nem jelenti azt, hogy a derékszögű és a polár koordináták közötti összefüggések a geodéziái koordinátarendszerben mások lennének. Ezt az 1-14. ábra alapján könnyű belátni. A geodéziában egyes mennyiségekre vonatkozóan kialakult egy sajátos jelölésrendszer, így az irányszöget δ -val, a távolságot pedig t -vel jelöljük. Az 1-14. ábra jelöléseinek megfelelően tehát írhatjuk, hogy:

$$y = t \cdot \sin \delta$$

1.10. egyenlet

$$x = t \cdot \cos \delta$$

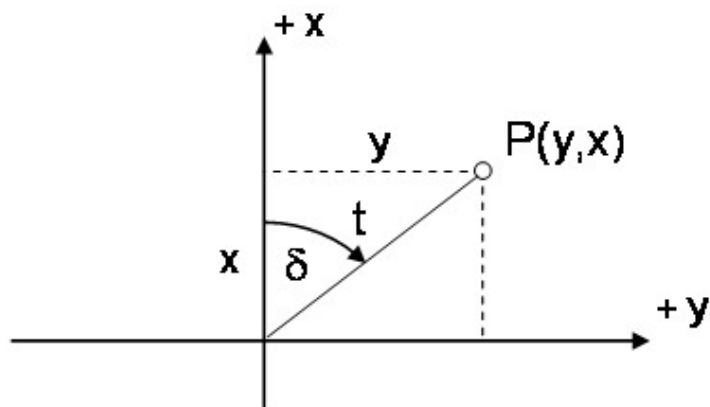
1.11. egyenlet

$$t = \sqrt{y^2 + x^2}$$

1.12. egyenlet

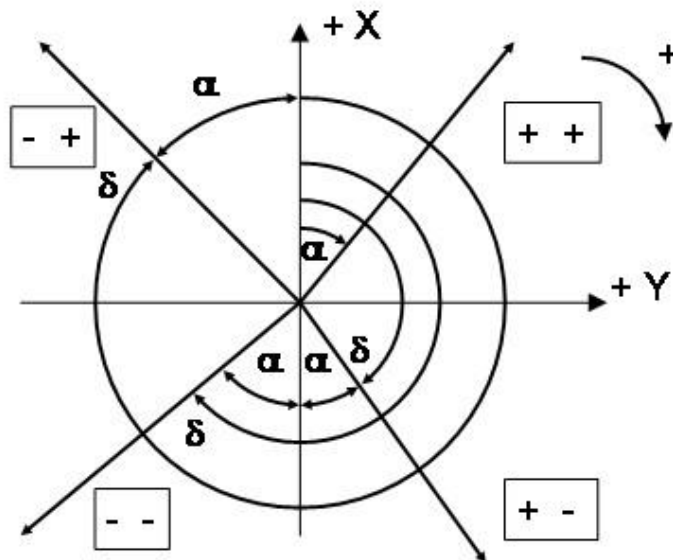
$$\tan \delta = \frac{y}{x}$$

1.13. egyenlet



1-14. ábra A geodéziái koordinátarendszer

Az irányszög számításának gyakorlati végrehajtásához meg kell jegyeznünk, hogy az 1.13. [9]-as összefüggés szimbolikus. A geodéziában a szögeket ugyanis mindig 0° és 360° között értelmezzük. Így (1.13. [9]) az iránynak a koordináta-rendszerbeli helyzetétől függően nem az irányszöveget, hanem annak főértékét adja eredményül (1-15. ábra). Az **irányszög főértéke** alatt azt a szöveget értjük, amelynek függvényértéke abszolút értékben megegyezik az irányszög szögfüggvényének abszolút értékével. Az irányszög főértékéből történő számítására többféle **algoritmust** is követhetünk.



1-15. ábra Az irányszög számítása a főértékből

Az egyik lehetőség, hogy képezzük az y és az x koordináták hányadosának abszolút értékét és ebből meghatározzuk először a főértéket:

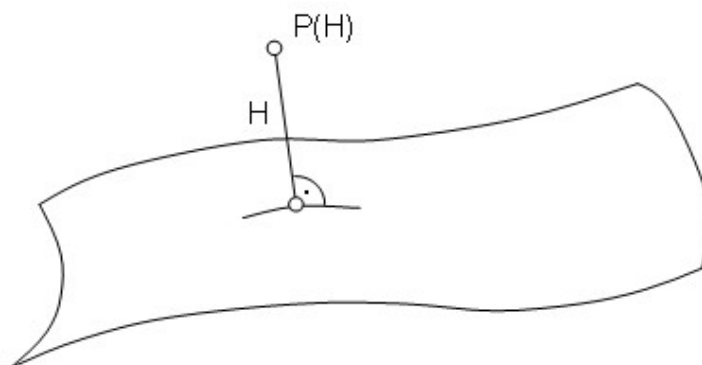
Ezt követően pedig az y és az x koordináták előjele alapján megállapítjuk az irány koordinátanegyedbeli helyzetét alkalmazva az 1-1. táblázat [10] utolsó oszlopában szereplő összefüggéseket.

1-1. táblázat -

Negyed	Előjel		Irányszög
	y	x	
I.	+	+	$\delta = \alpha$
II.	+	-	$\delta = 180^\circ - \alpha$

III.	-	-	$\delta = 180^\circ + \alpha$
IV.	-	+	$\delta = 360^\circ - \alpha$

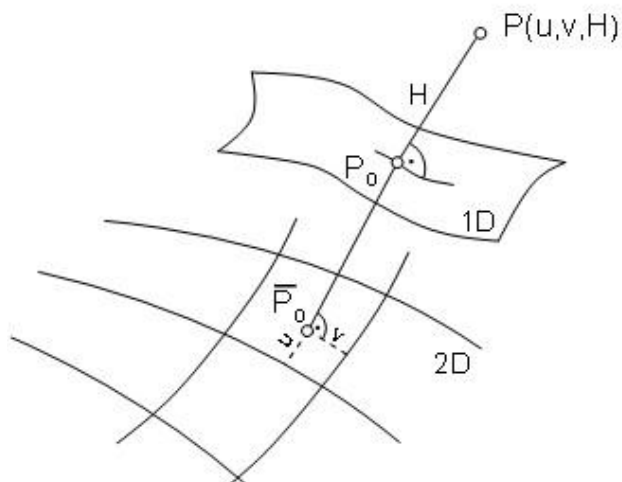
A helymeghatározás egyik esete, amikor egy objektum helyzetét csak egydimenzióban kell megadnunk. Ez nem jelent mást, mint egyetlen távolságnak a meghatározását, amelyet **magasságnak** nevezünk. Ebben az esetben csak arra vagyunk kíváncsiak, hogy mi a pont távolsága egy adott **vonatkoztatási szinttől** (1-16. ábra). Ezt a távolságot a pont és annak felületi talppontja között értelmezzük a ponton átmenő **felületi normális** mentén. Ha a vonatkoztatási felület a közepes óceán- vagy tengerszintnek megfelelő felület, akkor ezt a távolságot **tengerszintfeletti magasságnak** nevezzük. Későbbi tanulmányaink során azonban majd látni fogjuk, hogy a magasság ilyen egyszerű geometriai megfogalmazása nem egyértelmű. Anélkül, hogy most részletekbe bocsátkoznánk, megemlíjtük, hogy a magasság csak fizikai úton definiálható.



1-16. ábra Egydimenziós helymeghatározás

Természetes tájékozódási képességünk az evolúció során a két- és egydimenziós helymeghatározásnak megfelelően alakult ki. Jól érzékeljük az előre vagy hátra, a jobbra és balra, vagy a fel és le fogalmát. Ha azonban arra a kérdésre keresnénk a választ, hogy a Földhöz rögzített térbeli derékszögű koordinárendszerben a koordinátatengelyekhez viszonyítva milyen irányban végeztünk mozgást, akkor arra már igencsak hosszas gondolkodásra lenne szükség. A helymeghatározásban a műszaki fejlődés is ennek megfelelően alakult ki. Külön mérési módszereket és mérőeszközöket fejlesztettek ki a kétdimenziós és az egydimenziós helymeghatározás esetén. Ezen kívül, a két és egydimenziós helymeghatározás vonatkoztatási rendszere sem egyezett meg. Kialakult tehát egy úgynevezett 2+1 dimenziós helymeghatározás.

A kétdimenziós helymeghatározó adatokat a **Föld alakját legjobban megközelítő** szabályos felületre vonatkoztatták, míg a harmadik dimenziót a tengerszint feletti magasság szolgáltatja (1-17. ábra). Klasszikusan a kétdimenziós helymeghatározó adatokat csillagászati mérési módszerekkel határozták meg, amely a pontok **földrajzi koordinátáit**, a **földrajzi szélességet** és a **hosszúságot** adta eredményül. A helymeghatározás mai gyakorlatában, elsősorban a műholdas helymeghatározás technológiájának következtében, mind a háromdimenziós, mind a 2+1 dimenziós helymeghatározás párhuzamosan létezik. Napjainkban emiatt a kettőség miatt ezért központi szerepet játszanak azok a tudományos kutatási munkák és vizsgálatok, amelyek a háromdimenziós és a 2+1 dimenziós vonatkoztatási rendszerek közötti kapcsolatot vizsgálják.



1-17. ábra A 2+1 dimenziós helymeghatározás elve

Az 1-17. ábrához kapcsolódva egy fontos kiegészítést kell tennünk. A P pontot az egydimenziós helymeghatározás vonatkoztatási felületére a P pontból a vonatkoztatási felületre bocsátott merőleges mentén vetítettük le. Így kaptuk a P_0 pontot. Ezt a dőfpontot azonban a kétdimenziós helymeghatározás vonatkoztatási felületére már úgy vetítettük tovább, hogy a P_0 pontból bocsátottunk merőlegest a kétdimenziós helymeghatározás vonatkoztatási felületére, kapva ezáltal a \bar{P}_0 pontot. A két normális tehát nem azonos, pontosabban fogalmazva, nem feltétlenül esik egybe egymással. Erre a különbségre a 2.2. fejezetben a Föld elméleti alakjának a tárgyalásakor visszatérünk.

5. 1.5 A helymeghatározás végrehajtásának módszerei

A helymeghatározás végrehajtásának módszereit három fő csoportba osztjuk. Ezek a

- földi módszerek,
- távérzékelés,
- és a műholdas helymeghatározás.

Földi módszerek esetén a koordináták meghatározásához vízszintes és magassági szögeket, valamint távolságot mérünk. A szögmérés végrehajtására szolgáló műszert **teodolitnak** nevezzük. A távolságok megmérése **mérőszalaggal** vagy **táv mérővel** történik. A mai műszerekben egyesítik a szögmérő és a távmérő egységet, azaz a teodolitot és a **fizikai távmérőt**. Ezeket a műszereket mérőállomásoknak nevezzük. A mérőállomások jellemzője, hogy lehetővé teszik a mérési eredmények digitális formában történő tárolását, valamint az, hogy a méréseket programvezérelt formában a műszerbe épített különböző mérési programok felhasználásával hajtsuk végre. A magasságok meghatározására szintezőműszert alkalmazunk. A szintezőműszer tartozéka a szintezőléc.



1-18. ábra A földi helymeghatározás mérőeszközei és műszerei: mérőszalag, mérőállomás, szintezőműszer és szintezőléc

A **távérzékelés** jellemzője, hogy a helymeghatározást mérőképek felhasználásával végezzük. A mérőképeket ma már digitális kép formájában állítják elő légifényképező repülőgépeken elhelyezett digitális **légi kamarák**

(Digital Airborne Camera) vagy egyéb **szenzorok** segítségével (1-19. ábra). A távérzékelésnek ezt a szakterületét **fotogrammetriának** nevezzük.



1-19. ábra A légi fotogrammetria eszközei. Balra: légifényképező repülőgép. Jobbra: a légifényképező repülőgép belülről a mérőkamerával és az operátorral

A digitális mérőképek kiértékelésének eredményeként többféle végterméket állítanak elő. Egy ilyen lehetséges végtermék a digitális **ortofotó** (1-20. ábra).



1-20. ábra Digitális ortofotó

A fotogrammetriának egyik speciális szakterülete, amikor az érzékelők platformja nem egy repülőgép, hanem azokat a mérőállomásokhoz hasonlóan, egy műszerállványon helyezik el. Ezt nevezzük földi vagy **közel fotogrammetriának**. A közel fotogrammetriának szerteágazó alkalmazásait találjuk a műemlékvédelemben, régészeti feltárások során, stb.

A távérzékelés harmadik esetében a szenzorok platformjait a Föld körül keringő műholdak jelentik. A műholdakon elhelyezett szenzorok a Föld körüli keringés során a Föld felszínének egy meghatározott sávját tapogattják le (1-21. ábra). Az elkészült felvételeket megfelelő kapcsolat útján a földi előfeldolgozó állomásokra továbbítják.



1-21. ábra Távérzékelés - Űrfelvétel készítése

A távérzékelés további speciális alkalmazási területe a digitális **domborzatmodellek** készítésében van. Ilyenkor a repülőgépen egy **mikrohullámú** vagy **lézerletapogató** rendszert helyeznek el. A repülés során a repülőgépen elhelyezett **radar** vagy **lézerszkennel** folyamatosan méri a terepfelszíntől való távolságot. A feldolgozás

előfeltétele, hogy a mérés végrehajtásával egyidejűen ismerni kell a szenzor térbeli koordinátáit. A legismertebb ilyen rendszer az úgynevezett **oldalra néző légi radar rendszer** (Side-Looking Airborne Radar - SLAR).



1-22. ábra Az SLAR rendszer. Balra: radar a repülőgép hasára erősítve. Jobbra: a radar kép, mint termék

Közfelmérési feladatok során is alkalmaznak lézerszkennereket elsősorban műszaki létesítmények felmérése és háromdimenziós megjelenítése céljából (1-23. ábra).



1-23. ábra A Leica HDS3000 lézerszkennер és a felmérés eredménye: háromdimenziós modellezés és megjelenítés

A **műholdas helymeghatározás** a Föld körül keringő műholdakra végzett méréseken alapul. A helymeghatározás alapelve, hogy meghatározzuk a műholdak és a földi pontokon elhelyezett vevők közötti távolságot az elektromágneses hullám **futási ideje** vagy **fázishelyzete** alapján. Jelenleg két ilyen globális helymeghatározó rendszer üzemel. Az egyik az Amerikai Egyesült Államok által fenntartott **NAVSTAR GPS**, a másik pedig az Oroszország által üzemeltetett **GLONASSZ**. Az Európai Űrhajózási Ügynökség és az Európai Unió közös finanszírozásában megvalósítandó **GALILEO** elnevezésű műholdas helymeghatározási rendszert 2013-tól tervezik üzembe állítani.



1-24. ábra Bal: A GLONASS (balra) és a NAVSTAR GPS (jobbra) műholdjai. Jobb: a NAVSTAR GPS pályái

A NAVSTAR GPS és a GLONASSZ mellett további, elsősorban tudományos célokat szolgáló rendszerek is léteznek. Ezek ismertetésétől itt eltekintünk, a későbbi tanulmányok során az egyes szaktárgyakban ezekre majd még visszatérünk.

6. 1.6 A geodézia fogalma, feladata

A különböző helymeghatározási módszerek 1.5. fejezetben bemutatott csoportosítása egyben az egyes módszerek időbeli kialakulását is kifejezi. Amikor a helymeghatározás feladatát tudományos szempontból közelítjük meg, akkor azt mondjuk, hogy a **geodézia** az a tudomány, amely a helymeghatározással foglalkozik. A geodézia görög eredetű szó és földosztást jelent. Az elnevezést az ókor egyik görög tudósának,

Arisztotelésznek (ie. 384-322) tulajdonítják. Az ókori földmérési munkák a birtokviszonyok kialakulása után, az egyes birtokok és határvonalak felméréseivel hozhatók összefüggésbe. Az ókori Egyiptomban végeztek földmérési munkákat a Nílus melletti öntözőterületek kialakítása és szabályozása érdekében. Ezek a feladatok azonban már a magasság meghatározását is igényelték. Olyan mérőeszközöket készítettek, amelyek segítségével egyszerű vízszintes és magassági mérési műveleteket is el tudtak végezni. Ilyen volt például a dioptra, amelynek használatát Heron (ie. 284-221) Dioptrika című munkájában leírta. Az eszközzel el lehetett végezni távolságok, szögek és magasságok mérését is. Az észak-déli irány meghatározásához használták a **gnomont**, amelyet ma egyszerűen napórának neveznénk. Az ókorban több különböző szerkezetű gnomont készítettek.

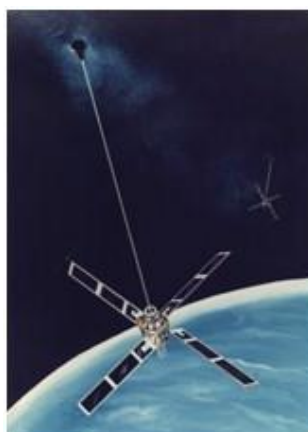


1-25. ábra Heron dioptrája (www.fig.net) és a gnomon

A tudomány fejlődésével újabb és újabb mérőeszközök és mérési módszerek láttak napvilágot, de a feladat alapvetően nem változott: „mérni és térképezni”. Amikor a felméréseket egyre nagyobb területre terjesztették ki, elődeink szembesültek a vonatkoztatás problémájával. Az újkor hajnalán Newton és még sok kiváló tudós munkásságának az eredményeként vetették fel ismét a Föld alakjának a problémáját, amely idővel oda vezetett, hogy a tisztán geometriai úton történő méréseket ki kellett egészíteni és kombinálni **gravimetriai** mérésekkel.

A fényképezés feltalálása egy új fejezetet nyitott a **földmérés** és a **térképészet** addigi történetében, megszületett a fotogrammetria (fényképmérés), amely idővel önálló szakterületté, az első űrfelvételek megjelenését követően, pedig távérzékelés néven önálló tudománnyá vált.

1959 szeptemberében indították útjára az első műholdas helymeghatározó rendszer prototípusát, amelyet 1964-ben használtak először tengeri navigációban. A rendszer a Navy Navigation Satellite System elnevezést kapta. A rendszer 1967 nyarától lett elérhető polgári célú felhasználásra, megteremtve az alapját a mai modern globális helymeghatározó rendszernek, a GPS-nek.



1-26. ábra A transit műhold - Navy Navigation Satellite System (1964-1996)

A számítástechnika fejlődése lehetőséget teremtett nagy mennyiségű adathalmaz gyors és korszerű feldolgozására, valamint új adatfeldolgozási módszerek megszületésére és alkalmazására. A térképeket már nemcsak papír alapon szerkesztették, hanem az erre a célra fejlesztett szoftverekkel, amelyek eredményeként megszületett a **digitális kartográfia**. Különböző **adatmodelleket** fejlesztettek ki, amelyek lehetővé tették a terepi objektumok kvantitatív és kvalitatív jellemzőinek **adatbázisban** történő tárolását is. Ezek az információk

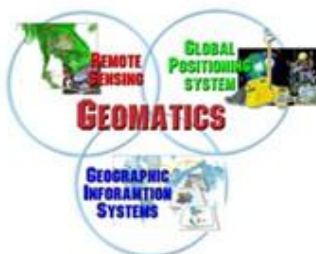
naprakészen módosíthatók és kiegészíthetők lettek. Kialakult a térinformatika, amelyre ma már országok teljes gazdasági élete és infrastruktúrája épül.

E rövid történeti fejlődés áttekintése után azonban érdemes ismertetni néhány, a távolabbi és a közelmúltból származó definíciót, amely a geodézia feladatát ismerteti. Bruns (1848-1919), akit a háromdimenziós geodézia első megalapozójának tekintenek, a következőképpen fogalmazott (1878): „A geodézia feladata a Föld elméleti alakját leíró **potenciálfüggvény** meghatározása.”

Friedrich Robert Helmert (1843-1917), akinek a nevével tanulmányaink során még többször fogunk találkozni, a következőképpen fogalmazott (1880): „A geodézia a földfelszín mérésének és térképezésének a tudománya”. Úgy tűnik ez a kétféle megfogalmazás elég eltérő egymástól, az egyik a helymeghatározásról szól, a másik a Föld nehézségi erőteréről. Külön fogalmazták meg ezeket a feladatokat, de valójában összetartoznak, a kettő együttesen jelentkezik. Természetesen több definíció is napvilágot látott, amelyekben gyakran tükröződik az azt megalkotó szakember szemlélete és tudományos munkássága egyaránt. Az egyik legjobban elfogadott megközelítés Heiskanen(1894-1971) és Vening Meinesz (1887-1966) nevéhez fűződik (1958): „A geodézia elméleti és gyakorlati részre osztható”. Ezek pedig:

- elméleti geodézia, amely a Föld méretének és alakjának a meghatározását jelenti,
- gyakorlati geodézia, amelynek feladata a gyakorlati helymeghatározás.

Könnyű belátni, hogy ez a megfogalmazás az ötvözete a Bruns-féle és Helmert-féle definícióknak. A Heiskanen és Vening Meinesz-féle megközelítést azonban a gyakorlati geodézia oldaláról bővebben ki szoktuk fejteni. Így azt mondjuk, hogy a **gyakorlati geodézia feladata** a Föld felszínén vagy a felszín alatt található természetes alakzatok és mesterséges létesítmények (alakjelző pontjainak a) felmérése és térképezése. Ha a fentebb tárgyalt szakmai fejlődésre gondolunk, akkor belátható, hogy már ez a definíció sem állja meg igazán a helyét, hiszen a helymeghatározásnak nemcsak geodéziai módszerei vannak, így ezt a fajta megközelítést is finomítanunk kell. Történetileg azonban nem a geodézia feladatát fogalmazták újra, hanem egy új, összefoglaló elnevezést vezettek be, kifejezve az integrációját mindazon szakterületeknek, amelyek korábban a földmérésből és a térképészetből fejlődtek ki. Ez lett a **geomatika**.



1-27. ábra A geomatika szűkebb értelemben (www.gis2me.com/gis)

A geomatika kifejezés az 1960-as és az 1970-es évek fordulóján hangzott el először. Az elnevezést a francia Bernard Dubuissonnak (Compiègne-i egyetem, Franciaország) tulajdonítják, de legelőször mégis a tengerentúlon, elsősorban Kanadában vették át ezt a kifejezést. A geomatikában kifejezésre jut minden, ami a helymeghatározással kapcsolatos: adatgyűjtés, adatfeldolgozás, adatelemzés, megjelenítés és adatkezelés. A geomatika magában foglalja a geodéziát, térképészetet, térinformatikát (földrajzi információs rendszerek), navigációt, távérzékelést, digitális képfeldolgozást, valamint a földügyi szakigazgatást és az azzal kapcsolatos úgynevezett földügyi információs rendszereket. Meg kell jegyeznünk, hogy egyes szakkönyvekben a geomatika alatt értik ezen kívül a geológiát, geofizikát, vízepítést, környezetvédelmet, minden olyan tudományterületet, amely kötődik a térbeli adatokhoz. Geomatika alatt tehát mind szűkebb (1-27. ábra) és mind tágabb területet átfogó, integrálódott tudományok összességét értjük. A geomatika termékeit és a rá épülő szolgáltatásokat nagyon jól szemlélteti az 1-28. ábra. Az ábrán héjszerkezetben láthatjuk a felhasználók, a geomatikai ipari szektor, mint előállító, és a térbeli adat infrastruktúra szerkezetét.



1-28. ábra A geomatikai termékek és szolgáltatások felhasználói (www.geoconnections.org)

Mindent egybevetve azt mondhatjuk, hogy a geomatika helyhez kötött kvantitatív és kvalitatív adatok gyűjtését, modellezését, feldolgozását, elemzését, megjelenítését és kezelését jelenti, integrálva mindazon szakterületeket, amelyekben a helymeghatározás központi szerepet játszik. Fontos kiemelni, hogy a geomatika nem a geodéziát „váltotta” fel. A geodézia, mint önálló tudományterület megmaradt, de ma inkább annak integrálódott szerepét hangsúlyozzuk ki. A geodézia a geomatikán belül a helymeghatározás tudománya maradt. Tárgyalja a különböző mérési és adatfeldolgozási módszereket, a vonatkoztatási rendszerek definiálását és azok gyakorlati megvalósítását, valamint a feldolgozás eredményének különböző megjelenítési módszereit sík- vagy térbeli **megjelenítés** formájában.

Mindennek az alapja azonban az, hogy modelleznünk kell azt az égitestet, amelyen élünk, amelyen a méréseinket végrehajtjuk, és amelyen lévő objektumokat ábrázolni akarjuk. Ezért először a Föld elméleti alakjával kapcsolatos alapismereteket tárgyaljuk a következő fejezetben.

Az érdekesség kedvéért megemlítjük, hogy Magyarországon a köznyelvben a geodézia és a földmérés ugyanazt jelenti. A földmérést végző szakembert geodétának vagy földmérőnek nevezik. Egyes országokban a geodéziát és a földmérést megkülönböztetik egymástól. Így geodézia alatt az úgynevezett elméleti geodéziát, míg földmérés alatt a gyakorlati geodéziát értik. Az angol nyelvterületen ennek megfelelően beszélnek geodesy-ről és surveying-ről, a német nyelvterületen pedig Geodäsie-ről és Vermessung-ról. Magyarországon az elméleti geodéziát, elsősorban az első német nyelvű könyvek direkt fordításának eredményeként felsőgeodéziának (lásd: Helmert F. R.: Die mathematischen und physikalischen Theorien der höheren Geodäsie, 1880), a gyakorlati geodéziát pedig általános vagy alsó geodéziának is nevezik.

7. 1.7 Mértékegységek

Az 1.2. fejezetben láttuk, hogy a helymeghatározó adatokat különböző dimenziójú mennyiségekkel is megadhatjuk. Egy pont polár koordinátáit a térben két szög és egy távolság segítségével adtuk meg, a síkon egy szög és egy távolság definiálásával. A gyakorlatban igény van arra, hogy területet vagy köbtartalmat számoljunk koordinátákból, vagy közvetlen mérési eredményekből. Ez felveti annak a szükségét, hogy megismerjük, milyen mértékegységekkel dolgozunk egyes feladatok megoldásakor. Éppen ezért ebben a fejezetben áttekintjük azokat a mértékegységeket, amelyek a geomatikában használatosak. Tekintettel arra, hogy egyes országokban a szakmatörténet különbözősége miatt a miénktől eltérő mértékegységeket alkalmaznak, ezért bemutatjuk a világszerte elterjedtebben használt egyéb mértékegységeket is.

7.1. 1.7.1 A távolság mértékegységei

A távolság mértékegységére és annak váltószámaira az idők folyamán más és más egységet alkalmaztak. A tudományos forradalom előtti időkben a hosszegységet valamely vezető személy, általában királyok és királynők testrészének a hosszához kötötték. Ilyen volt például a könyök, a láb vagy a hüvelyk, esetleg egyéb, a számukra fontos értéktárgy, például a kardnak a mérete. Nagyobb távolságok jellemzésére alkalmazták a napi járást vagy a kilőtt nyílvevessző által megtett távolságot. Idővel mind a mértékegységeket, mind az őket hordozó mérőeszközöket, függetlenítették az embertől és azokat más módon definiálták.

Az 1700-as évek közepére gyakorlatilag teljes „káosz” uralkodott nemcsak a távolság, de egyéb mennyiségek, például a tömeg mértékegységeivel kapcsolatban is. A természettudományokban élen járó akkori nagyhatalmak, de elsősorban Franciaország jóvoltából az 1700-as évek végén született meg a távolság első, tudományos alapokon történő definíciója úgy, hogy azt a **Föld méretéhez kötötték**. Ehhez először is meg kellett határozni a Föld alakját és méretét. Ezért expedíciókat szerveztek. A mérések alapjául a háromszögelés szolgált. Pierre Simon Laplace (1749-1827) javasolta elsőként 1791-ben, hogy hosszegységnek a Föld alakját leíró forgási ellipszoid forgástengelyére illeszkedő sík és az ellipszoid metszéspontjának, az úgynevezett **meridián** hosszának a 40 milliommódrészét válasszák. Ezt az egységet - a görög **metron** szó alapján, ami távolságot jelent - **méternek** nevezték el. A korábban végzett expedíciók közül a perui mérések eredményeit megtartották, de a Lappföldön végzett kevésbé sikeres mérések helyett egy új háromszögelést végeztek Dunkerque és Barcelona között. A probléma fontosságát mi sem jellemzi jobban, hogy a mértékegységek egységesítési törekvése érdekében a francia nemzetgyűlés 1791 márciusában létrehozta a Mértékek és Súlyok Bizottságát. Bár a méréseket még 1791-ben elkezdték, az elhúzódo forradalom akadályozta azok végrehajtását, így a munkálatokat csak 1799-ben fejezték be. A méterre kapott hosszúságot egy etalon rúdon jelölték meg, amelyet platina-irídium ötvözetből készítettek. A méter törvényes használatát a kilogrammal együtt 1799 decemberében iktatta törvénybe a francia parlament. A méter bevezetésének két nagy előnye is volt. Az egyik, hogy a Föld méretéből vezették le, így a politikától és az egyes országok közötti hatalmi viszonyoktól sikerült függetleníteni. A másik, hogy a méter bevezetése egyidejűleg a 10-es számrendszer bevezetését is megteremtette. Ennek ellenére nemzetközi elfogadása sokáig váratott magára. Az első csatlakozó országok Belgium (1815) és Hollandia (1816) voltak. 1870-ben a Nemzetközi Méter Bizottság Párizsban tartotta ülését, amelynek eredményeként később több ország is csatlakozott a méterrendszerhez, így például Ausztria-Magyarország (1873) és Norvégia (1876). A párizsi levéltárban őrzött méter etalonról ekkor a csatlakozó országoknak másolatokat készítettek. Magyarországon abban az időben a bécsi ölt használták hivatalosan, amellyel régi földmérési térképeinkkel kapcsolatban még ma is találkozunk. Magyarországon az 1874. évi VIII. törvénycikk rendelte el a méter kötelező használatát 1876. január 1. hatállyal. Egyes országok továbbra is saját mértékegységet alkalmaztak, így például Oroszország vagy a Brit Birodalom is a saját és a gyarmatokon végzett mérésekből meghatározott mértékegységeket használta. Az angolszász mértékegységek és azok különböző változatai mind a mai napig érvényben vannak, ezért megtalálhatóak a korszerű elektronikus műszerek beállítási lehetőségei között.

A tudomány és technika fejlődésével a méter definícióját többször is finomították, de alapvető természete megmaradt, nevezetesen, hogy a fogalmát a természethez kötötték. A Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió 1983-as canberrai (Ausztrália) ülésén fogadták el - Bay Zoltán javaslatára - a méter legújabb, már időhöz kötött fogalmát. Ezek szerint a méter egyenlő azzal az úttal, amelyet a fény vákuumban a másodperc 1/299 792 458-ad része alatt megtesz. A 1-2. táblázat [18]ban található a méter, a bécsi öl és az angolszász (brit) hosszegység és váltószámaik, valamint az utóbbi kettő méterrel való kapcsolata.

1-2. táblázat -

Alapegység		
1 méter	1 bécsi öl	1 brit láb
10 dm	6 láb	1/3 yard
100 cm	72 hüvelyk	12 inch
1000 mm	1.896 48 384 m	0.3048 m

Ezen kívül megemlítjük a hüvelyk és az inch váltószámát, a vonást. Egy hüvelyk/ inch 12 vonásból áll, amely mintegy 2.2 milliméternek felel meg.

Egyes alkalmazásokban a métert nagy távolságok esetén, például a navigációban, kényelmetlen alkalmazni, mert túlságosan nagy számokkal kellene dolgoznunk. Ezekben az esetekben a méter helyett a kilométert alkalmazzuk (1 km = 1000 méter), a láb helyett pedig a mérföldet (1 brit szárazföldi mérföld = 5280 láb = 1609.344 méter).

7.2. 1.7.2 A terület mértékegységei

A terület alaplémértékegysége az 1 m x 1 m-nek megfelelő terület, a négyzetméter (m²). A négyzetméter további váltóegységei a hektár (ha), amely egy 100 méter x 100 méteres területnek felel meg. A definíciónak megfelelően 1 ha = 100 m x 100 m = 10 000 m². Elsősorban a távérzékelésben alkalmazzuk a négyzetkilométert, amely 1000 m x 1000 m-es területnek, azaz 1 millió négyzetméternek felel meg. A leírtakból következik, hogy 1 km² = 100 ha.

A bécsi ölhöz kapcsolódóan területegységnek a négyszögölt vezették be, azaz az 1 öl x 1 öl nagyságú területet. A négyszögölt jelölésére egy négyzet szimbólumot és az öl szavat kombinálva használjuk (öl). Az 1-2. táblázat [18] alapján kiszámítható, hogy 1 öl körülbelül 3.6 m². A négyszögölt váltóegysége a kataszteri hold, amely 1600 négyszögöltnek felel meg.

Az érdekesség kedvéért megemlítjük, hogy a régi területegységeket a mezőgazdaságilag művelt területek nagyságával hozták kapcsolatba. Így egy hold nagyságú terület alatt az egy nap alatt felszántható földterület nagyságát értették. Az idősebb lakosság körében és a köznyelvben ezért sokáig az úgynevezett kisholdat használták, de idővel ez is eltűnt mind a magyar társalgási, mind a szakmai nyelvezetünkől, hasonlóan az Erdélyben használatos vitorna és falka finnugor eredetű szavakhoz, amelyekkel az egységnyi szénát termő területet jellemezték (Raum F., 1995).

7.3. 1.7.3 A térfogat mértékegységei

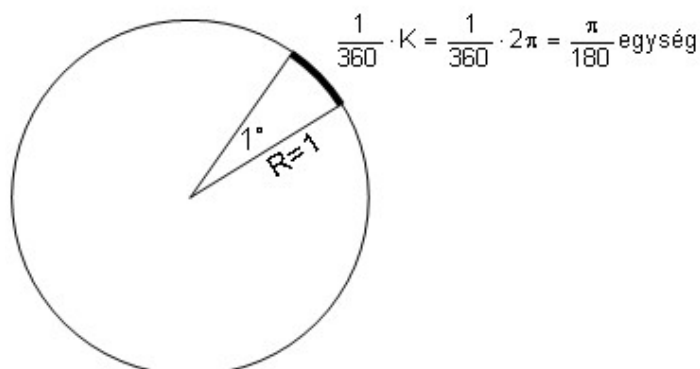
A térfogat mértékegységeit a területhez hasonlóan a méterből vezetjük le. Az alapegység az 1 m x 1 m x 1 m-nek megfelelő köbtartalom, a köbméter (m³). Köbtartalom számításokra van szükség például út- és vasútépítések során végzett terepmunkák esetén, vagy külszíni fejtésű bányák termelésének számítására vonatkozóan. Egyes térinformatikai és főleg földrajzi alkalmazásokban használjuk a köbkilométert (1 km x 1 km x 1 km = 1 millió m³), elsősorban állóvizek köbtartalmának számítására.

7.4. 1.7.4 A szög mértékegységei

A szög mértékegységeit az egységnyi sugarú kör kerületének adott törtrészéhez tartozó középponti szög nagyságaként definiáljuk. A gyakorlatban az úgynevezett 360-as és a 400-as fokrendszert, valamint az ívmértéket alkalmazzuk.

7.5. 1.7.5 A 360-as fokrendszer

A 360-as fokrendszer esetén az 1 fok az alapegység, amely a kör kerületének 360-ad részéhez tartozó középponti szögnek felel meg (1-29. ábra). Egy fokot továbbosztunk 60 ívpercre (jele: '), és 1 ívpercet további 60 ívmásodpercre (jele: "). Az ívperc és ívmásodperc helyett gyakran alkalmazzuk a szögperc vagy szögmásodperc kifejezéseket, vagy röviden csak perc és a másodperc fogalmakat.



1-29. ábra A 360-as fokrendszer

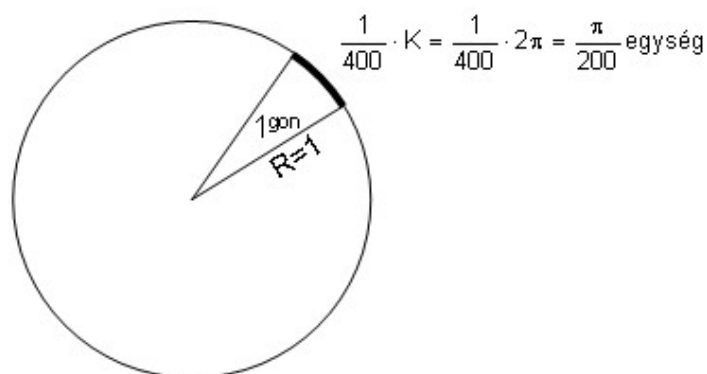
A fok, perc és másodperc értékek között az alábbi összefüggések írhatóak fel:

$$1^\circ = 60' = 3600''$$

A későbbi tanulmányaink során egyes alkalmazásokban látni fogjuk, hogy az 1 másodpercet is szükséges további egységekre osztani, azaz beszélünk tized-, század, ezredmásodpercről, stb. Mint látható, a 360-as fokrendszer nemcsak 60-as váltószámokból áll, hanem az a szögmásodperc miatt valójában kettős számrendszert használ, azaz mind a 60-as, mind a 10-es számrendszert. Kis szögek esetén a szögek jellemzésére a másodperc nagyságrendet használjuk.

7.6. 1.7.6 A 400-as fokrendszer

A 400-as fokrendszer esetén egy fok alatt a kör területének 400-ad részéhez tartozó középponti szöget értjük, amelyet **gonnak** vagy **újfoknak** nevezünk (1-30. ábra). A 400-as fokrendszer 10-es számrendszert használ. Egy gont 100 részre osztunk tovább, amelyet centezimális percnak nevezünk, egy centezimális percet pedig továbbosztunk 100 centezimális másodpercre.



1-30. ábra A 400-as fokrendszer

A centezimális perc és másodperc jelölésére gyakran alkalmazzák a számok után a felső indexbe írt c és cc betűket, de ezeket a jelöléseket általában mind az írott, mind a beszélt nyelvben elhagyják, és a következőképpen jelölik:

141.8112^{gon},

amely megfelel a $141^{\text{g}} 81^{\text{c}} 22^{\text{cc}}$ jelölésnek. Éppen ezért a 400-as fokrendszer esetén, ha váltószámokról beszélünk, akkor egész egyszerűen tized-, század kifejezéseket használjuk. Kis szögek esetén a szögek jellemzésére a milligon nagyságrendet használjuk ($1 \text{ mgon} = 0.001 \text{ gon}$). A 360-as és a 400-as fokrendszer definíciójából következik, hogy egy adott α szög esetén az átváltás a következő:

$$\alpha^{\circ} = \frac{360}{400} \alpha^{\text{gon}}$$

1.14. egyenlet

és

$$\alpha^{\text{gon}} = \frac{400}{360} \alpha^{\circ}$$

1.15. egyenlet

Amiből következik, hogy 1 szögmásodperc 0.3 mgon-nal egyenlő.

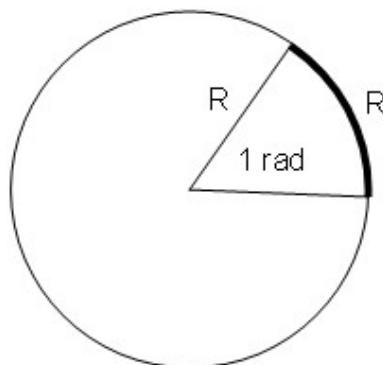
7.7. 1.7.7 Az analitikus szögegység

Az analitikus szögegység, vagy más néven ívmérték, az egységnyi sugárral egyenlő ívhosszhoz tartozó középponti szögnek felel meg (1-31. ábra). Mértékegysége a radián. A gyakorlati számítások során gyakran

alkalmazzuk a 360-as, egyes országokban a 400-as, és az analitikus szögegység közötti átváltást. Mivel 360° megfelel 2π radiánnak, ezért:

$$1\text{rad} = \left(\frac{180}{\pi}\right)^\circ = 57.29578^\circ = \left(\frac{180}{\pi} \cdot 3600\right)' = 2062648062'$$

1.16. egyenlet



1-31. ábra Az analitikus szögegység

Az egy radiánnak megfelelő szögmásodperc értékkel a későbbi tanulmányaink során többször is találkozni fogunk. A szakirodalomban ennek értékét külön névvel, a görög ρ betű (ejtsd: ró) jelölésével látják el és „**ró másodpercnek**” nevezik, röviden pedig ρ'' szimbólummal jelölik. A legtöbb gyakorlati számítás során értékét elegendő másodpercre kerekítve alkalmazni ($\rho'' = 206\ 265''$).

Hasonlóan a 400-as fokrendszerben:

$$\rho^{\text{migon}} = \left(\frac{200}{\pi}\right) \cdot 1000 = 63662^{\text{migon}}$$

1.17. egyenlet

amelyet „ró milligonak” nevezünk.

7.8. 1.7.8 Műveletek szögekkel a 360-as fokrendszerben

Magyarországon a 360-as fokrendszert alkalmazzuk, éppen ezért szükséges, hogy megismerjük a 60-as számrendszerben végzett műveleteket, az összeadást, a kivonást, a szorzást és az osztást. Mint látni fogjuk, ezek a műveletek teljes mértékben megegyeznek az idő mértékegységével történő számítások műveleteivel. Nézzünk először az összeadásra egy példát. Adjuk össze a következő két szögértéket:

$44^\circ 12' 26''$ és $10^\circ 51' 50''$.

A szögértékeket a 10-es számrendszerbeli műveletekhez hasonlóan először egymás alá írjuk. Az összeadást itt is a helyi értékeknek megfelelően, jobbról balra haladva végezzük, de ügyelve arra, hogy a maradék hozzáadását a következő balra álló perc és tízperc helyértékekhez akkor adjuk hozzá, hogyha a másodperc és tízmásodperc helyértékek összege nagyobb 60-nál. Hasonló a helyzet a perc és a tízperc értékek maradékának fokhoz történő hozzáadása esetén is. Azaz a példa esetén írhatjuk, hogy:

$44^\circ 12' 26''$

+ $10^\circ 51' 50''$

$55^\circ 04' 16''$

Kivonás esetén a kisebbítendőt és a kivonandót szintén egymás alá írjuk. A kivonást itt is jobbról balra végezzük el. Ha a kisebbítendő másodperc vagy perc értéke kisebb a kivonandó másodperc vagy perc értékénél, akkor a kisebbítendő perc vagy fok értékéből vonunk el egy-egy egységet. Legyen a kisebbítendő szög értéke $74^\circ 10' 22''$, a kivonandó pedig $46^\circ 08' 40''$. Azaz

74° 10' 22''

- 46° 08' 40''

28° 01' 42''

Szorzás során szögeket általában egész számokkal szorzunk, ezért példát is erre vonatkozóan nézünk meg. A 10-es számrendszerben végzett műveletekhez hasonlóan, először elvégezzük a szorzást jobbról, a másodperc helyértékekkel. Ha az eredmény 60-nál nagyobb, akkor abból levonjuk az egész percnak megfelelő másodperceket, és a maradékot megtartva kapjuk a szorzat másodperc értékét. Ezt követően elvégezzük a perc értékek szorzását, és a másodperc szorzásából maradó perc értékeket az eredményhez hozzáadjuk. Az eredményből levonjuk az egész fokoknak megfelelő perc értékeket, így a maradék lesz a szorzat perc értéke. Végül elvégezzük a fok értékek szorzását, és az eredményhez hozzáadjuk a perc értékek szorzásából maradt fok értékeket. Nézzünk a leírtakra egy példát. Legyen a szögérték 48° 18' 25'', amit megszorozunk 5-tel. Azaz:

$$48^{\circ} 18' 25'' \times 5 = (240^{\circ} 90' 125'') = 241^{\circ} 32' 05''$$

Az osztás műveletét szintén csak arra az esetre nézzük meg, mikor az osztó egész szám és amelyiknek a 60 a többszöröse. A 10-es számrendszerbeli művelethez hasonlóan az osztást „balról” kezdjük, a fok értékkel. A maradékot átszámoljuk perc értéké, amelyet a perc érték osztásából kapott egész érték alá írunk. A perc érték osztásából kapott maradékot átszámoljuk másodperc értéké, amelyet pedig a másodperc érték osztásából kapott eredmény alá írunk. A végeredmény pedig az egész és a maradék értékek összege lesz. Legyen a szögérték 62° 15' 30'', az osztó pedig 6. Azaz:

$$62^{\circ} 15' 30'' / 6 = 10^{\circ} 02' 05''$$

$$+ 20' 30''$$

$$10^{\circ} 22' 35''$$

Először tehát a 62-t osztottuk 5-tel. Az eredmény egész része 10, a maradék pedig 2/6 fok, azaz 20 perc. Ezt a maradékot írtuk a perc érték helyére a második sorba. Ezt követően elosztottuk a 15 perccel 6-tal, az eredmény egész része 2 perc, a maradék pedig 3/6 perc, azaz 30 másodperc. A 2 perccel a korábbi maradék 20 perc fölé írtuk, a 30 másodpercet pedig a másodperc helyére a maradékok sorába. Végül elosztottuk a 30 másodperccel 6-tal, az eredményt pedig az előző osztás maradéka, a 30 másodperc fölé írtuk. A végeredmény pedig az osztások egész és maradék részeként kapott szögértékek összege lett, azaz 10° 22' 35''.

Megjegyezzük, hogy elterjedten használják a fok, perc és másodperc értékek egymástól kötőjellel történő elválasztási írásmódját is. Azaz 62° 15' 30'' ugyanaz, mintha azt a 62-15-30 formában íránk.

Egyes számológépekkel vagy szoftverekkel történő számítás esetén a fok-perc-másodperc értékeket úgynevezett áldecimalis formában kell megadni. Ez azt jelenti, hogy a fok érték után a perc és másodperc értékeket tizedes ponttal választjuk el:

$$62^{\circ} 15' 30'' \equiv 62.1530$$

Ezt a formátumot gyakran DDD.MMSS vagy röviden DMS formátumnak is nevezik az angol degree, minute és second szavak kezdőbetűi alapján.

A szögek áldecimalis formában történő kezelésének hátránya, hogy gépi számításokhoz közvetlenül nem alkalmas, át kell alakítani fok egységbe esetleg radiánba. A tizedfokba történő átalakítást úgy végezzük, hogy a perc értékeket osztjuk 60-nal, a másodperc értékeket pedig 3600-val és az így kapott hányadosokat hozzáadjuk a fok értékekhez. Például:

$$62^{\circ} 15' 30'' = 62 + (15 / 60) + (30 / 3600) = 62.25833^{\circ}$$

A tizedfokba átszámítást az áldecimalis rendszerből (és visszaszámítást is) általában a „tudományos” számológépek egy gombnyomásra elvégzik. Más gépeknél a fok-perc-másodperc között meg kell nyomni a ° ' '' gombot.

7.9. 1.7.9 A hőmérséklet és légnyomás mértékegységei

Tanulmányaink során gyakran fogunk találkozni a hőmérséklet és a légnyomás, valamint a párányomás mértékegységeivel elsősorban távmérőkkel végzett mérések alkalmával. A hőmérséklet mértékegysége a Kelvin, de a gyakorlatban és a mindennapi életben a Celsiusot használjuk. Az átváltás a két mennyiség között a következő:

$$T_{[\text{Celsius}]} = T_{[\text{Kelvin}]} - 273.15$$

A légnyomás mértékegységére a higanymilliméter (Hgmm vagy mmHg) vagy a Bar, esetleg a millibar a használatos. A Hgmm annak a nyomásnak az értéke, amely a higanyoszlop 1 mm-es emelkedését okozza. Az említett mértékegységek között az alábbi átváltások alkalmazhatók:

$$760 \text{ Hgmm} = 1013.25 \text{ mBar} = 101325 \text{ Pascal}$$

A párányomás a levegőben lévő vízgőz parciális nyomása. Mivel a levegő gázkeverék, ezért nyomása egyenlő a keveréket alkotó anyagok parciális nyomásainak az összegével. Ha a nedves levegő nyomását p -vel, a száraz levegőjét pedig p_0 -val jelöljük, akkor

$$e = p - p_0$$

1.18. egyenlet

Magyarországon a parciális párányomás értéke kisebb, mint 3%, ami kb. 30 mbar-nak felel meg. A párányomás további definícióival későbbi tanulmányaink során fogunk találkozni.

7.10. 1.7.10 Az SI alapegységei és a prefixumok

Az SI mértékegységrendszert (Système International d' Unites) a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Bizottság adta közre az 1960-as általános gyűlésén (CGPM - Conférence Générale des Poids et Mesures), amelynek célja a különböző tudományterületeken előforduló mértékegységrendszerek definiálása és egységesítése. Az SI nemzetközi mértékegységrendszer kidolgozása fél évszázadnál is tovább tartott, míg végül 1960-ban elfogadták. Magyarországon az SI mértékegységrendszer 1976. óta hatályos (8/1976. (IV. 27.) MT számú rendelet). Az SI alapján minden mértékegység hét alap- és két kiegészítő mértékegységgel kifejezhető. A hét alapmértékegységet a 1-3. táblázat [23] tartalmazza (<http://physics.nist.gov/cuu/Units/>).

1-3. táblázat - SI alapmennyiségek és mértékegységek

Alapmennyiség	
Neve	Mértékegysége
Hosszúság	Méter
Tömeg	Kilogramm
Idő	Másodperc
Áramerősség	Amper
Termodinamikai hőmérséklet	Kelvin
Fényerősség	Kandela
Anyagmennyiség	Mól

A két kiegészítő mértékegység az analitikus szögesség és a térszög. A további mértékegységeket származtatott mértékegységeknek nevezzük, ilyen például a frekvencia, az erő, a nyomás stb. Az alapmértékegységek különböző nagyságrendjeinek kifejezésére előszavakat, úgynevezett prefixumokat használunk, amelyek a tíz

egész számú hatványait fejezik ki. Ezeket az SI előszavakat, jelölésüket és nagyságrendjüket a 1-4. táblázat [24] tartalmazza.

1-4. táblázat SI előtétszavak (prefixumok). táblázat - SI előtétszavak (prefixumok)

Tényező	Előszó	Jelölés	Tényező	Előszó	Jelölés
10^{24}	yotta	Y	10^{-1}	deci	d
10^{21}	zetta	Z	10^{-2}	centi	c
10^{18}	exa	E	10^{-3}	milli	m
10^{15}	peta	P	10^{-6}	mikro	ë
10^{12}	tera	T	10^{-9}	nano	n
10^9	giga	G	10^{-12}	piko	p
10^6	mega	M	10^{-15}	femto	f
10^3	kilo	k	10^{-18}	atto	a
10^2	hekto	h	10^{-21}	zepto	z
10^1	deka	da	10^{-24}	yokto	y

7.11. 1.7.11 Az élesség és a pontosság fogalma

A kvantitatív adatok gyűjtése, feldolgozása és elemzése során nagy tömegű adathalmazzal dolgozunk. A helymeghatározó adatokat távolságok és szögek alapján számoljuk, így kapva koordinátákat, amelyek további alapul szolgálnak a terület, térfogat vagy egyéb számításokhoz. A kérdés azonban az, mennyire szükséges ismerni egy mennyiséget, például egy távolságot, vagy további, a kiinduló adatokból levezethető mennyiségeket? Ehhez tisztáznunk kell először az élesség és a pontosság fogalmát, mivel a köznyelvben a kettőt gyakran összetévesztik egymással. Ennek tisztázására nézzünk egy egyszerű példát.

Tételezzük fel, hogy egy 20 méteres mm-es osztású mérőszalaggal megmértük két pont között a távolságot és az eredmény 41.174 méter lett. Mit tudunk elmondani erről az értékről? A válasz igen egyszerű, mégpedig azt, hogy a távolság 41 méter és 174 milliméter. Ez az egyetlen információnk, ami van. Gyakran a tévhitnek megfelelően azt mondják, hogy a távolság milliméter pontossággal adott. Nos, ez ebből az értékből egyáltalán nem mondható meg, amit rögtön be is bizonyítunk. Tételezzük fel, hogy ezt a távolságot ismételten megmértük, és eredményként 41.179 métert kaptunk. Mint látható, a két érték között az eltérés 5 mm. Mivel ellentmondáshoz jutottunk, megmértük a távolságot harmadszorra és negyedszerre is, az eredmény pedig 41.183 és 41.175 méter lett. Úgy tűnik, akárhányszor is mérjük ezt a távolságot, mindig más és más, de egymáshoz közel álló értékeket kapunk. Ennek az oka, hogy a méréseket mindig terhelik hibák, amelyek több tényezőtől függenek, mint például az észlelést végző személy gyakorlottságától, a mérőeszköztől és a külső körülményektől. A további elemzések érdekében tegyük a mérési eredményeket nagyság szerinti sorrendbe:

41.174 41.175 41.179 41.183

Látható, hogy a legkisebb és a legnagyobb érték közötti különbség, amit **terjedelemnek** nevezünk, 9 mm. Ha a méréseket még többször megismételjük, hasonló tapasztalunk, azaz a mérési eredmények kis mértékben, de eltérnek egymástól, és egyfajta **ingadozást mutatnak** egy adott érték körül. Ugyan a mérési eredmények milliméterre adóttak, a pontosságuk azonban **nem feltétlenül**, és ezen van a **hangsúly, hogy nem feltétlenül** milliméter. Ezt most a jelenlegi tudásunk birtokában nem tudjuk kiszámolni, de majd későbbi tanulmányaink során tanulni fogunk olyan módszereket, amelyekkel például a bemutatott négy távolság pontosságát, ha nem is számolni, de **becsülni** tudjuk.

A mért távolságok a példában milliméterre voltak megadva, de nem mondtuk meg még ennek az okát. Ami pedig lehet igen egyszerű: az adott mérőszalaggal a millimétert még le tudjuk olvasni, a tizedmillimétert már csak nehezen, esetleg csak speciális kiegészítő eszközökkel. Ez ugyan már technikai ok, de a fő ok mégis az, hogy számunkra a tizedmilliméter nem volt érdekes. Ez hasonló ahhoz, mint hogy tudjuk, ha Székesfehérvárról Budapestre akarunk utazni, akkor a távolság 70 km, közelítőleg. Az, hogy ez most 72 km vagy 68 km, a számunkra nem érdekes, elegendő a 70 km nagyságrendileg. Ez azt jelenti, hogy egyes mennyiségek esetén azoknak csak az „értékes” számjegyeire van szükségünk. A geomatikában erre külön kifejezést, az **élességet** használjuk. Így már mondhatjuk, hogy a példában a távolságok milliméter élességgel vannak megadva, de nem milliméter pontossággal. A pontosság és az élesség tehát két teljesen különböző fogalom. Az **élesség a felhasznált értékes számjegyek számát** fejezi ki, míg a **pontosság hibaelméleti alapfogalom** és az adatrendszerben szereplő **adatok eloszlásával, terjedelmével** van kapcsolatban.

8. 1.8 Összefoglalás

A geomatika célját, feladatát, azaz a földi helymeghatározást mutatta be a modul első része. Sok új fogalmat ismertünk meg és számos példát. A példákat, a helymeghatározás módszereit, eszközeit a következő modulokban és tantárgyakban fogjuk részletesen bemutatni, ez csak az áttekintő jellegű bevezetés volt.

Történetileg értelmeztük a geodézia, mint tudomány és mint gyakorlat meghatározására s eljutottunk a geomatika fogalmáig.

Áttekintettük a szakmában előforduló mértékegységeket, így a távolság, a terület, a térfogat és a szög mértékegységeit.

Önellenőrző kérdések

1. Mít értünk hely alatt?
2. Mi a különbség a tulajdonképpeni helymeghatározás és a navigáció között?
3. Mít értünk entitás alatt?
4. Soroljon fel példákat kvalitatív adatokra!
5. Mít értünk a helymeghatározás értelmezési tartománya alatt?
6. Soroljon fel példákat természetes és mesterséges objektumok alakjelző pontjainak a modellezésére!
7. Mít értünk egydimenziós helymeghatározás alatt?
8. Ismertesse a Földhöz kötött vonatkoztatási rendszer definícióját!
9. Mít nevezünk inerciális koordináta rendszernek?
10. Mít értünk kvázi-inerciális koordináta rendszer alatt?
11. Mít értünk geomatika alatt?
12. Milyen hosszegységeket ismer?
13. Ismertesse a szög különböző mértékegységeit!
14. Mi a különbség az élesség és a pontosság között?
15. Ismertesse a szög különböző mértékegységeit!
16. Ismertesse az SI mértékegységrendszer felépítésének alapelvét!

Gyakorló feladat

1. Mekkora lineáris eltérésnek felel meg 1500 m-es távolságon 10 szögmásodperc? Az eredményt cm-ben adja meg mm élességgel!

2. Egy trapéz alakú földrészlet oldalai és magassága a következő: $a = 101,00$ m, $c = 81,29$ m és $m = 36,77$ m. Számolja ki hektárban, négyszögölben és kataszteri holdban a földrészlet területét!
3. Mekkora szög alatt látszik 1,5 km-ről egy 5 m sugarú, kör keresztmetszetű kémény?

Irodalomjegyzék

Bácsatyai L.: *Geodézia erdő- és környezetmérnököknek. A Geomatikai Közlemények VI. kötete, Sopron, 2003.*
325 old.

Csepregi Sz., Gyenes R., Tarsoly P.: *Geodézia I. Jegyzet.* NYME GEO, Székesfehérvár, 2008.

Krauter A.: *Geodézia. BME egyetemi jegyzet, 513 old.* Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2002.

Sárközy F.: *Geodézia.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1984.