

Geodéziai hálózatok 1.

A geodéziai pont és a geodéziai hálózat fogalma

Dr. Busics, György

Geodéziai hálózatok 1.: A geodéziai pont és a geodéziai hálózat fogalma

Dr. Busics, György

Lektor: Dr. Németh, Gyula

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 geodéziai pont és a geodéziai hálózat fogalmát hivatott megvilágítani. Ismerteti a helymeghatározás folyamatát a geodéziában. Összefoglalja az alappontokkal szemben támasztott követelményeket. Csoportosítja az alpponthálózatokat különböző szempontok szerint. Bemutatja a modul kapcsolódását más modulokhoz.

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 geodéziai pont és a geodéziai hálózat fogalma	1
1.1 Bevezetés	1
2. 1.2 A hely és a helymeghatározás	1
2.1. 1.2.1 A hely és a helymeghatározás fogalma köznapi és szakmai értelemben	1
2.2. 1.2.2 A geodéziai vonatkoztatási rendszer	3
3. 1.3 A geodéziai pontok és a geodéziai hálózatok áttekintése	4
3.1. 1.3.1 Az alappont és a részletpont fogalma	4
3.2. 1.3.2 Az alapponttal szemben támasztott követelmények	5
3.3. 1.3.3 A geodéziai alappontok és alapponthálózatok csoportosítása	7
4. 1.4 A geodéziai helymeghatározás folyamatának áttekintése	11
5. 1.5 A Geodéziai hálózatok tantárgy kapcsolódása más szakmai tantárgyakhoz	12
6. 1.6 A vonatkozó szakmai szabályozásról	14
7. 1.7 Összefoglalás	15

A táblázatok listája

1-2. Az alappont és a részletpont összehasonlítása.	7
--	---

1. fejezet - A geodéziai pont és a geodéziai hálózat fogalma

1. 1.1 Bevezetés

Mielőtt a geodéziai hálózatok tárgyalásának részleteibe fognánk, szükségesnek tartunk olyan fogalmakat tisztázni, amelyek ebben a témakörben rendszeresen előfordulnak. Ilyen például a geodéziai pont illetve az alappont fogalma. Fontosnak tartjuk, hogy legyen áttekintésünk a témakörrel, ezért rendszerezünk, csoportosítjuk a geodéziai hálózatokat különböző szempontok szerint.

Hasznosnak tartjuk bemutatni a geodéziai hálózatok témakör kapcsolódását más szakmai témakörökhöz, tantárgyakhoz illetve a szakmai szabályozáshoz.

Feltételezzük, hogy a tisztelt Olvasó rendelkezik geodéziai, vetülettani ismeretekkel, amelyekre építünk. Ez a modul része a geodéziai hálózatok témakörnek (tantárgynak), tágabban pedig a Geoinformatikai Karon folyó oktatás tananyagának, így egy szerves képzés folyamatába illeszkedik.

Ebből a modulból az Olvasó megismerheti:

- a helymeghatározás geodéziai értelmezését és annak folyamatát,
- az alappont és a részletpont fogalmát,
- az alapponttal szemben támasztott követelményeket és azok értelmezését,
- a geodéziai hálózatok csoportosítását.

A modul (fejezet) elsajátítása után képes lesz:

- eligazodni az alapponttal és alapponthálózattal kapcsolatos fogalmak között,
- különbséget tenni alappont és részletpont között,
- átfogó jelleggel csoportosítani a geodéziai hálózatokat,
- átlátni a geodéziai helymeghatározás folyamatát és abban az alappontok szerepét.

2. 1.2 A hely és a helymeghatározás

2.1. 1.2.1 A hely és a helymeghatározás fogalma köznapi és szakmai értelemben

A **hely** köznapi és szakmai fogalom egyszerre. A Magyar Értelmező Kéziszótár szerint a hely „*a térnek az a része, amelyet valaki, valami elfoglal(hat)*”. A „hely” ismerete a térben való eligazodáshoz, tájékozódáshoz szükséges. Gyermekkorunktól kezdve fokozatosan ismerjük meg szűkebb majd tágabb környezetünket, a lakás berendezéseit, a házunk környékét, a településünket, hazánkat és a nagyvilágot. A térbeli tájékozódás képessége azt jelenti, hogy a személyesen bejárt útvonalak mentén látás (vakok esetében tapintás) útján gyűjtött tapasztalatokat tudatunkban rögzítjük, amelyeket később fel tudunk idézni, a már megismert tárgyakat, jelenségeket „tudati térképünkön” el tudjuk helyezni. „Tudati térképünk” is felfogható egy viszonyítási rendszernek („vonatkoztatási rendszernek”), amelynek azok a tárgyak, helyiségek, helységek, „helyek” (objektumok) a sarokpontjai (viszonyítási pontjai), amelyeket a térben már megismertünk, megtapasztaltunk, ahol személyesen jártunk, vagy amelyeket olvasmányok, elbeszélések és a médiában látottak, hallottak alapján a térről alkotott „képünkön” el tudunk helyezni.

Ha lakóhelyünkön (amelyet feltehetően jól megismertünk) egy idegen megállít minket az utcán, hogy útbaigazítást kérjen tőlünk, akkor ezt helyismeretünk alapján rendszerint szívesen megteesszük. A tudatunkban ilyenkor lejátszódó folyamat a következőképp rekonstruálható:

Megállapítjuk, hogy hol vagyunk, mi a pillanatnyi tartózkodási helyünk. Ezt a környező épületek, tereptárgyak alapján könnyen meg tudjuk tenni, hiszen ezeket régóta ismerjük, ezek „tudati térképünkön” már szerepelnek.

Azonosítjuk, hogy mi az idegen úticélja. A bemondott címet is feltehetően könnyen el tudjuk helyezni „tudati térképünkön”, csak fel kell idéznünk emlékezetünkben.

A pillanatnyi helyünk és az elérendő hely ismeretében logikus gondolkodás útján megtervezük az ideális útvonalat. Ehhez is szükség van a két helyszín közötti térségi, térbeli viszonyok ismeretére: az úthálózattal (gépkocsi esetén az egyirányú utcákkal) kapcsolatos ismeretekre, a pillanatnyi forgalmi helyzet megbecsülésére és számos más további információra is, ami addigi tapasztalataink alapján tudatunkban rögzült.

Szavakkal elmondjuk az idegennek az általunk javasolt útvonalat. Ehhez a pillanatnyi helyzetünkből indulunk ki. A közös vonatkoztatási pontunk, illetve irányunk a tartózkodási helyünk szerinti utca. Megmutatjuk, kijelöljük a haladási irányt abban az utcában, ahol éppen állunk, hiszen ez szemmel látható. A további elágazásokat csak egyszerű „balra”, „jobbra” „előre” szavakkal, esetleg becsült távolságadatokkal tudjuk jelezni.

A vázolt folyamat szakszerűen a navigáció, később a *Műholdas helymeghatározás* tantárgyban foglalkozunk vele bővebben. A példában említett útbaigazítás, a navigáció megoldása feltételezte a pillanatnyi helynek és a célpont helyének ismeretét, aminek mi (térbeli tapasztalataink, tudati térképünk alapján) birtokában voltunk, az idegen viszont nem.

A GPS navigációs eszközök elterjedése már a mobiltelefonokéhoz hasonlítható, itt kellene a navigációt alkalmas példával bemutatni.

A Magyar Értelmező Kéziszótár szerint a **helymeghatározás** „*a Föld valamely felületi pontjának földrajzi szélesség és hosszúság szerinti meghatározása*”. Ez már nem köznapi, hanem földrajzi fogalom, de közelít a geodéziai értelemben vett helymeghatározás fogalmához is. A geodéziát a helymeghatározás tudományának nevezik.

A köznapi értelemben vett hely és helymeghatározás fogalmával szemben a mi szakmánkban a következő különbségeket, specialitásokat találjuk:

Először is tisztáznunk kell, hogy minek a helyét kívánjuk meghatározni? Vagyis ki kell választani a valós világ azon elemeit, tárgyait, jelenségeit, amelyek számunkra fontosak. A valós világ alapegységeit entitásnak nevezzük, amely hasonló jellegű egységekre tovább már nem bontható. A végső szakmai cél a valós világ modellezése, a tér „képének” az előállítás, amely régebben papíron, kézzelfogható térképként jelent meg, ma inkább adatbázist jelent. A számítógépes adatbázisban az entitások vagy azok része objektumként jelenik meg. Mondhatjuk, hogy a valós világ objektumait kell első lépésben kiválasztani. Az objektumok geometriai értelemben pontok, vonalak, felületek, testek lehetnek. Ezek közül, ebben a tantárgyban, a pontok egy speciális fajtájával foglalkozunk.

Figyelembe kell vennünk, hogy élőhelyünk a Föld, ezért a helymeghatározás az egész Földre kiterjed. Más szóval a helymeghatározás értelmezési tartománya a Föld egésze. A Föld felszínén, a felszín alatt és a felszín fölött elhelyezkedő, célszerűen kiválasztott objektumok helyzetének meghatározása a cél. Ennélfogva magának a Földnek a megismerése is fontos feladat, ezen belül a Föld alakjának, méretének és nehézségi erőterének meghatározása is. Ezzel a témával a *felsőgeodézia* foglalkozik.

Fel kell tennünk azt a kérdést, hogy mihez képest határozzuk meg az objektumok helyzetét? A viszonyító rendszer, amit vonatkoztatási rendszernek nevezünk, természetes módon a Földhöz kötődik. Vagyis definiálnunk kell egy vonatkoztatási rendszert, ami ugyancsak felsőgeodéziai feladat.

Definiálni kell a helymeghatározó adatokat. A helymeghatározó adatok *Descartes (1596-1650)* óta leggyakrabban a koordináták, a két elnevezést szinonimaként is kezeljük. A térbeli helymeghatározásnál térbeli koordinátákat adunk meg. Mivel a földi létben, a nehézségi erőhöz igazodva, természetes fogalomként él bennünk a *vízszintes* és a *függőleges* fogalma, a helymeghatározó adatok vízszintes koordináták vagy magasságok lehetnek. Itt hívjuk fel a figyelmet arra, hogy nemcsak koordináták lehetnek helymeghatározó adatok. A diszkrét geometria szerint a tér vagy a sík egy tartományát lehatárolva (értelmezési tartományát megadva), elemi méretű térelemekkel (térben: voxelekkel, síkban: pixelekkel) tölthető ki a tartomány, a hely pedig a térelem tartományon belüli sorszámaival is egyértelműen jellemezhető. Ez a témakör a Geoinformatikai Kar tanárának, *Kádár Istvánnak* kiemelt kutatási témája, amelyről sok publikációja született (listájuk a Geodézia Tanszék honlapján elérhető). A *Térképtan* és *Vetülettan* tárgyban már megismert EOTR térképrendszer is

felfogható egy koordináta nélküli, helyazonosító rendszernek. Ha az EOTR-ben a negyedelését folytatnánk, akkor tetszőleges kicsinységű, akár cm^2 -es magyarországi pixel is jellemezhető lenne ilyen módon, vagyis egy EOTR-szerkezetű szelvény-számmal.

El kell végezni a helymeghatározást. Voltaképpen ez a geodéták, a geodézia (alsógeodézia) konkrét feladata. Ezért ismerünk meg különböző mérőműszereket, mérési- és feldolgozási eljárásokat, technológiákat, hogy ezt a feladatunkat célszerű és gazdaságos módon elvégezhessük. Általánosságban azt jegyezzük meg, hogy a helymeghatározó adatokat rendszerint nem tudjuk közvetlenül megmérni, mert a definiált vonatkoztatási rendszer többnyire nem jeleníthető meg a terepen. Ezért először létrehozunk az olyan pontok (az ún. alappontok) rendszerét, amelyekhez képest egy következő ütemben a helymeghatározás konkrét feladata már elvégezhető. Így voltaképpen minden helymeghatározás relatív, mert a már meglévő, ismert alappontokhoz képest történik. Ez a *relatív helymeghatározás* több lépcsőn keresztül, több ütemben is folytatódhat.

Meg kell adni a helymeghatározó adatok pontossági mérőszámait. Ezt kívánalomként, előre is meg szokták adni, de utólag is meg kell (meg lehet) határozni. Fontosnak tartjuk kiemelni, hogy ha általánosságban beszélünk geodéziai pontosságról, akkor az alatt rendszerint cm -es nagyságrendű (5 cm -nél kisebb ponthibájú) pontossági adatokat értünk. Lehetnek ennél pontosabb igények is, ilyenek a geodinamikai és mérnökgeodéziai feladatoknál fordulnak elő. Lehetnek kisebb (méteres) pontossági igények is, ezeket általában térinformatikai alkalmazásoknak tekintjük. A pontossági mérőszámok definiálásával a *Kiegyenlítő számítás* című tantárgy foglalkozik.

2.2. 1.2.2 A geodéziai vonatkoztatási rendszer

Vegyünk egy egyszerű példát: ha egy téglalap alakú helyiségről kell helyszínrajzot készítenünk, célszerűen a terem egyik sarkát kijelöljük egy derékszögű koordináta-rendszer kezdőpontjának, egyik oldalát y , másikat x tengelynek, majd ezekhez a kijelölt vonalakhoz képest, derékszögű méretekkel megadjuk az ábrázolni kívánt tárgyak helyét, amit méretarányosan kicsinyítve, rajzilag is megjeleníthetünk. Tehát önkényesen – de a helyszínen azonosíthatóan – felvettünk egy síkbeli, helyi koordináta-rendszert.

A Föld egésze ábrázolásakor nem ilyen egyszerű a helyzet, tekintettel a Föld alakjára és a térbeliségre. A koordináta-rendszert ilyenkor célszerű a Föld valamely kitüntetett irányához, síkjához kötni és igazodni a Föld elméleti alakjához is. A forgási ellipszoiddal helyettesített *Föld* esetében olyan térbeli koordináta-rendszert vesznek fel, amelynek Z tengelye az ellipszoid kistengelye (a Föld forgástengelye), X - Y síkja pedig merőleges erre a tengelyre (vagyis ez az Egyenlítő síkja). Az X tengely a greenwich-i meridiánt tartalmazza. A műholdas helymeghatározás során ilyen típusú koordinátákat határozunk meg, ami azonban geodéziai pontossággal rendszerint nem egy lépésben történik. A helymeghatározáshoz ugyanis felhasználjuk a műholdak sugárzott pályaadatokat. Utóbbiakat viszont olyan földi követőállomásokról származnak, amelyek az előbb definiált koordináta-rendszerben ismert pontokon végeznek méréseket. Témánk szempontjából most az a lényeg, hogy a helymeghatározáshoz szükség van a földi követőállomásokra, azok ismert koordinátáira, azaz egy alaphálózatra is.

Most nézzük meg nagy vonalakban, hogy a térképeink alapjául szolgáló síkbeli koordináta-rendszerek a gyakorlatban hogyan valósultak meg (a bővebb kifejtésre a 3. *modulban* kerül sor). Vetületani tanulmányainkból tudjuk, hogy egy egész ország felszíne nem helyettesíthető síkkal, mindenképpen egy alapfelületet kell felvenni, ami általában a forgási ellipszoid. Először célszerűen kiválasztott alappontok rendszerét hozták létre, ezeknek a pontoknak – csillagokra végzett, meglehetősen hosszadalmas észlelések alapján – meghatározták a földrajzi szélességét és földrajzi hosszúságát a földrajzi helymeghatározás módszerével. Más típusú méréseket is végeztek (azimutmérés, szögmérés, távmérés) és azokat redukálták az alapfelületre, majd kiszámították az ellipszoid-felszíni pontok földrajzi koordinátáit. Az alapfelületi koordinátákat ezután egy célszerűen felvett vetületi síkra számították át, így születtek meg az alaphálózati pontok síkkordinátái. A további helymeghatározás már a meglévő pontokra támaszkodva, ha esetleg több lépcsőn keresztül is, de a síkon folytatódott. A síkbeli geodéziai pontmeghatározás tehát feltételezi, hogy definiálva van egy alapfelület, illetve a hozzá tartozó koordináta-rendszer; továbbá egy képfelület (vetület) és a hozzá tartozó koordináta-rendszer; továbbá egy alaphálózat a hozzátartozó mérésekkel és számítási eljárással; valamint a mérési eredményekhez és koordinátákhoz egy mértékrendszer. E felsorolt tényezőket együttesen nevezzük a **vízszintes geodéziai pontmeghatározás vonatkoztatási rendszerének**. A felvett alapfelületet (ellipszoidot) és az alaphálózatot gyakran geodéziai dátumnak is nevezik.

A vízszintes értelmű pontmeghatározástól elkülönül a magassági pontmeghatározás (bővebb kifejtésére a 6. modulban kerül sor). A magasságmeghatározáshoz is kell egy alapfelület, ez azonban nem a matematikailag jól definiálható forgási ellipszoid, hanem a Föld nehézségi erőtere által meghatározott valamely szintfelület, a

geoid. Sokféle geoid létezik, mert ezeket valamely tengerszint közepes vízszintjében szokás definiálni, amely tengerszintek azonban különbözők és időben változók. A magasságmérést (a szintezést) a gyakorlatban csak úgy tudjuk gazdaságosan és nagy pontossággal végrehajtani, ha egy közeli, már meglévő, adott magasságú pontról indulhatunk, ahhoz viszonyíthatunk, hiszen nem áll módunkban minden egyes feladatnál a tengerszinthez (az ott kijelölt ponthoz) közvetlenül csatlakozni. Vagyis a gyakorlati magasságmérések is feltételezik az adott pontok hálózatának kiépítését. **Magassági vonatkoztatási rendszer** alatt a kiválasztott alapfelületet (geoidot, tengerszintet) és a létrehozott magassági alaphálózat mérését, számítását együttesen értjük.

Az eddig leírtak tanulságaként fontos leszögezni, hogy vonatkoztatási rendszer alatt a geodéziában nemcsak koordináta-rendszert értünk, hanem minden esetben egy olyan geodéziai alaphálózatot is, amely hálózat pontjainak koordinátáit elsődlegesen meghatározták.

A nagy pontosságú geodéziai pontmeghatározás a gyakorlatban mindig relatív, mert közvetlenül vagy közvetett módon, már meglévő, ismert koordinátájú pontokra támaszkodik.

Abszolút helymeghatározásról akkor beszélünk, ha a *Föld*-höz kötött koordinátákat határozzuk meg közvetlenül. (Végső soron azonban ez is viszonylagos, hiszen a műholdas helymeghatározásnál például ez a műholdak pályadatain, földrajzi helymeghatározásnál a csillagok koordinátáin alapul.)

Az idők során mind magassági, mind vízszintes, mind térbeli értelemben sokféle vonatkoztatási rendszer alakult ki. Ezek közül a magyar vonatkozásúakat a megfelelő fejezet elején röviden jellemezzük majd, és ugyancsak röviden bemutatjuk a magyar geodéziai hálózatok kialakulását is.

3. 1.3 A geodéziai pontok és a geodéziai hálózatok áttekintése

3.1. 1.3.1 Az alappont és a részletpont fogalma

Geometriai tanulmányaink során talákoztunk a **pont** fogalmával, amelyet végtelen kicsinek, dimenzió nélkülinek definiálunk. Ezzel szemben a geodéziai pontok többsége a valóságban létező, azonosítható, kiterjedtséggel bíró pont. A geodéziai helymeghatározás során a valós világ számunkra fontos, kitüntetett pontjainak a helyét kell meghatározni. Ez a folyamat rendszerint nem valósítható meg egyetlen lépésben, ugyanis a vonatkoztatási rendszer a terepen közvetlenül nem jelölhető ki és nincs olyan mérőeszköz, amellyel a helymeghatározó adatok nagy pontossággal közvetlenül megadhatók lennének. A geodéziai helymeghatározást így két lépésben valósítjuk meg: az első lépésben létrehozunk azokat a különleges pontokat, amelyekhez képest a második lépésben a számunkra fontos pontok helyét közvetlenül meghatározzuk.

Az első lépésben létrehozott különleges pontokat alappontoknak, míg a meghatározandó, bemérendő pontokat részletpontoknak nevezzük.

A geodéziai célú, tehát nagy pontosságú helymeghatározás folyamatát két szakaszra különíthetjük el: az alappontmeghatározásra és a részletes felmérésre.



1-2. ábra. A geodéziai pontok csoportosítása

Az alappont és a részletpont fogalmát természetesen szakmailag szabatosan is meg kell adnunk.

Alappontnak nevezzük a terepen (a Föld valóságos felszínén, illetve a felszín közelében), jól azonosítható és időtálló módon megjelölt olyan pontot, amelynek helymeghatározó adatai kellő pontossággal ismertek egy definiált vonatkoztatási rendszerben.

A Magyar Nagylexikon megfogalmazása szerint az alappont „*a terepen alkalmasan kiválasztott, gondos geodéziai méréssel egy koordináta-rendszerben meghatározott és szabatosan, időtállóan megjelölt pont (geodéziai jel)*”.

Az alappontmeghatározás célja az alappontok koordinátáinak (helymeghatározó adatainak) megadása. Az alappontok és a belőlük álló alapponthálózatok adják meg egy-egy nagyobb területi egységen (országon) belül azt a keretet, amely az ott folyó valamennyi további geodéziai tevékenység (felmérés, kitzés, mozgásvizsgálat) egységét, összhangját biztosítja.

Részletpontnak nevezzük a Föld felszínén, illetve a felszín közelében elhelyezkedő természetes alakzatoknak és mesterséges létesítményeknek a térképi ábrázolás céljára kiválasztott alakjelző pontjait. A részletes felmérés (részletmérés) célja a részletpontok koordinátáinak meghatározása. A részletmérést más néven elsődleges adatnyerésnek nevezik. A részletpontok koordinátái jelentik a bemenő adatokat a nagyméretarányú térképek, az eredeti felmérésen alapuló ún. alaptérképek szerkesztéséhez, a térképi adatbázisok kialakításához.

Részletpontok például az épületek sarokpontjai, az útburkolatok töréspontjai, a közmű aknák középpontjai, a telekhatárok és művelési ág határok töréspontjai; vagyis mindazon pontok, amelyeket kiválasztottunk térképi ábrázolás céljára, amelyekkel a valós világot modellezni kívánjuk. A részletpontok kiválasztásának, csoportosításának, meghatározásának, ábrázolásának, adatbázisba szervezésének külön szabályai vannak, amelyeket a *Nagyméretarányú térképezés* tantárgyban ismerünk meg.

3.2. 1.3.2 Az alapponttal szemben támasztott követelmények

Az alappont definíciója közvetett módon több követelményt is tartalmaz, nézzük meg ezeket részletesebben is. Az alapponttal szembeni **követelmények** a következő pontokban foglalhatók össze.

- Állandó módon van megjelölve (vagy a közelében állandó módon megjelölt ún. őrpontokból helye egyértelműen visszaállítható).
- Mozdulatlannak tekinthető.
- Kicsi azonosítási hiba terheli.
- Fölös számú méréssel van meghatározva.
- A meghatározó mérések mindegyike hibahatáron belül van.
- Magasabb rendű (esetleg azonos rendű) pontokból származik.
- Az adott pontok ugyanahhoz a vonatkoztatási rendszerhez tartoznak.
- Helymeghatározó adatai nagy pontossággal ismertek.
- A koordinátaszámítás számszerű eljárással, az összes mérés figyelembevételével történt.
- A mérés és számítás folyamata megfelelően dokumentált.

Mindegyik követelmény megér egy kis magyarázatot, kiegészítést.

Állandó módon van megjelölve. Ez azt jelenti, hogy az alappontnak a terepen, a valóságban fizikailag is léteznie kell. Az alappont ún. végleges fizikai megjelölését *állandósítás*nak nevezzük. Azért állandósítjuk az alappontot, hogy a jövőben végzendő mérések számára megőrizzük. A pontok állandósítása történhet az erre a célra készült jelekkel, amelyeket megfelelő módon kell elhelyeznünk, vagy történhet meglévő építmények kiválasztásával. Meglévő építménynél egyértelműen kell közölnünk (rendszerint a pontleírásban), hogy mely pontot tekintjük alappontnak (mi az irányzás helye), különben a későbbi felhasználáskor félreértések adódhatnak. Ezekkel a jelölési, állandósítási módokkal eddigi tanulmányainkban is találkoztunk már és a következő fejezetekben összefoglaló jelleggel is át fogjuk tekinteni azokat. A karóval (cövekkel) történő megjelölés nem tekinthető állandósításnak, mert nem hosszú távra szól, nem állandó jellegű. Szólni kell itt

azokról a pontokról, amelyeket nem jelölünk meg állandó módon a terepen, de céljukat tekintve alappontként használunk fel. Például azért nem állandósítjuk, mert a helyszín erre nem alkalmas, vagy túl sűrűn lennének az alappontok, vagy a feladat ezt nem igényli. A nem állandósított alappontokat **vesztett pontnak** nevezzük. A vesztett pontot a mérés és számítás során ugyanúgy kezeljük, mint a többi alappontot, a hibahatár is ugyanúgy vonatkozik rá, de nem kerül az alappontok nyilvántartásába, mert hiszen a későbbiekben nem használható fel, mivel a terepen nem lett megjelölve. A vesztett pont tehát a későbbi felhasználás és az alappont-nyilvántartás számára „veszik el”.

Mozdulatlannak tekinthető. Ez azt jelenti, hogy hosszabb időtávon az alappont – a környezetéhez képest – elhanyagolható mértékű mozgást végez. A megengedhető mozgás mértéke függ a pont fontosságától, jellegétől. Nyilvánvaló, hogy ha a fontos részletpontok meghatározásánál néhány cm-es pontosságra törekszünk, akkor az alappontok esetleges elmozdulásának nagyságrendje is legfeljebb cm-es nagyságrendű lehet. Az alappontoknak a környezetükhöz viszonyított esetleges elmozdulásának meghatározására szolgálnak az ún. **örpontok**. Az alappont és az örpont közötti geometriai kapcsolatra vonatkozó mérési adatokat egy kezdőállapotban meghatározzák, majd az idő előrehaladtával (akár évtizedek múltán) ezek változását mérik. Az örpontok szerepére a különböző állandósítások bemutatásánál fogunk konkrét példákat felhozni.

Kicsi azonosítási hiba terheli. A kicsi azonosítási hiba azt jelenti, hogy a pont terepi megjelölésének egyértelműnek kell lennie. A vízszintes alappontok szokásos jelölése egy vasbeton hasámban elhelyezett hengeres rézcsap, tetején furattal. A furat átmérője kb. 1 mm, így a pontraállítás mm-es pontossággal elvégezhető, mert a jelölés is ennyire egyértelmű. A magassági alappontok azért vannak rendszerint szintezési csappal állandósítva, mert a csap teteje egyértelműen kijelölhető, lévén oda függőleges szintezőlécet helyezünk, aminek az alja egy vízszintes sík. A szintezőléc 0,1 mm pontossággal helyezhető el a csapra, a magassági alappont tehát 0,1 mm azonosítási hibával jellemezhető. Az alsórendű vízszintes alappontnak 1 cm-en belül, a magassági alappontnak 1 mm-en belül egyértelműen megjelöltnek, kijelölhetőnek kell lennie. A szokásos állandósítási módokkal ez biztosítható, gond akkor van, ha a terepen létező mesterséges létesítményeket akarunk geodéziai alappontként meghatározni, de azok nem egyértelműen azonosíthatók. Ilyenkor kiegészítő jelölésre lehet szükség. Kiegészítő jelölésre festést, karcolást, bevésést, furatot stb. is használhatunk.

Fölös számú méréssel van meghatározva. Alappontról csak akkor beszélhetünk, ha azt fölös mérések alapján határoztuk meg. A *Geodézia* tantárgyban olyan pontkapcsolásokkal foglalkoztunk (előmetszés, ívmetszés stb.), amikor annyi mérési adatunk volt, amennyi a számításhoz feltétlenül szükséges. Ez a geometriai megoldás. A geodéziai megoldás az, amikor a szükségesnél több mérési adattal határozzuk meg a koordinátákat. Több fölös adatra, több ellenőrzési lehetőségre törekszünk, természetesen a gazdaságosságot is szem előtt tartva. Geodéziai alappontnak csak olyan meghatározás fogadható el, amely fölös adatokon alapszik. Egy poláris pontként meghatározott pontot nem lehet alappontnak tekinteni, akárhány tájékozó irányt is mértünk és akárhányszor ismételtük meg a távmérést, vagy iránymérést, mert a számítási kiinduló adatokat tekintve (egy tájékozott irányérték és egy távolság) nincs fölös meghatározó adata.

A mérések mindegyike hibahatáron belül van. Egy alappont akkor vihető be a nyilvántartásba, akkor sorolható a megfelelő rendűségi osztályba, ha a rá vonatkozó összes mérés (beleértve a számításhoz fel nem használt ellenőrző mérést is) kielégíti a rendűsége előírt hibahatárt. Amennyiben hibahatáron felüli bármelyik mérés, annak okát ki kell vizsgálni, a hibát ki kell javítani. A hibahatárokat a szakmai szabályzatok tartalmazzák, amelyeket e jegyzet olvasásával párhuzamosan érdemes tanulmányozni. A hibahatárok, szakmai szabályzatok az idővel változnak, hiszen az alkalmazott technológia is változik. A hibahatár a mérés típusától függően más-más mennyiségre vonatkozik. (Célszerűnek látszik egy olyan pontossági mérőszám bevezetése, amely az alkalmazott technológiától függetlenül minősítené magát a pontot. Ez a mérőszám a ponthiba lehetne.)

Magasabb rendű (esetleg azonos rendű) pontokból származik. A geodéziai hálózatok hierarchiáját, a „nagyból a kicsi felé” haladás elvének megfelelő felépítését a következőkben fogjuk megismerni. Az már most logikusnak tűnik, hogy alacsonyabb rendű pontokból magasabb rendű pontot nem lehet meghatározni, mert a pontossági követelmények nem lennének tarthatók. Éppen ellenkezőleg: csak magasabb rendű pontokra támaszkodva építhető ki egy alacsonyabb rendű hálózat. Amikor alappontsűrítést végzünk, a felhasznált adott pontok magasabb rendűek vagy azonos rendűek lehetnek, mint a meghatározandó pontok. Lényegesnek tartjuk azt is kihangsúlyozni, hogy részletpontokra támaszkodva (részletpontok, mint adott pontok alapján) nem lehet alappontot létrehozni. (Az más kérdés, hogy kizárólag részletpontokra támaszkodva végezhető olyan részletpontmérés, amely alappontmeghatározási módszereket, technológiákat használ fel. Ilyen például az a szabad álláspont, amelynél az ismert, adott pontok részletpont minősítésűek.)

Az adott pontok ugyanahhoz a vonatkoztatási rendszerhez tartoznak. Hazánkban többféle vonatkoztatási rendszer volt és van érvényben. Alappontsűrítést egyidejűleg csak az egyik rendszerben szabad végezni, nem

választhatjuk többféle rendszerből az adott pontokat. Nem vezethetünk például olyan sokszögvonalat, amelynek egyik végpontja HKR-beli, a másik EOVR-rendszerbeli eredeti pont (a számítás elvégezhetőségéhez pedig transzformáljuk az egyik pontot); nem vezethetünk olyan szintezési vonalat, amelynek egyik végpontja a Bendefy-hálózatban, a másik az EOMA-ban adott (lásd 6. modul).

Helymeghatározó adatai nagy pontossággal ismertek. Az alappontok pontossági mérőszámainak meghatározása és az elfogadhatósági küszöbértékek (hibahatárok) megadása több tényező függvénye, erre a konkrét esetekben fogunk számszerű adatokat megadni. Azt mindenesetre leszögezhetjük, hogy geodéziai alappontokat csak geodéziai pontossággal, azaz legfeljebb néhány cm-es ponthibával szabad meghatározni.

A koordinátaszámítás számszerű eljárással, az összes mérés figyelembevételével történt. Ma már természetes követelmény, hogy alappontot csak numerikus eljárással (számítás útján) lehet meghatározni, hiszen ehhez a számítási eszközök megvannak. Régebben léteztek pl. mérőasztalos eljárással létrehozott grafikus alappontok is. Az is természetesnek tűnő előírás, hogy grafikus (digitalizált) pontok alapján nem lehet alappontot létrehozni. A számítás során – mivel mindig vannak fölös mérések – célszerű a kiegyenlítő számítás módszereit használni, együttesen, egyetlen számítási folyamatban meghatározni a végeredményt. Az alappontok koordinátáinak számítása lényegében a kiegyenlítő számítás konkrét alkalmazása.

A mérés és számítás folyamata megfelelően dokumentált. A mérés és a számítás nyomon-követhetősége régen is fontos alapelv volt, ma pedig az elektronikus tárolóeszközök erre több lehetőséget biztosítanak ezen követelmény érvényesítésére. Nem minősíthető alappontnak az olyan pont, amelynek hiányoznak a mérési eredményei vagy nincsenek megadva a számítás kiinduló adatai, nem deríthető ki egyértelműen a számítás módszere. Nemcsak az eredeti mérési eredményeket kell dokumentálni, hanem azokat az átalakításokat, paramétereket, feltételeket is, amelyek a számítás végeredményére alapvető befolyással vannak. A dokumentáció technológia-függő, ezért a megfelelő eljárásoknál tárgyaljuk részletesebben.

1-2. Az alappont és a részletpont összehasonlítása. táblázat -

	alappont	részletpont
állandósítás	állandó módon jelölt	nem feltétlenül jelölt
azonosítás	kicsi azonosítási hiba (< 1 cm)	nagyobb azonosítási hiba (> 1-10 cm)
fölös mérés	mindig van több fölös mérés	általában nincs fölös mérés
pontosság	középhiba < 1-3 cm (rendűségtől függő)	középhiba > 3-10 cm (rendűségtől függő)

3.3. 1.3.3 A geodéziai alappontok és alapponthálózatok csoportosítása

A geodéziai alappontokat rendszerint nem egyenként, magányosan határozzuk meg, hanem az alappontok egy nagyobb számú csoportját hozzuk létre egyidejűleg, az alappontok között mérési kapcsolatokat teremtve. Valamely konkrét geodéziai tevékenység (felmérés, kitűzés, mozgásvizsgálat) megalapozása érdekében létrehozott alappontok rendszerét alapponthálózatnak nevezzük. Az alappontok tehát hálózatokat alkotnak, nem egyedi alappontokról, hanem alapponthálózatokról beszélünk. A geodéziai alappontok közötti eligazodást segíti, ha azokat csoportosítjuk, amit többféle szempont szerint teszünk meg a következőkben.

A helymeghatározó adatok száma szerinti csoportosítás

- magassági (más néven: egydimenziós vagy 1D) alappontok.
- vízszintes (másként: kétdimenziós vagy 2D) alappontok.
- térbeli (másként: háromdimenziós vagy 3D) alappontok.

Az egydimenziós alappontok csak egyetlen helymeghatározó adattal rendelkeznek. Magassági hálózatokban ez rendszerint a tengerszint feletti magasság, amit H -val jelölünk. A magassági hálózatok lehetnek szintezési hálózatok vagy trigonometriai magassági hálózatok. A gravimetriai hálózatok is 1D hálózatok, ahol a meghatározó adat a nehézségi gyorsulás (ezekkel a Felsőgeodézia foglalkozik).

A kétdimenziós alappontok két helymeghatározó adattal rendelkeznek. A klasszikus elsődleges hálózatokban ez a két adat az ellipszoidi földrajzi szélesség (ϕ) és az ellipszoidi földrajzi hosszúság (λ). Úgy képzeljük tehát, hogy a pont egy ellipszoid felszínén van, vagyis egy felületen, tehát kétdimenziós. A síkban fekvő pontok (így a vetületi síkra vetített pontok) két koordinátáját a geodéziában y, x sorrendben szokás megadni.

A háromdimenziós alappontok három helymeghatározó adattal rendelkeznek. A GPS-szel létrehozott térbeli hálózatok esetében ezek lehetnek földrajzi ellipszoidi koordináták vagy térbeli derékszögű koordináták. Előbbiek az ellipszoidi földrajzi szélesség (ϕ), az ellipszoidi földrajzi hosszúság (λ) és az ellipszoid feletti magasság (h). A térbeli derékszögű koordinátákat X, Y, Z -vel jelöljük. A koordináták közötti átszámításról bővebben a későbbi fejezetekben lesz szó.

Napjainkban egyre inkább előtérbe kerülnek az **integrált hálózatok**. Az integrált hálózat olyan többcélú, többféle mérés technikával meghatározott geodéziai alappontok együttesét jelent, ahol az 1D, a 2D és a 3D meghatározások valamilyen kombinációja érvényesül (bővebben: 7. modul 5. *alfejezet*).

A rendűség szerinti csoportosítás

A geodéziai hálózatok létrehozásánál a „nagyból a kicsi felé” haladás klasszikus elvét követték. Egy nagy kiterjedésű (például egy egész országot átfogó) és megfelelő (1 pont / 5 km²) sűrűségű hálózatot a régebbi mérés technikával és számítási segédeszközökkel nem lehetett rövid idő alatt, egyetlen mérési és számítási folyamatban létrehozni. Ezért először egy kevesebb pontból álló, ritkább hálózatot építettek ki, majd egy következő mérési és számítási ütemben hoztak létre egy sűrűbb hálózatot. Ez a folyamat több lépésben, több, időben elkülönülő szakaszban is folytatódhatott. Az elsődlegesen létrehozott hálózat után a további kiépítés a már létező adott pontok rendszerére, egy meglévő „keret”-re támaszkodhatott, ebbe a keretbe illesztették be az újabb pontokat. Az egyes mérési, számítási, szervezési ütemek időben elkülönültek, kialakult a hálózatok hierarchiája, amit a hálózatok, illetve alappontok rendűségével fejezünk ki. Így beszélünk például elsőrendű alappontokról, illetve geodéziai hálózatokról, meg további rendűségi csoportokról. Konkrét példaként tekintsük most át a magyar geodéziai hálózatok hierarchiáját, amelynek kialakulását a megfelelő fejezetekben majd tovább tárgyaljuk.

A magyar **szintezési hálózat**

- elsőrendű
- másodrendű
- harmadrendű és
- negyedrendű országos szintezési alappontokból áll.

Összefoglaló néven az első-, másod-, harmadrendű hálózatot felsőrendű szintezési hálózatnak nevezzük, ugyanakkor országos szintezési hálózatnak is, mert az ország teljes területét lefedik. Az alsórendű szintezési hálózat csak negyedrendű pontokból áll, amelyeket alkalmanként, szükség szerint létesítünk. Ezidáig négy alkalommal hoztak létre Magyarországon országos szintezési hálózatot, jelenleg folyik az ötödik mérés. Rövid történetüket a 6. modulban találjuk.

A jelenlegi magyar **vízszintes hálózat**

- elsőrendű
- harmadrendű
- negyedrendű
- ötödrendű és
- felmérési alappontokból áll.

Hogyan és miért alakult így a hierarchia, azt a 2. modulból tudhatjuk meg. **Felsőrendű** vízszintes alappontokról a harmadrendűig bezárólag beszélünk, a negyedrendű és alacsonyabb rendű vízszintes alappontokat **alsórendű** pontoknak nevezzük. A felső- és negyedrendű alappontok együtt alkotják az **országos vízszintes hálózatot**, ez Magyarország teljes területére az 1990-es évek közepére elkészült. Amennyiben az országos alappontok sűrűsége a célfeladathoz nem elegendő, alappont-sűrítéssel hozhatunk létre ötödrendű vagy felmérési alappontokat. Leggyakrabban csak felmérési alappontokat határozunk meg; ha ezt tömegesen végezzük, **felmérési hálózat**ról beszélünk. Az elsődlegesen létrehozott első- és harmadrendű hálózatot **alaphálózat**nak (felsőrendű hálózatnak) is nevezik.

Az alappontok létrehozásának folyamatát a negyedrendű pontokkal bezárólag alappontlétesítésnek nevezik. Az alappontsűrítés szót vízszintes értelemben csak az ötödrendű és a felmérési alappontok meghatározási folyamatára használják.

A jelenlegi magyar **térbeli (GPS) hálózat**

- keretpontokból és
- országos alappontokból áll.

Más felosztás szerint a térbeli hálózatban hagyományosan, *egyszer mért* pontokat és *folyamatos mérésű pontokat (permanens állomásokat)* különböztetünk meg. A magyar GPS/GNSS hálózat kialakulásának történetét a 4. modulból ismerhetjük meg.

A hálózat területi kiterjedése szerinti csoportosítás

- *Helyi (lokális) hálózat, más néven önálló hálózat.* Ilyen helyi jellegű hálózatokat egyes épületek, üzemek, létesítmények, beruházások, ipartelepek megvalósításához és üzemeltetéséhez építenek ki. A helyi hálózat koordináta-rendszerét általában az építési főirányhoz igazodva veszik fel. Célszerűbb a helyi hálózatokat **önálló hálózat**nak nevezni, ugyanis itt a „helyi” jelző, azt fejezi ki, hogy egy nagyobb földrajzi térséghez képest, kisebb egységről van szó. Ilyen értelemben egy világhálózathoz képest az európai hálózat is „helyi”, vagy az európai kiterjedésű hálózathoz képest egy magyar országos kiterjedésű hálózat is „helyi”. Ha nagyon kis területre (néhányszor tíz méteres körzetre) terjed csak ki a hálózat, akkor **mikrohálózat**nak nevezzük. Az önálló hálózatokkal a *Mérnökgeodézia* című tantárgy foglalkozik részletesen.
- *Országos (nemzeti) hálózat.* Az országot teljesen lefedő, az ország teljes területén kiépített geodéziai hálózatok az ország geodéziai alapjait jelentik. A magyar geodéziai hálózatok elnevezése: Egységes Országos Magassági Alapponthálózat (EOMA), Egységes Országos Vízszintes Alapponthálózat (EOVA), Országos GPS Hálózat (OGPSH). A jegyzet következő három fejezetében lényegében a magyar geodéziai hálózatokat és az azokban végzett alappontsűrítést tárgyaljuk, 3D-2D-1D sorrendben.
- *Kontinentális (regionális) hálózat.* Számunkra a mi földrészünk, Európa egységes geodéziai hálózatai fontosak, amelyek az egyes nemzeti hálózatok egyesítéséből, a mérések közös kiegyenlítéséből jöttek létre. Egy-, két- és háromdimenziós európai geodéziai hálózatok léteznek, elnevezésük a következő: Egységes Európai Szintezési Hálózat (*Unified European Leveling Network – UELN*) Európai (vízszintes) Vonatkoztatási Rendszer (*European datum – ED*) Európai Vonatkoztatási Keret (*European Reference Frame – EUREF*)
- *Világhálózat.* A geodéziai világhálózatok létrejöttét az űrtechnika fejlődése, a műholdas helymeghatározás megjelenése tette lehetővé az 1960-as évektől kezdődően. A jelenlegi legfontosabb világhálózat megvalósítása 1993-ban kezdődött, neve *International Terrestrial Reference Frame (ITRF)*. A világhálózatok a *Felsőgeodézia* témakörébe tartoznak.

A mérések típusa

1D hálózatban a következő fajta mérések tipikusak (zárójelben a mérés *eredménye*):

- szintezés (*magasságkülönbség*)
- trigonometriai magasságmérés (*magasságkülönbség*)
- gravimetria (*nehézségi gyorsulás: g-érték*)

2D hálózatban a következő fajta mérések tipikusak (zárójelben a mérés *eredménye*):

- szélességmeghatározás (*földrajzi szélesség*)
- hosszúságmeghatározás (*földrajzi hosszúság*)
- azimutmérés (*azimut*)
- iránymérés (*irányérték*)
- távmérés, hosszmérés (*távolság*)

3D hálózatban a következő fajta mérések tipikusak (zárójelben a mérés *végeredménye*):

- GPS/GNSS (abszolút: X, Y, Z ; relatív: $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$)
- SLR – *Satellite Laser Ranging* (műhold-vevő távolság)
- VLBI – *Very Long Baseline Interferometry* ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$)
- altimetria (*magasság*)

A számítás elve

Az alappontok helymeghatározó adatainak (koordinátáinak) számítása mindig is a rendelkezésre álló számítási segédeszközök függvénye volt. A régebbi számítási segédeszközök csak egyszerű eljárásokat, kevés pont egyidejű meghatározását tették lehetővé. Ezeket a kezdeti számítási módokat **pontonkénti eljárásnak** nevezzük, mert a számítás pontra haladva történt. A már kiszámított koordinátájú pontot a következő számítási ütemben adott pontnak tekintették s mindaddig így haladtak, amíg az utolsó új pont is számításra nem került.

A kiegyenlítő számítás alkalmazása illetve a számítógépek fejlődése az 1960-as, 1970-es évektől kezdődően mindinkább lehetővé tette, hogy egyetlen számítási folyamatban, **együttes kiegyenlítéssel** szülessenek meg a pontok koordinátái. Ma ezt tekintjük korszerű eljárásnak, amely automatizáltsága, gyorsasága révén egyre inkább meghatározóvá válik.

A számítás során megkülönböztetjük a hálózatokat aszerint is, hogy tartalmazzak-e ismert koordinátájú pontokat. Ha egyetlen ismert pontja sincs a hálózatnak, akkor **szabad hálózatról** beszélünk. Ez fordul elő az elsődleges alaphálózatok kiegyenlítésekor, vagy az önálló hálózatok számításakor.

Ha a hálózatnak van megfelelő számú adott pontja, akkor **kötött hálózatról** vagy **beillesztett hálózatról** beszélünk, utalva arra, hogy az új pontjainkat mintegy beillesztjük egy meglévő „keretbe”.

Passzív és aktív hálózat

A múltban a geodéziai hálózatok kiépítése hosszú, akár több évtizedes folyamat eredménye volt. A megfelelő ponthely és mérési alkalom kiválasztása, az optikai műszerekkel végzett mérés, majd a kezdetleges eszközökkel végzett számítás lebonyolítása igen sok időt igényelt. Egy országos hálózat létrehozása néhány évtizeden belül már nagy eredménynek számított. A mérések megismétlésére a költség- és időigény miatt nem lehetett egyhamar gondolni. A pontok koordinátáit, ha egyszer meghatározták, hosszú ideig változatlanok, megmásíthatatlannak tartották.

Az olyan hálózatot, amelyben a pontok koordinátáit egyszer határozzák meg és azokat hosszú ideig („örökre”) változatlanok tekintik, **passzív hálózatnak** nevezzük. A GPS technika az 1990-es évek közepétől lehetővé tette, hogy a GPS vevők megfelelő körülmények között folyamatos, teljesen automatizált mérést végezzenek emberi beavatkozás nélkül. Az adatok rögzítése és feldolgozó központokba továbbítása ma már Interneten keresztül szintén automatikusan történhet. A résztvevő megfigyelőállomások (permanens állomások) számára akár naponta új koordináták számíthatók, a mérések további célokra (például műhold pályaadatok számítására, pólusmozgás kimutatására, mozgásvizsgálatra) is felhasználhatók.

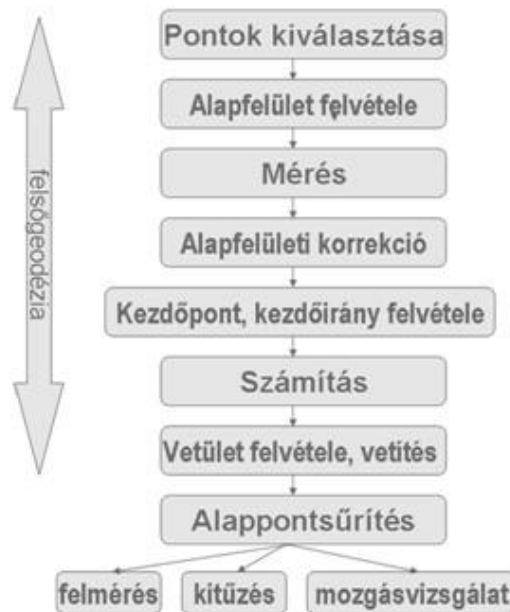
A folyamatos méréseket végző, egy központ felügyelete mellett hálózatban üzemelő permanens állomások rendszerét **aktív hálózatnak** nevezzük, aminek szolgáltatásai egyre bővülnek és jelentősége is mindinkább növekszik.

A hálózat célja

A geodéziai jellegű hálózatok kiépítésének konkrét célja többféle lehet. Szűkebb értelemben **geodéziai hálózat**nak nevezzük egy-egy ország vagy kontinens geodéziai alapjainak kiépítését célzó hálózatokat, ahogy azt az előzőekben bemutattuk. A geológiai nagyszerkezeti egységek időbeli mozgásának monitorozására létesített hálózat neve **geodinamikai hálózat**. A mérnökgeodéziai munkákat **mérnökgeodéziai hálózatok** alapozzák meg, amelyek lehetnek *mozgásvizsgálati* hálózatok, *kitűzési* hálózatok és *felmérési* hálózatok.

4. 1.4 A geodéziai helymeghatározás folyamatának áttekintése

A geodéziai helymeghatározás bonyolult folyamat, amely magába foglalja szinte az egész geodéziát. Csak nagyon leegyszerűsítve mutatjuk be ezt a folyamatot, elsősorban a vízszintes értelmű helymeghatározás esetére. A helymeghatározó munka jó részét elődeink elvégezték már, mi ebbe a folyamatba a végén kapcsolódunk be.



1-3. ábra. A geodéziai helymeghatározás folyamata

1.) Alappontok kiválasztása, állandósítása

A nagy pontosság iránti igény megkívánja, hogy a geodéziai pontok egyértelműen legyenek azonosíthatók. Az alappontot fizikailag meg kell jelölni, mégpedig stabilan, egyértelműen, biztosító pontjelöléssel. Az állandó módon történő megjelölést szolgálja a pontok *állandósítása*.

2.) Alapfelület felvétele

A Földet a vízszintes mérések és a műholdas helymeghatározás tekintetében forgási ellipszoiddal helyettesítik, a magasságméréseknél pedig geoiddal.

3.) Mérések elvégzése az állandósított pontok között

A kor technikai színvonala nagyban meghatározza, hogy milyen pontosságú és milyen típusú méréseket végzünk, milyen eszközök (műszerek) és milyen technológiák állnak rendelkezésünkre. *A geodéziai alappontok közötti mérések együttese, összessége alkotja a geodéziai hálózatot.*

4.) Mérések átszámítása, korrekciója az alapfelületre

Ez a lépés elsősorban a vízszintes mérésekre vonatkozik. A fizikai földfelszínen végrehajtott mérést úgy kell korrigálni, mintha azt az alapfelületen végeztük volna. Az alaphálózatok létrehozása a *Felsőgeodézia* tantárgy tárgykörébe tartozik.

5). Számítás

A mérések régebben általában egy országra terjedtek ki, minden ország a fejlődésének megfelelően létrehozta a saját nemzeti hálózatát mind magassági, mind vízszintes, mind térbeli értelemben. A számítás méréstípusonként természetesen eltérő, de alapelveiben egyező.

A magasságszámítások célja az állandósított pontok geoid feletti magasságának meghatározása. Ehhez először kiválasztják az alkalmas közép-tengerszintet, vagy egyetlen pont magasságát elfogadják ismert értéknek.

A vízszintes számítás célja az első ütemben a pontok földrajzi szélességének és hosszúságának kiszámítása. Ehhez egy pontnak a mért ϕ , λ értékeit és egy iránynak a α mért értékét elfogadják, majd az alapfelület felszínén számítják a többi pont helymeghatározó adatait.

A térbeli hálózatnál is elfogadják legalább egy pont koordinátáit, a többi pont térbeli adatait ehhez viszonyítják. A geodéziai hálózatok számítási eljárásaival a *Kiegyenlítő számítás* című tantárgy foglalkozik.

6). Vetület felvétele és a vetületi koordináták ábrázolása

A térképi (síkbeli) ábrázoláshoz az alapfelületi koordináták síkbeli megfelelőit kell megkeresni. Ehhez vetületet kell felvenni és az alapfelületen számított pontokat egy vetületi síkra kell átszámítani. Ezzel a kérdéssel a *Vetülettan* foglalkozik.

7). Alappontsűrítés végrehajtása

A fenti 1-6. pontok szerint általában nemzeti mértékekben hoztak létre vízszintes és magassági (újabbán térbeli) hálózatokat, meghatározták az alappontok alapfelületi majd vetületi koordinátáit és geoid feletti magasságát. Ezek a pontok alkotják az alaphálózatot.

Ha ezek a pontok túlzottan távol esnének egymástól, (a helymeghatározó feladatunk szempontjából nagyon távoliak), akkor további alappontokat hozunk létre, a meglévő országos keretbe illesztve. A *Geodéziai hálózatok* tantárgy elsősorban ezzel a kérdéskörrel foglalkozik.

8). Konkrét geodéziai feladat végrehajtása

A konkrét feladatot – ami alapvetően felmérés, kitzűzés vagy mozgásvizsgálat lehet, – ezután az alappontokra támaszkodva végrehajtjuk. Ez a végrehajtás valamilyen mérési technológia szerint történik, konkrét műszerekkel, eszközökkel és számítási eljárásokkal.

Végeredményben a geodéziai helymeghatározás azt jelenti, hogy ismert helyzetű (vagyis helymeghatározó adatokkal rendelkező) és a terepen is megjelölt (állandósított) alappontok között az olyan új, egyenlőre ismeretlen pontok helyzetét kell meghatározni, amelyeket a terepen megjelöltünk. Ez a **felmérés** vagy bemérés esete.

Ennek fordítottja a **kitűzés**, amely ismert helyzetű meghatározó adatokkal rendelkező pontoknak a valóságban (terepen) való megjelölését (kijelölését) jelenti. A kitzűzést is az ismert helyzetű, a valóságban létező alappontok segítségével oldjuk meg a geodéziában.

Harmadik esetként a geodéziai pontok koordinátáinak időbeli változását mérjük, valamely létesítmény vagy terepalakulat mozgásának megfigyelése céljából, amit **mozgásvizsgálatnak** nevezünk; ezt is helyi (önálló) vagy globális rendszerben végezhetjük.

A fenti konkrét felmérési kitzűzési, mozgásvizsgálati tevékenységek bővebb tárgyalására a *Nagyméretarányú térképezés* és a *Mérnökgeodézia* tantárgyakban kerül sor.

5. 1.5 A Geodéziai hálózatok tantárgy kapcsolódása más szakmai tantárgyakhoz

A *Geodéziai hálózatok* tantárgy nagyban épít eddigi általános jellegű és szakmai ismereteinkre és megalapozza, kiegészíti más szaktárgyak tananyagát. Eddig is utaltunk már a szaktárgyakhoz való kapcsolódásra, de tekintsünk át tantárgyanként is a kapcsolódási pontokat, bemutatva néhány hasonlóságot és különbözőséget a tantárgyak között.

A természettudományos alapokra, matematikai és fizikai ismereteinkre építünk. Jó, ha stabilak történelmi ismereteink is, hiszen a geodéziai hálózatok és a geodéziai alapok története nem függetleníthető az általános politikai és társadalmi eseményektől.

A *Geodézia* tárgyban megszereztük a szakmai alapokat, amikre itt nagy szükség lesz, mondhatnánk, ezeket fogjuk konkrétan, életszerűen alkalmazni. A fogalmakat, műszerismereteket, geodéziai számítási ismereteket felhasználjuk, de jobban előtérbe helyezzük azt a technológiát, amelyet alappontsűrítéskor a gyakorlatban követünk. Így nagyobb hangsúlyt helyezünk a szakmai szabályzatokra, előírásokra, hibahatárookra is, amelyeket be kell tartanunk, ha egy olyan „éles” munkát végzünk, amelynek szakmai ellenőre, elfogadója van. A számításoknál felhasználjuk eddigi ismereteinket, de a fölös mérések szükségességét, a hálózati szemlélet kialakítását emeljük ki. Az lenne célszerű, ha a vonatkozó szakmai szabályzatok egyidejű tanulmányozása mellett olvasnánk ezt a jegyzetet.

A *Kiegyenlítő számítás* tantárgy anyagára szinte teljességgel szükség van, mondhatni a geodéziai hálózatok kiegyenlítése teljesen beilleszthető ebbe a tantárgyba is, hiszen az alappontok koordinátáinak számításakor – mint említettük – a hálózat együttes kiegyenlítése a korszerű megoldás.

A *Vetülettan* nélkül nem lenne érthető a mérési eredmények redukálása, a térbeli koordináták mibenléte, a vetületi átszámítások és koordináta-rendszerek közötti váltások megoldása.

A *Térképtani* ismeretek az általános műveltséghez is hozzátartoznak, de alappontsűrítéskor, idegen tájakon való tájékozódáskor különösen hasznos a térképolvasás, az áttekintő térképeken való eligazodás. Az alappontok számozása az EOVA-ban közvetlenül kapcsolódik az EOTR térképrendszerhez, így a szelvény számozás ismerete nélkülözhetetlen.

A *Nagyméretarányú térképezés* című tárgy feltételezi, hogy rendelkezésre állnak a szükséges alappontok, kezdődhet a részletes felmérés majd a térképezés, illetve a térképi adatbázis-építés. Régebben a Geodéziai hálózatok és a Nagyméretarányú térképezés tantárgyaknak közös neve volt: Országos felmérés, ami azt jelezte, hogy ugyanannak a térképkészítési folyamatnak két elkülönülő, de közös végcélú szakaszáról van szó.

A *Topográfia* régebbi technológiája is az alappontsűrítés és részletmérés kettősségén alapult, a felmérő által, közvetlenül a terepen, rajzi úton létrehozva az alap- és részletpontokat. Ma a GPS-technológia a kis területre kiterjedő domborzatfelmérés eszköze is lehet.

A *Fotogrammetria* tárgyban a földi pontsűrítési és részletmérési eljárásokhoz képest merőben más technológiát ismerünk meg, azonban a végcél itt is ugyanaz: térkép (térképi adatbázis) előállítás. A légifényképekből létrehozott modellek, ortofotók geodéziai vonatkoztatási rendszerbe illesztéséhez geodéziai alappontokra van szükség, amit földi vagy műholdas alappontsűrítési eljárással végeznek, ez az ún. *illesztőpontmérés*. Ugyanakkor a fotogrammetriai technológia is képes geodéziai pontosságú felmérési alappontok létrehozására, ahogyan ez az 1980-as években hazánkban is tömegesen történt. A fotogrammetriai úton létrehozott felmérési alappontokat „**F pontok**”-nak nevezzük.

A *Térinformatika* tantárgyban az eddigi ismereteket egyesítve egy térképi adatbázis létrehozására, megjelenítésére, elemzésére fognak törekedni, de nem feledkezhetnek meg arról, hogy minden helyhez kötött eredeti adat közvetlen adatnyerésből ered, amely egy vonatkoztatási rendszert és alapponthálózatot is feltételez.

A *Mérnökgeodézia* tárgy során – többek között – megtanulják, hogy a beruházások, építkezések speciális munkakörülményei és pontossági igényei közepette hogyan kell létrehozni önálló geodéziai hálózatokat. A sajátos igényeket kielégítő mérnökgeodéziai hálózatok létrehozásának munkafolyamata sok tekintetben hasonlít a jelenlegi tantárgyban tárgyalt alappontsűrítési feladatokhoz.

A *Felsőgeodézia* többek között a geodéziai alaphálózatok létrehozásával foglalkozik, amire az alappontsűrítés épül, tehát logikailag ezt a tárgyat kellett volna előbb tanulni. A hagyományok és előismeretek miatt azonban később kerül sor a Felsőgeodézia tárgyra. Az érthetőség és logika azt kívánja, hogy összefoglaló jelleggel minden fejezet elején néhány olyan fogalmat és történeti elemet is tárgyaljunk, aminek részletesebb kifejtésére majd a Felsőgeodézia tárgyban kerül sor. Ugyancsak a Felsőgeodézia tárgyban ismerkednek meg a hallgatók a gravimetriával és a gravimetriai hálózatokkal, ezért ezzel a hálózattípussal a jelen jegyzet nem foglalkozik.

A *Műholdas helymeghatározás* tantárgy a későbbiekben részletesebben fogja tárgyalni a GPS/GNSS technika alkalmazását. A *Geodéziai hálózatok* jegyzet ezért bár teljességgel, de csak a legszükségesebb fogalmakat és módszereket foglalja össze a műholdas helymeghatározásra vonatkozóan, azon szakirányos (földrendező,

ingatlankataszteri) hallgatókra tekintettel, akik csak most, ezen egyetlen tantárgy keretében találkoznak ezzel a témakörrel.

6. 1.6 A vonatkozó szakmai szabályozásról

A geodéziai alappontok létesítésére, karbantartására, nyilvántartására vonatkozó szakmai szabályzatok régi keletűek. Amint kialakultak és a gyakorlatban beváltak a mérési és számítási technológiák, megjelent a szakmai szabályozás is. Már egy évszázaddal ezelőtt is részletesen, mindenre kiterjedően és korrekten, szép kivitelű utasításokban határozták meg a pontsűrítési folyamat menetét, szabályait. Az 1970-es évek elejétől kezdődően, amikor létrejöttek az új magyar geodéziai alapok, a szakmai szabályzatokat is megújították, egységesítették. Az alappontokkal kapcsolatos szabályzatok betűjele **A**, a felméréssel kapcsolatosé: **F**, a légifényképezésé: **L**, a topográfiai: **T**, a mérnökgeodéziai: **M**. Az 1990-es évek végén vált időszerűvé a digitális alaptérképekre való áttérés, az ezekre vonatkozó szabályzatok betűjele **DAT**.

A szabályzatok átdolgozása, kiegészítése, megújítása az alkalmazott technológia változásának megfelelően bizonyos időközönként időszerű. Ezen megújítási folyamatnak az évezred eleje óta tanúi lehetünk, különösen a mérőállomások és a GPS alkalmazása hozott jelentős változásokat. Még jelentősebb hatása lesz a szakmára az integrált geodéziai hálózat kialakításának, ami a fejlett nyugati országokban előrehaladt, de Magyarországon is elkezdődött folyamat. Egy jegyzet csak követni tudja az eseményeket, ezért fontos, hogy a legújabb irányzatokról, elképzelésekről, megvalósuló, projektekről a szakirodalomból tájékozódjunk.

Tekintsük át az alappontokra e jegyzet írásakor vonatkozó (A jelű) szakmai szabályzatok jelzetét és tartalmát. Megfigyelhető, hogy a páros számmal jelölt szabályzatok a magassági, míg a páratlan számmal jelöltek a vízszintes alappontokra vonatkoznak. A szabályzatok hivatalos elnevezése az itt szereplőnél jóval hosszabb és szabatosabb.

A1: Vetületi szabályzat (az EOVS leírása, 1975)

A2: EOMA I. rendű hálózat létesítése („kéregmozgási szabályzat”, 1975)

A3: EOVA IV. rendű alappontlétesítés (1977, 1995)

A4: EOMA II. és III. rendű hálózat létesítése (1979)

A5: V. rendű és felmérési vízszintes alappontsűrítés (1980)

A6: EOMA nyilvántartása, karbantartása (1980)

A7: EOVA nyilvántartása, karbantartása (1980)

Az évszámokból látható, hogy a szakmai szabályozás nem tudta követni a technológiai megújulás változását. 2010. áprilisában jelent meg a 47/2010 (IV. 27) FVM rendelet a GNSS technikával végzett pontmeghatározásokról – ez jelentős változást jelent a szakmai szabályozásban.

A *Geodéziai hálózatok* tantárgy a negyedrendű vízszintes alappontok és a felmérési alappontok technológiájával, valamint a magassági pontsűrítéssel foglalkozik elsősorban, így számunkra az **A3** és **A5** jelű, valamint az **A6** és **A7** jelű szabályzatok a fontosak. A szabályzatok a FÖMI-ben beszerezhetők, illetve karunk könyvtárából kölcsönözhetők.

A földmérési, térképészeti tevékenységet Magyarországon 1996 óta a legmagasabb szintű jogszabály, törvény is szabályozza.

Az **1996. évi LXXVI. törvény** (az ún. földmérési törvény, rövidítve ft) a hazai országos alapponthálózatokról és az alappontok védelméről is rendelkezik. A törvény többek között kimondja:

4. § (3). Állami alapmunkának minősül ... az alapponthálózatok létesítése és fenntartása.

8. §. A földmérési és térképészeti tevékenység egységes alapjául az ország teljes területére kiterjedően – meghatározott alapfelületen, vetületi rendszerben és sűrűségben – vízszintes, magassági valamint háromdimenziós alapponthálózatot kell létesíteni illetve fenntartani.

17. §. (2). A földmérő – a tulajdonos előzetes tájékoztatásával – az ingatlanokon állandó földmérési jeleket helyezhet el, meglévő építményt földmérési jellel nyilváníthat, építményeken műszerállást, észlelőpillért létesíthet, különösen indokolt esetben a mérést akadályozó fát és egyéb növényzetet eltávolíthatja.

19. §. (2). A tulajdonosi jogosultságokat ... az alaphálózati pontok vonatkozásában az illetékes megyei földhivatal gyakorolja, és karbantartásukról a központi földmérési szervezettel közösen gondoskodik.

7. 1.7 Összefoglalás

Ebben a bevezető modulban a geodéziai hálózatokkal kapcsolatos fogalmak megvilágítására törekedtünk. Ismertettük a helymeghatározás folyamatát a geodéziában. Az alappontokkal szemben 10 követelményt fogalmaztunk meg és részleteztük ezek jelentését. Csoportosítottuk az alapponthálózatokat különböző szempontok szerint. Bemutattuk a modul illetve a témakör kapcsolódását más tantárgyakhoz valamint a szakmai szabályozáshoz.

Önellenőrző kérdések:

1. Miben milyen különbséget tudunk kimutatni az alappont és a részletpont között?
2. Mit nevezünk kerethibának, hogyan mutathatjuk ki jelenlétét?
3. Mi a veszített pont?
4. Soroljon fel legalább 5 követelményt, amelyet az alapponttal szemben támasztunk és példákkal világítsa meg ezek fontosságát!
5. Hogyan csoportosíthatók a geodéziai hálózatok dimenzió (helymeghatározó adat) és területi kiterjedés tekintetében?
6. Hogyan csoportosíthatók a geodéziai hálózatok a mérések típusa szempontjából?
7. Mi a különbség a passzív és az aktív hálózat között?
8. Milyen szakaszokra osztható a geodéziai helymeghatározás folyamata, mi ebben az alappontok szerepe?
9. Milyen szakmai törvény, rendelet, szabvány, szabályzat foglalkozik a hazai geodéziai hálózatokkal illetve az alappontsűrítéssel?

Irodalomjegyzék

- Bácsatyai L.: *Felsőgeodézia. Elektronikus segédlet.* NYME GEO Geodézia Tanszék, Székesfehérvár, 2008.
honlap: www.geo.info.hu/geodezia
- Bácsatyai L.: *Magyarországi vetületek. 228 old.* Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 2006.
- Bácsatyai L.: *Vetülettan. Elektronikus segédlet.* NYME GEO Geodézia Tanszék, Székesfehérvár, 2008.
honlap: www.geo.info.hu/geodezia
- Biró P.: *A vonatkoztatási rendszerek és a geodéziai dátum. Geomatikai Közlemények VIII. kötet, 5-12.,* MTA GGKI, Sopron, 2005.
- Biró P.: *Felsőgeodézia. Elektronikus jegyzet.* BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, Budapest, 2005.
honlap: www.agt.bme.hu/tantargyak
- Basics Gy. – Engler P. – Guszlev A. – Jancsó T.: *Digitális adatgyűjtési technológiák. A földmérő, térképész és térinformatikai technikus szakképzések tankönyve, 207 old., F-825.* FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest, 2009.
- Basics Gy.: *Alappontjaink és alaphálózataink sorsa. Geodézia és Kartográfia, 2009/9. 10-14.*

- Czobor Á.: *Felsőgeodézia IV. Főiskolai jegyzet.* EFE FFFK, Székesfehérvár, 1990.
- Csepregi Sz., Gyenes R., Tarsoly P.: *Geodézia I. Jegyzet.* NYME GEO, Székesfehérvár, 2008.
- Földváry Szabolcsné: *Alaphálózatok II. BME egyetemi jegyzet.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1989.
- Hazay I. – Szalontai L.: *Országos felmérés és műszaki földrendezés. 595 old.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1973.
- Homoródi L.: *Felsőgeodézia. 614 old.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1966.
- Joó I.: *Felsőrendű mérések.* Főiskolai jegyzet. Székesfehérvár, 1999.
- Krauter A.: *Geodézia. BME egyetemi jegyzet. 513 old.* Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2002.
- Mihály Sz. : *A magyarországi geodéziai vonatkozási és vetületi rendszerek leíró katalógusa.* Geodézia és Kartográfia, 1994/4. 198-203.
- Németh Gy. – Busics Gy.: *Alappontmeghatározás. Főiskolai jegyzet. 170 old.*
- Sárközy F.: *Geodézia.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1984.
- Varga J.: *Vetülettan. Elektronikus jegyzet.* BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, Budapest, 2004.
honlap: www.agt.bme.hu/tantargyak
- Vincze L.: *Nagyméretarányú fotogrammetriai felmérések. Főiskolai jegyzet. 230 old.* EFE FFFK, Székesfehérvár, 1990.
- Vincze L.: *Országos felmérés II. Jegyzet. 300 old.* NYME GEO, Székesfehérvár, 2003.