

Koordinátarendszerek, dátumok, GPS

KOORDINÁTARENDSZEREK A SPATIAL-BEN

Koordinátarendszer típusok

1. Descartes-féle koordinátarendszer: egy adott pontból (origó) kiinduló, egymásra merőleges egyenesek alkotják, egy pont koordinátái az egyenesekre vetített képének távolságai az origótól.
2. Földrajzi koordináták: a Földön, mint gömbön értelmezett gömbi koordinátarendszer. Két szögértékkel adható meg egy pont helyzete, az egyik az egyenlítőtől való távolságot (szélességi fok), míg a másik egy kijelölt hosszúsági körtől, meridiántól való távolságot (hosszúsági fok) adja meg. A szélességi fok az egyenlítőtől északra és délre is 0 és 90 fok között lehet, míg a hosszúsági fok keletre és nyugatra is 0 és 180 fok közé eshet.
3. Vetített koordináták: síkbeli Descartes-féle koordinátarendszer, melyet úgy kapunk, hogy a Földet, mint gömböt vetítjük egy síkra, és ezen a síkon értelmezünk egy koordinátarendszert. A vetítés nemlineáris kell hogy legyen.
4. Helyi koordináták: olyan Descartes-féle koordinátarendszer, mely független a Földtől, nem azon alapul.
5. Földrajzi dátum (magyar megfelelője igazából nincs legközelebb hozzá talán az alapegység, mérték áll): egy leképezés, melynek során egy ellipszoidot forgatás és eltolás segítségével úgy transzformálunk, hogy a Föld formáját (lapult gömb) minél jobban közelítsük akár lokálisan, akár globálisan. Minden földrajzi koordinátarendszer ilyen eljárásan alapul.

Ha egy térbeli koordinátarendszer kezdőpontját a Föld tömegközéppontjába helyezzük, geocentrikus koordinátarendszerről beszélünk. Ha a térbeli koordinátarendszer kezdőpontja egy felszíni pont (álláspont), akkor topocentrikus koordinátarendszer a neve.

Koordinátarendszer-transzformációk

Ha át szeretnénk térni egyik koordinátarendszerről a másikra, akkor egy megfelelő transzformációt kell alkalmaznunk. Két földrajzi koordinátarendszer között az alapjaikat képező ellipszoidok közötti transzformációval válthatunk, ez a transzformáció a referencia-ellipszoid formáját, irányultságát és középpontját módosíthatja.

Az Oracle 9i előtti változataiban csak és kizárólag Descartes-féle koordinátarendszerekben lehetett számításokat végezni. Így például földrajzi koordinátákkal adott térben egy számítás elvégzéséhez először minden adatot át kellett konvertálni Descartes-féle koordinátákra, majd a számítást itt elvégezni, esetlegesen a végeredményt visszatranszformálni földrajzi koordinátákra. Ez nagyfokú pontatlanságokat eredményezhetett. A Release 9.2 kiadástól kezdve viszont lehetőség van a fent említett koordinátarendszerek használatára és közöttük

bármilyen transzformáció elvégzésére, így a Spatial-ben minden számítás a lehető legpontosabb eredményt fogja adni.

Ki kell azonban emelni, hogy a helyi koordinátarendszerek (vagyis ahol nem a Föld a viszonyítási alap) esetén a konverzió csak egymás között lehetséges. Helyi koordinátarendszereket általában ma CAD rendszerekben használnak, és csak igen ritkán van szükség ezek transzformálására földi koordinátarendszerbe, ezért ez még nem megoldott, így nem tehető meg a 11g verzióban sem. Viszont két ilyen helyi koordinátarendszer közötti transzformáció mindössze mértékegység-átváltást jelent, hiszen ezek a koordinátarendszerek mind ugyanolyan Descartes-féle koordinátarendszerek, csak az egyes tengelyek mértéke változik.

Teljesítmény

A két leggyakrabban használt koordinátarendszer a Descartes-féle, illetve a földrajzi. Előbbi azért igen kedvelt, mert lényegesen egyszerűbb a számolás vele, mint az utóbbival. Ez a különbség olyan mértékű, hogy bizonyos esetekben a Spatial algoritmusainak futási sebessége is lényegesen különbözik a két esetben, az egyszerűbb koordinátarendszer mindig gyorsabb. Van viszont egy igen nagy hátránya, ez pedig a pontatlanság. A modellezett terület gyakorlatilag mindig a Föld, ami egy gömb, aminek a felülete csak torzítással vihető át egy síkra. Emiatt a Descartes-koordináták csak egy bizonyos méretig alkalmazhatók, tehát például egy megye területe még kellően kicsi ahhoz, hogy a torzulás nem okoz problémát. Viszont egy nagyobb ország vagy esetleg egy földrész modellezése esetén már nem megengedhető mértékű hibákat okoz a síkbeli koordináták használata, ezért ilyenkor kénytelenek vagyunk alkalmazni a lassabb, de pontosabb földrajzi koordinátákat.

Korlátozások földrajzi koordinátarendszer használata esetén

Földrajzi koordinátarendszer (vagyis szélességi és hosszúsági fokok) használatakor nem megengedett körök és körívek használata, ilyenkor csakis és kizárólag pontokkal és egyenesekkel (természetesen egyenes alatt a Földön, mint ellipszoidon vett ívet értünk) lehet dolgozni. Amennyiben tiltott alakzatokat szeretnénk földrajzi koordinátarendszerben használni, úgy ezeket előtte megfelelő függvényekkel transzformálni kell.

Léteznek méretbeli korlátozások is, ezek a következők:

1. Egy poligon területe nem haladhatja meg a Föld felületének felét.
2. Egy egyenesen két szomszédos pont távolsága nem haladhatja meg az Egyenlítő hosszának felét.

A fenti korlátok betartása általában nem okoz problémát, mivel ritkán van dolgunk ekkora méretű objektumokkal. Amennyiben mégis beleütköznénk valamely korlátba (pl. ha a Föld óceánjait szeretnénk egyetlen poligonnal modellezni), akkor a túlméretes objektumot több kisebb objektumra darabolva a probléma megoldható.

Spatial koordinátarendszer-modell

Az Oracle 10g Release 2-től kezdve a Spatial-ben használt koordinátarendszerek mind az EPSG (European Petroleum Survey Group) által definiált adatmodellre épülnek. Ennek használata nagyfokú szabványosíthatóságot, sokféle többletszolgáltatást és erőteljes rugalmasságot biztosít. A rugalmasság olyan tulajdonságokból fakad, mint hogy az EPSG modellt igen sok eszköz támogatja, így az adatok tárolása és elérése egyszerűsíthető. Többféle koordinátarendszert tudunk így használni, a modell lehetőséget ad a korábban használt rendszerekbe való átjárásra. Ezen felül, és ez talán a legfontosabb, a dátum típusú koordinátarendszerek közötti transzformációt nagyon leegyszerűsíti, sőt amennyiben a felhasználó szeretné, saját transzformációt is bevezethet két koordinátarendszer között (ez általában akkor szükséges, ha saját koordinátarendszert definiálunk, természetesen erre is van lehetőség). Ezeket a felhasználó által definiált transzformáció-sorozatokat nevezi a Spatial use-case-nek.

TÉRINFORMATIKAI MEGKÖZELÍTÉS

Referencia rendszerek

Ma a Földön használt globális vonatkoztatási rendszerek mindegyike egy földrajzi dátumhoz kapcsolódik, tehát egy ellipszoid transzformálásával kapható meg. Közös tulajdonságuk, hogy egy tetszőleges ellipszoidból bármelyik ilyen rendszer kinyerhető, így egymásba transzformálásuk is viszonylag egyszerű. Igen sok ilyen dátum létezik, attól függően, hogy a Föld mely területét szeretnénk közelíteni vele.

Vannak kitüntetett ellipszoidok, melyek alkalmasak arra, hogy könnyen lehessen velük a Föld egy részét jól közelíteni. A ma használt és szabványosításhoz legközelebb álló ilyen ellipszoid a WGS84 névre hallgat, amelyben a 84-es szám azt az évet jelöli, amióta alkalmazzák. Főbb adatai: nagy féltengelye $a=6.378.137$ m., kis féltengelye $b=6.356.752,314$ m. A két féltengelyből számítható a lapultság, amely $f=1/298,2572221$.

Ezekből az ellipszoidokból származtatják azokat a viszonyítási rendszereket, melyeket ma használnak a Föld térképein a különböző területeken. A jelenleg legfontosabb földrajzi dátum a WGS84 nevű ellipszoidhoz kapcsolódó azonos nevű dátum, melyet az USA Katonai Térképészeti Ügynöksége fejlesztett ki. Ezt használja a GPS rendszer is, így ez az én feladatom szempontjából nagyon fontos. Ez a dátum abból a szempontból különleges, hogy előbb létezett a dátum, mint a hozzá tartozó ellipszoid. Ez a legtöbb esetben fordítva alakul, vagyis egy ellipszoidból származtatják a dátumot. A WGS84 esetében azonban már egy új, modernebb megoldás szerint a dátumot állandósított földi pontok koordinátáinak meghatározásával rögzítik. Ez a megoldás pontosabb eredményt ad, mint az ellipszoidokkal való számítás. Azonban a többi dátumhoz való könnyű kapcsolódás érdekében létrehozták hozzá az ellipszoidot is.

A WGS-84 dátum azért válhatott a GPS rendszer alapjává, és ezáltal a leggyakrabban használt dátummá, mert nem csak lokálisan egy területen közelíti jól a Föld felszínét. Létrehozásának egyik fő indítéka volt, hogy globálisan is elfogadható legyen a közelítés.

Magyarország is csatlakozott ehhez a rendszerhez, létezik ugyanis egy ellipszoid, amely Magyarország területén a lehető legjobban közelíti a Föld felszínét. Ennek neve IUGG GRS 1967, főbb adatai pedig: $a= 6.378.160$ m és $b=6.356.774,516$ m. Innen a lapultsága $f=1/298,2471662$. Létrehozták a hozzá tartozó dátumot is, ennek neve HD-72, vagyis az Egységes Országos Vetületi Rendszer. Ez a rendszer nem kompatibilis a GPS rendszerrel, viszont magyar szakemberek igen pontos mérések segítségével meghatározták azt a transzformációt, mellyel egyik rendszerből átszámíthatóak az adatok a másikba. Ennek a transzformációnak fontos szerepe lesz a feladatomban, mivel nagy valószínűség szerint a magyarországi térképek a magyar dátum alapján készültek. Fontos még megjegyezni, hogy Magyarországon (és másutt is) gyakran használnak lokális vonatkoztatási rendszereket, melyek általában a területen használt ellipszoid síkvetületei. Magyarországon ez a síkvetület az EOVS (Egységes Országos Vetület).

A Spatial sokféle ellipszoidot és dátumot támogat. Természetesen a legfontosabb WGS84-es rendszer ezek között található. Sajnos azonban a Magyarországon használt HD-72-es rendszer nem szerepel ezen támogatott dátumok listáján, így mindenképpen szükségem lesz a két rendszer közötti transzformációra.

A GPS RENDSZER FELÉPÍTÉSE

A műholdas helymeghatározás alapja

Műholdas helymeghatározás során műholdaktól való távolságokat mérünk, és ennek alapján határozzuk meg a helyzetünket. A távolságméréshez a műholdról érkező jelek késleltetését mérjük, a jelterjedési időt ismertnek (fénysebesség) tételezhetjük fel. Ha egy műholdtól való távolságunkat ismerjük, akkor tudjuk, hogy egy műhold középpontú, a mért távolságnak megfelelő sugarú gömb felszínén vagyunk. Ha már két távolságot ismerünk, akkor két gömb metszetében, vagyis egy körön lehetünk. Ha pedig egy harmadik távolság is ismert, akkor a lehetséges pontok száma kettő lesz (gömb és kör metszéspontjai). E két pont közül már eldönthető, hogy melyik az aktuális pozíciónk, mivel itt az egyik pont vagy a Föld belsejében, vagy pedig irreálisan messze lesz a Föld felszínétől. Ezáltal a helymeghatározás megoldható, viszont a GPS rendszer része egy nagyon pontos időmérés is, ehhez azonban szükségünk van egy negyedik műholdtól való távolságra is, továbbá a műholdak igen pontos időmérésére. Ehhez minden műholdon egy nagyon pontos atomóra került elhelyezésre.

Látjuk tehát, hogy egyidejűleg legalább négy műholdtól való távolságunkat kell tudnunk, tehát mind a négy műholdat látnunk kell. Az sem mindegy, hogy a négy műhold hol helyezkedik el. A négy műhold és a mi pozíciónk együtt egy gúlát alkot, melynek mi vagyunk a csúcsa. A méréseink annál pontosabbak lesznek, ha minél nagyobb a gúla nyílásszöge a csúcsában, vagyis minél laposabb a gúla. E követelmények teljesítéséhez kellett tehát méretezni a műholdak számát és elhelyezkedését. A mai megoldás szerint összesen 24 darab (21 + 3 tartalék) műhold kering a Föld körül, közel kör alakú pályán. 6 darab pályasíkon, egyenként 4 darab műhold található, a pályák sugara 26.370 km (így a keringési magasságuk 20.200 km), a földi egyenlítővel bezárt szögük 55 fok. Ez a kialakítás alkalmas arra, hogy minden pillanatban legalább 4, de általában 6 műhold látható a Föld bármely pontjáról, legalább 15 fokos szöggel a horizont felett (ennek a légköri zavaró tényezők miatt van jelentősége, a túl alacsonyan lévő műhold által szolgáltatott mérés pontatlansága nagyobb).

Minden műhold két jelet sugároz folyamatosan. Az L2 jelet a katonai felhasználások számára tartják fenn, ezzel nagyobb pontosság érhető, ennek kódolását nem hozzák nyilvánosságra. A másik, civil alkalmazásokhoz használt L1 jellel a pontosság némileg kisebb.

Pontatlanság forrásai

A mérési hiba lehet véletlen, szabályos vagy durva hiba. A véletlen hiba vagy zaj jellegzetessége, hogy a valós eredmény körüli szóródást okoz, több mérés átlaga a valósi eredményt adja. Szabályos hiba esetén a mérés egy irányba torzít, több mérés átlagolásával sem szűnik meg a konstans hiba. Durva hiba jelentős eltérést mutat a valóságos értéktől, átlagolással kiszűrhető. A véletlen hibát a kódolás és a vétel körülbelül 1 m-es zaja okozza. Szabályos hibát okoz a légköri zavar illetve a visszaverődések a különböző tereptárgyakról. Továbbá véletlen és szabályos hibát okozhat, ha a rendszer használatát mesterségesen korlátozzák, például a kódolás csonkolásával. Durva hibát okozhat a rossz dátumválasztás, az eszközök hibája.

A véletlen és szabályos hibák korrigálására létezik egy földi alrendszere is a GPS-nek. Ezek az eszközök követik a műholdakat, és mérik azok pályaelhagyásukat illetve óráik pontatlanságát. Ezenfelül nagyon pontos mérési módszerek segítségével a légköri zavaró hatások nagysága is becsülhető. Ezen adatokat egyrészt a műholdak felé küldik, így azok a vevőberendezések felé továbbítani tudják, másrészt a vevők felé közvetlenül is eljuttathatják.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Oracle Spatial User's Guide
- Sárközy Ferenc – Térinformatika, on-line jegyzet, 17., 26., 27. fejezet http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/tbev.htm