



Csillagászati számítások

A számítástechnika rovatban már sok minden szóba került, a programozásról, a csillagászati számítások technikájáról azonban még nem esett szó. Ezt igyekszünk pótolni a most indítandó sorozattal, melyben az egyszerűbb számítási algoritmusokat, azok programozását fogjuk bemutatni. Helyszűke miatt teljes programlistát nem közlünk, de bízunk benne, hogy alapfokú programozási ismeretek birtokában minden érdeklődő meg tudja majd írni ezeket az általa legjobban ismert programnyelven.

Előljáróban lássuk csak, melyek azok a problémák, melyekbe akarva-akaratlan belebotlik a csillagászzal nem csupán a távcsőbe bámulás szintjén foglalkozó amatőr. A mindennapok során leggyakrabban talán a különféle vonatkoztatási rendszerek közötti átalakítások az érdekesek. Ez általában időbeli vagy térbeli adatok konverzióját jelenti, vagy bizonyos jellemzők (pl. koordináták, pályaelemek) időbeli változásának számítását.

A csillagászati számítások egyik legfontosabb alapadata az idő. A mindennapjainkban használt időskála azonban csak igen nehézkesen alkalmazható a néhány napnál hosszabb időintervallumot átfogó számításokban. Ezt bárki beláthatja, ha csupán arra az egyszerű kérdésre próbál válaszolni, hogy pontosan mennyi idő telt el mondjuk 1993. húsvét vasárnapja, 0 óra UT óta. Az időintervallum kezdete és vége pontosan definiált, mégis, aligha akad valaki, aki a választ gyorsan, a naptár böngészése nélkül megadja. A nehézséget maga a Gergely naptár jelenti, melyben az idő múlása „nem folyamatos” abban az értelemben, hogy az időintervallum hosszát nem lehet meghatározni egyszerű kivonással. Ehhez járul még a kérdező rosszindulata, hogy a megjelölt kezdő időpont, a húsvét nem rögzített, hanem a Hold járásához igazodik. A 325-ös niceai zsinat meghatározása szerint ugyanis a húsvét minden évben az első tavaszi holdtölte utáni vasárnapra esik. A csillagászatban sokkal célszerűbb egy számozás szerint is folyamatos naptár használata, melyben az említett problémák nem jelentkeznek. Ilyen a *Julián naptár*, melyben a napokat a kezdettől, Kr.e. 4713. január 1. 12 óra UT óta folyamatosan számozzák. Nehézséget itt az okozhat, hogy azóta bizony több millió nap telt el, s a milliós nagyságrendű adatokkal kényelmetlen számolni. Ezért sokszor a Julián Dátum (JD) módosított változatát (MJD) használják, mely egyszerűen kiszámítható az $MJD = JD - 2400000.5$ képlettel. *A Julián Dátumot mindig világidőben és a nap tört részében adjuk meg.*

Nézzük tehát, hogyan lehetséges a naptári dátum átszámítása Julián Dátumra. A türelmetlenebbeknek álljon itt egy képlet:

$$JD = \text{INT}(365.25 Y) + \text{INT}(30.6001 (M + 1)) + D + 1720994.5$$

Az $\text{INT}(x)$ függvény az egészrész függvény. Matematikai definíciója: az a legnagyobb egész szám, amely nem nagyobb x -nél.

FIGYELEM! Az $\text{INT}(x)$ függvény bizonyos programozási nyelvekben nem a matematikai definíciót valósítja meg, hanem az argumentum szó szerinti egész részét veszi, azaz egyszerűen levágja a szám tört részét.

A bemenő adatok: Y a naptári év, M a hónap sorszáma, D a naptári nap törtrészekkel együtt. (Ha pl. a dátum 1994. január 12. 15:42 UT, akkor $Y = 1994$, $M = 1$, $D = 12 + \frac{15}{24} + \frac{42}{1440} = 12.6541666$)

Mivel a gregorián naptárban több helyütt ugrás van, a fenti képlet alkalmazásakor a következő korrekciókat kell még figyelembe venni:

Ha a kérdéses hónap január vagy február, úgy Y-t eggyel csökkenteni, M-et pedig 12-vel növelni kell ($Y = Y - 1$; $M = M + 12$). Ha a gregorián dátum egyenlő vagy nagyobb, mint 1582. október 15. (ekkor vezette be XIII. Gergely pápa), akkor még hozzá kell adnunk a kapott JD-hez a szökőévek korrekcióját:

$$2 - \text{INT}\left(\frac{Y}{100}\right) + \text{INT}\left(\frac{\text{INT}\left(\frac{Y}{100}\right)}{4}\right)$$

Végezzük el a számítást az előbbi példa dátumára (1994.01.12. 15:42 UT)!

$$Y = 1994 - 1 = 1993$$

$$M = 1 + 12 = 13$$

$$D = 12.6541666$$

$$\text{INT}(365.25 * 1993) = 727943 \text{ [25]}$$

$$\text{INT}(30.6001 * (13 + 1)) = 428 \text{ [4014]}$$

$$\text{INT}\left(\frac{1993}{100}\right) = 19 \text{ [93]}$$

$$2 - 19 + \text{INT}\left(\frac{19}{4}\right) = -13$$

$$\text{JD} = 727943 + 428 + 12.6541666 + 1720994.5 - 13 = 2449365.1541666$$

Az Évkönyv szerint 94.01.12. 12:00 UT = 2449365.0

0.1541666 nap = 3 óra és 42 perc (néhány ezred másodperc pontossággal)

$$12:00 + 3:42 = 15:42$$

Elmondhatjuk tehát, hogy erre az esetre a képlet kiváló végeredményt adott, feltételezve, hogy sem mi, sem az Évkönyv szerkesztői nem követtünk el számítási hibát. A formula egyszerűségéből adódóan csak korlátozottan alkalmazható, de a mindennapi feladatok megoldására tökéletesen megfelel.

A másik leggyakrabban számolt időadat a *csillagidő*. Definíciója: a csillagidő megegyezik a tavaszpont óraszögével. Azaz 0 óra csillagidő akkor van, amikor egy megfigyelési helyről nézve a tavaszpont delel. A tavaszpont azonban nincs rögzített helyen, a Föld tengelyének mozgása, a precesszió miatt lassan vándorol a háttércsillagokhoz képest (ennek számításáról egy következő alkalommal szönlünk bővebben). A vándorlás napi értéke időben kb. 0.008 időmásodperc. A tavaszpont ezen mozgása sem egyenletes, ebből adódóan a csillagidő sem múlik egyenletesen, a csillagnapok nem egyforma hosszúak. Ezek az eltérések azonban olyan kis mértékűek, hogy nyugodt szívvel elhanyagolhatók.

A csillagidőt mérni lehet. Na, nem a tavaszpont megkeresésével, hiszen ez „nincs feltüntetve” az éggömbön, de megtehető bármely más, delelő csillag segítségével, melynek helyét pontosan ismerjük, ugyanis a delelő csillag rektasz-cenziója éppen a csillagidővel egyezik. Erre a célra külön műszereket, úgynevezett *passzázs távcsöveket* fejlesztettek ki.

De mi a helyzet, ha a csillagidőt nem mérni, hanem számítani szeretnénk? A probléma ott kezdődik, hogy a csillagidő földrajzi hosszúságtól függő mennyiség, s ott ér véget, hogy a definíció alapját képező mennyiségek, a tavaszpont koordinátái változnak. Az első kérdés feloldható azzal, hogy a csillagidőt egy rögzített meridiánra vonatkoztatjuk. Ez célszerűen a kezdő meridián lehet. A második szerint pedig megkülönböztetünk valódi és közép csillagidőt. Valódi az, mely a definícióval megegyezően a tavaszpont óraszögével azonos, s közepes az, melyből a nutáció periodikus módosító hatását kiküszöböljük. Ez utóbbi segítségével a csillagidő múlásának egyenletlenségei „kisimíthatók”. A közép és valódi csillagidő különbségének maximuma 1 másodperc körül van.

Számítsuk ki tehát a greenwichi valódi csillagidőt adott dátum 0 óra UT-re!

Az első teendőnk a dátum átváltása JD-re. Ezután ki kell számítani a vonatkoztatási dátumtól (2415020.0 JD) eltelt Julián évszázadok számát:

$$T = \frac{JD - 2415020.0}{36525}$$

A közepes csillagidő értékét órában a

$$GMST = 24 \text{ FRAC}(0.276919398 + 100.0021359 T + 0.000001075 T^2)$$

képletből kapjuk, ahol $\text{FRAC}(x) = x - \text{INT}(x)$, azaz az x érték tört része.

Amennyiben a csillagidőt nem 0 óra UT-re, hanem tetszőleges időpontra kívánjuk kiszámítani, az UT törtórákban kifejezett értékét meg kell szorozni az 1.002737908 konstanssal, s az így kapott értéket az előbb kiszámított, 0 óra UT-re vonatkozó GMST-hez adni.

A valódi és a közepes csillagidő különbségét a *tavaszpont egyenlet* adja:

$$EqE = \Delta\psi \cos(\epsilon)$$

ahol $\Delta\psi$ a nutáció hosszúságban, ϵ pedig az ekliptika dőlésszöge. Ezek a mennyiségek a következő közelítő képletekkel számíthatók:

$$\Delta\psi = -17''.2 \sin(125^\circ.04 - 1934^\circ.14 T)$$

$$\epsilon = (84381''.448 - 46''.815 T)$$

A végeredmény, a *greenwichi valódi csillagidő*:

$$GAST = GMST + EqE$$

Vigyázat, a kijelölt műveletek elvégzése előtt a mértékegységeket egyeztetni kell!

HEITLER GÁBOR

ASTROBASE BBS

Várjuk hívásodat a megújult ASTROBASE BBS-ben (79/324-600)!
(24 órán át 14400 8N1 V42, maximális jogokkal)

Csillagászati képek, grafikák, képfeldolgozó programok; Magyarország egyik leggazdagabb válogatott animációgyűjteménye; Katalógusok, csillagászati adatbázisok; Professzionális csillagászati bemutató- és oktatóprogramok; Hírek, információk, körlevelek, újdonságok — a leghamarabb nálunk! A Meteor cikkei (még megjelenés előtt); Napi METEOSAT meteorológiai felvételek és animációk; Földrengések és sarki fény előrejelzések

Az ASTROBASE BBS-t a Magyar Csillagászati Egyesület és a Bajai Observatórium Alapítvány üzemelteti.