

Astronomické praktikum

Meranie zemepisnej polohy

Vypracoval: Patrik Žilka

Dátum merania: 29.9.2011

Dátum vypracovania: 27.10.2011

Úvod

Úlohou tohto praktika bolo zistenie zemepisnej polohy z odmerania zenitovej vzdialenosti dvoch hviezd v určitom čase. K vypočítaniu tejto polohy je teda potrebné ešte vedieť polohu oboch hviezd na hviezdnej oblohe v čase merania. Pre zpracovanie nám potom poslúži jedna rovnica z transformácie medzi obzorníkovými a rovníkovými súradnicami:

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos H \quad (1)$$

kde z je nameraná zenitová vzdialenosť, φ hľadaná zemepisná šírka, δ deklinácia pozorovanej hviezdy a H je hodinový uhol, pre ktorý platí

$$H = 15t_{GMS} + \lambda - \alpha \quad (2)$$

kde λ je hľadaná zemepisná dĺžka, α rektazcenzia pozorovanej hviezdy a t_{GMS} je hviezdny čas v čase pozorovania vyjadrený v hodinách. Tento hviezdny čas je potrebné vypočítať alebo zistiť zo spoľahlivých zdrojov. Potom v týchto rovniciach pre dve hviezdy sú len dve neznáme veličiny a tým je sústava riešiteľná. Pre presnejší výsledok je však potrebné zarátať aj rôzne vplyvy ako napríklad refrakciu.

Meranie

Na meranie zenitovej vzdialenosti hviezd sme použili teodolit. Na ňom sme najprv nastavili vodorovnú rovinu oproti ktorej sa potom merali uhly. Zvolili sme si potom dve známe hviezdy, ktoré boli čo najďalej od seba. V našom prípade to bol Arktúr na západe a Capella na východe. Moje namerané hodnoty pre tieto dve hviezdy boli:

	<u>čas [SELČ]</u>	<u>z [grad]</u>
Arcturus	19:24:49	70,96
Capella	20:13:41	87,7

Hviezdny čas

Pre dostatočne presné zistenie hviezdneho času v danom okamihu je možné použiť aj nasledovný postup s výpočtom hviezdneho času pre 19:00 SELČ (17:00 UT) 29.9.2011. Keby sme chceli čas pred našim letopočtom, museli by sme rok zväčšiť o jeden. Najprv zoberieme do úvahy priestupné roky a to zväčšením mesiaca o 1 ak je mesiac väčší ako 2 (inak sa zmenší rok o 1 a k mesiacu sa pripočíta 13), teda 29-9-2011 -> 29-10-2011

Potom sa určí Juliánsky datum bez vypustených dní v októbri roku 1582

$$t'_{JD} = [365,25 \times 2011] + [30,6 \times 10] + 29 + 17/24 + 1720994,5 = 2455847,208$$

kde hranate zatvorky vyjadrujú zaokrhovanie nadol. A pre Juliánsky dátum po 1582 platí

$$t_{JD} = t'_{JD} + 2 - \left\lfloor \frac{2011}{100} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{\left\lfloor \frac{2011}{100} \right\rfloor}{4} \right\rfloor = 2455834,208 \text{ dni}$$

Pre Greenwichský hviezdny čas potom platí

$$t_{GMT} = 18,697374558 + 24,06570982441908 \times (t_{JD} - 2451545) = 103241,5405 \text{ h}$$

$$103241,5405 \div 24 = 4301 \text{ zv. } 17,540501$$

Takto sme dostali hviezdny čas pre 17:00 UT 29.9.2011. Z viacerých internetových zdrojov je pre tento čas udávaný hviezdny čas 17,5404208 h, ktorý sa od vypočítaného líši o 0,3 sek.

Poloha hviezd, refrakcia

Pre zistenie polohy hviezd je najlepšie použiť databázu SIMBAD a vyhľadať ICRS polohu pre epochu J2000. Z tejto databázy je možné zistiť aj vlastný pohyb hviezd, ktorý som použil pre presnejšiu polohu hviezd v čase merania. Meranie môže avšak ovplyvniť hlavne lom svetla pri prechode atmosférou, teda refrakcia. Pre čo najpresnejšie určenie refrakčného uhlu je dobré použiť nasledovný vzťah odvodený G.G.Benettom:

$$R = \frac{1}{\tan\left(h + \frac{7,31}{h + 4,4}\right)} - 0,06 \cdot \sin\left(\frac{14,7}{\tan\left(h + \frac{7,31}{h + 4,4}\right)} + 13\right)$$

kde R je refrakčný uhol v uhl. minútach a h je uhlová výška v stupňoch, teda $h = 90^\circ - z$

Výpočet

Vzťah (1) v úvode sa dosť ťažko analyticky rieši a preto je na jeho vyriešenie najlepšie použiť nejaký program. Pre mňa najelegantnejším spôsobom bolo vyjadrenie zemepisnej dĺžky z rovníc, vloženie ich do rovnosti a použitie Newtonovho rozvoja. Zdrojový kód môjho programu napísaného v jazyku C je zobrazený na ďalšej strane. Program mi vyplul tento výsledok:

$$\varphi = 49,165560^\circ \quad \lambda = 16,513261^\circ$$

Záver

Meraním a výpočtom som dospel k týmto súradniciam, ktoré sa nachádzajú 6,68 km juhozápadne od skutočného miesta pozorovania. Nepresnosť mohla byť spôsobená nepresným odčítaním času ($\pm 0,5 \text{ s}$) alebo nepresným odčítaním zenitového uhlu ($\pm 0,05 \text{ grad}$). Avšak najväčšia chyba bola pravdepodobne spôsobená zle nastavenou vodorovnou rovinou teodolitu, ktorá bola od skutočnej vodorovnej roviny odklonená približne o $0,06^\circ$.

Zdrojový kód programu pre výpočet zemepisnej polohy

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

int main ()
{
    double alfa[2], delta[2], fi = 0, lambda[2] = { 0, M_PI };

    // Namerane hodnoty
    double t[2] = { 24.8167, 73.6833 }; // pocet minut po 17:00 UT
    double z[2] = { 70.96, 87.70 }; // namerany zenitovy uhol v grad

    // Polohy hviezd podľa ICRS 2000.0 a ich vlastný pohyb za 11.74 rokov
    // Arcturus
    delta[0] = (19+10/60.0+56.6730/3600
                - (2.00006*11.74)/3600)*(M_PI/180);
    alfa[0] = ((14+15/60.0+39.67207/3600)*15
                - (1.09339*11.74)/(3600*cos(delta[0])))*(M_PI/180);
    // Capella
    delta[1] = (45+59/60.0+52.7693/3600
                - (0.42689*11.74)/3600)*(M_PI/180);
    alfa[1] = ((5+16/60.0+41.35871/3600)*15
                + (0.07525*11.74)/(3600*cos(delta[1])))*(M_PI/180);

    // Prepocitany cas ( 17.5404208 h je hviezdny cas o 17:00 UT 29.9.11)
    t[0] = ( 17.5404208 + (t[0]/60.0)*(24.06570982441908/24))*(M_PI/12);
    t[1] = ( 17.5404208 + (t[1]/60.0)*(24.06570982441908/24))*(M_PI/12);

    // Prepocitany zenitovy uhol do radianov so zapocitanou refrakciou
    z[0] = z[0]*(M_PI/200) + (M_PI/(180*60))*(1/tan((M_PI/180)
                *((90-z[0]*0.9)+(7.31/((90-z[0]*0.9)+4.4))))
                - 0.66*sin((M_PI/180)*(14.7*(1/tan((M_PI/180)
                *((90-z[0]*0.9)+(7.31/((90-z[0]*0.9)+4.4)))))+13)))));
    z[1] = z[1]*(M_PI/200) + (M_PI/(180*60))*(1/tan((M_PI/180)
                *((90-z[1]*0.9)+(7.31/((90-z[1]*0.9)+4.4))))
                - 0.66*sin((M_PI/180)*(14.7*(1/tan((M_PI/180)
                *((90-z[1]*0.9)+(7.31/((90-z[1]*0.9)+4.4)))))+13)))));

    // Vypocitanie zem. sirky a dlzky cez Newtonovu metodu
    while( fabs( lambda[0] - lambda[1] ) > 1e-10 )
    {
        lambda[0] = acos((cos(z[0])-sin(fi)*sin(delta[0]))
                        /(cos(fi)*cos(delta[0])))+alfa[0]-t[0];
        lambda[1] = -acos((cos(z[1])-sin(fi)*sin(delta[1]))
                        /(cos(fi)*cos(delta[1])))+alfa[1]-t[1]+2*M_PI;
        fi += (lambda[0]-lambda[1])/
            (((cos(z[0])*sin(fi)-sin(delta[0]))
              /(cos(fi)*cos(fi)*cos(delta[0]))
              *(1/sqrt(1-pow((cos(z[0])-sin(fi)*sin(delta[0]))
              /(cos(fi)*cos(delta[0])),2)))
              +((cos(z[1])*sin(fi)-sin(delta[1]))
              /(cos(fi)*cos(fi)*cos(delta[1]))
              *(1/sqrt(1-pow((cos(z[1])-sin(fi)*sin(delta[1]))
              /(cos(fi)*cos(delta[1])),2))))));
    }

    printf("Vysledok:\t%f\t%f\n", fi*180/M_PI, lambda[0]*180/M_PI);

    return 0;
}
```