

Astronomické praktikum

Fotometria objektu BL Lac

Vypracoval: Patrik Žilka

Dátum merania: 13.10.2011

Dátum vypracovania: 5.1.2012

Úvod

V tomto praktiku bolo za úlohu zistiť magnitúdy a rádového odhadu svietivosti objektu BL Lac. K tomu bolo potrebné využiť na upravenej snímke apertúrnú a profilovú fotometriu, ktorá je opísaná nižšie.

Apertúrna fotometria

Táto metóda spočíva v sčítaní všetkých hodnôt pixelov do určitej vzdialenosti A od najintenzívnejšieho pixelu meraného objektu. Tok žiarenia apertúrnou metódou potom dostaneme z tejto rovnice:

$$F_A = \Sigma S_{x,y} - N_A B_A$$

kde N_A je počet sčítaných pixelov a B_A je odhad úrovne pozadia (zistený z priemeru väčšieho počtu pixelov z oblasti bez akékoľvek viditeľnej hviezdy).

Profilová fotometria

Táto fotometria sa snaží vystihnúť tvar obrazu bodového zdroja na snímku. Najjednoduchšia je aproximácia podľa Gaussovej funkcie

$$G = G_0 e^{-\frac{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}{2\sigma^2}} + B_p$$

kde x_0, y_0 predstavuje fotometrické ťažisko objektu a rozptyl σ sa zistí nasledovne:

$$\sigma_x^2 = \frac{\Sigma w_{xy}(x - x_0)^2}{\Sigma w_{xy}}, \quad \sigma_y^2 = \frac{\Sigma w_{xy}(y - y_0)^2}{\Sigma w_{xy}}, \quad \sigma = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}$$

Z gaussovej funkcie teda poznáme exponenciálnu časť g_{xy} a parameter G_0 z rovnice $G_{xy} = G_0 g_{xy} + B_p$ zistíme metódou najmenších štvorcov, podľa ktorej platí:

$$G_0 = \frac{N_P \Sigma S_{xy} g_{xy} - \Sigma S_{xy} \Sigma g_{xy}}{N_P \Sigma g_{xy}^2 - (\Sigma g_{xy})^2}$$

Celkový tok žiarenia profilovou metódou potom dostaneme vzťahom $F_p = 2\pi G_0 \sigma^2$.

Výpočet magnitúdy objektu:

K výpočtu magnitúdy sa zavádza tzv. inštrumentálna magnitúda m

$$m = 25 - 2,5 \log F$$

kde F je výsledok apertúrnej alebo profilovej fotometrie. Skutočnú magnitúdu zistíme ak sme na snímke zachytili aj objekty so známou magnitúdou. Potom rozdiel medzi skutočnými a inštrumentálnymi magnitúdami by mal byť v rámci snímky konštantný. Priemerná hodnota týchto rozdielov μ potom posluží k zisteniu hľadanej skutočnej zdan. magnitúdy $M = m - \mu$. Porovnávacía mapka jasností hviezd v okolí objektu BL Lac sa nachádza na tejto adrese: <http://www.lsw.uni-heidelberg.de/projects/extragalactic/charts/2200+420.html>

Informácie o použitej snímke

Názov súboru:	bllac_20R.fits
Začiatok snímania (UT):	2011-10-13 19:46:09.348
Expozičná doba:	60 s
Filter:	R (Red)
Typ kamery:	SBIG ST-8 3 CCD Camera
Priemer prim. zrkadla:	62 cm

Tabuľka nameraných hodnôt, tabuľkových jasností a vypočítané veličiny μ :

Objekt	F_a	F_p	dF_p	M [mag]	dM [mag]	μ_a	μ_p
B	12,5766	14,4508	0,0601	11,93	0,05	10,321	10,170
C	2,33869	2,50875	0,0144	13,69	0,03	10,388	10,311
H	2,37917	2,73947	0,0157	13,60	0,03	10,459	10,306
K	0,608002	0,694998	0,00847	14,88	0,10	10,660	10,515
BL Lac	2,79473	3,18055	0,0207	-	-	-	-

Výsledná magnitúda objektu BL Lac:

Z apertúrnej fotometrie: $m_a = (13,427 \pm 0,084)$ mag

Z profilovej fotometrie: $m_p = (13,418 \pm 0,093)$ mag

Rádový odhad svetelného toku a svietivosti

Pre rádový odhad žiarivého toku stačí poznať parametry príslušného toku filtra $\Delta\lambda$, λ , priemer primárneho ďalekohľadu D , expozičnú dobu T a intenzitu I získanú zo snímky:

$$F = \frac{hc I \Delta\lambda}{TS \lambda^2}$$

kde $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s, $c = 2,998 \cdot 10^8$ m/s, $T = 60$ s, $S = \pi R^2 = 0,302$ m², $\Delta\lambda = 140$ nm, $\lambda = 666$ nm (pre filter R), $I = F \cdot 10000$ kde 10000 je priemerná hodnota snímky rflat .

Žiarivý tok BL Lac je potom približne:

Z apertúrnej fotometrie ($I = 2,795 \cdot 10000$): $F = 9,7 \cdot 10^{-17} \text{ W/m}^2$

Z profilovej fotometrie ($I = 3,181 \cdot 10000$): $F = 1,1 \cdot 10^{-16} \text{ W/m}^2$

Keď poznáme vzdialenosť objektu d , tak z nasledovnej rovnici vieme určiť aj rádový odhad svietivosti objektu:

$$L = 4\pi d^2 F$$

Pre objekt BL Lac vzdialený $d = 276 \text{ Mpc}$ nadobúdajú svietivosti hodnoty:

Z apertúrnej fotometrie: $L = 8,8 \cdot 10^{34} \text{ W} = 230 \text{ MLo}$ (slnečných svietivostí)

Z profilovej fotometrie: $L = 1,0 \cdot 10^{35} \text{ W} = 260 \text{ MLo}$

Záver

Výsledkom tohto praktika bola zdanlivá jasnosť objektu BL Lac a jeho rádový odhad svietivosti. Výsledky boli vypracované z apertúrnej a z profilovej metódy fotometrie. Obe metódy boli dostatočne presné a ich vzájomné výsledky sa veľmi nelíšia.

Použitý program v jazyku C:

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

int main( int argc, char *argv[])
{
    FILE *fdata;
    int x, y;
    int A, x0, y0;
    double v, P, B, G, S=0, Sx=0, Sy=0, Sw=0, N=0, ox=0, oy=0, o, g=0, g2=0, gS=0;
    fdata = fopen( "bllac.dat", "r" );

    if( !fdata ) return printf("Nepodarilo sa otvorit subor bllac.dat\n");
    if( argc != 4 && argc != 5 ) return printf("Pouzi argumenty: A x0 y0 (P)\n");

    A = atoi(argv[1]);
    x0 = atoi(argv[2]);
    y0 = atoi(argv[3]);
    if( argc == 5 ) sscanf(argv[4], "%lg", &P);
    else P = 0.205008;
```

```

while( !feof( fdata ) )
{
    if( fscanf( fdata, "%i. %i. %lg", &x, &y, &v) != 3 ) continue;
    if( sqrt((x-x0)*(x-x0)+(y-y0)*(y-y0))<A )           // aperturna fotometria
    {
        N++;
        S+=v;
    }
    if((x>=x0-A) && (x<=x0+A) && (y>=y0-A) && (y<=y0+A)) // stred objektu
    {
        Sx += ( v > P ? v - P : 0 ) * x;
        Sy += ( v > P ? v - P : 0 ) * y;
        Sw += v > P ? v - P : 0 ;
    }
}
Sx = Sx / Sw;
Sy = Sy / Sw;

printf(" Stred objektu: %lg\t%lg\n", Sx, Sy);
printf(" Aperturna fotometria: %lg\n", S - N*P);

S = 0;
N = 0;
rewind( fdata );
while( !feof( fdata ) )           // vypocet rozptylu ( sigma )
{
    if( fscanf( fdata, "%i. %i. %lg", &x, &y, &v) != 3 ) continue;
    if( ( x >= x0 - A ) && ( x <= x0 + A ) && ( y >= y0 - A ) && ( y <= y0 + A ))
    {
        ox += ( v > P ? v - P : 0 ) * (x-Sx) * (x-Sx);
        oy += ( v > P ? v - P : 0 ) * (y-Sy) * (y-Sy);
    }
}
ox = ox / Sw;
oy = oy / Sw;
o = (sqrt(ox)+sqrt(oy))/2;      // rozptyl

rewind( fdata );
while( !feof( fdata ) )           // metoda najmensich stvorcov
{
    if( fscanf( fdata, "%i. %i. %lg", &x, &y, &v) != 3 ) continue;
    if( ( x >= x0 - A ) && ( x <= x0 + A ) && ( y >= y0 - A ) && ( y <= y0 + A ))
    {
        g += exp((-1)*((x-Sx)*(x-Sx)+(y-Sy)*(y-Sy))/(2*o*o));
        g2 += pow( exp((-1)*((x-Sx)*(x-Sx)+(y-Sy)*(y-Sy))/(2*o*o)) , 2 );
        gS += exp((-1)*((x-Sx)*(x-Sx)+(y-Sy)*(y-Sy))/(2*o*o))*(v>P?v-P:0);
    }
}

```

```

        S += v > P ? v - P: 0;
        N++;
    }
}
B = (-g*gS+S*g2)/(N*g2-g*g);
G = (N*gS-S*g)/(N*g2-g*g);
S = 0;
N = 0;

rewind( fdata );
while( !feof( fdata ) )
{
    if( fscanf( fdata, "%i. %i. %lg", &x, &y, &v) != 3 ) continue;
    if( ( x >= x0 - A ) && ( x <= x0 + A ) && ( y >= y0 - A ) && ( y <= y0 + A ))
    {
        S += pow( ( v > P ? v - P: 0 ) -
                  ( G*exp((-1)*((x-Sx)*(x-Sx)+(y-Sy)*(y-Sy))/(2*o*o)) + B ), 2);
        N++;
    }
}
S = sqrt(S/(N*(N-1)))*2*M_PI*o*o;    // vypocet statistickej chyby

rewind( fdata );
printf(" Rozptyl: %lg\tG: %lg\tB: %lg\n", o, G, B);
printf(" Profilova fotometria: %lg +/- %lg\n", 2*M_PI*o*o*G, S);

fclose( fdata );
return 0;
}

```