Střední světelná křivka cepheidy

Michal Švanda, Stanislav Poddaný

Úkolem bylo za zadaných dat zjistit periodu světelné křivky cepheidy η Aquilae a vyrobit na základě této známé periody fázově správnou světelnou křivku.

Postupovali jsme následovně:

Nejprve jsme hledali periodu světelné křivky. Použili jsme Stellingwerfovu metodu fázového rozptylu. Pro tyto účely byl napsán program v jazyce IDL.

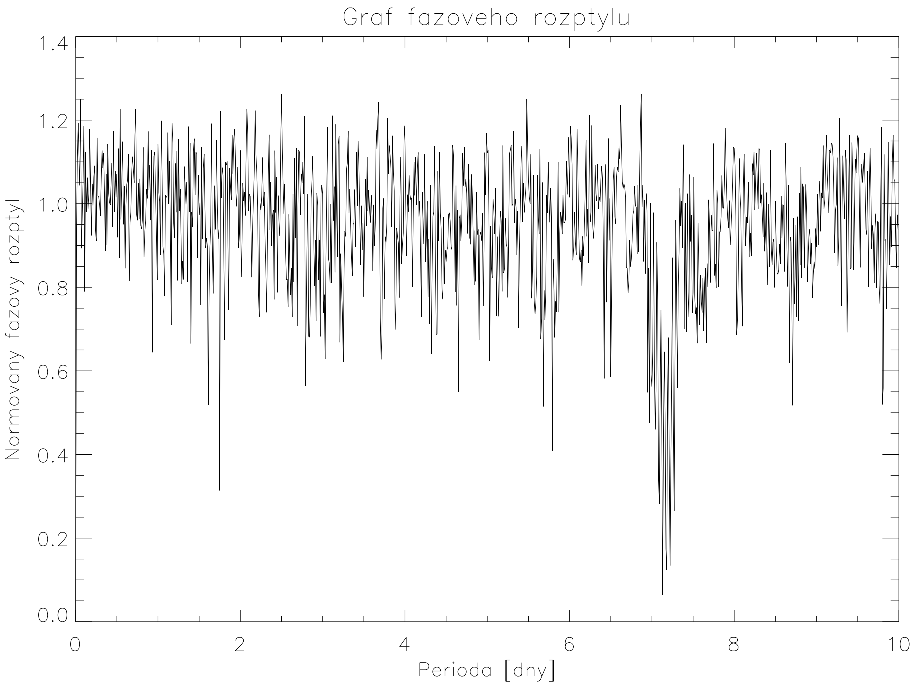
```
*** KRIVKA.PRO,  IDL 5.6 ***
pro krivka, rozptyly
; vystupem je pole rozptyly, popisujici normovany fazovy rozptyl pro danou
; periodu. Na nej by se melo hledat minimum.

get_lun, soubor

; nacteni dat ze souboru
openr, soubor, "krivka.txt"
i=0
while not eof(soubor) do begin
  readf,soubor, s
  i = i+1
endwhile
close, soubor
print, i
pocet=i
cas=fltarr(i)
mag=fltarr(i)
faze=fltarr(i)
openr, soubor, "krivka.txt"
i = 0
a=0.
b=0.
while not eof(soubor) do begin
  readf, soubor, a, b, format='(f8.3,1x,f5.2)'
  cas[i]=a
  mag[i]=b
  i = i+1
endwhile
close, soubor
free_lun, soubor
; konec cteni

rozptyly=fltarr(1001)

T0=cas[0]  ; referencni cas (uplny zacatek)
for p=0,1000 do begin  ; perioda v setinach dne
  faze=(cas-T0)/(P/100.)-floor((cas-T0)/(P/100.))
```

```
  ; vypocet faze pro kazde mereni
  varcelk=variance(mag) ; celkovy rozptyl
  v=fltarr(10)
  n=fltarr(10)
  ; vyber fazovych intervalu (po 0.1)
  for j=0,9 do begin
    zacatek=j/10.
    konec=(j+1)/10.
    ; trideni dat do fazovych intervalu
    in=where(faze ge zacatek, ci)
    if (ci ne 0) then begin
      faze1=faze[in]
      mag1=mag[in]
      in=where(faze1 le konec, ci)
      if (ci ge 2) then begin
        faze2=faze1[in]
        mag2=mag1[in]
        ; rozptyl v kazdem intervalu
        v[j]=variance(mag2)
        n[j]=size(mag2, /n_elements)
      endif
    endif
  endfor

  ; celkovy fazovy rozptyl Stellingwerfovou metodou
  x1=0
  x2=0
  for k=0,9 do begin
    x1=x1+(n(k)-1.)*v(k)
    x2=x2+n(k)
  endfor
  s=(x1/(x2-10.))/varcelk
  rozptyly[p] = s
endfor

END
```

Výstupem této procedury je pole `rozptyly`, které obsahuje informaci o normovaném fázovém rozptylu v závislosti na zkoušené periodě. V případě správné periody by tato funkce měla nabývat minima. Grafické znázornění této skutečnosti zobrazuje obrázek 1. Z obrázku je patrné, že minimum nastává někde kolem periody 7,2 dne. Oblast minima jsme zvětšili (obrázek 2). Podezřelou oblastí (periody 6,5 až 7,5 dne) jsme proložili pro výpočet minima polynom čtvrtého stupně. Výstup z programu IDL nalezl polynom tvaru:

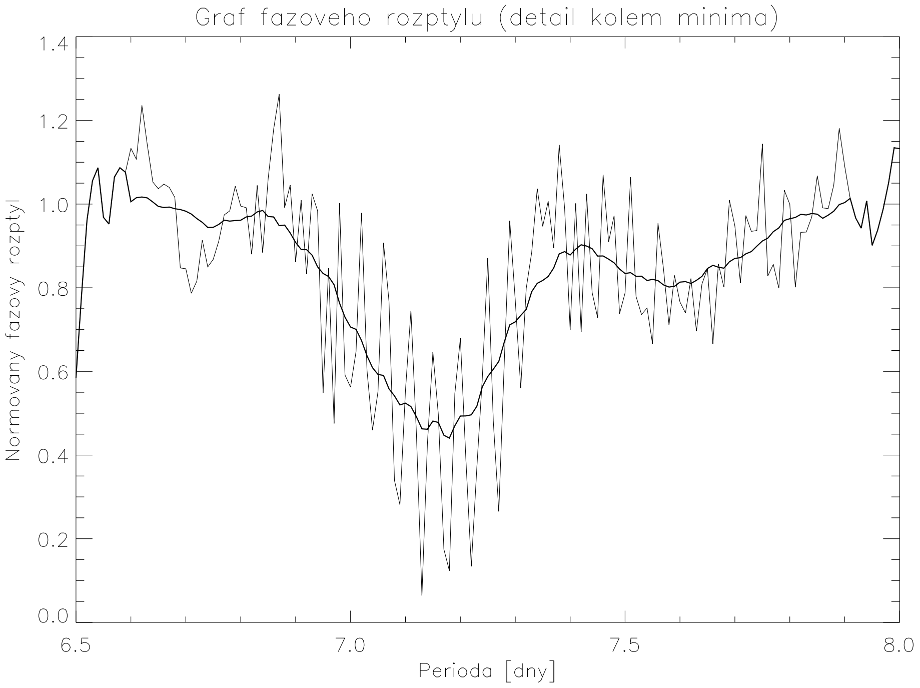
$$\vartheta = 44{,}8112 + 1{,}22122P - 1{,}25161P^2 - 0{,}202589P^3 + 0{,}0325004P^4.$$

Pro hledání minima tohoto polynomu v podezřelé oblasti jsme si napsali program používající Newtonovy metodu.



Obrázek 1: Grafické znázornění normovaného fázového rozptylu v závislosti na zkoušené periodě.

```
*** MINIMUM.FOR,  FORTRAN 77 ***
       program resenirovnice
     c pocatecni odhad
       x1=7.15
     c minimum Newtonovou metodou
  10   x0=x1
       write(*,*) x1
       x1=x0-funkce(x0)/derivace(x0)
       if(abs(x0-x1).gt.1e-6) goto 10

       write(*,*) x1

       end

       function funkce(x)
         funkce=1.22122-2.50322*x-0.607767*x**2
         funkce=funkce+0.1300016*x**3
       end

       function derivace(x)
         derivace=-2.50322-1.215534*x+0.3900048*x**2
       end
```



Obrázek 2: Zvětšená oblast „podezřelé“ periody. Tmavou čarou je vyhlazená křivka (pro názornost).

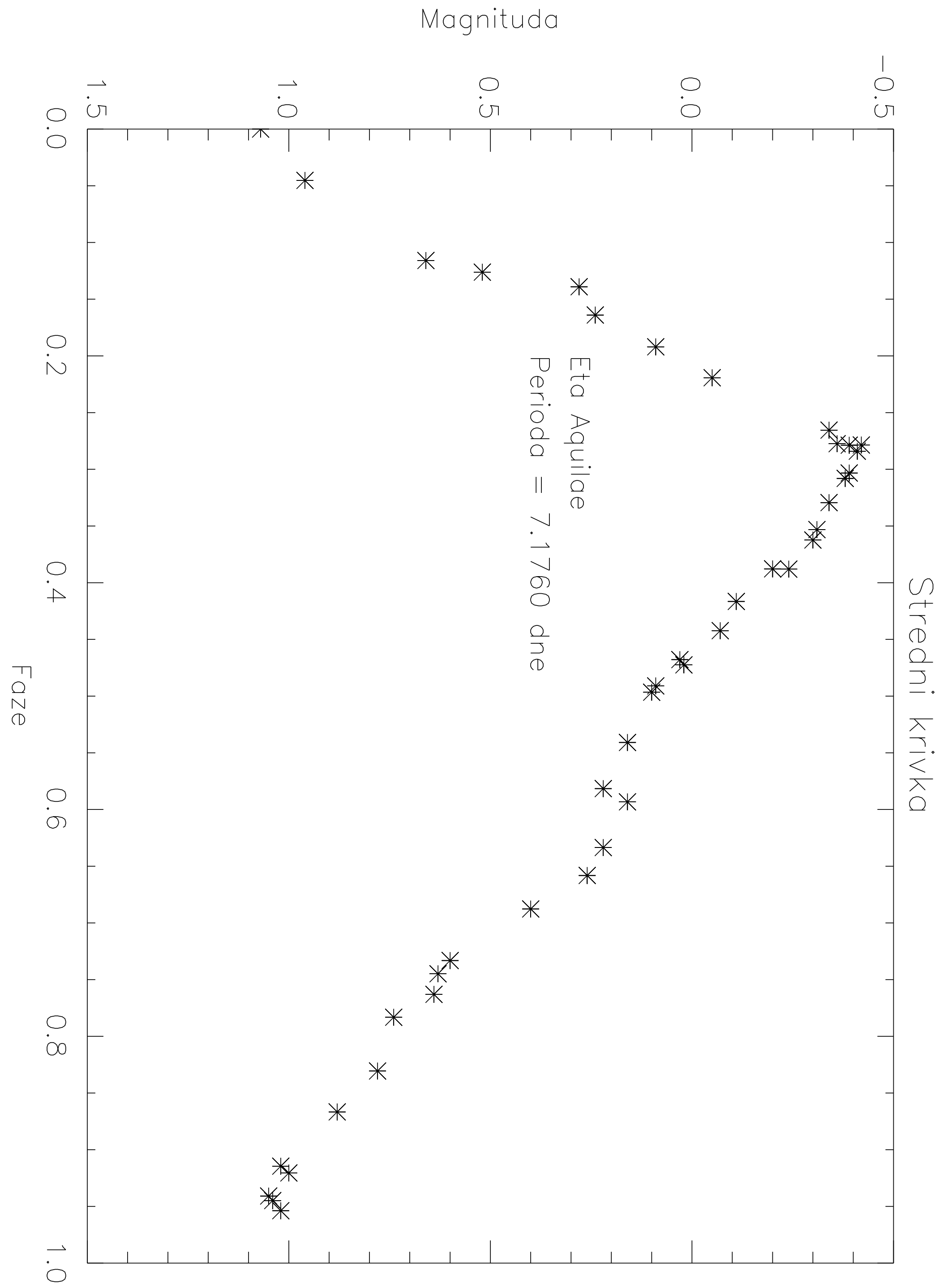
Výstupem programu je hodnota

$$P = 7{,}17595577 \text{ dne},$$

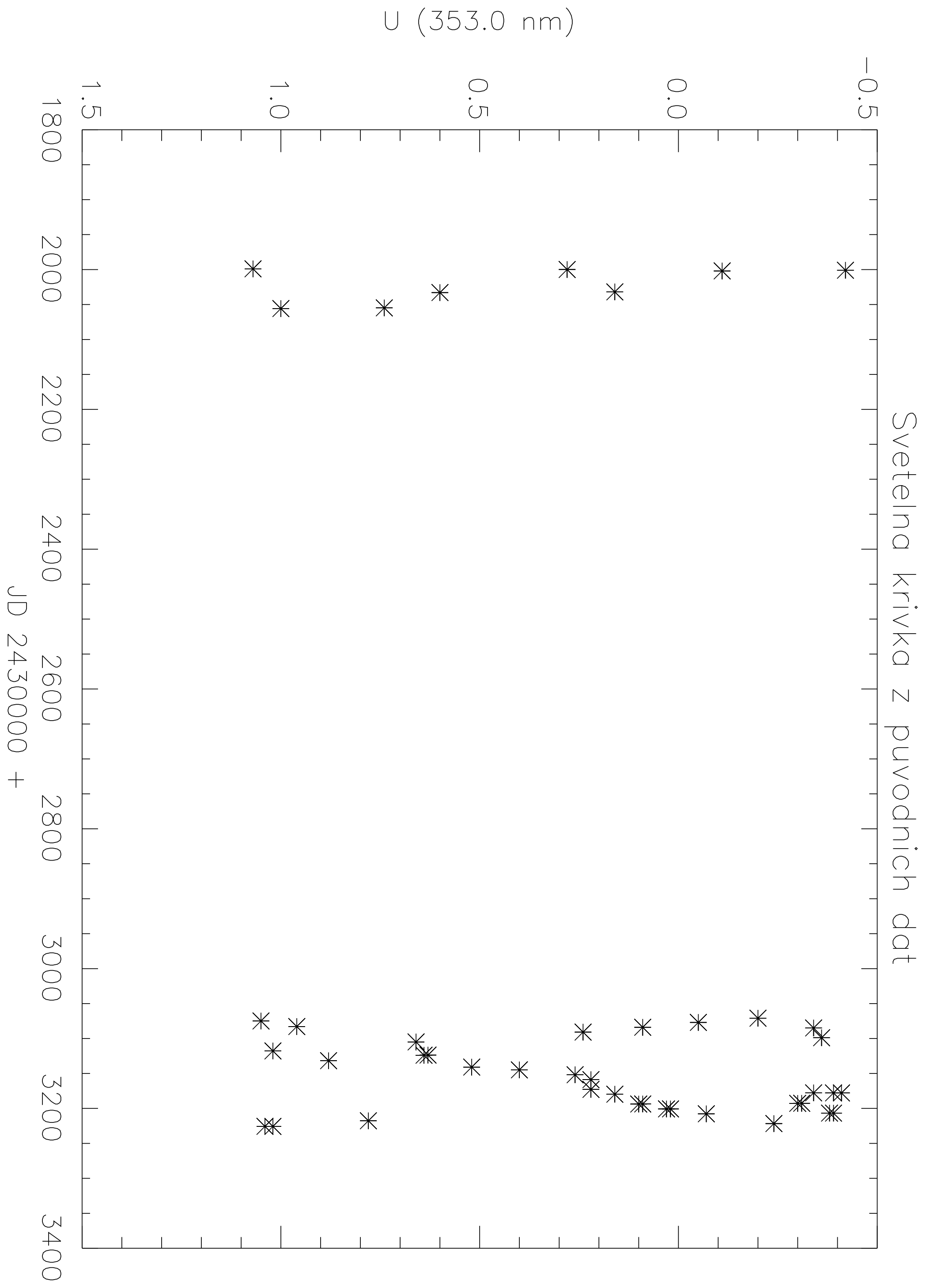
všechny cifry tohoto čísla jsou cifry platné. S ohledem na chyby proložení polynomu se domníváme, že poslední reálnou cifrou je cifra tisícin.

Naším výpočtem je tedy podložena perioda $\mathbf{P = 7{,}176 \pm 0{,}001}$ **dne**. Literatura udává hodnotu $P = 7{,}176641$ dne.

Pro tuto periodu jsme sfázovali světelnou křivku studované hvězdy η Aquilae, celkový výsledek je zobrazen na obrázku 3.



Obrázek 3: Sfázovaná křivka pro η Aquilae.



Obrázek 4: Světelná křivka η Aquilae z původních dat. Periodu světelných změn 7,17 dne nelze ani tušit.