

Astronomický ústav
Slovenskej akadémie vied



RNDr. Richard Komžík

**Fotometrický a spektroskopický výskum
zákrytovej sústavy TX UMa**

Kandidátska dizertačná práca
Školiteľ: RNDr. Drahomír Chochol, CSc.

Tatranská Lomnica

23. júla 1998

Predhovor

Predloženú prácu som vypracoval v rámci grantu VEGA 1282/97 a 5038/98: "Interakcie v dvojhviezdach a viacnásobných sústavách". Za vznik a vedenie práce vďačím svojmu školiteľovi RNDr. Drahomírovi C. Chocholovi, CSc., ktorému som zaviazaný aj za cenné rady a pripomienky, ktoré mi pomohli zlepšiť prácu.

Moja vďaka patrí aj pracovníkom stelárneho oddelenia Astronomického ústavu SAV v Tatranskej Lomnici a Astronomického ústavu AV ČR v Ondřejove.

Osobitne chcem vyjadriť poďakovanie RNDr. J. Grygarovi, CSc. za poskytnutie spektroskopického materiálu, umožnenie získania infračervených pozorovaní a hodnotné rady. RNDr. L. Hric, CSc. sa zúčastnil na viacerých fotometrických pozorovaniach TX UMa a previedol merania niektorých spektrogramov na televíznom Abbé komparátore. RNDr. J. Tremko, CSc., ktorý sa venoval výskumu TX UMa v minulosti, sa so mnou podelil o viaceré skúsenosti z fotometrie tohto objektu a odporučil mi výber porovnávacích hviezd. Dr. A. Ulla vykonala a zredukovala infračervené pozorovania. RNDr. J. Budaj, CSc. so mnou spolupracoval pri písaní niektorých častí (intsys7) balíka redukčných programov a bol aj prvým oponentom a kritickým poslucháčom. Ing. V. Kollár, autor fotometra AsÚ, stojí od začiatku pri vývoji pozorovacieho programu UNIV, je autorom jeho rezidentnej časti a strávil so mnou mnoho hodín v diskusiách o koncepcii a ďalšom smerovaní fotoelektrickej fotometrie na AsÚ z hľadiska prístrojov a ich softwarového vybavenia. RNDr. T. Pribulla, CSc. mi poskytol program určujúci parametre tretieho telesa a podelil sa so mnou o svoje skúsenosti s týmto problémom. Hodnotné poznámky RNDr. J. Žižňovského, CSc. k dodatkovým častiam rukopisu mi pomohli zlepšiť jeho čitateľnosť a zrozumiteľnosť.

Všetkým týmto kolegom patrí moja úprimná vďaka.

Samozrejme, práca by nemohla vzniknúť bez poctivej práce pozorovateľov stelárneho oddelenia AsÚ SAV a ja im touto cestou ďakujem.

Na záver chcem poďakovať svojim rodičom za všetko, čo pre mňa urobili.

Prehlasujem, že prácu som vypracoval samostatne a citoval som všetku použitú literatúru.

v Tatranskej Lomnici, 23. júla 1998

Richard Komžík

Obsah

1	ÚVOD	7
2	CIELE A ÚLOHY PRÁCE	9
3	ZÁKRYTOVÉ PREMENNÉ HVIEZDY TYPU ALGOL	10
4	HISTÓRIA	16
4.1	Fotometrický výskum	16
4.2	Spektroskopický výskum	21
4.3	Polarimetria	25
5	FOTOMETRIA	26
5.1	UBV fotometria	26
5.2	IR fotometria	30
5.3	O-C diagram	31
5.3.1	Okamihy miním	31
5.3.2	Aktuálna efemerida	34
5.3.3	Príčiny zmien periódy	38
5.4	Normálne body svetelnej krivky	45
6	SPEKTROSKOPIA	49
6.1	Krivka radiálnych rýchlostí	49
6.2	Rotačný efekt	53
7	MODEL SÚSTAVY TX UMa	58
8	NAJDÔLEŽITEJŠIE VÝSLEDKY	64
	LITERATÚRA	66
	DODATOK	73
A	ZADANIE FOTOMETRICKÉHO POZOROVANIA	74
B	POZOROVANIA PRE UBV SYSTÉM	77
C	POZOROVACÍ PROGRAM "UNIV"	83
C.1	Konfiguračné súbory	84
C.1.1	Katalóg hviezd	84
C.1.2	Konfigurácia fotometra	86

C.2	Zásady pozorovania	88
C.3	Výstupný súbor programu UNIV	90
C.4	Beh programu UNIV	92
C.4.1	Ďalšie zamýšľané črty programu UNIV	94
C.5	Chybové stavy programu UNIV	95
D	REDUKČNÉ PROGRAMY	97
D.1	Konfiguračné súbory	97
D.1.1	Katalóg hviezd, konfigurácia fotometra	97
D.1.2	Parametre observatória	97
D.1.3	Oprava času	99
D.1.4	Magnitúdy porovnávacej hviezdy	99
D.1.5	UBV magnitúdy štandardných hviezd	99
D.2	Redukčná procedúra	100
D.2.1	Základné redukcie	100
D.2.2	Extinkčné koeficienty	101
D.2.3	Konečné redukcie	101
D.2.4	Prevod do medzinárodného UBV systému	102
D.2.5	Úpravy výstupného súboru	103
D.3	Výstupný súbor	103
D.4	Určenie transformačných UBV koeficientov	105
D.5	Úlohy na vylepšenie redukčných procedúr	106
E	URČENIE OKAMIHU MINIMA	107
F	PROGRAMY NA PRÍPRAVU POZOROVANIA	110
F.1	KATIN.EXE	110
F.2	MINF.EXE	110
F.3	SPHEL.EXE	111
G	KONFIGURÁCIA FOTOMETROV AsÚ SAV	112
	INDEX	113

1 ÚVOD

Výskum zákrytových dvojhviezd predstavuje jednu z veľmi dôležitých oblastí súčasnej astronómie. Bol to práve výskum zákrytových dvojhviezd, ktorý nám poskytol predstavu o základných fyzikálnych parametroch hviezd: rozmeroch, svietivostiach, hmotnosti a pod.; prostredníctvom hviezd predstavu o vesmíre, ktorého sme súčasťou. Hoci sa v súčasnej dobe domnievame, že máme vcelku dobrú predstavu o týchto parametroch a nazhromaždili sme dostatok údajov, výskum zákrytových premenných hviezd pokračuje s nezmenšenou intenzitou.

Úlohou už nie je ani tak hromadiť ďalšie, prípadne presnejšie hodnoty základných parametrov konkrétnych sústav, ako venovať sa čo najpodrobnejšiemu preskúmaniu vybraných objektov. Kritériom tohto výberu býva "zaujímavosť". Zákrytová sústava môže počas svojej evolúcie prechádzať obdobiami veľmi rýchleho vývoja. Pochopenie týchto fáz, trvajúcich rádovo dni až desiatky rokov, ich zákonitostí a súvislostí nám môže poskytnúť hlbší pohľad na stavbu, vývoj a teda aj budúcnosť hviezd. Keďže hviezdy sú všeobecne považované za základné prvky vesmíru, opäť je potrebné zdôrazniť, že hlbšie pochopenie hviezdnych procesov bude mať svoje dôsledky aj na hlbšie pochopenie Univerza.

Snažíme sa teda dostať na vyššiu kvalitatívnu úroveň naše chápanie hviezd. Naše poznatky sú úzko prepojené s poznatkami fyziky ale aj iných vedných odborov. Procesmi objavenými a popísanými fyzikou sa snažíme vysvetliť pozorované javy a naopak astronomické pozorovania sú často jediným možným spôsobom overenia fyzikálnych teórií. Aj z tohto dôvodu je dnes stále častejšie používaný pojem "stelárna astrofyzika" a nie astronómia.

Považujem za potrebné zdôrazniť špecifikum astronomického experimentu, pozorovania: jeho neopakovateľnosť. Z tohto pohľadu každé pozorovanie, aj v prípade, že nesplnilo svoj predpokladaný cieľ, má obrovskú cenu a je potrebné ho uchovať pre budúcnosť, v ktorej, snáď, vyššia úroveň poznania umožní interpretovať javy dnes pre nás nepochopiteľné.

Na záver tohto úvodu ešte poopravme náš pohľad na zdanlivo triviálny a nepotrebný problém spresňovania parametrov už známych sústav. Technický rozvoj neustále prináša novšie, presnejšie a spoľahlivejšie metódy pozorovania a my máme možnosť získať dáta prednedávnom nepredstaviteľnej kvality. Tieto novšie údaje môžu poskytnúť prekvapujúce riešenia pre sústavy, ktoré sme považovali za "spoznané". Pritom by sme mali však mať stále na pamäti základný metodologický princíp, princíp jednoduchosti, známy aj ako princíp Occamovej britvy, ktorý nám káže neznásobovať podstaty. Viacerí astronómovia sú presvedčení (Horák, 1989 [5]), že naše snahy o vysvetľovanie stále jemnejších detailov v svetelných krivkách a krivkách radiálnych rýchlostí pomocou zavádzania viac a viac parametrov zväčšuje počet stupňov voľnosti riešenia daného problému a je potom problematické určiť, či naj-

dené riešenie je jednoznačné (nehovoriac o problémoch numerických metód s určením globálneho minima). Je potrebné snažiť sa vysvetliť pozorovanie pomocou čo najjednoduchšieho modelu. Jednoduché je nielen najkrajšie ale spravidla aj najsprávnejšie.

2 CIELE A ÚLOHY PRÁCE

Základným cieľom tejto práce bolo spracovať existujúci pozorovací materiál sústavy TX UMa, získať ďalšie potrebné pozorovania a na ich základe sa pokúsiť objasniť viaceré nezrovnalosti prípadne protirečiace si fakty a tvrdenia o tejto inak často a podrobne študovanej sústave. Práca sa snaží dať odpoveď aspoň na niektoré otázky a verím, že prispeje k lepšiemu pochopeniu fyzikálnej podstaty TX UMa.

Snáď najväčšou záhadou sú zmeny orbitálnej periódy. Existujú obdobia vo výskume TX UMa, keď sa viacerí autori prikláňali k ich vysvetleniu stáčaním priamky apsid, neskôr zasa prenosom hmoty v sústave. Predkladaná práca sa snaží niektoré mechanizmy vylúčiť a prinajmenšom navrhnúť najpravdepodobnejší model zmien O-C hodnôt.

Veľmi dôležitou súčasťou mojej práce bolo napísanie viacerých programov a programových balíkov, ktoré slúžia na zvládnutie každodenných rutinných astronomických prác, ako napríklad zber a redukcia fotometrických dát. Napriek tomu, že v súčasnosti je možné využívať programové balíky typu MIDAS alebo IRAF, stále ostáva niekoľko oblastí (astronomické pozorovania viazané na určitý prístroj), kde je nutné napísať vlastné programové vybavenie. Tejto práci som venoval veľa zo svojho času a snažil som sa ich napísať tak, aby ich používanie bolo intuitívne a nezaťažovalo používateľa. Toto však môže viesť k tomu, že programy budú použité ako "čierna skrinka", teda bez toho, aby užívateľ vedel, čo sa vlastne s dátami deje, aké sú obmedzenia jednotlivých procedúr, aby chápal podstatu problému. Takýto prístup môže viesť k mylným výsledkom. Z tohto dôvodu som do rozsiahlejších dodatkov svojej práce zaradil popis aspoň najvýznamnejších a najčastejšie používaných programov, ktoré boli použité aj pri spracúvaní materiálu o TX UMa. Tieto dodatky majú jednak **osvetliť základné princípy a algoritmy použité v programoch a majú slúžiť aj ako stručný manuál** na ich používanie.

V dodatkoch je možné nájsť taktiež zadanie fotometrického pozorovania pre TX UMa, vhodné pre všetkých záujemcov o pozorovanie tejto zaujímavej sústavy. V súvislosti so správnou kalibráciou fotometrických UBV dát uvádzam aj návody na pozorovanie 3 hviezdokôp, ktoré potom slúžia na stanovenie charakteristiky použitého ďalekohľadu: **transformačných koeficientov** do Johnsonovho medzinárodného UBV systému.

"Vedľajším" produktom fotometrických pozorovaní TX UMa bolo **zistenie extinkčných koeficientov prvého rádu pre UBV filtre na observatóriách Skalnaté Pleso a Stará Lesná**. Výsledky (uvedené v tabuľke 1) predstavujú dostatočne rozsiahly materiál, aby bolo možné získať predstavu o zmenách týchto charakteristík.

3 ZÁKRYTOVÉ PREMENNÉ HVIEZDY TYPU ALGOL

Hviezdy, ktoré menia svoju zdanlivú jasnosť, nazývame premennými a podľa druhu ich premennosti ich delíme do viacerých skupín: zákrytové, pulzujúce, erupzívne a rotujúce. Zákrytové premenné hviezdy sú dvojhviezdne alebo viacnásobné sústavy, kde dominantnou príčinou zmeny jasnosti objektu je geometria: obežná rovina sústavy je takmer kolmá na nebeskú sféru. Z tohto dôvodu pozorovateľ pozoruje zákryty zložiek sústavy, čiže periodické zmeny množstva žiarenia prichádzajúceho od objektu. Okrem svetelných zmien takéto sústavy vykazujú aj zmeny spektroskopické, najmä zmeny radiálnych rýchlostí dvoch systémov spektrálnych čiar. Tento jav opäť potvrdzuje dvojhviezdnu povahu objektu.

Často používaným termínom je taktiež tesná (interagujúca) dvojhviezda. Tento termín vystihuje evolučnú históriu sústavy. V tesných pároch totiž každá zložka prešla výrazne inou evolúciou v porovnaní so samostatnou hviezdou nachádzajúcou sa na tej istej pozícii Hertzsprung–Russellovho diagramu.

Z fotometrického hľadiska delíme zákrytové premenné hviezdy na 3 podtypy podľa tvaru svetelnej krivky: typ Algol (EA), typ β Lyrae (EB) a typ W Ursae Majoris (EW). Podľa miery zaplnenosti Rocheovej medze zložkami, rozdeľujeme dvojhviezdy na oddelené, polodotykové a kontaktné sústavy. Tento prístup lepšie odráža fyzikálny stav sústavy.

Zákrytové dvojhviezdy typu Algol sú sústavy dvoch hviezd takmer guľového tvaru. Vo svetelnej krivke pozorujeme dve minimá; primárne, hlbšie, keď menej jasná zložka zakrýva jasnejšiu zložku a sekundárne pri opačnej situácii. Mimo zákrytov je jasnosť takmer konštantná, relatívne malé zmeny v týchto fázach sú spôsobené hlavne deformáciou tvaru zložiek, okrajovým stemnením, výskytom škvrn, prípadne prítomnosťou akrečného disku.

Cieľom štúdia dvojhviezd je kvantitatívne určenie základných charakteristík (parametrov) zložiek a ich vzájomnej dráhy. Dráhu vo všeobecnosti, pre ľubovoľný typ dvojhviezdy, určujú: a - veľká poloos relatívnej eliptickej dráhy (je sumou $a = a_1 + a_2$ veľkých poloosí eliptických dráh zložiek okolo spoločného ťažiska); e - excentricita dráhy; ω - dĺžka periastra, meraná v zmysle pohybu od uzlovej priamky; Ω - dĺžka výstupného uzla; i - sklon roviny dráhy k nebeskej sfére; P - perióda orbitálneho pohybu; T_0 - okamih prechodu periastrom.

Na tomto mieste je potrebné spomenúť, že vďaka konečnej rýchlosti svetla c a nenulovej vzájomnej rýchlosti pozorovateľa a dvojhviezdy (jej ťažiska) γ_{rv} , pozorovateľ zaznamenáva periódu v heliocentrickom systéme¹ P_{obs} , ktorá je so skutočnou orbitálnou periódou sústavy vo vzťahu:

$$P_{obs} = P \left(1 + \frac{\gamma_{rv}}{c} \right) . \quad (1)$$

¹V skutočnosti meria v topocentrickom systéme, po štandardných redukciách sú však výsledky v systéme heliocentrickom.

Zložky dvojhviezdy sú určené ich: $M_{1,2}$ - hmotnosťami; $R_{1,2}$ - polomerami; $L_{1,2}$ - svietivosťami; $u_{1,2}$ - koeficientami okrajového stemnenia; $T_{1,2}$ - teplotami a prípadne ďalšími parametrami, ktoré dokážu jemnejšie popísať ich vlastnosti: gravitačné stemnenie, deformácia, rozloženie hmoty...

Spektrálnou analýzou určujeme **spektroskopické elementy**: $K_{1,2}$ - poloamplitúdy radiálnych rýchlostí zložiek; γ_{rv} - radiálna rýchlosť ťažiska sústavy; T_0 - okamih prechodu periastrum; P - orbitálna perióda; ω - dĺžka periastra; e - excentricita. Poloamplitúdy radiálnych rýchlostí zložiek sú zviazané s projekciami veľkých poloosí vzťahom:

$$K_{1,2} = \frac{2\pi a_{1,2} \sin i}{P\sqrt{1-e^2}} . \quad (2)$$

Tretí Keplerov zákon vyjadríme v tvare:

$$\frac{a^3}{P^2} = \frac{(a_1 + a_2)^3}{P^2} = \frac{G}{4\pi^2}(M_1 + M_2) , \quad (3)$$

kde G je gravitačná konštanta. Pre hmotnosti a poloosi platí:

$$a_{1,2} = \frac{M_{2,1}a}{M_1 + M_2} . \quad (4)$$

Pokiaľ pozorujeme oba systémy spektrálnych čiar, môžeme určiť projekcie veľkých poloosí dráh oboch zložiek $a_{1,2} \sin i$, a teda aj pomer a_1/a_2 , ďalej $M_{1,2} \sin^3 i$, čo zas vedie k určeniu pomeru hmotností $q = M_1/M_2 = K_2/K_1$. V prípade príliš veľkého rozdielu svietivostí zložiek, pozorujeme v spektre iba jeden systém spektrálnych čiar patriaci svietivejšej zložke. Potom sme schopní určiť iba $a_1 \sin i$ a dolné ohraničenie hmotnosti menej jasnej zložky, takzvanú funkciu hmotnosti:

$$f(M) = \frac{(M_2 \sin i)^3}{(M_1 + M_2)^2} = \frac{(a_1 \sin i)^3}{P^2} . \quad (5)$$

Analýzou svetelnej krivky možno určiť **fotometrické elementy**: i - sklon dráhy; $r_{1,2}$ - relatívne polomery zložiek (vzhľadom na veľkú poloos a relatívnej dráhy $r_{1,2} = R_{1,2}/a$); L_1/L_2 - pomer svietivostí; $u_{1,2}$ - koeficienty okrajového stemnenia. Dôležité je uvedomiť si, že L_1, L_2, u_1, u_2 sú závislé na vlnovej dĺžke. Povrchová jasnosť $I(d)$ vo vzdialenosti $d = r \sin \gamma$ od centra disku s jasnosťou I_C je daná:

$$I(d) = I_C \left(1 - 2u \sin^2 \frac{\gamma}{2} \right) = I_C (1 - u + u \cos \gamma) , \quad (6)$$

kde u je okrajové stemnenie.

V dvojhviezdnych sústavách sme často svedkami zmeny orbitálnej periódy. Najvýznamnejšími príčinami takýchto zmien sú: prenos hmoty v sústave, stáčanie priamky apsid, prítomnosť tretieho telesa: tzv. light-time efekt. Každá z týchto zmien sa špecifickým spôsobom prejaví v O-C diagrame (závislosť rozdielov pozorovaných a vypočítaných okamihov miním na čase), v svetelnej krivke, v spektrálnych dátach.

Všeobecne prijímaná predstava o vzniku dvojhviezdej sústavy je jej formovanie zo spoločného plynovo-prachového protohviezdneho oblaku. Na počiatku vývoja sústavy môžeme preto predpokladať rovnaké chemické zloženie oboch zložiek. Keďže však charakteristický čas života hviezdy je nepriamo úmerný tretej mocnine počiatkovej hmotnosti, hmotnejšia zložka sa vyvíja rýchlejšie (to je vlastne odpoveď na historický paradox Algola). V dôsledku toho dochádza k vyplneniu Rocheovej medze a následnému **prenosu hmoty**, čo vedie k zmene orbitálnej periódy sústavy. V O-C diagrame potom pozorujeme náhlu, skokovú zmenu periódy. Táto zmena je v prípade konzervatívneho prenosu hmoty zviazaná s jej množstvom vzťahom:

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{3(M_1 - M_2)\Delta M_1}{M_1 M_2} . \quad (7)$$

Prenášaná hmota nesie zo sebou aj moment hybnosti, čo ovplyvňuje pomery rotačných rýchlostí zložiek k orbitálnej perióde: (ne)synchronizáciu.

Excentricita orbitálnej dráhy sústavy, nesféricnosť zložiek, rozdelenie hmoty v zložkách, nesynchronnosť rotačných rýchlostí spôsobuje **stáčanie priamky apsid** (osi orbitálnej elipsy). O-C diagram v tomto prípade vykazuje sinusoidálne chovanie. Také isté správanie má aj diagram O-C_{II} (O-C pre sekundárne minimá) s tým, že je v protifáze. Dôležitým javom je posun fázy okamihu sekundárneho minima, čiže toto minimum mení svoju polohu vzhľadom na primárne minimá. Pri označení: P - perióda, e - excentricita, ω_0 - dĺžka periastra nultého minima, ω_1 - uhlová rýchlosť pohybu periastra za jednu periódu, dĺžku periastra ω vyjadríme ako:

$$\omega = \omega_0 + N\omega_1 . \quad (8)$$

Okamih N -tého primárneho T_{N1} a sekundárneho T_{N2} minima sú určené vzťahmi:

$$\begin{aligned} T_{N1} &= T'_{01} + NP - \frac{Pe}{2\pi}(1 + \operatorname{cosec}^2 i) \cos(\omega_0 + N\omega_1) + \\ &\quad + \frac{3Pe^2}{4 \cdot 2\pi} \left(1 + \frac{4}{3} \operatorname{ctg}^2 i + \frac{2}{3} \operatorname{ctg}^2 i \operatorname{cosec}^2 i\right) \sin 2(\omega_0 + N\omega_1) , \\ T_{N2} &= T'_{02} + NP + \frac{Pe}{2\pi}(1 + \operatorname{cosec}^2 i) \cos(\omega_0 + N\omega_1) + \\ &\quad + \frac{3Pe^2}{4 \cdot 2\pi} \left(1 + \frac{4}{3} \operatorname{ctg}^2 i + \frac{2}{3} \operatorname{ctg}^2 i \operatorname{cosec}^2 i\right) \sin 2(\omega_0 + N\omega_1) . \end{aligned} \quad (9)$$

Zjednodušené potom môžeme zapísať (rozdiely sú iba v znamienkach):

$$\begin{aligned} T_N &= A + NP + a \cos(\omega_0 + N\omega_1) + b \sin 2(\omega_0 + N\omega_1) , \\ a &= \frac{Pe}{2\pi}(1 + \operatorname{cosec}^2 i) , \\ b &= \frac{3\pi a^2}{8P} . \end{aligned} \quad (10)$$

Prítomnosť tretieho telesa v sústave spôsobuje periodické zmeny pohybu ťažiska dvojhviezdného páru. V dôsledku konečnej rýchlosti svetla potom pozorujeme okamihy mínim v predstihu alebo s oneskorením. Tento jav sa nazýva **light-time efekt**.

O-C diagram opäť ukáže periodické zmeny, na rozdiel od prípadu stáčania priamky apsid sa však nemení poloha sekundárneho minima, čiže sekundárne minimum nemení svoju fázu vzhľadom na primárne minimum.

Ak τ označuje O-C hodnotu, podľa Irwina (1959 [7]) platí:

$$\tau = K_{\text{O-C}} \frac{1}{\sqrt{1 - e'^2 \cos^2 \omega'}} \times \left[\frac{1 - e'^2}{1 + e' \cos \nu'} \sin(\nu' + \omega') + e' \sin \omega' \right], \quad (11)$$

kde

$$K_{\text{O-C}} = \frac{1}{2} (\tau_{\text{max}} - \tau_{\text{min}}) = \frac{a_{12} \sin i' \sqrt{1 - e'^2 \cos^2 \omega'}}{173.14}. \quad (12)$$

τ a K sú v dňoch, a_{12} je veľká poloos dráhy dvojhviezdy v astronomických jednotkách, i' sklon dráhy, e' excentricita, ω' dĺžka periastra, ν' pravá anomália. Čiarkované členy označujú elementy dlhoperiodickej dráhy (dráha dvojhviezdy okolo spoločného ťažiska s tretím telesom). Môžeme zaviesť analogickú funkciu hmotnosti pre tretie teleso:

$$f(M_3) = \frac{(M_3 \sin i')^3}{(M_1 + M_2 + M_3)^2} = \frac{(a_{12} \sin i')^3}{P'^2} \quad (13)$$

a taktiež pomer hmotností:

$$q_3 = \frac{M_3}{(M_1 + M_2)}. \quad (14)$$

Pre veľkú poloos relatívnej dráhy a potom platí:

$$a = a_{12} + a_3 = a_{12} \frac{1 + q_3}{q_3}, \quad (15)$$

kde a_3 je veľká poloos dráhy tretieho telesa.

Periodické zmeny pohybu ťažiska tesného dvojhviezdného páru sa prejavujú v zmene rýchlosti γ_{rv} . Túto zmenu popisuje vzťah:

$$\gamma_{\text{rv}} = \gamma_{\text{rv},0} + \frac{5156 (a_{12} \sin i')}{173.14} \times \frac{\cos(\nu' + \omega') + e' \cos \omega'}{P' \sqrt{1 - e'^2}}, \quad (16)$$

kde $\gamma_{\text{rv},0}$ je vlastná rýchlosť ťažiska sústavy v km s^{-1} , P' perióda v rokoch, a_{12} je veľká poloos dráhy dvojhviezdy v astronomických jednotkách. Pre poloamplitúdu zmeny rýchlosti ťažiska platí:

$$K_{\gamma_{\text{rv}}} = \frac{5156 (a_{12} \sin i')}{173.14} \frac{1}{P' \sqrt{1 - e'^2}}. \quad (17)$$

Zmena rýchlosti γ_{rv} predstavuje dôležitý observačný dôkaz prítomnosti tretieho telesa v sústave.

Apsidálny pohyb aj prítomnosť tretieho telesa predpovedajú prísne periodické zmeny O-C diagramu. Navyše v praxi býva problém s veľkou hmotnosťou tretieho telesa či pozorovanou malou, prípadne žiadnou excentricitou orbitálnej dráhy na rozdiel od podmienky apsidálneho pohybu. **Applegateov mechanizmus** (Applegate, 1992 [1]) predpovedá existenciu kvázi-periodických zmien orbitálnej periódy

v dvojhviezdach obsahujúcich magneticky aktívnu hviezdu s konvektívnym prenosom energie. Takéto zmeny na časových škálach niekoľkých desiatok rokov majú typickú amplitúdu $\Delta P/P \simeq 10^{-5}$ a Applegateov mechanizmus ich vysvetľuje pre-rozdeľovaním momentu hybnosti v sústave v dôsledku premenných zmien tvaru aktívnej zložky. Magnetické pole spôsobuje zmeny tvaru zložky. Zmeny periódy sústavy vyjadruje vzťah:

$$\frac{\Delta P}{P} = -9 \left(\frac{R}{a} \right)^2 \frac{\Delta Q}{MR^2}, \quad (18)$$

kde P - perióda orbitálneho pohybu; a - veľká poloos relatívnej dráhy; R - polomer aktívnej zložky; M - hmotnosť; Q - kvadrupólový magnetický moment. Aby mohol tento mechanizmus fungovať, je potrebné silné podpovrchové magnetické pole (niekoľko kilogaussov). Na vysvetlenie uvedených zmien periódy (10^{-5}) je ďalej potrebná premennosť jasnosti zložky na úrovni $\Delta L/L \simeq 0.1$ a zmena diferenciálnej rotácie $\Delta\Omega/\Omega \simeq 0.01$. Testovanie prítomnosti Applegateovho mechanizmu je umožnené dôsledkami teórie:

1. jasnosť sa musí meniť s tou istou periódou, s akou pozorujeme zmeny v O-C diagrame;
2. ak hĺbková diferenciálna rotácia má takú povahu, že vnútro hviezdy rotuje pomalšie ako povrchové časti, musia zmeny jasnosti byť v anti-korelácii so zmenami O-C hodnôt;
3. v opačnom prípade diferenciálnej rotácie (vnútro rotuje rýchlejšie), obe tieto veličiny sú v korelácii;
4. v sústave môžu byť prítomné ďalšie indikátory magnetickej aktivity (škvrny na povrchu zložky, emisné jadrá v čiarach Ca II, Mg II).

Zákrytové dvojhviezdy typu Algol možno v zásade rozdeliť na dlhoperiodické (perióda > 6 dní) a krátkoperiodické ($P < 5-6$ dní). Ako ukázali balistické výpočty Lubowa & Shu (1975 [10]), pokiaľ zostrojíme diagram r_A vs. q (kde $r_A = r_1/a$ je polomer primárnej zložky relatívne k veľkej poloosi relatívnej dráhy a $q = M_2/M_1$ je pomer hmotností), dostaneme v ňom 3 oblasti charakterizujúce typ okolohviezdnej hmoty, ktorý môžeme v sústave očakávať. Pre dlhoperiodické algoly plynný prúd zo sekundárnej zložky nezasiahne primárnu a vytvorí okolo nej klasický akrečný disk. Krátkoperiodické algoly (čo je aj prípad TX UMa) v tomto diagrame spadajú do oblasti, kde polomer primárnej zložky videný zo sekundárnej je dostatočne veľký, aby ju plynný prúd priamo zasiahol. V dôsledku toho sa vytvorí oblaku podobná oblasť impaktu, prípadne prechodný premenný akrečný disk. V sústavách, ktoré v diagrame patria do oblasti medzi týmito možnosťami, je prítomný klasický akrečný disk ako aj oblasť impaktu, kde plynný prúd vráža do disku.

Dôležitým spektroskopickým dôkazom rotácie hviezd je **Rossiter–McLaughlinov rotačný efekt** (Rossiter, 1924 [14]). Prejavuje sa akoby sinusoidálnym rušením

krivky radiálnych rýchlostí v čase zákrytov. Je to spôsobené nerovnakým zakrytím približujúcej a vzdalujúcej sa (v dôsledku rotácie hviezdy) hemisféry. Ak je rotácia hviezdy prográdna, potom väčšina svetla k nám pred stredom zákrytu prichádza zo vzdalujúcej sa hemisféry, a preto pozorujeme kladnejšie radiálne rýchlosti, než by vyplývalo pri uvažovaní iba orbitálneho pohybu tejto zložky zákrytovej sústavy. Po strede zákrytu sú pozorované radiálne rýchlosti zápornejšie. Efekt rotácie matematicky popisuje rovnica

$$v' = v_{\text{rot}} \sin i_{\text{rot}} \times F , \quad (19)$$

kde v' je exces radiálnych rýchlostí voči orbitálnemu pohybu; v_{rot} rovníková rotačná rýchlosť zakrývanej zložky; i_{rot} sklon jej rotačnej osi a F je rotačný faktor. Tento faktor závisí iba od fázy zákrytu, okrajového stemnenia zakrývanej hviezdy a relatívnych polomerov oboch zložiek sústavy. Vzťahy na výpočet faktorov F uvádza Kopal (1959 [8]; str. 270).

4 HISTÓRIA

Zákrytovú premennú hviezdu TXUMa objavili nezávisle Rügemer (1931 [75]) a Schneller (1931 [77]). Obaja uviedli predpoveď minima, amplitúdu a obaja zhodne objekt identifikovali ako zákrytovú premennú typu Algol. Rügemer uvádza vo svojej práci odhad spektrálneho typu sekundárnej zložky v intervale F 8 až K 0. Prehliadkou asi 300 platní s približne hodinovou expozíciou našla Mohrová (1931 [55]) 23 miním (pozorovania od 7. novembra 1903 do 24. februára 1931, čiže obdobie 3 255 periód) a z nich určila novú efemeridu v dobrom súhlase s predchádzajúcimi. Pearce (1932 [66]) uvádza, že objekt detekoval ako spektroskopickú premennú už v roku 1925. Analýzou 7 spektier získaných v rokoch 1924–1925 zistil amplitúdu radiálnych rýchlostí väčšiu ako 100 km s^{-1} .

Čoskoro po zverejnení objavu sa začal intenzívny fotometrický aj spektroskopický výskum objektu TXUMa.

4.1 Fotometrický výskum

Ako prvý zverejnil fotometrické a spektroskopické elementy sústavy Rügemer (1935 [76]). Na získanie nových miním analyzoval 462 bambergských platní z rokov 1929–1934 pomocou Argelanderovej metódy a určil maximálnu jasnosť sústavy $6^{\text{m}}83$, minimálnu jasnosť $9^{\text{m}}32$, periódu $3^{\text{d}}0633175$ a trvanie zákrytu $0^{\text{d}}34$. Sekundárne minimum sa mu určiť nepodarilo. Keďže pozoroval zmenu periódy, do efemeridy vložil sínusový člen.

Sekundárne minimum o hĺbke ($0^{\text{m}}05$) po prvýkrát fotoelektricky detekoval O’Keefe (1938 [60]). Určil aj hĺbku primárneho minima $1^{\text{m}}79$ a nanovo určil elementy. Z posuvu sekundárneho minima určil $e \cos \omega = -0.022$, v dobrom súhlase s výsledkom spektroskopických pozorovaní (Pearce, 1936 [68]). Riešenie bez okrajového stemenia dáva lepší súhlas s pozorovaniami. O’Keefe využitím spektroskopických elementov Pearcea (1936 [68]) určil hmotnosti, polomery a hustoty zložiek. Upozornil, že efekt odrazu, ktorého koeficienty taktiež uvádza, je ovplyvnený aj deformáciou dráhy spôsobenou slapovými efektami. Posun periastra voči sekundárnemu minimu je asi 10° . Vzdialenosť hviezd v periastre je 0.68 ich vzdialenosti v apoastre.

Payne-Gaposchkinová (1942 [65]) získala nové merania harvardských platní a spolu s pozorovaniami O’Keefa sa jej podarilo ukázať zmenu periódy. Za príčinu týchto zmien považovala stáčanie priamky apsíd s periódou asi 30 rokov. Použitím fotoelektrických meraní svetelnej krivky zo Steward Observatory (neskôr publikovaných Woodom, 1946 [83]) získala polohu sekundárneho minima a určila excentricitu dráhy $e = 0.015$ v ostrom rozpore so spektrálnymi pozorovaniami Pearcea (1940 [69]), kde $e = 0.162$. Upozornila na podobný nesúhlas v prípade hviezdy MR Cyg.

Wood (1946 [83])² zhromaždil pozorovania miním od viacerých autorov a uvá-

²Na separáte z Princetonského observatória, ktorý som mal k dispozícii, nie uvedené ani meno autora, ani rok.

dza taktiež 140 vlastných fotoelektrických meraní z obdobia 3. február 1939–20. máj 1940. Dáta rektifikoval na elipticitu a odraz. Zákryt považoval za čiastočný. Sekundárne minimum je posunuté asi o 6° , čo spolu s časovými reziduami primárneho minima svedčí o stáčaní priamky apsid. Pri hodnote excentricity 0.024 musí byť ω blízke 180° , čo však nesúhlasí so spektroskopickými pozorovaniami. Na určenie absolútnych hodnôt polomerov, hmotností a hustôt boli použité výsledky spektroskopie Pearcea (1936 [68]). Nízka hustota sekundárnej zložky ju klasifikuje ako podobra.

Fotoelektrické pozorovania zo 40 nocí v období 1935–1942 s chybou $\sim 0^m0046$ uvádzajú Huffer & Eggen (1947 [46]). Svetelná krivka reprezentuje typický algol s hĺbkou primárneho minima 2^m0 a sekundárneho 0^m032 . Huffer & Eggen použili na výpočet elementov metódu navrhnutú Kopalom, pričom predpokladali spektrálne typy B 8 pre primárnu zložku a gF 2 pre sekundárnu. Nízku hodnotu excentricity uvedenú Payne-Gaposchkinovou (1942 [65]) ~ 0.015 považujú podľa vlastných výsledkov za maximálne možnú, napriek nesúhlasu so spektroskopiou podľa Pearcea (1940 [69]). Vzhľadom na neistotu v predpoklade synchronnosti periód rotácie a orbitálneho pohybu (Hiltner, 1945 [44]) považujú všetky elementy, v ktorých vystupuje pomer hmotností, za neisté.

Plavec (1960 [72]) sa zaoberal stáčaním priamky apsid v sústavách, v ktorých je jedna zložka podobor a uviedol ako jeden zo 4 prípadov aj TX UMa. Problém dokázania tohto javu je pri týchto sústavách sťažený malou hĺbkou sekundárneho minima, nedostatočným počtom kvalitných pozorovaní počas jedného cyklu ale aj malou očakávanou hodnotou apsidálneho pohybu. Autor uviedol 62 primárnych miním z rozličných zdrojov, určil periódu apsidálneho pohybu 34.4 rokov a efektívny polytropný index 3.7. Primárnou zložkou je hviezda hlavnej postupnosti s počiatočnou hmotnosťou $2.5\text{--}5.0 M_\odot$.

Koch (1961 [50]) publikoval UBV pozorovania objektu. Jeho efemerida najlepšie súhlasí s efemeridou publikovanou Woodom (1946 [83]). Potvrdil polohu sekundárneho minima a jej nezávislosť na vlnovej dĺžke, avšak jeho tvar a hĺbka sú rušené. Z hodnoty spektrálnych indexov odhadol spektrálny typ B 8 pre primárnu zložku a F 8–G 2 pre sekundárnu zložku, ktorá je vzhľadom na jej svietivosť a pomer polomerov s najväčšou pravdepodobnosťou podobor. Kochove výsledky sú v dobrom súhlase s prácou Wooda (1946 [83]), ktorý považuje rozdiel medzi spektrálnym typom sekundárnej zložky určeným zo spektrálnych pozorovaní gF 2 a neskorším typom F za porozuhodný. Z úvah o zmenách svetelnej krivky vyvodzuje, že polomery oboch zložiek v spojnici ťažísk sú takmer rovnaké. Pre centrálnu zložku je polárna a ekvatoreálna elipticita približne rovnaká: 0.011. Pre sekundárnu zložku je ekvatoreálna elipticita 0.177 a polárna 0.093. Fialová farba najlepšie odráža hĺbku sekundárneho minima, nakoľko pozorované reflexné koeficienty robia sekundárne minimum v žltej a modrej farbe príliš plytké. Poznamenajme, že Hiltner (1945 [44]) poukázal na možnosť

S veľkou pravdepodobnosťou však ide o túto prácu.

atmosférického zákrytu vzhľadom na správanie čiary Ca II K, čo môže spôsobovať rušenie tvaru sekundárneho minima. Z tohto dôvodu autor skúmal model s ostro ohraničenou hviezdou a neostro ohraničenou atmosférou. Nájdením konzistentného riešenia pre všetky tri farby určil koeficienty okrajového stemnenia. Zo zmien v tvare primárneho minima usúdil na prítomnosť absorpcie v žltej farbe a na pulzovanie rozsiahlej obálky chladnej zložky. Hĺbku jej atmosféry odhadol na 1.53×10^5 km. Na záver upozornil, že u podobných sústav (jedna zložka takmer vyplňuje Rocheovu medzu) fotometria v jednej farbe nepostačuje na určenie správnych elementov.

Schneller (1962 [78]) zaoberajúci sa zmenami períód viacerých zákrytových sústav konštatuje, že zmeny períody TX UMa pozorované viacerými autormi majú síce sínusový priebeh, avšak táto zmena períody je aperiodická. Spektrum uvádza ako B 8 + gG 3.

O zlepšenie znalostí o svietivostiach a farbách zákrytových dvojhviezd usiluje McNamara (1966 [57]). Pre TX UMa uvádza farebné indexy $(U-B)_0$ a $(B-V)_0$. Sekundárnu zložku považuje za hviezdu neskorého spektrálneho typu. Podotýka, že TX UMa je objekt zvláštny rozdielnosťou spektrálnych typov zložiek na rozdiel od väčšiny sústav, kde majú zložky podobný spektrálny typ.

Nové určenie elementov sústavy podali Hill & Hutchings (1972 [43]). Do svojich výpočtov svetelnej krivky zarátali aj efekty odrazu, gravitačných a rotačných distorzií. Pokiaľ primárna zložka je takmer nerušená, sekundárna je značne nahrievaná a rušená, avšak prispieva iba 1/8 k celkovému svetlu sústavy. Pre primárnu zložku určili efektívnu teplotu 13 500 K; pre sekundárnu 5 900 K. Koeficienty gravitačného stemnenia stanovili na 0.25 pre primárnu a 0.08 pre sekundárnu zložku. Sklon dráhy je $81^\circ 49'$, pomer hmotností 2.88. Dôležitý je taktiež fakt, že primárny zákryt je takmer úplný, keďže v minime jasnosti primárna zložka prispieva iba 5% svetla. Zostáva otázkou, či boli do modelu zahrnuté všetky dôležité efekty, vzhľadom na niektoré rozdiely medzi teoretickou a pozorovanou svetelnou krivkou v primárnom minime. Autori sa domnievajú, že existuje dostatočný dôvod na predpoklad existencie rozsiahlej obálky okolo chladnej zložky, veľmi blízko Rocheovej medze.

Analýzou fotometrických pozorovaní a porovnávaním tvaru mínim s jeho spriemerovaným tvarom Piotrowski & Rozyczka (1973 [71]) uvádzajú vysoko pravdepodobné zmeny v trvaní aj hĺbke primárneho minima TX UMa. Pozorované rozdiely nemožno vysvetliť chybami pozorovaní. Procesy spôsobujúce tieto zmeny majú zrejme veľmi komplexný charakter.

Novú analýzu svetelnej krivky na základe Kopalovej metódy podal Caracatsanis (1977 [37]). Použil Kochove (1961 [50]) dáta. Za najdôležitejší výsledok autor považuje zistenie, že ide o totálny zákryt, napriek tomu, že tvar primárneho minima naznačuje iba čiastočný zákryt. Hviezda zotrúva úplne zakrytá iba krátky čas, takže nemožno pozorovať v minime žiadnu plochú oblasť.

Cester et al. (1977 [38]) určili elementy TX UMa analyzovaním starších fotomet-

rických a spektroskopických dát. Fotometrické pozorovania v jednotlivých farbách považujú za nezávislé sady. Parametre modelu sú potom získané pri najlepšom súhlase vo všetkých farbách. V prípade TX UMa sa ukazuje, že ide o polodotykovú sústavu. Spektrálny typ je stanovený na B 5 V + F 9 III.

Fotoelektrické pozorovania získané na Skalnatom Plese v období 1966–1978 poslúžili ako základný materiál pre prácu Kreiner & Tremko (1980 [52]), ktorá detailne analyzuje zmeny periódy a tvaru miním TX UMa. Počas 64 nocí sa získalo 5 500 UBV (neskôr iba filter B) pozorovaní. Pozornosť je venovaná zmenám jasnosti v primárnom minime; autori uvádzajú prípad 2 drasticky sa líšiacich miním. Je veľmi pravdepodobné, že tieto rozdiely sú spôsobené prítomnosťou okolohviezdnej hmoty a nie zmenou geometrických elementov. Nesymetričnosť zmien tvaru primárneho minima značne sťažuje určenie efemeridy. Názor, že zmeny periódy spôsobuje stáčanie priamky apsíd: Pearce (1940 [69]), Payne-Gaposchkinová (1942 [65]), Wood (1946 [83]), Plavec (1960 [72]), Koch (1961 [50]); podrobujú kritike a ukazujú, že ide o náhle zmeny periódy. Už viacerí autori (Schneller, 1961 [78]) upozornili, že zmena O-C hodnôt nemá periodický charakter. Autori však uvádzajú, že Schnellerove dáta nemohli postačovať na tvrdenie, či sú tieto zmeny periodické alebo nie. Z obdobia 1903–1979 získali 164 okamihov miním, z toho 6 z vlastných pozorovaní. Ukazuje sa, že v sústave nie je prítomný efekt stáčania priamky apsíd. Proces spôsobujúci zmenu periódy sa vyskytol v uvedenom období aspoň 3-krát. Autori uvádzajú nasledovné hodnoty periódy pre jednotlivé obdobia: $3^d063297$ (1903–1925), $3^d063337$ (1925–1941), $3^d063330$ (1941–1965), $3^d063242$ (1969–1979). Posledná zmena periódy sa neudiala náhle, ale trvala asi 3–5 rokov. Efemeridu je teraz možné vyjadriť lineárnym vzťahom.

Needham et al. (1980 [58]) sa pokúsili pomocou infračervených pozorovaní skúmať vybrané premenné hviezdy z hľadiska možného výskytu opticky tenkých plynných prúdov. Takéto prúdy sa môžu v blízkej infračervenej oblasti veľmi silne prejaviť. 9 pozorovaní TX UMa poukazuje na prítomnosť prenosu hmoty v sústave.

Fotoelektrické merania zo 16 nocí (január–marec 1982) v žltej (493 meraní) a modrej (489) farbe použili Oh & Chen (1984 [59]) na novú analýzu svetelnej krivky. Tieto merania predstavujú prvé pozorovanie celej svetelnej krivky od roku 1961. Pozorovania za posledných 18 rokov nevyhovujú efemeride uvedenej Plavcom. Podľa vlastných meraní a časov miním, prebrannými z iných zdrojov, autori stanovili novú efemeridu, ktorá sa iba mierne líši od efemeridy udávanej Kreinerom & Tremkom (1980 [52]). Je možné, že v minulosti dochádzalo k zmenám. Zmeny v tvare primárneho minima neboli zistené v daných ani Kochových (1961 [50]) dátach. Vzhľadom na plytkosť sekundárneho minima použili na určenie elementov iba primárne minimum. Riešenie bolo možné iba za predpokladu okultácie. Výsledky súhlasia s Kochovými. Sekundárne minimum sa nezdá byť posunuté z fázy 0.5 a O-C diagram nevykazuje sínusoidálne zmeny, čo vážne dovoľuje pochybovať o stáčaní priamky

apsíd. TX UMa vykazuje vlastnosti sústavy typu Algol, kde sekundárna zložka príležitostne prenáša hmotu na súputníka.

Na základe päťfarebnej fotometrie (Strömgren-Crawford uvby a Kron I) Olson (1982 a [61]; 1982 b [62]) konštatuje, že kontinuum TX UMa je čisto hviezdneho pôvodu. Čiastočný zákryt a hlboké primárne minimum sťažujú presnejšie určenie svietivosti sekundárnej zložky.

Rozsiahly pozorovací materiál prezentovali Papoušek et al. (1985 [64]). V období 1966–1982 bolo získaných na Skalnatom Plese 6 980 fotoelektrických pozorovaní s presnosťou niekoľkých tisícín magnitúdy. Potvrdila sa stálosť periódy od roku 1964. Z nesúhlasu teoretických a pozorovaných koeficientov odrazu možno usudzovať na geometrické porušenie tvaru hviezdy alebo prenos hmoty. Autori sa nazdávajú, že v sústave dochádza k nestacionárnemu procesu a deformácii sekundárnej zložky slapovými silami. To vysvetľuje distorzie svetelnej krivky mimo zákrytov. Pokus detekovať v sústave tretie teleso nebol úspešný. Prítomnosť okolohviezdnej hmoty sa neprejavuje na celkovom svetle sústavy.

Todoran & Roman (1992 [81]) konštatujú, že apsidálny pohyb navrhnutý Plavcom, spôsobujúci zmeny periódy TX UMa, nepostačuje na vysvetlenie O-C diagramu, ktorý teraz pokrýva omnoho dlhšie obdobie. V skutočnosti O-C diagram javí komplexnejšie chovanie a pravdepodobne okrem apsidálneho pohybu je prítomný aj "light-time" efekt, prípadne sú dodatočné zmeny periódy spôsobené prenosom hmoty v sústave.

Infračervené pozorovania vo filtroch JHKLM z rokov 1977–1990 spolu s UVB fotometriou (1977–1979) umožnili Taranovej & Shenavrinovi (1997 [80]) za predpokladu úplného zákrytu klasifikovať primárnu zložku ako hviezdu hlavnej postupnosti so spektrom B 7 V, teplotou $\sim 12\,000$ K, a polomerom $1.8 R_{\odot}$. Sekundárna zložka je podobor, 5 500 K, $3.2 R_{\odot}$. Slabý exces žiarenia na vlnovej dĺžke $5 \mu\text{m}$ vedie k dôležitému záveru o existencii ionizovanej okolohviezdnej obálky.

Nový prístup k vysvetleniu zmien periódy sústavy sa snažia použiť Rovithis-Livaniou et al. (1998 [74]). Na základe metódy popísanej v Kalimeris et al. (1994 [47]) sa O-C diagramom preloží polynóm vyššieho stupňa (v tomto prípade bol použitý 8. stupeň) a jeho frekvenčná analýza poskytuje fyzikálne interpretovateľné výsledky. Takýmto postupom autori ukazujú, že v zmenách periódy pôsobí cyklický dej s periódou 34.047 roka. Autori uvádzajú 3 rôzne možnosti fyzikálneho pôvodu tohto javu: magnetickú aktivitu (Applegateov mechanizmus), prítomnosť tretieho telesa, apsidálny pohyb. Zdôrazňujú, že je veľmi ťažké určiť, ktorý z týchto mechanizmov je prítomný, keďže ani jedna možnosť presne nesúhlasí s pozorovanými variáciami periódy. Navyše je možná superpozícia viacerých mechanizmov.

4.2 Spektroskopický výskum

Prvú prácu (spomínanú už v časti 4) týkajúcu sa spektroskopie TXUMa uverejnil Pearce (1932 [66]). Na určenie radiálnych rýchlostí použil čiary 4481 Mg II, 4471 He, 4026 He, H_γ , H_δ a Ca II K. Perióda súhlasí s fotometrickým určením Mohrovej (1931 [55]) 3^d063295. Pearce uvádza vysokú hodnotu excentricity 0.205, rýchlosť ťažiska $\gamma_{rv} = -10.1 \text{ km s}^{-1}$, dĺžku periastra $\omega = 252^\circ.8$, a poloamplitúdu $K_1 = 50.7 \text{ km s}^{-1}$. Pri predpoklade úplného zákrytu je sklon dráhy $i = 75^\circ.7$. Predpoveď mínim sa nekryje s fotometrickým určením v dôsledku chýb v spektroskopických dátach spôsobených rozmazanosťou čiar. Autor taktiež uvádza možnosť iba čiastočného zákrytu, keďže jeden jeho spektrogram z hlavného zákrytu vykazuje spektrálny typ B 8.

Materiál z predchádzajúcej práce spracoval aj Rügemer (1935 [76]) spolu so svojím materiálom získaným v priebehu 8 rokov. Počas hlavného zákrytu sa prejavuje rotačný efekt. Rozdiely v určení fotometrického a spektroskopického minima sa zmenšili. V okolí hlavného minima sú hodnoty radiálnych rýchlostí zväčšené o 8–10 km s^{-1} .

Spresnené výsledky publikované Pearceom (1935 [67]) sú: $P = 3^d063295$, $e = 0.153$, $\gamma_{rv} = -11.2 \text{ km s}^{-1}$, $\omega = 242^\circ.3$, $K = 53.5 \text{ km s}^{-1}$.

Medzi 242 zákrytovými sústavami Gaposchkin (1940 [40]) uvádza aj TXUMa. Absolútne rozmery sú stanovené podľa relatívnych hodnôt a znalosti spektra, taktiež uvádza aj absolútne vizuálne a bolometrické magnitúdy a hustoty zložiek. Spektrálny typ sekundárnej zložky A 3 bol prevzatý od Pearcea (1936 [68]).

Z 83 spektrogramov určil Pearce (1940 [69]) orbitálne elementy pre 4 epochy pozorovaní získaných za 15 rokov: 1925–1940. Tieto sady elementov svedčia v prospech stáčania priamky apsid, pričom hodnoty excentricity, rýchlosti ťažiska, amplitúdy rýchlostí sa zachovávajú. Hodnota periódy apsidálneho pohybu je 36.5 ± 0.42 rokov, čo predstavuje 4245 ± 50 obehov. Táto periodičita je podobná prípadu RZ Cas a 57 Cyg.

Nové spektroskopické elementy určil Hiltner (1945 [44]) zo 120 spektrogramov získaných v júni a júli 1944 na 208 cm reflektore observatória McDonald s disperziou 40 \AA mm^{-1} pre $\lambda = 3933 \text{ \AA}$. Určil spektrálny typ B 8–B 9 + gF 2. Čiara Ca II K sekundárnej zložky je veľmi široká a silná. Počas primárneho minima v čase minimálnej jasnosti sú pozorovateľné čiary sekundárnej zložky. Na určenie radiálnych rýchlostí bolo použitých 10 čiar: 4026 He, H_γ , H_δ , 4471 He, 4481 Mg II, H_ϵ , Ca II K a $H_8 - H_{10}$. Pravdepodobná chyba merania je 4.97 km s^{-1} . Nové elementy sa nezhodujú s výsledkami Pearcea. Dôležitý a znepokojujúci je rozdiel v rýchlosti ťažiska ($\Delta\gamma_{rv} = 5.6 \text{ km s}^{-1}$) a excentricity. Hodnota excentricity uvádzaná autorom súhlasí s fotometrickými meraniami. V začiatkoch primárneho minima je spektrum typu B 8 – B 9, avšak čiara Ca II K je silná a široká. V neskorších fázach sa začínajú objavovať početné slabé metalické čiary. Správanie čiary Ca II K je anomálne a čiara nemôže

patriť iba jednej zo zložiek. Rozsah rýchlostí určený z tejto čiary odpovedá rotačným rýchlostiam primárnej zložky. Je pravdepodobné, že práve túto čiaru použil Pearce (1936 [68]) pri určení spektrálneho typu sekundárnej zložky ako A 3. Zrejme sa tu prejavuje ζ Aur - efekt, keď ostrá Ca II K čiara vzniká vo vonkajších oblastiach rotujúcej zložky F 2. Rovníková rotačná rýchlosť B 8 zložky je za predpokladu synchronnej rotácie 33 km s^{-1} .

Huang & Struve (1956 [45]) určili hmotnosti primárnych zložiek viacerých sústav pomocou znalosti rotačnej rýchlosti a veľkosti akrečného disku za predpokladu pôsobenia výlučne gravitačných síl. V prípade TX UMa konštatujú, že sústava nejaví emisné čiary v spektre. Príčinu vidia v geometrických pomeroch v sústave: disk nie je tak veľký, aby ho bolo možné pozorovať.

Popper (1962 [73]) určuje hmotnosti a rozmery hviezd rozličných typov z pozorovaní zákrytových dvojhviezd. Keďže sekundárne zložky týchto sústav bývajú väčšinou chladnejšie, je výhodné pracovať v obore dlhších vlnových dĺžok. V prípade TX UMa konštatuje, že čiary Na D a H_α sekundárnej zložky sú pravdepodobne v spektre slabo prítomné, nedávajú však možnosť určiť radiálne rýchlosti zložky.

Na jar 1963/64 Grewing & Herzeg (1966 [41]) získali viac ako 70 spektrogramov s disperziou 72 \AA mm^{-1} s expozíciou 20–30 minút, v čase primárneho minima bola expozícia asi 2 hodiny. Chyba merania je zhruba 11 km s^{-1} (12 km s^{-1} pre sekundárnu zložku). Na určenie krivky radiálnych rýchlostí použili 51 spektrogramov a 2 pre radiálne rýchlosti sekundárnej zložky. Boli použité čiary: H_γ , H_δ , 4481 Mg II, Ca II K, 4026 He, 4471 He. Pre sekundárnu zložku: Fe (3956, 4045, 4071, 4144, 4290, 4415), Sr II (4077, 4215), 4444 Ti II, 4226 Ca. Nepodarilo sa pokryť fázy 0.35–0.60. Výsledné elementy sú v protiklade s výsledkami Pearcea, dobre však súhlasia s elementami Hiltnera. Určenie rýchlosti ťažiska je iba veľmi približné a neredukované na Wilsonov systém. Absolútne hodnoty polomerov a hmotností vyčíslujú pre 2 prípady pomeru hmotností $M_1/M_2 = 3.3$ a 3.7 z materiálu získaného Hiltnerom a ich vlastného. Za najpravdepodobnejší považujú priemer týchto 4 určení. Za predpokladu synchronnosti je ekvatoreálna rotácia primárnej zložky 41 km s^{-1} , avšak upozorňujú, že podmienka synchronnosti nemusí byť splnená. Rozsiahla analýza predchádzajúcich výsledkov o stáčaní priamky apsid ich vedie k tvrdeniu, že tento efekt možno predbežne dokázať iba z fotometrických údajov a žiadna predchádzajúca hodnota dĺžky periastra nie je spoľahlivá.

Swensen & McNamara (1968 [79]) použili na nové určenie elementov 40 spektrogramov s disperziou 10 \AA mm^{-1} a 11 spektrogramov s disperziou 32 \AA mm^{-1} , získaných na observatóriu Mt. Wilson. Nenašli žiadne rozdiely pri určovaní radiálnych rýchlostí z vodíkových a iných čiar. Profily vodíkových čiar však podliehajú zmene: raz sú jadrá čiar ostré, inokedy zle definované. Výsledky nie sú úplne konzistentné, ani plne nepotvrdzujú predchádzajúce určenia. Príčinou je pravdepodobne rozptyl hodnôt krivky radiálnych rýchlostí spôsobený aktivitou plynného prúdu.

Tento názor podporujú 4 spektrogramy (vyradené zo spracovania), ktoré vykazujú systematickú odchýlku asi 20 km s^{-1} .

Mallama (1978 [54]) uvádza rotačné rýchlosti pre polodotykové sústavy typu Algol. Hoci synchronnosť rotačného a orbitálneho pohybu je bežným javom v tesných sústavách, v prípade polodotykových dvojhviezd môže byť narušená prenosom hmoty. Získané spektrogramy majú disperziu 30 \AA mm^{-1} . Na určenie $v_{\text{rot}} \sin i_{\text{rot}}$ bola použitá pološírka čiar. Určenie chýb je sťažené asymetriou čiar v dôsledku prítomnosti okolohviezdneho materiálu, odrazu z druhej zložky a samozrejme, zmenou orbitálnej rýchlosti počas expozície. Pre TX UMa sa podarilo z čiar 4481 Mg II určiť priemet rotačnej rýchlosti 123 km s^{-1} . Iné slabé čiar poskytli nespoľahlivé výsledky. Za predpokladu, že primárna zložka je hviezda hlavnej postupnosti, je hodnota synchronnej rotácie 49 km s^{-1} . Podporu na viac ako dvojnásobnú hodnotu $v_{\text{rot}} \sin i_{\text{rot}}$ vidí autor aj v zmenách periódy, spomínaných v literatúre.

Hall & Neff (1979 [42]) použitím vzťahu hmotnosť–svietivosť pre horúce zložky a predpokladu, že sekundárna zložka vyplní Rocheovu medzu, určili absolútne rozmery zložiek viacerých sústav. Porovnaním s pozorovanými hodnotami poloamplitúd radiálnych rýchlostí dochádzajú k jednoznačnému záveru, že TX UMa je polodotykový systém.

Lacy & Evans (1979 [53]) referujú o objave emisií v H_{α} a výskyte širokých čiar sekundárnej zložky v okolí $\lambda = 6400 \text{ \AA}$.

Z 5 spektrogramov získaných v období 1980–1983 s disperziou 9 \AA mm^{-1} Karetnikov & Kovtyukh (1986 [48]) určili niektoré fyzikálne parametre atmosfér zložiek TX UMa. Vo fázach okolo primárneho minima sú pozorovateľné čiar sekundárnej zložky. Bolo identifikovaných 210 čiar primárnej a 230 čiar sekundárnej zložky. Slabé čiar sa takmer nemenia, vodíkové čiar patria oboch zložkám. Radiálne rýchlosti súhlasia s Hiltnerovými výsledkami. Pri fáze 0.985 sa objavujú dlhovlnné emisné zložky zodpovedajúce rýchlostiam $150\text{--}200 \text{ km s}^{-1}$, čo svedčí o existencii akrečného disku. Čiara Ca II K vykazuje anomálne chovanie. Spektrálny typ je stanovený na B 8 V + F 7 IV. Určená je efektívna teplota, turbulentná rýchlosť a elektrónová koncentrácia pre obe zložky. Sekundárna zložka nejaví efekt metaličnosti. Chemické zloženie atmosfér oboch zložiek je blízke slnečnému.

Ďalšie spresnenie získaných výsledkov a niektoré nové charakteristiky uverejnili Karetnikov & Kovtyukh v roku 1987 ([49]). V rokoch 1980–1983 získali 15 spektrogramov s disperziou 37 \AA mm^{-1} a 9 \AA mm^{-1} . Na spracovanie použili iba silné čiar vodíka, vápnika, horčíka a hélia. Určili ekvivalentné šírky a centrálné hĺbky čiar. Chyby neprevyšujú 15–20 %. Profily čiar sú v niektorých fázach veľmi zložité, objavujú sa emisie, dávajúce rozsah radiálnych rýchlostí -49 až $+191 \text{ km s}^{-1}$. Zložitú štruktúru má aj čiara Ca II K. Čiara 4481 Mg II vykazuje v okolí fáz 0.081, 0.657 a 0.985 anomálne chovanie. V čase primárneho minima sa nepozorujú čiar hélia. Z čiar 4481 Mg II je možné určiť rotačnú rýchlosť oboch zložiek a autori uvádzajú

synchronnú rotáciu. Sú určené elektrónové koncentrácie pre atmosféru a obálku primárnej zložky B 8. Hmotnosti zložiek sú uvedené pre dva prípady pomeru hmotností $M_2/M_1 = 0.27$ a 0.3 . Vzhľadom na tieto hodnoty by mala mať primárna zložka skorší spektrálny typ B 5–B 8. Pre sekundárnu zložku sú zistené hmotnosti konzistentné. Je pravdepodobné, že spektrum hlavnej hviezdy je rušené plynnou obálkou. Sekundárna zložka vypĺňa Rocheovu medzu a stráca materiál. Rýchlosť tejto straty je $1.7 \cdot 10^{-6} M_\odot$ za rok. Ako model sústavy autori uvádzajú dvojhviezdny systém, kde okolo primárnej zložky je plynný disk (emisie H_α , H_β , $H_\gamma \sim 150 \text{ km s}^{-1}$). Obálka má nevelké rozmery (detaily v profiloch H_β , $4481 \text{ Mg II} \sim 24\text{--}34 \text{ km s}^{-1}$). Plynný prúd zo sekundárnej zložky sa výrazne neprejavuje. Spoločná obálka sa pomaly rozpína (emisie v H_β , Ca II K ; absorpcie v $4481 \text{ Mg II} \sim -4 \text{ km s}^{-1}$).

IUE spektrá TX UMa analyzoval Cugier (1989 [39]). Na základe klasifikácie B 8 V + gF 2 a toku UV žiarenia uvádza pre primárnu zložku: povrchové zrýchlenie $\log g_P = 4.00 \pm 0.15$, efektívnu teplotu $T_P = 12900 \pm 300 \text{ K}$, rovníkovú rotačnú rýchlosť $v_{\text{rot}} \sin i_{\text{rot}} = 64 \text{ km s}^{-1}$, mikroturbulenciu $\zeta = 2 \text{ km s}^{-1}$, $E(B - V) = 0.00 \pm 0.02$. Syntetické profily boli určené pre LTE aj non-LTE modely. Uvedené parametre sú výsledkom najlepších fitov pozorovaných profilov. Abundancia uhlíka určil analýzou čiar C II. Aj keď javia slabú závislosť na orbitálnej fáze, nie sú ovplyvnené okolohviezdny materiálom. Získaná abundancia uhlíka primárnej zložky $\log N(\text{C}/\text{H}) = -3.73 \pm 0.20$ je nižšia ako kozmická (-3.48) a naznačuje, že sústava je vyvinutejšia.

Veľmi podrobné štúdium okolohviezdnej hmoty v sústave TX UMa založené na analýze 105 CCD spektrogramov (disperzia 2.7 a 6.09 \AA mm^{-1}) H_α čiary, získaných v období február 1991–marec 1992, vykonali Albright & Richardsová (1993 [36]). Od napozorovaných profilov H_α odrátali teoretické profily sústavy. Takto získané diferenciálne profily sú vlastne prejavmi okolohviezdnej hmoty a nie sú produkované v atmosférach zložiek. Predpoklad synchronnej rotácie primárnej zložky poskytol nekonzistentné výsledky. Autori preto akceptovali nesynchronnú rotáciu primárnej zložky $v_{\text{rot}} \sin i_{\text{rot}} = 130 \text{ km s}^{-1}$ podľa Grygara et al. (1991 [123]) podporenú aj výsledkami Mallamu (1978 [54]). Ako dôvod tejto nesynchronnosti uvádzajú roztáčanie primárnej zložky plynným prúdom zo sekundárnej zložky. Excentricita podľa posledných výsledkov (Hric et al., 1990 [125]) je veľmi blízka 0 a v práci sa predpokladá kruhová dráha. V diferenciálnych profiloch H_α potom pozorujeme dlhovlnné aj krátkovlnné emisie mimo primárneho zákrytu ako aj dlhovlnnú absorpciu počas primárneho minima a vo väčšine orbitálnych fáz. Z intenzít emisií vyplýva, že najviac okolohviezdneho plynu je vidieť vo fáze ~ 0.65 . Okolohviezdny materiál je prítomný vo forme prechodného asymetrického akrečného disku. Navyše je tento disk vysoko premenný, čo pravdepodobne spôsobuje inými autormi referované spektroskopické anomálie v blízkosti primárneho zákrytu ako aj nepravidelnosti v tvare fotometrických miním (Hiltner, 1945 [44]; Koch, 1961 [50]; Kreiner & Tremko, 1980 [52]). Tento predpoklad podporujú aj rozdiely 2 spektrogramov, získaných v rokoch 1991

a 1992, v rovnakej fáze. V rámci niekoľkých orbitálnych cyklov sa spektrogramy líšia na omnoho menšej úrovni: 1–2 %. V sústave je prítomý taktiež okolohviezdny plyn vysoko nad orbitálnou rovinou, pochádzajúci pravdepodobne z interakcie plynného prúdu s diskom, ktorý spôsobuje prítomnosť absorpcie aj počas primárneho zákrytu. Vzhľadom na malý počet spektrogramov z primárneho minima sa nepodarilo zo zákrytov stanoviť rozmery disku. Keďže prenos hmoty v sústave môže byť pomerne značný (podľa Karetnikova & Kovtyukha (1987 [49]) až $10^{-6} M_{\odot}$ za rok), je pravdepodobné, že takto silný prúd preniká do fotosféry primárnej zložky a vytvára rázovú oblasť. Tento fakt komplikuje určenie teoretického profilu H_{α} prislúchajúcemu fotosfére primárnej zložky. Plynný prúd má v oblasti impaktu rýchlosť $\sim 650 \text{ km s}^{-1}$, zrejme dostatočnú na porušenie synchronnej rotácie primárnej zložky. TX UMa je po β Per iba druhým prípadom zákrytovej dvojhviezdy s neúplným zákrytom, kde bola preukázaná prítomnosť prechodného akrečného disku.

Analýzou vlastných spektroskopických pozorovaní dospeli Maxted et al. (1995 [56]) k novým hodnotám parametrov sústavy TX UMa: $M_1 = 4.76 M_{\odot}$, $M_2 = 1.18 M_{\odot}$, $R_1 = 2.825 R_{\odot}$, $R_2 = 4.24 R_{\odot}$, $\log(L_1/L_{\odot}) = 2.30$, $\log(L_2/L_{\odot}) = 1.17$. Autori upozorňujú na pomerne značný rozptyl radiálnych rýchlostí v predchádzajúcich meraniach iných autorov, ktorý môže byť spôsobený prítomnosťou asymetricky rozloženej okolohviezdnej látky (Barrov efekt). Tento rozptyl môže viesť k falošnému určeniu nízkej hodnoty orbitálnej excentricity, avšak aj výsledné riešenie predpovedá kruhovú dráhu. Radiálne rýchlosti primárnej zložky boli získané kros-koreláciou so spektrom Vegy a HD 154417 alebo 53 Aql pre sekundárnu zložku. Veľké rozdiely získaných parametrov voči predchádzajúcim určeniam zdôvodňujú veľkými zmenami farby počas hlbokého primárneho minima. Z tohto dôvodu znovu analyzovali svetelné krivky Kocha (1961 [50]), ale iba v B a V filtri, keďže filter U je ovplyvnený Balmerovým skokom. Vynechali oblasti centrálného minima (fázy 0.98–0.02), keďže tu sú zmeny farieb najväčšie. Získané riešenie nie je úplne uspokojujúce. Na získanie konzistentných výsledkov bude potrebné získať svetelné krivky sústavy v úzkopásmovom fotometrickom systéme (navrhujú UPS). Získané parametre sústavy vedú v De Greve-ho modeli evolúcie k extrémnej hodnote pomeru hmotností progenitora ($\lesssim 0.6$). Ďalšiu obtiaž predstavuje perióda sústavy, ktorá je o viac než 2 dni kratšia v porovnaní s teoretickým evolučným modelom.

4.3 Polarimetria

Polarimetrické merania uvádzajú iba Pfeiffer & Koch (1973 [70]). Konštatujú, že objekt TX UMa v rámci chýb merania nejaví premennú zložku polarizácie.

5 FOTOMETRIA

5.1 UBV fotometria

Vlastné UBV pozorovania hviezdy TXUMa som získal počas 61 nocí na observatóriách Skalnaté Pleso a Stará Lesná v období od 20. januára 1991 do 28. mája 1998³. Cassegrainov reflektor 600/7500 mm observatória Skalnaté Pleso je vybavený fotometrom firmy Optec s fotonásobičom Hamamatsu R 4457P (do 6. januára 1993 vlastný fotometer s fotonásobičom EMI 6256 B). Identický reflektor observatória Stará Lesná pracuje s fotoelektrickým fotometrom vybaveným fotonásobičom EMI 9789 B. Zadanie pozorovania ako aj vyhľadávacie mapky nájde záujemca v dodatku A. Kompletný zoznam týchto pozorovaní sumarizuje tabuľka 1.

Napozorované dáta boli zredukované pomocou balíka redukčných programov podrobnejšie popísaného v dodatku D. Vzhľadom na obmedzenia kladené na výber porovnávacej a kontrolnej hviezdy (hviezdy musia byť málo vzdialené od premennej hviezdy, aby sa minimalizovala doba prechodov; musia mať podobnú hviezdnu veľkosť ako premenná kvôli dynamickému rozsahu fotometra; taktiež musia byť podobného spektrálneho typu, keďže počas redukcie sa neuvažujú extinkčné koeficienty druhého rádu), zvolil som po rozhovore s RNDr. J. Tremkom, CSc. (Tremko, 1990 [82]) za porovnávaciu a kontrolnú hviezdu objekty HD 92764 a HD 93213. Hviezda HD 92764 bola použitá ako porovnávacía hviezda S_1 a HD 93213 ako kontrolná (check CH). Keďže však ani jedna z týchto dvoch hviezd nie je katalogizovaný UBV štandard, bolo potrebné vykonať pozorovanie týchto hviezd spolu s katalogizovanými štandardami za účelom naviazania: určenia UBV magnitúd porovnávacej a kontrolnej hviezdy. Hviezdy použité na tento účel sú uvedené v tabuľke 2. Katalogizované UBV štandardy boli vybrané z fotoelektrického katalógu Blanco et al. (1968) [35]. Všetky tieto hviezdy boli pozorované v Starej Lesnej dňa 05./06. januára 1993 a toto pozorovanie bolo použité na výpočet UBV magnitúd S_1 a CH. Magnitúdy boli určené voči každému z katalogizovaných štandardov. Priemer týchto hodnôt slúžil na určenie výsledku a taktiež jeho chyby; konkrétne hodnoty uvádza tabuľka 4. V tabuľke 3 sú uvedené krížové určenia magnitúd katalogizovaných štandardov. Rozdiely týchto hodnôt voči hodnotám z katalógu poukazujú na nepresnosti katalógu ale aj na chyby spôsobené kvalitou noci. Výsledkom je zistenie, že pri štandardnom fotometrickom meraní na uvedených observatóriách možno dosiahnuť **presnosť určenia medzinárodných UBV magnitúd niekoľko stotín**; pričom najväčšie nepresnosti sú vo filtri B, najmenšie vo filtri U.

Atmosférická extinkcia spôsobuje počas fotometrického pozorovania viaceré problémy. Zvykom je zavádzať sezónne extinkčné koeficienty, ktoré majú vystihnúť priehľadnosť atmosféry pre dané observatórium počas dlhšieho obdobia roku. Pokiaľ to kvalita noci dovolila, určoval som z pozorovaní porovnávacej hviezdy S_1 extinkčné

³Posledné štyri pozorovania už neboli zahrnuté do určenia normálnych bodov a mínim.

dátum	obs.	fázy	N_{tot}/N_{OK}	extinkčné koeficienty			poznámka
				U	B	V	
20./31. jan. 1991	SL Ko,Hr	0.47-0.58	144/135	1.18	0.80	0.58	SM
30./31. jan. 1991	SL Ko,Hr	0.75-0.77	24/20	-	-	-	zlá noc, krátke
15./16. feb. 1991	SP Gl,Ko	0.95-0.02	107/106	0.64	0.34	0.20	PM, dobré
18./19. feb. 1991	SL Hr,Ko	0.93-0.04	186/173	-	-	-	PM, rozptyl
18./19. feb. 1991	SP Gl,Ka	0.96-0.02	50/43	-	-	-	PM, nestála extinkcia
24./25. feb. 1991	SP Ur,Ka	0.93-0.98	45/37	0.85	0.54	0.46	
27./28. feb. 1991	SL Ko,Hr	0.86-0.98	183/168	0.86	0.65	0.40	rozptyl
28./01. mar. 1991	SP Gl,Ko	0.24-0.31	137/136	0.68	0.34	0.22	rozptyl
01./02. mar. 1991	SP Gl,Ko	0.51-0.58	123/122	0.77	0.42	0.25	
04./05. mar. 1991	SP Gl,Ka	0.50-0.53	36/35	-	-	-	
13./14. mar. 1991	SP Gl	0.45-0.55	138/138	0.52	0.24	0.14	rozptyl
13./14. mar. 1991	SL Bj,Ko	0.47-0.55	123/111	0.61	0.29	0.18	SM, rozptyl
16./17. mar. 1991	SP Gl,Ko,Bj	0.49-0.53	48/47	0.44	0.15	0.09	SM
09./10. apr. 1991	SL Ko,Cho	0.25-0.26	10/9	-	-	-	krátke, rozptyl
11./12. apr. 1991	SL Ko	0.95-0.98	46/33	0.89	0.61	0.39	zlá noc, rozptyl
03./04. okt. 1991	SL Ko	0.11-0.14	39/39	0.69	0.35	0.21	dobré
07./08. okt. 1991	SL Ko	0.42-0.44	33/33	0.76	0.41	0.26	dobré
16./17. okt. 1991	SP Gl	0.37-0.39	28/28	0.80	0.45	0.35	
31./01. nov. 1991	SL Ko	0.24-0.29	72/72	0.90	0.57	0.42	v U rozptyl
03./04. dec. 1991	SP Ko,Hr	0.99-0.08	134/105	0.70	0.41	0.29	PM
11./12. jan. 1992	SL Ko	0.68-0.77	106/106	0.79	0.48	0.33	
21./22. jan. 1992	SL Ko,Bj	0.93-0.08	242/234	0.93	0.55	0.36	PM, dobré, v U rozptyl
22./23. jan. 1992	SL Ko	0.27-0.36	96/91	0.69	0.37	0.21	UBV št., v U rozptyl
24./25. jan. 1992	SP Ko,Ur	0.90-0.05	250/247	0.73	0.44	0.31	PM, dobré
27./28. feb. 1992	SL Ko	0.03-0.14	141/136	0.72	0.47	0.36	v U rozptyl
01./02. mar. 1992	SP Sc,Ko	0.98-0.01	20/19	0.81	0.46	0.32	PM, veľmi krátke
05./06. mar. 1992	SL Ko	0.30-0.40	105/99	0.85	0.58	0.42	UBV št., v U rozptyl
07./08. mar. 1992	SL Ko	0.98-0.03	88/86	-	-	-	PM, krátke, v U rozptyl
04./05. jún 1992	SL Ko		6/0	-	-	-	krátke, nepoužiteľné
08./09. okt. 1992	SL Ko,Bj	0.24-0.25	18/16	-	-	-	zlá noc, rozptyl
09./10. nov. 1992	SP Ma	0.65-0.71	88/81	0.66	0.35	0.23	
28./29. dec. 1992	SL Ko	0.63-0.64	18/16	0.95	0.72	0.51	rozptyl
29./30. dec. 1992	SL Ko,Bj	0.99-0.02	46/44	-	-	-	PM, krátke, rozptyl
04./05. jan. 1993	SL Ko	0.88-0.01	218/210	0.70	0.40	0.28	PM, krátka výst. vetva
05./06. jan. 1993	SL Ko,Bj	0.22-0.27	46/45	0.74	0.39	0.26	UBV št.
03./04. feb. 1993	SL Ko	0.77-0.79	30/30	0.58	0.28	0.17	
13./14. feb. 1993	SP Ko,Bj	0.00-0.02	26/26	0.87	0.33	0.31	PM, R, krátke, rozptyl
13./14. máj 1993	SL Ko	0.00-0.02	54/38	-	-	-	PM, nestála extinkcia
09./10. jún 1993	SL Ko	0.81-0.84	38/36	0.69	0.36	0.23	
10./11. jún 1993	SL Ko	0.16-0.17	16/15	1.22	0.91	0.66	
15./16. feb. 1994	SL Ko	0.78-0.86	104/99	0.60	0.29	0.17	
08./09. mar. 1994	SP Ur	0.61-0.64	34/33	-	-	-	
11./12. mar. 1994	SL Ko	0.59-0.62	48/45	-	-	-	zlá noc, rozptyl
11./12. mar. 1994	SP Sc		30/0	-	-	-	nepoužiteľné
28./29. mar. 1994	SP Sc		81/0	-	-	-	nepoužiteľné
31./01. feb. 1995	SL Ko	0.98-0.04	74/67	1.38	0.96	0.71	PM, krátke, rozptyl
15./16. jan. 1996	SP Ko,Ur	0.90-0.03	109/90	0.50	0.27	0.13	PM, R, zlá noc
27./28. feb. 1996	SP Ur	0.98-0.04	92/92	0.71	0.43	0.23	PM, dobré
15./16. jan. 1997	SP Bj,Ur	0.40-0.45	76/76	0.50	0.27	0.13	dobré
17./18. jan. 1997	SP Sc	0.15-0.18	30/22	0.46	0.27	0.13	zlá noc, rozptyl
26./27. jan. 1997	SP Ur	0.98-0.06	126/126	0.49	0.27	0.15	PM
29./30. jan. 1997	SL Ko	0.96-0.05	153/149	0.65	0.33	0.19	PM
03./04. feb. 1997	SP Sc	0.59-0.61	50/50	0.58	0.34	0.21	
14./15. feb. 1997	SP Sc	0.22-0.25	54/53	-	-	-	
23./24. feb. 1997	SP Ur	0.17-0.20	46/36	-	-	-	zlá noc, rozptyl
01./02. jún 1997	SP Ko	0.17-0.18	10/8	0.52	0.40	0.38	R, zlá noc, rozptyl
17./18. mar. 1998	SP Ur	0.45-0.48	46/46	0.93	0.53	0.26	R, rozptyl v U
09./10. apr. 1998	SP Sc,Pa	0.03-0.06	62/58	0.66	0.46	0.31	R, nezaradené
08./09. máj 1998	SP Ur	0.48-0.51	44/38	1.13	0.82	0.58	R, nezaradené
25./26. máj 1998	SP Pa	0.00-0.04	40/40	-	-	-	R, zlá noc, nezaradené
28./29. máj 1998	SP Ur,Pa	0.98-0.03	62/60	0.35	0.16	0.09	PM, R, nezaradené

V stĺpci *obs.* (observatórium): SP = Skalnaté Pleso, SL = Stará Lesná; pozorovatelia Ko = Komžík, Bj = Budaj, Hr = Hric, Ur = Urban, Gl = Gliviak, Ka = Kandra, Cho=Chochol, Sc=Schalling, Ma=Martinko, Pa=Parimucha; v stĺpci N_{tot}/N_{OK} : N_{tot} = celkový počet pozorovaní v jednom filtri; N_{OK} = počet dobrých pozorovaní; v 3 stĺpcoch *extinkčné koeficienty* sú uvedené extinkčné koeficienty pre jednotlivé filtre získané z pozorovania S_1 ; v stĺpci *poznámka*: PM = primárne minimum, SM = sekundárne minimum, UBV št. = boli merané aj katalogizované UBV štandardy.

Na výpočet fáz bola použitá efemerida: $JD_{min} = (JD_{hel}) 2 445 463.7734 + 3^d 0633117 \times E$.

Tabuľka 1: Originálne UBV pozorovania hviezdy TX UMa.

hviezda	V = TX UMa	S ₁	CH	S ₂	S ₅
HD	93033	92764	93213	92787	92539
SAO	43460	43442	43467	43444	43433
BD	46° 1659	45° 1857	44° 2012	46° 1657	47° 1799
GC	14783			14737	14699
AGK2	45° 911	45° 910	44° 966		
FK4				1276	
Hipparcos	52599	52458	52702	52469	52355
$\alpha_{(1950)}$	10 ^h 42 ^m 24 ^s .445	10 ^h 40 ^m 29 ^s .338	10 ^h 43 ^m 36 ^s .024	10 ^h 40 ^m 37 ^s .108	10 ^h 39 ^m 01 ^s .444
$\delta_{(1950)}$	45° 49' 45'' .74	45° 12' 45'' .81	44° 22' 00'' .60	46° 28' 01'' .90	46° 54' 41'' .73
μ_{α}	+0 ^s .0014	+0 ^s .0007	-0 ^s .0135	-0 ^s .0261	-0 ^s .0017
μ_{δ}	+0'' .001	-0'' .009	-0'' .036	-0'' .072	-0'' .013
spektrum		A 7 V (Hipparcos)	F 5 V (Hipparcos)	F 0	A 3
U		9.394	8.39	5.52	8.77
B		9.27	8.44	5.51	8.68
V		9.05	7.95	5.18	8.56

hviezda	S ₆	S ₇	S ₈ = 47 UMa	S ₉	
HD	92278	94669	95128	96834	
SAO	43423	43535	43557	43627	
BD	47° 1797	42° 2162	41° 2147	43° 2083	
GC	14659	15030	15087	15339	
AGK2	47° 885	42° 1054	40° 1169	43° 1009	
FK4			1282		
Hipparcos	52216	53465	53721	54537	
$\alpha_{(1950)}$	10 ^h 37 ^m 09 ^s .197	10 ^h 53 ^m 23 ^s .729	10 ^h 56 ^m 40 ^s .348	11 ^h 06 ^m 50 ^s .958	
$\delta_{(1950)}$	47° 06' 07'' .04	42° 16' 36'' .31	40° 41' 51'' .77	43° 28' 44'' .53	
μ_{α}	-0 ^s .0040	+0 ^s .0011	-0 ^s .0281	-0 ^s .0061	
μ_{δ}	-0'' .047	-0'' .095	+0'' .051	-0'' .016	
spektrum	A 2	K 2 III	G 0 V	M 2 III	
U	7.61	8.23	5.78	9.36	
B	7.53	7.17	5.66	7.46	
V	7.38	6.04	5.05	5.89	

Magnitúdy pre S₁ a CH (zvýraznené) boli určené na základe pozorovania zo Starej Lesnej dňa 05./06. januára 1993.

Tabuľka 2: Súradnice premennej TX UMa a porovnávacích hviezd (súradnice sú prevzaté zo SAO Star Catalog, 1966 [34], UBV magnitúdy a spektrálne typy z fotoelektrického katalógu Blanco et al. (1968) [35]).

koeficienty prvého rádu. Výsledky sú uvedené v tabuľke 1. Na prvý pohľad je zrejmé, že hodnoty extinkčných koeficientov sa pohybujú v pomerne veľkom intervale. Pre observatórium Stará Lesná a filter U je to 0.61–1.38. Problematickejšie sú však dramatické zmeny koeficientu: príkladom sú pozorovania zo Starej Lesnej z 09./10. a 10./11. júna 1993, keď sa za jeden deň zmenil napr. U-koeficient z hodnoty 0.69 na 1.22. Pozorovateľská skúsenosť však hovorí aj o náhlych zmenách koeficientov počas noci, pričom obloha je čistá. V takomto prípade sa nedá určiť extinkčný koeficient z pozorovania, aj keď toto pokrýva dostatočne veľký interval vzdušných hmôt. Všetky tieto skúsenosti značne spochybňujú používanie sezónnych extinkčných koeficientov minimálne na daných observatóriách. Riešením, v záujme získavania spoľahlivých dát, je iba **prísne diferenciálna fotometria**. Teda porovnávacia hviezda musí byť meraná veľmi často (v ideálnom prípade po každom meraní premennej) a musí byť v čo najmenšej uhlovej vzdialenosti. Splnenie prvej podmienky rieši dramatické zmeny

S_x	Filter	S_2-S_x		S_5-S_x		S_6-S_x		S_7-S_x		S_8-S_x	
		USNO		USNO		USNO		USNO		USNO	
S_5	U	-3.25	-3.222 ± 0.019								
	B	-3.17	-3.118 ± 0.006								
	V	-3.38	-3.286 ± 0.007								
S_6	U	-2.09	-2.055 ± 0.018	1.16	1.167 ± 0.017						
	B	-2.02	-1.976 ± 0.006	1.15	1.142 ± 0.007						
	V	-2.20	-2.112 ± 0.008	1.18	1.173 ± 0.008						
S_7	U	-2.71	-2.625 ± 0.025	0.54	0.598 ± 0.024	-0.62	-0.570 ± 0.023				
	B	-1.66	-1.695 ± 0.016	1.51	1.423 ± 0.016	0.36	0.281 ± 0.017				
	V	-0.86	-0.868 ± 0.014	2.52	2.417 ± 0.015	1.34	1.244 ± 0.016				
S_8	U	-0.26	-0.217 ± 0.022	2.99	3.006 ± 0.021	1.83	1.839 ± 0.020	2.45	2.408 ± 0.027		
	B	-0.15	-0.172 ± 0.019	3.02	2.946 ± 0.019	1.87	1.804 ± 0.020	1.51	1.523 ± 0.030		
	V	0.13	0.134 ± 0.019	3.51	3.419 ± 0.020	2.33	2.246 ± 0.020	0.99	1.002 ± 0.027		
S_9	U	-3.84	-3.759 ± 0.017	-0.59	-0.537 ± 0.015	-1.75	-1.704 ± 0.014	-1.13	-1.135 ± 0.022	-3.58	-3.543 ± 0.019
	B	-1.92	-2.013 ± 0.012	1.25	1.105 ± 0.013	0.10	-0.037 ± 0.014	-0.26	-0.318 ± 0.022	-1.77	-1.841 ± 0.026
	V	-0.71	-0.729 ± 0.011	2.67	2.557 ± 0.012	1.49	1.384 ± 0.012	0.15	0.140 ± 0.019	-0.84	-0.862 ± 0.024

V stĺpci označenom *USNO* sú uvedené hodnoty podľa katalógu US Naval Obs. (Blanco et al., 1968) [35])

Tabuľka 3: Porovnanie magnítud porovnávacích hviezd podľa katalógu US Naval Obs. a podľa vlastných meraní.

Ref.	S_1			$S_3 = CH$		
	U	B	V	U	B	V
S_1				9.394	8.443	7.950
	8	8	8	± 0.008	± 0.004	± 0.004
S_2	9.369	9.268	9.036	8.374	8.444	7.931
	8	8	8	± 0.008	± 0.004	± 0.004
S_5	9.391	9.321	9.137	8.386	8.498	8.033
	8	8	8	± 0.007	± 0.003	± 0.006
S_6	9.403	9.309	9.124	8.388	8.487	8.021
	8	8	8	± 0.008	± 0.004	± 0.004
S_7	9.41	9.24	9.00	8.40	8.42	7.90
	4	4	4	± 0.02	± 0.02	± 0.01
S_8	9.42	9.25	9.03	8.42	8.423	7.92
	4	4	4	± 0.02	± 0.008	± 0.02
S_9	9.370	9.21	8.98	8.340	8.38	7.86
	4	4	4	± 0.007	± 0.02	± 0.01
\emptyset	9.394	9.27	9.05	8.39	8.44	7.95
RMS	± 0.009	± 0.02	± 0.03	± 0.01	± 0.02	± 0.03

V stĺpci *Ref.* je uvedený katalogizovaný (Blanco et al., 1968) [35]) UB V štandard, ktorý bol použitý pre určenie. V druhom riadku sú uvedené počty meraní a RMS.

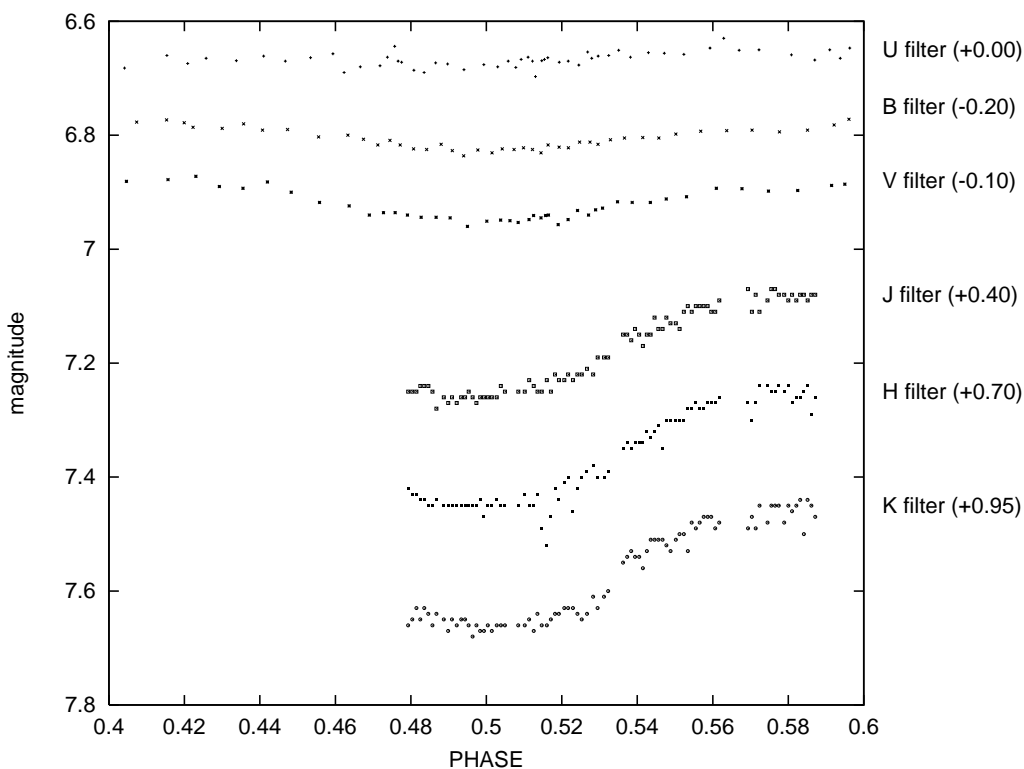
Tabuľka 4: Určenie magnítud porovnávacích hviezd S_1 a $S_3 = CH$.

extinkcie; druhá podmienka zabezpečí že aj pri veľmi nepresnom určení koeficientu vzhľadom na malý rozdiel vzdušných hmôt nevňášame do výsledku veľkú chybu.

5.2 IR fotometria

Infračervené fotometrické pozorovania TX UMa vo filtroch J, H, K boli získané vďaka spolupráci s RNDr. J. Grygarom, CSc. a Dr. A. Ulla, ktorá vykonala aj základnú redukciu, na observatóriu v Teneriffe. Počas 2 nocí (23. a 26. marca 1994) bolo zámerom simultánne pozorovať sekundárne minimum vo filtroch UBV na Skalnatom Plese a JHK na Teneriffe. Pozorovania na Skalnatom Plese sa z dôvodu nepriazne počasia nekonali a chyba prístroja znehodnotila pozorovania z 23. marca z Teneriffe.

Výsledky druhej noci sú zobrazené na obrázku 1. Na porovnanie sú tu taktiež uvedené normálne body svetelnej krivky vo filtroch UBV. Vzhľadom na jedinečnosť IR pozorovaní tabuľka 5 uvádza všetky dáta z tejto noci, chyba meraní je 0.01 magnitúdy.



Obr. 1: Fotometrické pozorovania sekundárneho minima TX UMa. Filtre UBV zobrazujú normálne body svetelnej krivky; filtre JHK sú pozorovaním z 26. marca 1994 z Teneriffe.

Keďže pozorovanie zachytáva iba minimálnu časť zostupnej vetvy sekundárneho minima, bolo problematické určiť jeho okamih. Toto je aj dôvodom veľkých chýb. Metódou paraboly dostávame pre pozorovaný okamih sekundárneho minima $JD_{hel} 2449\,438.40 \pm 0.05$ pre filter J a $2449\,438.42 \pm 0.03$ pre filtre H a K. Vzhľadom na chybu je možné usudzovať, že minimá nejavia posun v jednotlivých filtroch.

JD _{hel}	Filter			JD _{hel}	Filter			JD _{hel}	Filter		
-2 449 000.0	J	H	K	-2 449 000.0	J	H	K	-2 449 000.0	J	H	K
438.3569	6.85	6.72	6.71	438.4653	6.85	6.79	6.71	438.5773	6.74	6.60	6.55
438.3602	6.85	6.73	6.70	438.4694	6.83	6.82	6.71	438.5807	6.71	6.60	6.55
438.3635	6.85	6.73	6.68	438.4728	6.85	6.77	6.70	438.5839	6.70	6.58	6.58
438.3667	6.84	6.74	6.70	438.4761	6.82	6.72	6.69	438.5870	6.71	6.58	6.53
438.3699	6.84	6.74	6.68	438.4792	6.83	6.74	6.69	438.5904	6.70	6.57	6.54
438.3733	6.84	6.75	6.69	438.4836	6.83	6.71	6.68	438.5935	6.70	6.58	6.53
438.3766	6.85	6.75	6.71	438.4867	6.82	6.70	6.68	438.5968	6.70	6.58	6.52
438.3797	6.88	6.74	6.69	438.4907	6.83	6.76	6.68	438.5999	6.70	6.57	6.52
438.3859	6.86	6.75	6.70	438.4943	6.82	6.72	6.69	438.6029	6.71	6.57	6.52
438.3893	6.87	6.75	6.72	438.4979	6.82	6.70	6.70	438.6061	6.71	6.57	6.54
438.3925	6.86	6.75	6.70	438.5021	6.81	6.69	6.69	438.6094	6.69	6.56	6.53
438.3963	6.87	6.75	6.71	438.5070	6.82	6.68	6.66	438.6327	6.67	6.57	6.54
438.3999	6.86	6.75	6.70	438.5107	6.79	6.70	6.68	438.6359	6.71	6.60	6.52
438.4030	6.86	6.75	6.70	438.5159	6.79	6.70	6.66	438.6390	6.68	6.57	6.54
438.4061	6.85	6.75	6.71	438.5191	6.79	6.69	6.65	438.6420	6.71	6.54	6.50
438.4092	6.86	6.75	6.73	438.5313	6.75	6.65	6.60	438.6485	6.69	6.54	6.53
438.4122	6.87	6.75	6.71	438.5346	6.75	6.64	6.59	438.6516	6.67	6.55	6.50
438.4153	6.86	6.74	6.72	438.5379	6.76	6.65	6.58	438.6547	6.67	6.55	6.50
438.4185	6.86	6.77	6.72	438.5411	6.74	6.64	6.59	438.6578	6.68	6.54	6.50
438.4216	6.86	6.75	6.71	438.5443	6.75	6.64	6.59	438.6622	6.68	6.55	6.53
438.4249	6.86	6.75	6.72	438.5474	6.77	6.64	6.61	438.6654	6.69	6.54	6.50
438.4288	6.86	6.74	6.71	438.5506	6.75	6.62	6.58	438.6685	6.68	6.57	6.51
438.4321	6.84	6.75	6.71	438.5538	6.75	6.63	6.56	438.6719	6.69	6.56	6.50
438.4354	6.85	6.75	6.71	438.5568	6.72	6.62	6.56	438.6750	6.68	6.56	6.49
438.4463	6.85	6.75	6.71	438.5599	6.74	6.61	6.56	438.6781	6.68	6.55	6.55
438.4515	6.85	6.73	6.71	438.5634	6.74	6.65	6.56	438.6811	6.69	6.54	6.49
438.4552	6.83	6.75	6.70	438.5665	6.72	6.60	6.57	438.6842	6.68	6.59	6.50
438.4588	6.84	6.75	6.72	438.5698	6.73	6.60	6.58	438.6873	6.68	6.56	6.52
438.4619	6.85	6.73	6.69	438.5742	6.73	6.60	6.56				

Tabuľka 5: IR pozorovania TX UMa z 26. marca 1994.

Ak získaný okamih sekundárneho minima vyjadríme vo fáze podľa novo určenej efemeridy (vzťah (21)) platnej pre dané obdobie, dostávame 0.493 ± 0.017 pre filter J a 0.500 ± 0.010 pre filtre H a K. V danom období teda nebol pozorovaný posuv sekundárneho minima voči fáze 0.5.

Napriek faktu, že sa nepodarilo získať ani jedno priame UBV pozorovanie sekundárneho minima, z ktorého by bolo možné priamo získať jeho okamih, normálne body UBV (obrázok 1) taktiež podporujú predchádzajúce tvrdenie: počas obdobia 1991–1998 som nepozoroval posun polohy sekundárneho minima voči fáze 0.5.

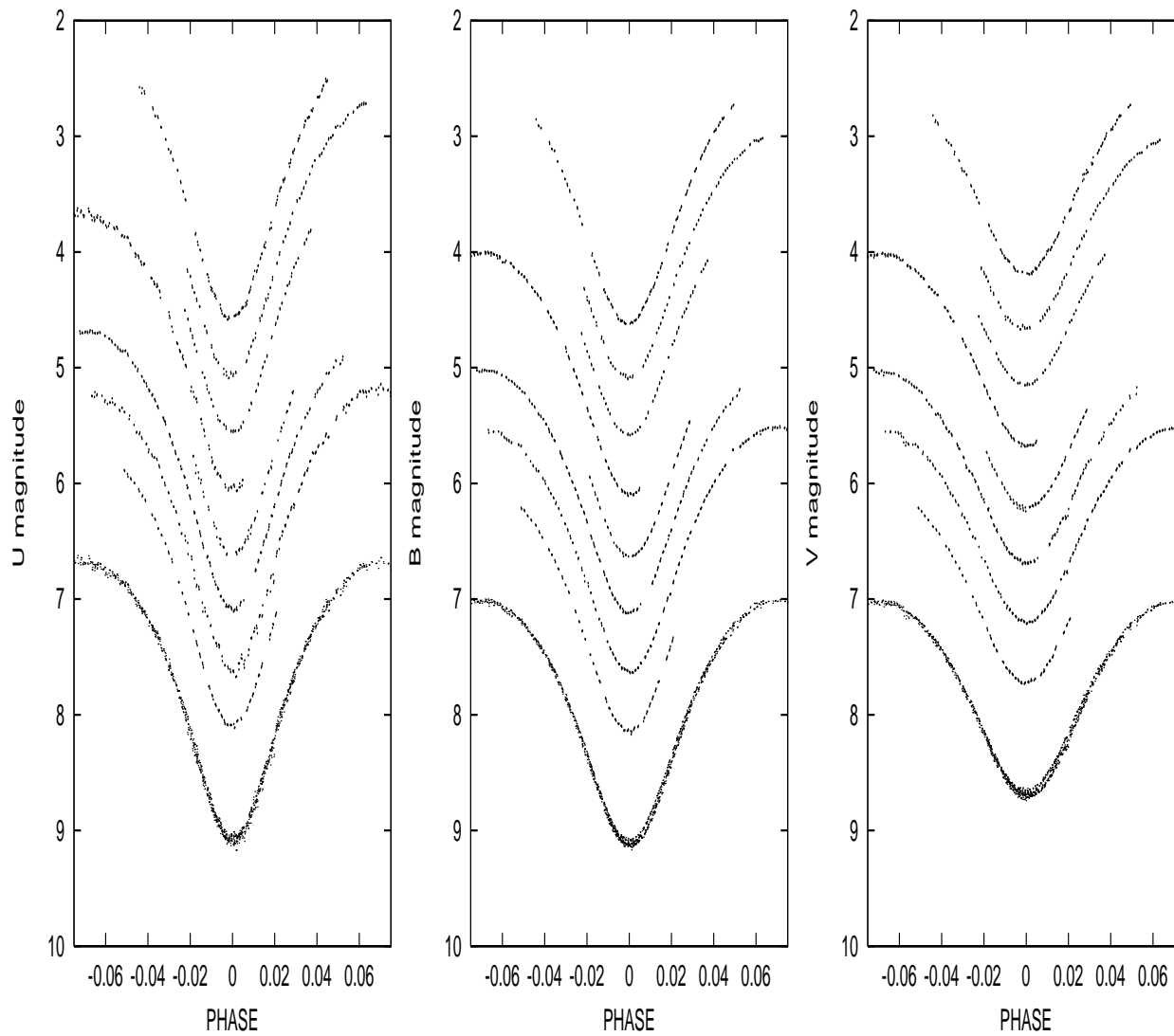
5.3 O-C diagram

5.3.1 Okamihy miním

Prvou úlohou po základnej redukcii napozorovaných fotometrických dát bolo určiť okamihy všetkých napozorovaných miním. Podarilo sa mi získať 16 pozorovaní primárnych miním vhodných na určenie okamihu zákrytu. Problémom pri pozorovaní minima TX UMa je jeho dĺžka $t_4 - t_1 = 9.7$ hod., čiže celé minimum je možné odpozorovať iba počas dlhých zimných nocí. Problematická je aj orbitálna perióda TX UMa, blízka celočíselnému násobku dňa. Sekundárne minimá sú veľmi plytké a to sťažuje určenie. Všetky mnou získané minimá, z ktorých bolo možné určiť okamih minima (pozorovaný dostatočný úsek vstupnej aj výstupnej vetvy), možno nájsť v tabuľke 6.

Okamihy miním boli určené programom MIN77, do ktorého som zahrnul viacero metód a jeho podrobnejší opis je v dodatku E. V tomto prípade som použil metódu

Obr. 2: Vlastné UBV pozorovania primárnych miním TX UMa.



SL: Jan 29/30 1997
SP: Jan 26/27 1997
SP: Feb 27/28 1996
SL: Jan 04/05 1993
SL: Mar 07/08 1992
SP: Jan 24/25 1992
SL: Jan 21/22 1992
SP: Feb 15/16 1991

SUM OF ALL

dátum	obs.	JD _{min} - 2 400 000.0			poznámka
		U	B	V	
15./16. feb. 1991	SP Gl,Ko	48303.46340 ±0.00005	48303.46341 ±0.00008	48303.46352 ±0.00007	P, KW, IBVS 3698
18./19. feb. 1991	SP Gl,Ka	48306.5254 ±0.0002	48306.5258 ±0.0002	48306.52515 ±0.00012	P, KW, IBVS 3698
18./19. feb. 1991	SL Hr,Ko	48306.5272 ±0.0004	48306.527 ±0.001	48306.5277 ±0.0003	P, KW, IBVS 3698
03./04. dec. 1991	SP Ko,Hr	48594.4786 ±0.0003	48594.4792 ±0.0002	48594.4792 ±0.0003	P, KW, IBVS 3698
21./22. jan. 1992	SL Ko,Bj	48643.4921 ±0.0002	48643.4918 ±0.0002	48643.4919 ±0.0002	P, KW veľký šum v U filtri
24./25. jan. 1992	SP Ko,Ur	48646.5557 ±0.0004	48646.5556 ±0.0004	48646.5551 ±0.0005	P, KW
07./08. mar. 1992	SL Ko	48689.4416 ±0.0003	48689.4421 ±0.0001	48689.4420 ±0.0002	P, KW veľký šum v U filtri
29./30. dec. 1992	SL Ko,Bj	48986.584 ±0.002	48986.584 ±0.002	48986.584 ±0.003	P, KW krátke
04./05. jan. 1993	SL Ko	48992.708 ±0.003	48992.711 ±0.001	48992.711 ±0.001	P, KW krátke
13./14. feb. 1993	SP Ko,Bj	49032.5337 ±0.0002	49032.5332 ±0.0002	49032.5343 ±0.0004	P, KW krátke
13./14. máj 1993	SL Ko	49121.370 ±0.004	49121.370 ±0.005	49121.370 ±0.008	P, KW krátke
31./01. feb. 1995	SL Ko	49749.347 ±0.002	49749.348 ±0.003	49749.349 ±0.003	P, KW; zost. vetva veľmi krátka
15./16. jan. 1996	SP Ko,Ur	50098.564 ±0.002	50098.564 ±0.002	50098.564 ±0.004	P, KW krátke
27./28. feb. 1996	SP Ur	50141.4502 ±0.0002	50141.4500 ±0.0001	50141.4497 ±0.0002	P, KW veľmi dobré
26./27. jan. 1997	SP Ur	50475.3496 ±0.0002	50475.3497 ±0.0002	50475.3499 ±0.0002	P, KW dobré
29./30. jan. 1997	SL Ko	50478.4134 ±0.0002	50478.4139 ±0.0002	50478.4137 ±0.0002	P, KW dobré

V stĺpci *obs.* (observatórium): SP = Skalnaté Pleso, SL = Stará Lesná; pozorovatelia Ko = Komžík, Hr = Hric, Bj = Budaj, Ur = Urban, Gl = Gliviak, Ka = Kandra.

V stĺpci *poznámka*: metóda určenia okamihu minima: P = parabola, KW = Kwee & Van Woerden (1956 [32]); IBVS 3698 = minimum bolo uverejnené v Hric & Komžík (1992 [124]).

Tabuľka 6: Originálne pozorovania primárnych mínim hviezdy TX UMa.

paraboly a Kwee–Van Woerdenovu (1956 [32]), vhodnú hlavne na odhad chyby. Okamihy mínim boli určené zvlášť pre každú farbu. Rozdiely v časoch minima v jednotlivých filtroch sú vo väčšine prípadov v rámci chýb určenia a nie je možné vyvodiť záver o systematickom posune. Samotná uvádzaná chyba má skôr význam odhadu. Na určenie sa totiž používa iba časť minima: pod určitou hraničnou magnitúdou. Vzhľadom na (ne)napozorované dáta v konkrétnom prípade nie je možné túto hranicu vybrať vždy rovnakú. Kvalita noci určuje chybu jednotlivého pozorovania (vieme ju iba odhadnúť) a to opäť ovplyvňuje určenie chyby okamihu minima. Tieto úvahy podporuje simultánne pozorovanie TX UMa na observatóriách Stará Lesná aj Skalnaté Pleso z 18./19. februára 1991. Získané výsledky okamihov nesúhlasia ani v rámci uvedených chýb. Vysvetlením môže byť už spomínaná dramatická zmena extinkcie na jednom z observatórií a následná deformácia tvaru minima.

Všetky minimá som testoval na symetričnosť tak, že som metódou najmenších štvorcov preložil priamku bodmi určujúcimi bisektor minima. Všetky tieto priamky mali minimálnu odchýlku (v rámci chyby) od zvislosti. Z toho vyplýva symetričnosť mnou napozorovaných miním v rámci chýb pozorovania. Napriek tomu v tvaroch jednotlivých miním možno pozorovať sporadicky sa vyskytujúce menšie deformácie, svedčiace o aktivite v sústave. Pravdepodobnou príčinou je výskyt horúcejších oblastí, indikujúcich prenos hmoty. Porovnanie jednotlivých miním je zobrazené na obrázku 2.

5.3.2 Aktuálna efemerida

Už od začiatku pozorovaní v januári 1991 bolo jasné, že efemerida, ktorú som mal k dispozícii, nevyhovuje a perióda sústavy sa zmenila. Tento efekt sa v prípade TXUMa vyskytol už viackrát a referovali o ňom viacerí autori (viď časť 4.1). Do tabuľky 7 som preto zhromaždil všetky dostupné okamihy miním z literatúry spolu s vlastnými určeniami. "Problém pozorovania sekundárneho minima" je aj tu evidentný, keďže bolo publikované iba jedno priame určenie okamihu minima v porovnaní s 317 primárnymi minimami. Popri tomto jednom minime sú tu uvedené aj moje pomerne nepresné okamihy miním získané z IR fotometrie (časť 5.2) a "normálne okamihy" sekundárneho minima (popísané neskôr). Štyri primárne minimá z tohoto zoznamu vykazujú príliš veľký odskok (desatiny dňa) a boli z ďalšieho spracovania vyradené, keďže ide zrejme o tlačové chyby. Iba v prípade minima 2 444 990.5065 možno špekulovať o tom, či nejde o sekundárne minimum (rozdiel voči "okolitým" minimám je zhruba 1.5 dňa). Práca Ogłozu (1997 [110]) uvádza minimum 2 449 964.4596, správna hodnota je však 2 449 464.4596 (Ogłoz, 1998 [111]), ako je uvedené aj v tabuľke 7.

Všetky minimá z tohto zoznamu (okrem spomínaných štyroch) boli použité na určenie lineárnej predbežnej efemeridy metódou najmenších štvorcov. Na správne váhovanie je potrebné poznať chyby určenia okamihov miním, ktoré však neboli vždy uvedené v pôvodných zdrojoch. Preto som okamihom miním bez uvedenej chyby priradil nasledovné chyby: 1 minúta pre fotoelektrické a normálne fotografické; 2 minúty pre fotografické; 5 minút pre vizuálne minimá. Týmto spôsobom som získal efemeridu:

$$JD_{\min} = JD_{\text{hel}} - 2\,445\,463.79780 + 3.06328980 \times E . \quad (20)$$

Táto efemerida bola následne použitá na konštrukciu O-C diagramu zobrazeného na obrázku 3.

Z O-C diagramu (obrázok 3) je zrejme, že efemeridu s periódou $3^d.0632382$ uvedenú v Oh & Chen (1984 [59]) možno považovať za platnú do JD 2 445 111. Po tomto čase diagram ukazuje jasnú zmenu periódy. Preto som 112 okamihov miním (51 vizuálnych a 61 fotoelektrických) od JD 2 445 463 použil na stanovenie novej efemeridy metódou najmenších štvorcov. Neznáme chyby niektorých okamihov miním

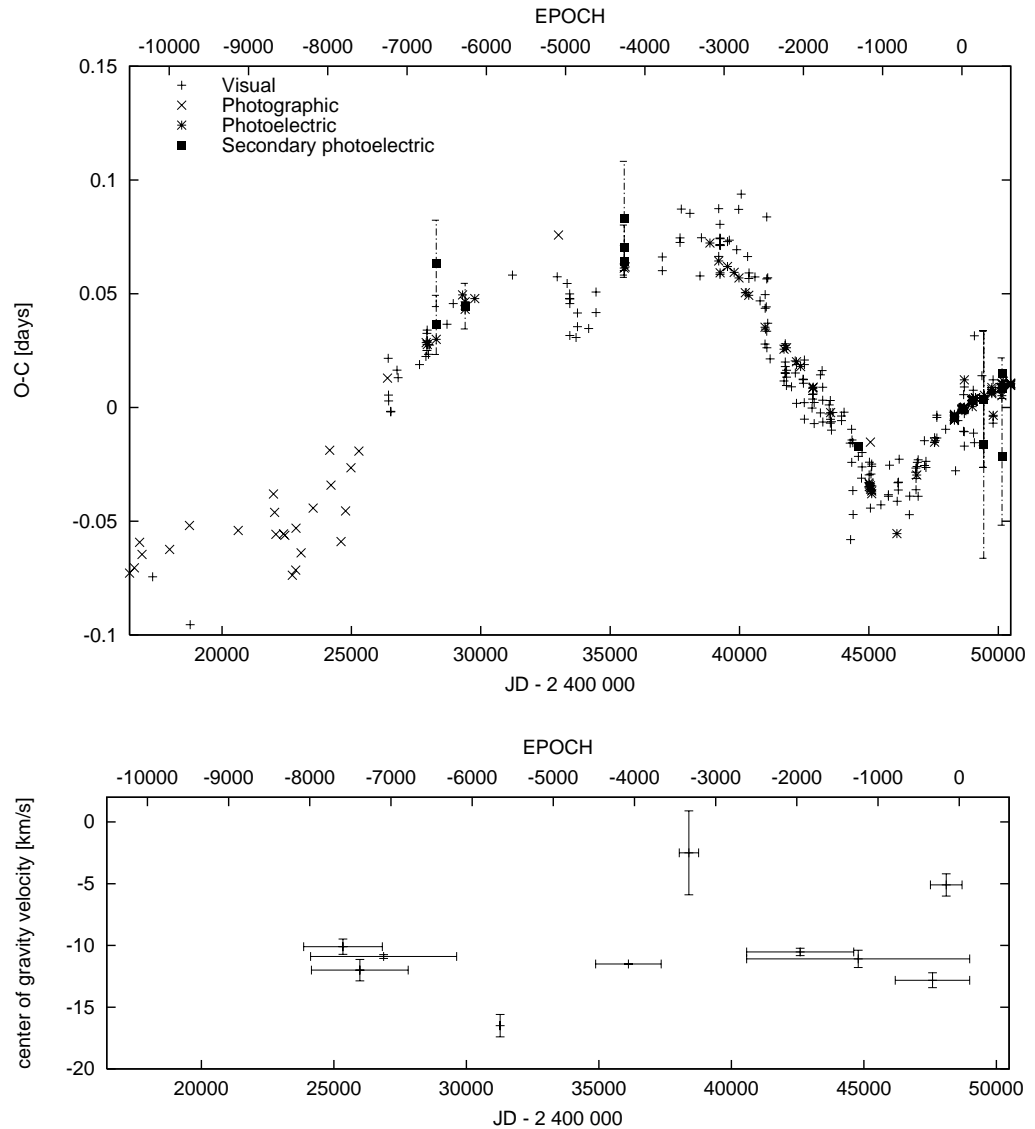
No.	Epocha	JD _{hel} - 2 400 000.0	Chyba	Typ	Ref.	No.	Epocha	JD _{hel} - 2 400 000.0	Chyba	Typ	Ref.
Sekundárne minímá											
1	-5609.5	28280.310	0.013	PE *	[60], TU	8	1297.5	49438.40	0.05	PE,J	TU
2	-5609.5	28280.337	0.019	PE *	[46], TU	9	1297.5	49438.42	0.03	PE,H	TU
3	-5244.5	29398.419	0.010	PE *	[83], TU	10	1297.5	49438.42	0.03	PE,K	TU
4	-3238.5	35543.398	0.007	PE,Y *	[50], TU	11	1527.5	50142.9512	0.03	PE,U *	TU
5	-3238.5	35543.404	0.010	PE,B *	[50], TU	12	1527.5	50142.9814	0.002	PE,V *	TU
6	-3238.5	35543.417	0.025	PE,V *	[50], TU	13	1527.5	50142.9878	0.007	PE,B *	TU
7	-276.5	44616.7811		PE	[59]						

V stĺpci *Chyba* je uvedená chyba určenia JD_{hel} v dňoch; N = príliš veľký odskok = vyradené.

V stĺpci *Typ*: Vis = vizuálne, PH = fotografické, PE = fotoelektrické (s prípadným uvedením filtrov). Hviezdička * označuje "normálne minimum" určené z normálnych bodov pre dané obdobie.

Stĺpec *Ref.* uvádza odkaz na zdroj podľa zoznamu použitej literatúry; TU = vlastné pozorovanie prvýkrát publikované v tejto práci.

Tabuľka 7: Pozorovania miním hviezd TX UMa. (*Pokračovanie.*)



Obr. 3: O-C diagram pre všetky okamihy miním a variácie rýchlosti ťažiska sústavy γ_{rv} .

boli opäť odhadnuté spôsobom uvedeným pri výpočte predbežnej efemeridy (20). Výsledkom je efemerida:

$$JD_{\min} = JD_{\text{hel}} \quad 2\,445\,463.7734 \quad +3.0633117 \times E \quad . \quad (21)$$

$$\pm 0.0002 \quad \pm 0.0000001$$

Vzhľadom na tvar O-C diagramu v uvedenom intervale JD som sa pokúsil stanoviť aj efemeridu s lineárne sa meniacou periódou, teda efemeridu s kvadratickým členom. Výsledkom je:

$$JD_{\min} = JD_{\text{hel}} \quad 2\,445\,463.7344 \quad +3.063379 \times E \quad -2.71 \times 10^{-8} \times E^2 \quad . \quad (22)$$

$$\pm 0.0007 \quad \pm 0.000002 \quad \pm 0.05$$

Keďže zvyšková suma štvorcov pre lineárnu a parabolickú efemeridu sa líši iba minimálne, uprednostnil som jednoduchšie riešenie. **Pre obdobie od JD 2 445 463 platí lineárna efemerida uvedená vo vzťahu (21).**

Pokiaľ prijmem predstavu, že príčinou zmeny periódy v čase \sim JD 2 445 111–2 445 463 bol konzervatívny prenos hmoty z menej hmotnej (sekundárnej) zložky a hmotnosti zložiek (viď časť 7) sú $M_1 = 2.82M_{\odot}$, $M_2 = 0.87M_{\odot}$, podľa vzťahu (7) dostávame množstvo prenesenej hmoty $\Delta M = 1.0063 \times 10^{-5}M_{\odot}$.

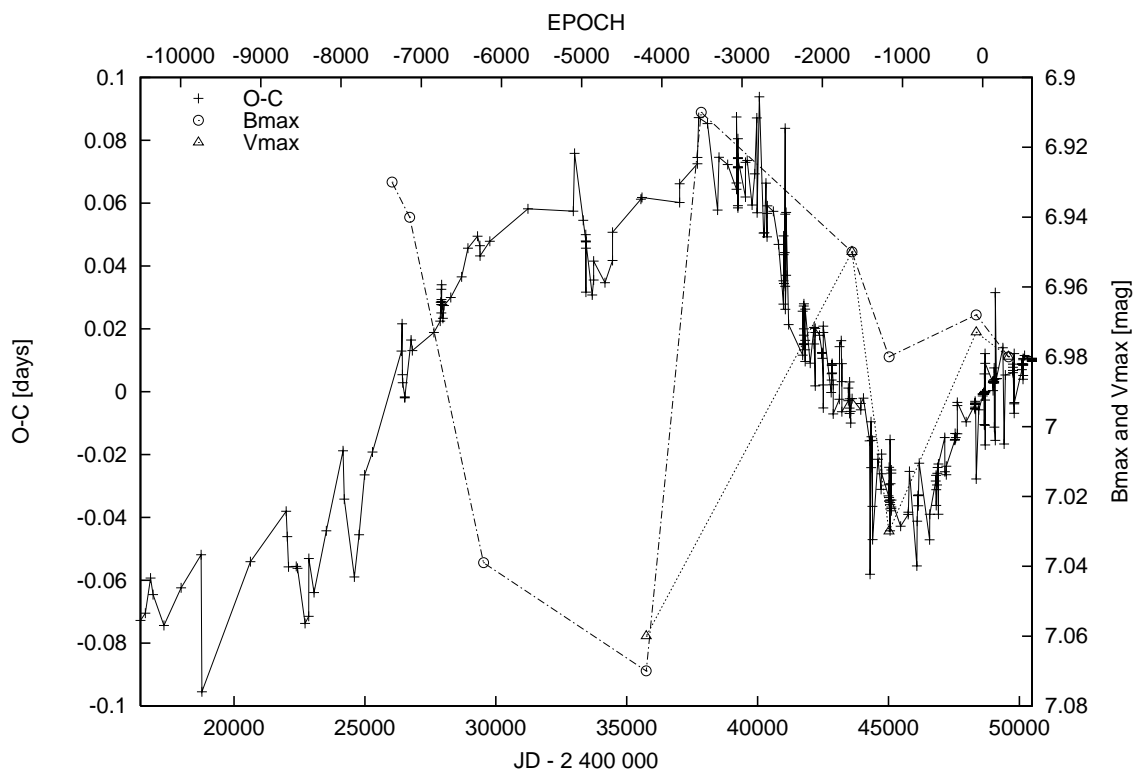
5.3.3 Príčiny zmien periódy

Charakter O-C diagramu (obrázok 3) je nepravidelný a na prvý pohľad nie je jasné, ktorý z možných efektov sa uplatňuje pri zmenách periódy sústavy. Je však veľmi pravdepodobné, že ide o superpozíciu viacerých efektov tak, ako navrhujú Todoran & Roman (1992 [81]).

Vzhľadom na význam okamihov sekundárnych miním pri rozhodovaní, ktorý jav sa uplatňuje pri zmene periódy (stáčanie priamky apsid alebo tretie teleso) a nízky počet takýchto údajov, som sa pokúsil stanoviť "normálne okamihy". Viacerí autori (O'Keefe, 1938 [60]); Wood, 1946 [83]; Koch, 1961 [50]) síce spomínajú pozorovania sekundárneho minima a prípadne posuv jeho polohy voči fáze 0.5, avšak ani jedna z týchto prác neudáva určenie okamihu minima. Autori uvádzajú fázový diagram a z neho odvodzujú posun polohy sekundárneho minima. Taktiež moje vlastné UVB pozorovania neumožnili priamo určiť okamih sekundárneho minima. Všetky pozorovania v týchto intervaloch fáz boli buď príliš krátke, alebo pokrývali iba jednu z vetiev. Z týchto dôvodov som určil okamih minima s chybou vo fázovom diagrame a priradil mu zodpovedajúci čas pomocou naviazania na pozorovanie niektorého z primárnych miním, ktorých okamih je v spomínaných prácach uvedený. Týmto spôsobom sú skonštruované "normálne okamihy" sekundárneho minima, označené v tabuľke 7 hviezdikou. Sekundárne minimum vo filtri U je natoľko plytké, že z vlastných pozorovaní som stanovil jeho okamih iba s veľmi veľkou chybou. Takýmto "fázovým" spôsobom sa mi podarilo určiť 9 okamihov sekundárnych miním. Tento súbor okamihov sekundárnych miním dopĺňajú výsledky pozorovania v IR oblasti,

detailnejšie popísané v časti 5.2 a jediné publikované priame určenie (Oh & Chen, 1984 [59]), takže celkovo sa podarilo získať 13 okamihov sekundárnych miním.

Všetky uvedené okamihy sú zakreslené spolu s chybami do O-C diagramu (obrázok 3). Chyba určenia okamihov sekundárnych miním je vo väčšine prípadov veľmi veľká. V jej rámci **nemožno potvrdiť posun okamihu sekundárneho minima voči fáze 0.5**. Z O-C diagramu je ďalej zrejmé, že sekundárne minimá vykazujú O-C hodnoty zodpovedajúce okamihom primárnych miním a nie sú s nimi v profíaze, ako by si to vyžadoval prípad stáčania priamky apsid. Ako uvádza časť 7, simultánnemu riešeniu svetelnej krivky a krivky radiálnych rýchlostí TX UMa najlepšie vyhovuje kruhová dráha (excentricita $e = 0$). Som presvedčený, že oba tieto fakty sú dostatočným dôvodom na tvrdenie, že **zmeny periódy TX UMa nie sú spôsobené stáčaním priamky apsid**.



Obr. 4: O-C diagram a maximálna jasnosť sústavy TX UMa.

Ako jednu z možností vysvetlenia zmien periódy TX UMa uviedli Kalimeris et al. (1994 [47]) Applegateov mechanizmus. V tomto prípade musí maximálna jasnosť sústavy korelovať alebo anti-korelovať so zmenami O-C diagramu (Applegate, 1992 [1]), a tak máme pomerne jednoduchú možnosť testovať prítomnosť tohto javu v sústave. Chod oboch týchto veličín (O-C hodnoty a maximálna jasnosť v Johnsonových filtroch B a V) zobrazuje obrázok 4. Získanie maximálnych jasností z literatúry bolo veľmi obtiažne. Staršie fotoelektrické merania sú uvedené bez použitého filtra: určil som ho podľa hĺbky miníma. Najstaršie určenia sú uvedené vo fotografických

magnitúdach. Za efektívnu vlnovú dĺžku takýchto meraní, kde nie je jasné, aká emulzia bola použitá, sa zvykne považovať 4200 Å. Použil som prevodný vzťah: $m_B = m_{pg} + 0.11$ (Lang, 1992 [9]), m_B je B-magnitúda v Johnsonovom medzinárodnom systéme a m_{pg} fotografická magnitúda. Samozrejme, takýto prevod nie je korektným úkonom, vzhľadom na širokopásmovosť filtra B a fotografickej emulzie a nezávislosť prevodu na spektrálnom type. Týmto spôsobom boli upravené prvé tri (v zmysle času) body na obrázku 4. Najstaršie merania však poskytujú veľmi dôležitú informáciu, a preto som ich zaradil. Zvyšné určenia sú prebrané z originálnych prác bez úprav (iba v niektorých prípadoch bolo potrebné pripočítať hodnotu porovnávacej hviezdy). Tu je dôležité upozorniť, že niektoré z hodnôt sú v inštrumentálnom systéme, avšak vzhľadom na zvyčajne malý vplyv transformačných prevodov do medzinárodného systému, nepresnosť nebude významná v porovnaní s "upravenými" fotografickými magnitúdami. Z uvedených dôvodov je potrebné k uvedeným maximálnym jasnostiam pristupovať veľmi kriticky, keďže predstavujú značne nehomogénny rad. Samotný rozptyl farebného indexu pri meraniach jednotlivých autorov dáva predstavu o chybách určení. Rozmedzie maximálnych jasností je zhruba iba jedna desatina magnitúdy. Problémom tohto prístupu v prípade TX UMa je malá svietivosť sekundárnej zložky, ktorá jediná by mohla byť zodpovedná za Applegateov mechanizmus. Zmeny jej jasnosti preto len málo ovplyvnia celkovú jasnosť sústavy. Keďže sekundárna zložka je hviezda oveľa neskoršieho spektrálneho typu, jej variácie jasnosti⁴ by spôsobili väčšie zmeny vo filtri V než v B. Na obrázku 4 je jasne vidieť, že opak je pravdou. Tvrdenie o výraznejších zmenách vo filtri V som overil pomocou modelu toku žiarenia sústavy zloženej z dvoch absolútne čiernych telies s teplotami a rozmermi zložiek podľa modelu (tabuľka 13). Model sústavy (časť 7; svietivosti v tabuľke 13) taktiež udáva väčší podiel žiarenia sekundárnej zložky na celkovom svetle v oblasti dlhších vlnových dĺžok v porovnaní s krátkovlnnou oblasťou. Tieto dôvody ma vedú k záveru, že maximálna jasnosť sústavy sa nemení, nemožno hovoriť o korelácii či antikorelácii s O-C hodnotami, a teda **Applegateov mechanizmus v sústave nie je prítomný**. Pre úplnosť je potrebné uviesť, že jasnosť sústavy v čase primárneho minima by mohla byť lepším kritériom na hľadanie zmien jasnosti sekundárnej zložky, avšak takýto dostatočne homogénny rad hodnôt na dlhšej časovej škále sa mi nepodarilo z literatúry získať. Zaujímavá je taktiež zmena tvaru primárneho minima pozorovaná Kreinerom & Tremkom (1980 [52]). Pripísať túto zmenu zmene jasnosti sekundárnej zložky v období, keď sa perióda javila konštantnou, je však značne problematické. Pravdepodobnejší je pôvodný výklad autorov, ktorí ju pripisujú prítomnosti okolohviezdneho materiálu a prejavu aktivity (prenosu hmoty).

V sústave TX UMa je s vysokou pravdepodobnosťou prítomný prenos hmoty spô-

⁴Je potrebné mať na pamäti, že zmeny jasnosti zložky pri Applegateovom mechanizme sú spôsobené zmenou jej teploty, a teda aj spektrálneho typu.

sobujúci zmenu periódy. Tento prenos hmoty má iba epizodický charakter. O jeho prítomnosti svedčia spektroskopické pozorovania Albrighta & Richardsovej (1993 [36]) a za významnú podporu pokladám aj vysokú asynchrónosť rotácie primárnej zložky určenú v časti 6.2. Navyiac ide o polodotykovú sústavu a sekundárna zložka vyplňa Rocheovu medzu (časť 7). Samotný prenos hmoty však nemôže vysvetliť pozorovaný charakter O-C diagramu.

Pri predpoklade prítomnosti tretieho telesa v sústave je O-C súčtom zmien spôsobených "light-time" efektom a náhlymi "skokovými" zmenami ako dôsledkom epizodických prenosov hmoty z menej hmotnej sekundárnej zložky na primárnu. Pokúsil som sa tieto dva javy odseparovať a tým vysvetliť správanie sa O-C hodnôt.

veľičina	označenie	fit A	fit B
efemerida dvojhviezdy	P JD_0	$3^d 0632957 \pm 0^d 0000003$ $2\ 445\ 463.828 \pm 0.002$	$3^d 06328980$ $2\ 445\ 463.79780$
excentricita	e'	0.50 ± 0.03	0.39
perióda	P'	$26800^d \pm 170^d$ (73.4 \pm 0.5) roka	11270^d 30.9 roka
dĺžka periastra	ω'	$217^\circ 46 \pm 0^\circ 07$	238°
projekcia veľkej poloosy dráhy dvojhviezdy	$a_{12} \sin i'$	$(2490 \pm 65) R_\odot$ $(11.6 \pm 0.3) \text{ AU}$	$1159 R_\odot$ 5.39 AU
vlastná rýchlosť ťažiska	$\gamma_{rv,0}$	-10.98 km s^{-1}	-12.0 km s^{-1}
prechod periastrom	T_0	$(2\ 443\ 800 \pm 260) \text{ JD}$	$2\ 445\ 262 \text{ JD}$
poloamplitúda O-C	K_{O-C}	0.0615^d	0.031^d
poloamplitúda γ_{rv}	$K_{\gamma_{rv}}$	5.44 km s^{-1}	5.65 km s^{-1}
funkcia hmotností	$f(M_3)$	$0.2899 M_\odot$	$0.1645 M_\odot$
hmotnosť	$M_3 (i' = 90^\circ)$ $M_3 (i' = 60^\circ)$	$2.14 M_\odot$ $2.61 M_\odot$	$1.68 M_\odot$ $2.03 M_\odot$

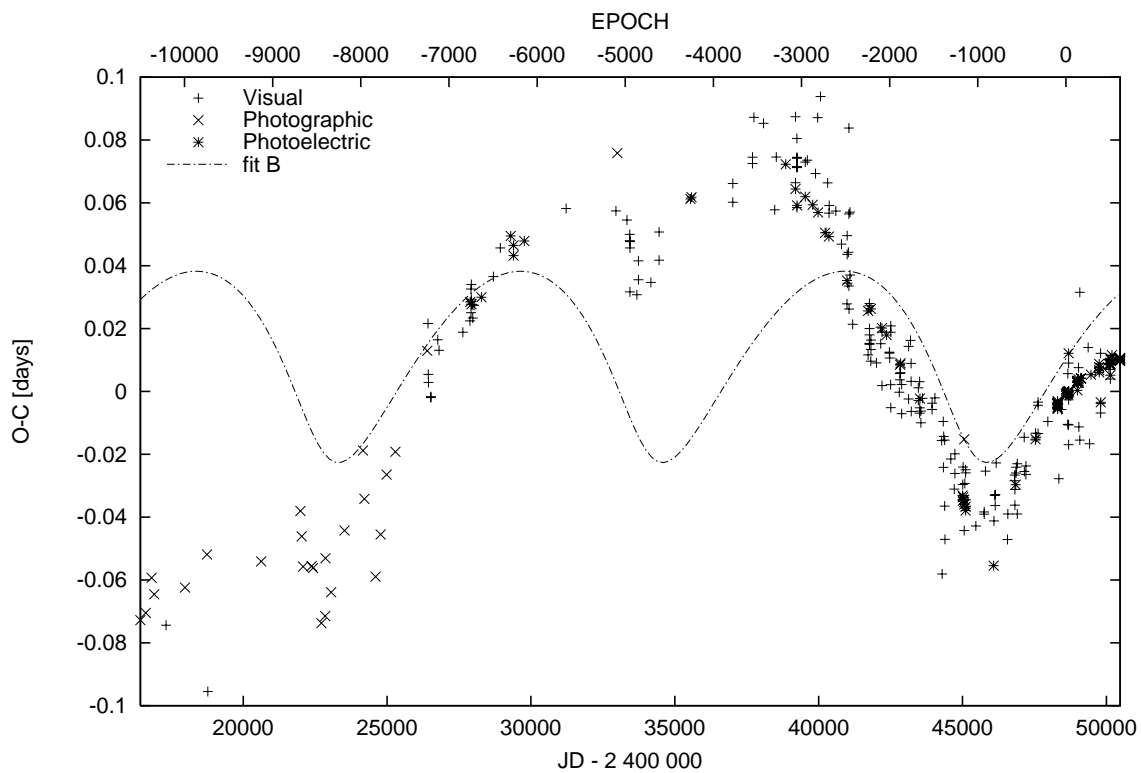
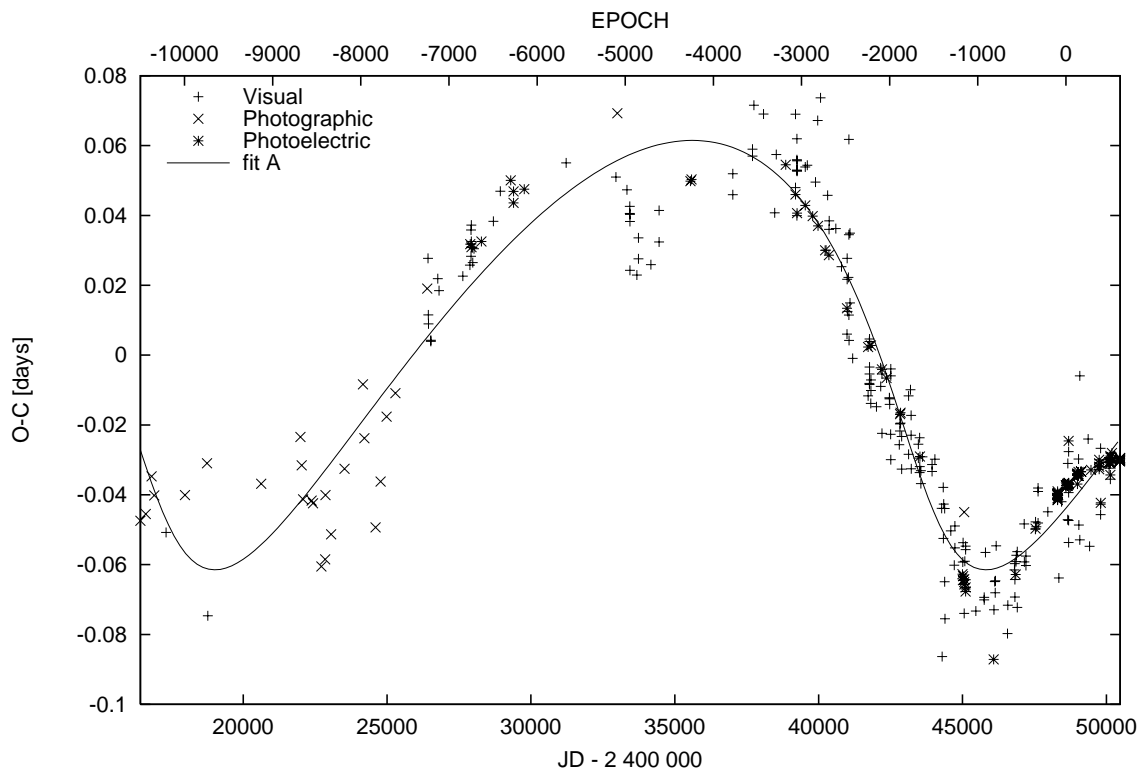
Označenie parametrov zodpovedá vzťahom (11)–(17).

Hmotnosť tretieho telesa je určená pre dva prípady sklonu dráhy i' : 90° a 60° .

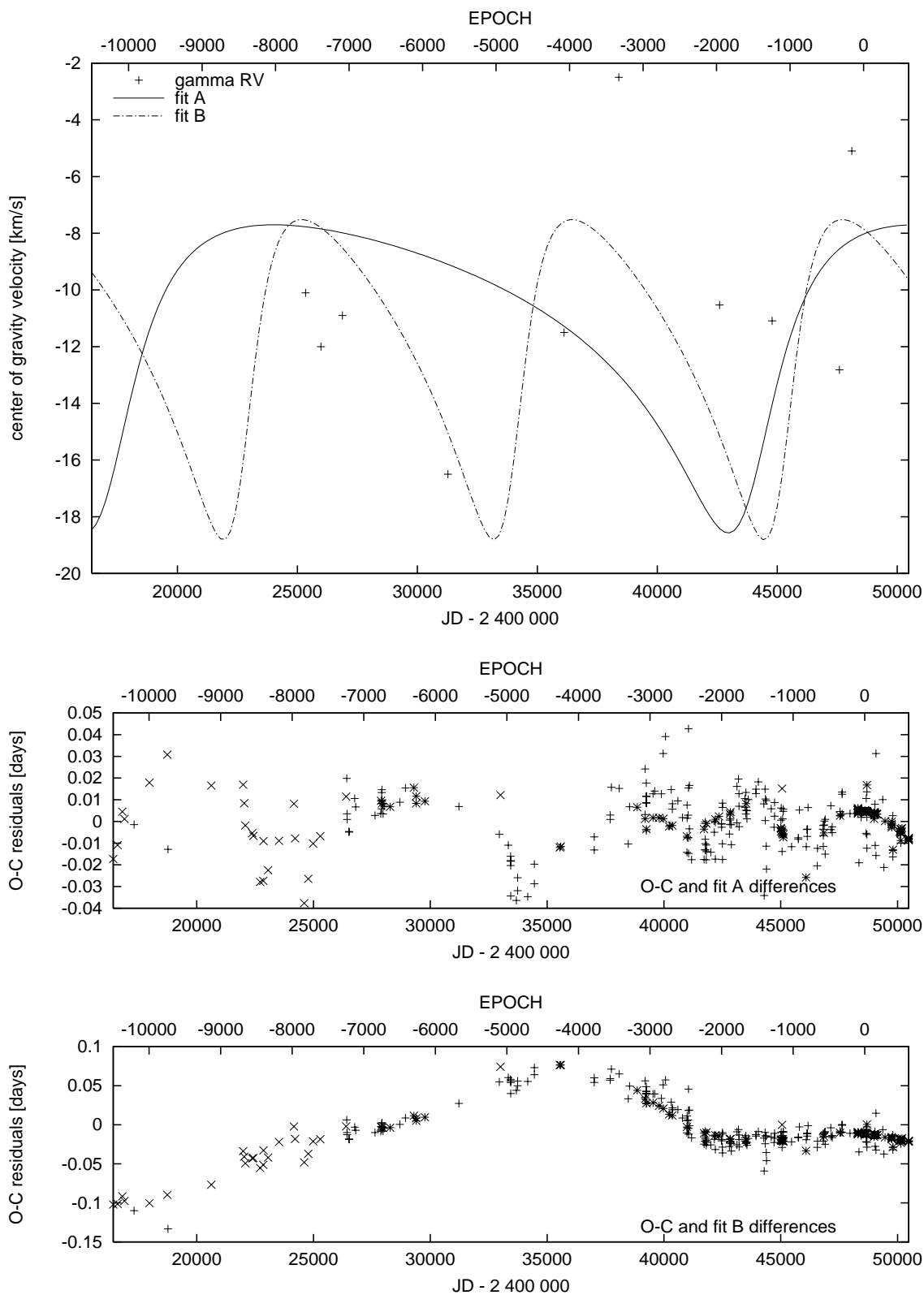
Tabuľka 8: Parametre dráhy tretieho telesa v sústave TXUMa.

Pri takomto postupe sú problematické dva fakty. Skoková zmena periódy je nespojitá funkcia, a teda v danom bode neexistuje jej prvá derivácia. Tento fakt znemožňuje použitie analytických metód na štúdium O-C diagramu. Zostáva nám cesta "uhádnutia" parametrov "light-time" efektu a odrátaní ním spôsobených O-C zmien. Reziduá potom, ak je úvodný predpoklad správny, musia ležať na lomených čiarach. Tu je jadro druhej obtiaže: suma štvorcov reziduí pri hľadaní parametrov "light-time" efektu ľubovoľnou optimalizačnou metódou nebude vhodným kritériom na výber riešenia; pôjde teda naozaj o "uhádnutie".

Moje výsledky pokusov o uhádnutie parametrov tretieho telesa sú zobrazené na obrázku 5 a zhrnuté v tabuľke 8. Možné sú dva fity O-C diagramu pričom perióda tretieho telesa z fitu "A" je zhruba dvojnásobkom periódy z fitu "B". Fit "A" bol určený programom RNDr. T. Pribullu, CSc. na určovanie parametrov tretieho telesa metódou diferenciálnych korekcií. To umožňuje stanoviť chybu určenia parametrov. Veľkou výhodou tohto programu je, že ako vstupné dáta používa epochu a okamih minima, čo umožňuje fitovať aj efemeridu dvojhviezdy (prípadne aj s kvadratickým



Obr. 5: O-C diagram, rýchlosti ťažiska γ_{rv} spolu s teoretickými krivkami pri prítomnosti tretieho telesa v sústave TXUMa. Reziduá O-C hodnôt.



Obr. 5: O-C diagram, rýchlosti ťažiska γ_{RV} spolu s teoretickými krivkami pri prítomnosti tretieho telesa v sústave TXUMa. Reziduá O-C hodnôt. (Pokračovanie.)

členom: pokus o stanovenie fitu s takouto lineárne sa meniacou periódou dvojhviezdy nevedol k výraznému zlepšeniu výsledku), preto je táto taktiež uvedená v tabuľke 8. Okamihom primárnych miním boli priradené váhy: 10 pre fotoelektrické minímá, 5 pre fotografické a 1 pre vizuálne. Pri hľadaní riešenia neboli teda uvažované hodnoty rýchlosti ťažiska a vlastná rýchlosť ťažiska $\gamma_{rv,0}$ bola určená simplexovou metódou pri fixovaní zvyšných, už nájdených, parametrov, čo znemožnilo určenie jej chyby. Fit "B" je výsledkom simultánnej optimalizácie O-C hodnôt (získaných spôsobom popísaným v časti 5.3.2) a rýchlostí ťažiska metódou "downhill simplex" a z tohto dôvodu nebolo možné stanoviť chyby určenia parametrov.

Reziduá na obrázku 5 sú zvyškovými O-C hodnotami po odrátaní spomínaných fitov. Pre oba fity sú v tabuľke 8 uvedené hmotnosti sprievodcu dvojhviezdy pre dva prípady sklonu dráhy 60° a 90° . Hmotnosť sprievodcu vychádza značne veľká pre oba fity $1.68\text{--}2.61 M_\odot$ a keďže v sústave nepozorujeme tretie svetlo (časť 7), je nutné hľadať vysvetlenie. Z evolučného hľadiska je nepravdepodobné, aby tretie teleso bolo degenerovaným objektom. Hoci pozorovaný slabý infračervený excés na vlnovej dĺžke $5 \mu\text{m}$ (Taranova & Shenavrin, 1997 [80]) by mohol naznačovať, že sprievodcom je hviezda pred hlavnou postupnosťou, evolučný status sústavy tento predpoklad opäť spochybňuje. Na overenie možnosti, že nejde o jedno tretie teleso, ale dve menšie, som sa pokúsil hľadať periodicitu v súbore reziduí fitu "A". Metóda minimalizácie fázovej disperzie (Stellingwerf, 1978 [17]) aj fourierovská analýza (Deeming, 1975 [3]) poskytli 3 významné periódny: $\sim 9200, 4200$ a 2800 dní. Najvýznamnejšou je perióda 4200 dní, zvyšné dve nie sú jej aliasmi ani násobkami. Napriek tomu fázový diagram pre ani jednu z týchto periód nie je veľmi presvedčivý. Fit "A" predstavuje pokus o vysvetlenie O-C diagramu čisto tretím telesom, bez prenosu hmoty. Najvýraznejšie odchýlky predstavujú vizuálne určenia okamihov miním, ktorých kvalita môže byť značne problematická.

Reziduá fitu "B" sa javia byť rozložené na troch lomených čiarach, predstavujúcich tak tri obdobia (do JD 2 436 000; JD 2 436 000–2 441 500; po JD 2 441 500) "konštatnej" periódny. Jasne tým demonštrujú, že O-C diagram TX UMa (obrázok 3) je možné interpretovať ako súčet dvoch javov: "light-time" efektu a skokových zmien periódny spôsobených epizodickými prenosmi hmoty. Tento výsledok však možno považovať iba za čiastočný úspech, keďže tu opäť vystupuje problém vysokej hmotnosti tretieho telesa a navyše očakávame iba rast periódny sústavy, spôsobený epizodickými prenosmi hmoty z menej hmotnej sekundárnej zložky vyplňajúcej svoju Rocheovu medzu (časť 7). V skutočnosti prenos hmoty z menej hmotnej zložky v dôsledku prerozdelenia momentu hybnosti v sústave môže spôsobiť aj skrátenie orbitálnej periódny (Biermann & Hall, 1973 [2]).

Pre dôveryhodnosť oboch fitov je taktiež problematická predpoveď variácií rýchlosti ťažiska γ_{rv} . Z tohto hľadiska sa javí ako reálnejšie riešenie "B". Tento problém je však zrejme skôr spôsobený dlhším časovým obdobím získavania spektrogramov,

z ktorých bola rýchlosť určená. Na obrázku 3 sú zobrazené zozbierané γ_{rv} aj s vyznačením obdobia, keď boli spektrogramy pre danú hodnotu získané. Ak je takéto obdobie príliš dlhé a dochádza k rýchlym zmenám γ_{rv} , určenie tejto veličiny je iba "váhovaným" priemerom.

5.4 Normálne body svetelnej krivky

Na výpočet parametrov modelu TXUMa som použil známy program Wilson–Devinney, založený na diferenciálnych opravách parametrov. Vstupnými dátami boli normálne body získané z vlastných pozorovaní TXUMa. Fáza pozorovaní bola určená pomocou novej efemeridy (21) a normálne body boli konštruované priemerovaním "blízkyh" bodov (rozdiel vo fáze menší ako 0.01 a v magnitúde menší ako 0.05). Normálne body svetelných kriviek vo všetkých troch (UBV) farbách uvádza tabuľka 9. Pri každom bode je uvedený počet pozorovaní, z ktorého bol tento normálny bod určený. Tento parameter potom slúžil ako váha pre vstup do programu Wilson–Devinney ("dc").

Parametre modelu boli programom "dc" určované simultánou analýzou nielen všetkých troch svetelných kriviek ale aj krivky radiálnych rýchlostí. Z tohto dôvodu výsledky sú uvedené v časti 7.

6 SPEKTROSKOPIA

Pôvodný spektroskopický materiál, ktorý som mal k dispozícii, pozostáva zo 155 spektrogramov TX UMa prevažne v UB oblasti z dvoch observatórií: Dominion Astrophysical Observatory, Victoria, Kanada (zemepisná šírka $\varphi = 48^{\circ}52$, dĺžka $\lambda = 123^{\circ}42$ západne, nadmorská výška $h = 238$ metrov) a observatória Ondřejov Astronomického ústavu AV ČR ($\varphi = 49^{\circ}91$, $\lambda = 14^{\circ}78$ východne, $h = 528$ metrov). 96 spektrogramov z Kanady s disperziami 6, 10 a 15 Å mm⁻¹ boli získané v období december 1969 – júl 1970 a pokrývajú najmä fázy v okolí hlavného zákrytu. Rovnomernejšie rozloženie orbitálnych fáz predstavuje 52 spektrogramov z Ondřejova (disperzie 8 a 18 Å mm⁻¹; apríl 1972 – máj 1980). Oba tieto súbory spektrogramov mi láskavo poskytol RNDr. J. Grygar, CSc. V apríli až máji 1992 som získal 2 m ďalekohľadom v Ondřejove ďalších 7 spektrogramov s disperziou 18 Å mm⁻¹. Zoznam všetkých týchto spektrogramov s podstatnými informáciami uvádza tabuľka 10.

Optické spektrogramy som doplnil 33 UV spektrami z archívu IUE družice. Ich zoznam je uvedený v tabuľke 11.

6.1 Krivka radiálnych rýchlostí

Ako už bolo spomenuté (časť 5.3) v období JD 2 445 111 došlo k zmene periódy sústavy. Z tohto dôvodu efemerida $2\,444\,998.1475 + 3^d0632382 \times E$ (Oh & Chen, 1984 [59]) bola použitá na výpočet fáz spektrogramov s JD < 2 445 111 (No. OND 3615), fázy zvyšných spektrogramov boli určené podľa novej efemeridy TX UMa (vzťah (21)): $2\,445\,463.7734 + 3^d0633117 \times E$. Okamih stredu expozície bol opravený na heliocentrický čas a taktiež bola aplikovaná heliocentrická (barycentrická) korekcia radiálnych rýchlostí.

Väčšinu týchto spektrogramov som použil na určenie radiálnych rýchlostí sústavy TX UMa. Niektoré zo spektrogramov sú zlomené a meranie je potom veľmi problematické. V počiatku som merania robil na televíznom Abbé komparátore (Minarovjeh, 1992 [13]), neskôr, v čase fungovania ondřejovského mikrofotometra, som spektrogramy digitalizoval a radiálne rýchlosti určoval pomocou programu RNDr. J. Horna, CSc. SPEFO (Horn et al., 1996 [6]; Škoda, 1996 [18]).

Na určenie radiálnych rýchlostí z optických spektrogramov boli použité spektrálne čiary dominantné v spektre primárnej zložky: čiary Balmerovej série vodíka H_β, H_γ, H_δ, H_ε, H₈–H₁₄; Ca II K; 4471 He; 4026 He; 4481 Mg II.

Spektrum sekundárnej zložky nie je v spracovaných spektrogramoch viditeľné. Iba jeden spektrogram (DAO 68861) bol celý získaný počas primárneho zákrytu (fáza 0.0022) s dostatočne krátkou expozíciou (32 min). Bohužiaľ, platňa je zlomená a zatiaľ ju nebolo možné zdigitalizovať.

Zo spracovania som vylúčil spektrogramy DAO 5969, OND 1093 a OND 3615.

Fáza	rv km s ⁻¹	RMS km s ⁻¹	N	Spektrogr.	JD _{hel} - 2 400 000.0	Dátum DD/MM/YYYY	UT čas HH:MM	rv _{corr} km s ⁻¹	λ Å	Exp. min	Pozn.
0.1050				SWP 2918		11/11/1978				0.3	LD
				SWP 3311	3831.3754	11/11/1978	21:01		1193.4–1949.6	0.3	LD
0.5166	10.4	4.6	8	LWR 7872	4387.0822	27/05/1980	14:00	-23.7	1840.9–3228.3	25	
0.6097	26.8	3.2	16	SWP 9143	4387.3676	27/05/1980	20:51	-21.7	1098.6–2097.9	38	
0.9276	30.3	3.6	15	SWP 10238	4510.8708	28/09/1980	08:59	18.5	1099.1–2098.1	45	
0.9371	3.7	5.2	12	LWR 8903	4510.8999	28/09/1980	09:41	18.8	1844.3–3228.6	30	
0.8230	42.9	7.4	8	LWR 9596	4602.4477	28/12/1980	22:40	17.3	1840.5–3228.0	22	
0.8346	48.9	3.9	19	SWP 10913	4602.4831	28/12/1980	23:31	17.6	1099.0–2098.0	34	
0.0682	-0.1	2.4	13	LWR 9662	4612.3885	07/01/1981	21:14	13.7	1840.5–3228.4	30	
0.0780	-34.4	3.5	18	SWP 10994	4612.4184	07/01/1981	21:57	13.9	1098.7–2098.3	42	
0.4065	-32.2	4.4	16	SWP 11027	4616.4880	11/01/1981	23:37	13.3	1098.7–2097.7	32	
0.8757	27.6	4.8	8	SWP 25792	6183.2708	27/04/1985	18:28	-22.2	1098.8–2096.5	26	
0.8841	20.7	3.3	11	LWP 5837	6183.2965	27/04/1985	19:05	-21.8	1857.2–3222.5	15	
0.8911	-5.1	4.7	10	SWP 25793	6183.3180	27/04/1985	19:36	-21.6	1098.8–2096.4	21	
0.8936	21.8	8.7	5	SWP 25794	6183.3256	27/04/1985	19:47	-21.5	1098.8–2096.4	11.5	
0.8986	-9.0	8.0	4	LWP 5839	6183.3409	27/04/1985	20:09	-21.3	1843.0–3224.1	7.5	
0.8990	-10.7	4.3	7	LWP 5838	6183.3424	27/04/1985	20:11	-21.3	1841.3–3224.0	10	
0.9584	21.6	3.9	10	LWP 5840	6183.5242	28/04/1985	00:33	-22.5	1844.6–3222.5	34	
0.8402	11.7	5.5	12	LWP 6119	6219.9220	03/06/1985	10:10	-23.9	1844.3–3222.5	24	
0.8486	28.7	5.5	16	SWP 26078	6219.9477	03/06/1985	10:47	-23.8	1098.8–2096.7	36	
0.8668	11.1	4.3	14	SWP 26079	6220.0033	03/06/1985	12:07	-23.4	1098.8–2096.6	36	
0.2163	-74.3	3.8	16	SWP 26089	6221.0740	04/06/1985	13:49	-22.6	1098.8–2096.6	35	
0.2254	-56.4	5.1	8	LWP 6126	6221.1018	04/06/1985	14:29	-22.2	1844.5–3222.5	20	
0.2675	-73.4	4.3	20	SWP 26091	6221.2309	04/06/1985	17:35	-20.6	1098.8–2096.4	34	
0.2764	-52.4	5.5	8	LWP 6128	6221.2580	04/06/1985	18:14	-20.4	1842.7–3223.2	18	
0.2932	-50.7	4.0	7	LWP 6129	6221.3094	04/06/1985	19:28	-20.4	1842.6–3222.5	18	
0.3086	-51.4	4.8	8	LWP 6130	6221.3566	04/06/1985	20:36	-20.9	1845.3–3222.5	20	
0.4312	-32.3	2.5	10	LWP 6132	6221.7323	05/06/1985	05:37	-23.9	1844.6–3223.0	24	
0.4895	-23.3	3.7	9	LWP 6134	6221.9107	05/06/1985	09:54	-23.7	1844.9–3222.4	22	
0.5065	-14.8	4.3	7	LWP 6135	6221.9628	05/06/1985	11:09	-23.4	1844.9–3222.5	22	
0.5253	-15.5	4.1	9	LWP 6136	6222.0205	05/06/1985	12:32	-22.9	1844.6–3222.4	22	
0.8485	8.2	4.3	19	SWP 6153	6223.0107	06/06/1985	12:18	-22.8	1098.8–2096.8	20	
0.9331	1.1	3.9	20	SWP 6156	6223.2697	06/06/1985	18:31	-20.0	1098.6–2096.4	18	

Fáza bola určená podľa efemeridy 2 444 998.1475 + 3^o0632382 × E (Oh & Chen, 1984 [59]) pre spektrogramy s JD < 2 445 111, zvyšné fázy boli určené podľa efemeridy zo vzťahu (21).

Stĺpec *rv*: uvádza určenú radiálnu rýchlosť, *RMS* chybu tohto určenia a *N* počet čiar, z ktorého bol určený priemer. Stĺpec *Spektrogr.* uvádza číslo spektra: SWP = "krátkovlnná" oblasť, primárna kamera; LWP = "dlhovlnná", primárna kamera; LWR = "dlhovlnná", záložná kamera. Stĺpec *UT čas* udáva stred expozície; *rv_{corr}* uvádza korekciu radiálnej rýchlosti (na pripočítanie); λ rozsah vlnových dĺžok a *Exp.* expozíciu. V stĺpci *Pozn.*: LD = nízka disperzia.

Tabuľka 11: Zoznam IUE spektier a merania radiálnych rýchlostí hviezdy TX UMa.

Dôvodom výrazných odchýliek radiálnych rýchlostí z nich určených je v prípade spektrogramov z Ondřejova pravdepodobne veľmi dlhá expozičná doba (420 resp. 152 min.). V prípade spektrogramu DAO 5969 je vysvetlenie možné iba zlou kalibráciou porovnávacieho spektra (posunutá platňa), prípadne nesprávnymi údajmi o čase expozície.

IUE spektrá boli dodané už zredukované a niektoré údaje o expozícii a korekciách radiálnych rýchlostí na pohyb družice chýbali. Kompletný zoznam IUE spektier s dostupnými údajmi a výsledkami mojich meraní zhŕňa tabuľka 11. Spektrá boli získané v dvoch oblastiach vlnových dĺžok: "krátkovlnnej" ~ 1100–2100 Å a "dlhovlnnej" ~ 1850–3200 Å; dvomi kamerami primárnou "P" a záložnou "R". Dve spektrá z daného súboru sú s nízkou disperziou, ostatné sú vysokodisperzné, a teda nekalibrované na absolútny tok. Echele vysokodisperzné spektrá som upravil do formátu UII, ktorý používa program SPEFO. Počas tejto procedúry som odstránil prekryvy rádov. Tento krok je potrebné robiť s veľkou pozornosťou, keďže hodnoty pre danú vlnovú dĺžku z jedného rádu sa často líšia od hodnôt z druhého rádu. Tento problém IUE spektier je všeobecne známy. Je potrebné vybrať vlnovú dĺžku s najlepším súhlasom a tu urobiť spojenie rádov. Na meranie radiálnych rýchlostí som pužil čiary: 1260 Si II, 1264 Si II, 1277 C, 1309 Si II, 1304 Si II, 1294 Si III, 1301 Si III,

1296 Si III, 1298 Si III, 1335 C II, 1526 Si II, 1533 Si II, 1485 Si II, 1657 C, 1670 Fe II, 1724 Fe II, 1760 Fe II, 1854 Al III, 1862 Al III, 1895 Fe II, 1913 Fe III, 1925 Fe II pre "krátkovlnnú" oblasť (spektrá s označením SWP) a 2382 Fe II, 2585 Fe II, 2599 Fe II, 2611 Fe II, 2631 Fe II, 2739 Fe II, 2746 Fe II, 2749 Fe II, 2755 Fe II, 2795 Mg II, 2802 Mg II, 2928 Mg II pre "dlhovlnnú" oblasť (LWP a LWR). Tieto spektrálne čiary som vybral na základe výsledkov programu SYNSPEC pre model atmosféry primárnej zložky.

Viacere IUE spektrá vykázali značnú odchýlku voči očakávaným hodnotám radiálnych rýchlostí. RNDr. A. Skopal, CSc. (1998 [16]), ktorý má skúsenosti s redukciami IUE spektier, ma upozornil na pravdepodobné chyby pri redukcii, ktoré môžu spôsobiť chybu v kalibrácii vlnových dĺžok až $\sim 20 \text{ km s}^{-1}$. Z tohto dôvodu, keďže som nemal možnosť urobiť redukciiu originálnych surových dát, boli zo spracovania vylúčené spektrá: LWR 9662, SWP 25793, LWP 5838, LWP 5839, LWP 6119, SWP 26079, SWP 6153. Zaujímavé je, že posledných šesť spektier je rozložených okolo fázy 0.8 a boli získané počas troch blokov pozorovaní (27. apríla, 3. a 6. júna 1985). Ich odchýlky radiálnych rýchlostí je však problematické pripísať reálne pozorovanému javu v sústave, nakoľko počas týchto blokov boli urobené aj iné spektrá s podobnými fázami a tie túto odchýlku radiálnych rýchlostí nevykazujú. Z tohto dôvodu pokladám vysvetlenie chybami redukcii za pravdepodobnejšie.

Keďže spektrogramy boli získané počas dlhšieho obdobia, v priebehu ktorého došlo k zmene periódy, rýchlosť ťažiska γ_{rv} som určil pre obe obdobia a aj jednotlivo a takýmto spôsobom sú prezentované aj na obrázkoch 3 a 5 spolu s určením pre celý súbor. Napriek zmene periódy, na krivke radiálnych rýchlostí neboli pozorované (po správnom sfázovaní) rozdiely v priebehu, a to mi umožnilo spracovať celý súbor spolu.

Popísaným spôsobom som teda získal 138 (10 vylúčených) určení radiálnych rýchlostí primárnej zložky TX UMa, z toho 31 (7 vylúčených) z IUE spektier. Výsledky analýzy krivky radiálnych rýchlostí sú uvedené v časti 7, keďže boli analyzované simultánne so svetelnými krivkami TX UMa programom "dc" (Wilson-Devinney).

6.2 Rotačný efekt

Výrazným javom na krivke radiálnych rýchlostí TX UMa je ich odchýlka (exces) počas primárneho minima (fázy 0.934–0.066) voči rýchlostiam očakávaným z orbitálneho pohybu. Exces je kladný v období pred totalitou a po nej záporný. Tento jav, známy ako rotačný efekt, je spôsobený rotáciou zakrývanej zložky a podrobnejšie je popísaný v časti 3.

Analýzu rotačného efektu som previedol pomocou iterovania premennej vystihujúcej pomer skutočnej rotácie $v_{rot} \sin i_{rot}$ k synchronnej rotácii programom Wilson-Devinney a nezávisle klasickým spôsobom vychádzajúcim zo vzťahu (19). Oba tieto

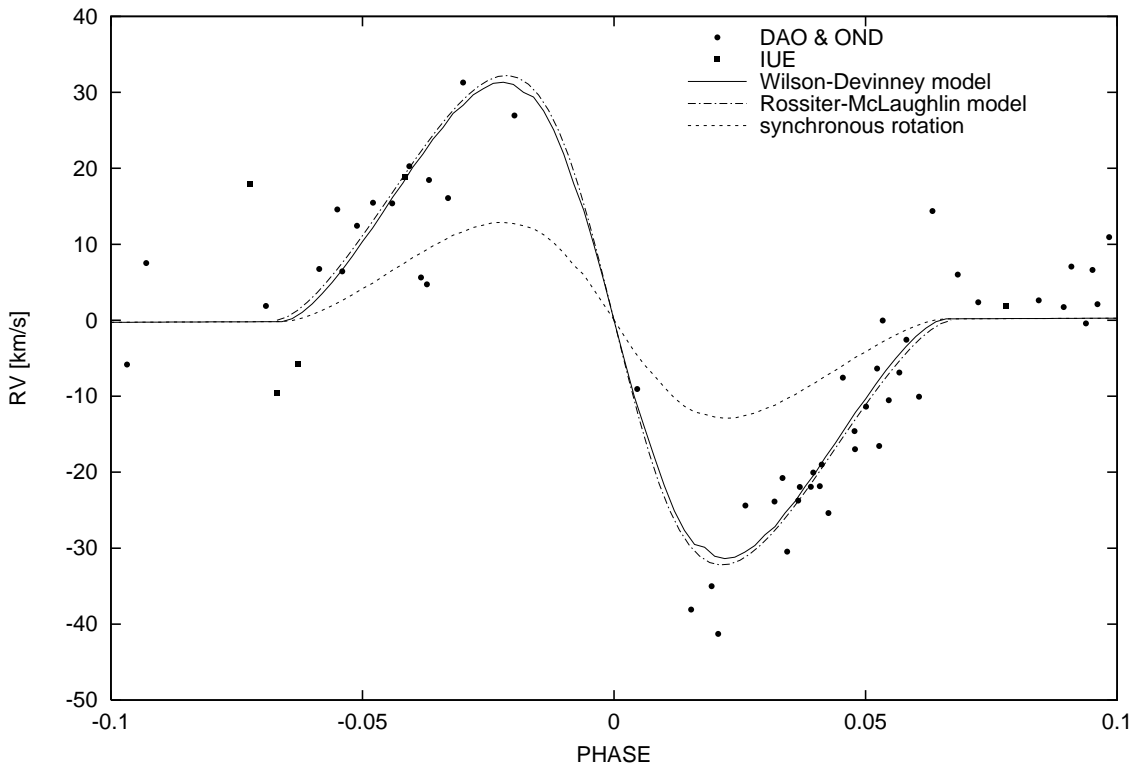
Spektrogr.	Fáza	rv km s ⁻¹	rv' km s ⁻¹	F	Pozn.	Spektrogr.	Fáza	rv km s ⁻¹	rv' km s ⁻¹	F	Pozn.
DAO 68253	0.0194	-52.6	-35.0	-0.44693		DAO 68845	0.9414	14.9	6.8	0.05498	
DAO 68254	0.0413	-43.8	-19.0	-0.27194		DAO 68846	0.9450	21.6	14.6	0.09383	
DAO 68255	0.0479	-43.9	-17.0	-0.18311		DAO 68847	0.9489	18.2	12.4	0.14138	
DAO 68256	0.0534	-28.7	0.0	-0.11278		DAO 68848	0.9521	20.2	15.5	0.18311	
DAO 68257	0.0581	-32.7	-2.6	-0.06001		DAO 68849	0.9559	18.9	15.4	0.23422	
DAO 68258	0.0633	-17.4	14.4	-0.01560	*	DAO 68850	0.9593	22.7	20.3	0.27995	
DAO 68368	0.0527	-45.0	-16.6	-0.12133		DAO 68851	0.9632	19.6	18.5	0.33046	
DAO 68413	0.0567	-36.6	-6.9	-0.07475		DAO 68852	0.9670	16.0	16.1	0.37533	
DAO 68414	0.0606	-41.0	-10.1	-0.03632		DAO 68868	0.0319	-45.6	-23.9	-0.38711	
DAO 5408	0.9460	13.1	6.4	0.10557		DAO 68869	0.0344	-53.0	-30.5	-0.35948	
DAO 5409	0.9628	6.0	4.7	0.32544	*	DAO 68870	0.0366	-47.0	-23.7	-0.33296	
DAO 68799	0.9700	30.2	31.3	0.40578		DAO 68871	0.0391	-46.0	-21.9	-0.30105	
DAO 68800	0.9802	22.5	27.0	0.44810		DAO 68872	0.0409	-46.5	-21.8	-0.27728	
DAO 68807	0.0369	-45.3	-21.9	-0.32921		DAO 69108	0.0335	-43.0	-20.8	-0.36977	
DAO 68808	0.0396	-44.3	-20.1	-0.29450		DAO 69118	0.0046	-21.7	-9.1	-0.16806	
DAO 68809	0.0426	-50.6	-25.4	-0.25448		DAO 69119	0.0153	-54.3	-38.1	-0.41768	
DAO 68810	0.0455	-33.7	-7.6	-0.21530		DAO 69120	0.0207	-59.3	-41.3	-0.44977	
DAO 68811	0.0478	-41.5	-14.6	-0.18444		DAO 69121	0.0261	-44.2	-24.4	-0.43558	
DAO 68812	0.0501	-39.0	-11.4	-0.15422		OND 1471	0.9616	7.3	5.6	0.31013	*
DAO 68813	0.0523	-34.7	-6.4	-0.12628		LWR 8903	0.9371	3.7	-5.8	0.01829	
DAO 68814	0.0546	-39.6	-10.6	-0.09848		LWP 5840	0.9584	21.6	18.9	0.26793	

Označenie spektrogramov je rovnaké, ako v tabuľkách 10 a 11.

Stĺpec rv' : uvádza excés radiálnej rýchlosti v dôsledku rotačného efektu.

V stĺpci *Pozn.* sú hviezdíčkou označené spektrogramy vylúčené z určenia rotačnej rýchlosti $v_{\text{rot}} \sin i_{\text{rot}}$.

Tabuľka 12: Zoznam spektrogramov použitých pre určenie rotačnej rýchlosti $v_{\text{rot}} \sin i_{\text{rot}}$ s uvedením ich rotačného faktoru F .



Obr. 6: Rotačný efekt počas primárneho zákrytu TX UMa.

výsledky sú uvedené v tabuľke 13. Pokiaľ prvý prístup je numerickou metódou analyzujúcou súčasne fotometrické a spektroskopické dáta, Kopalove (1959 [8]; str. 270) vzťahy pre určenie Rossiter–McLaughlinovho rotačného efektu predstavujú analytické riešenie, obmedzené niektorými predpokladmi. Numerický spôsob lepšie vystihne deformáciu zložiek sústavy, avšak je problematické určenie chyby výsledného parametra.

Základnou úlohou pri Kopalovom spôsobe je určenie samotného "čistého" excesu radiálnych rýchlostí počas zákrytu a rotačných faktorov F (vzťah (19)). Radiálne rýchlosti spolu so svetelnými krivkami som najskôr analyzoval programom Wilson–Devinney, čím som získal spektroskopické parametre, umožňujúce určiť radiálne rýchlosti odrážajúce iba orbitálny pohyb zakrývanej zložky. Ich odrátaním od naporozorovaných hodnôt počas zákrytu bol určený exces spôsobený rotáciou. Určenie faktorov F je netriviálna úloha⁵, preto som napísal program umožňujúci ich výpočet v prípade kruhovej dráhy a čiastočného zákrytu (či už tranzitu alebo okultácie). Obe tieto hodnoty pre jednotlivé spektrogramy sú uvedené v tabuľke 12. Ďalšími zjednodušujúcimi predpokladmi použitými v Kopalových vzťahoch sú: hviezdy sú sférického tvaru (v prípade sekundárnej zložky TX UMa to zjavne nie je splnené, viď obrázok 7); zákon okrajového stemnenia je lineárny (ako vo vzťahu (6)); hviezdy rotujú ako pevné telesá. Posledné dva predpoklady sa vzťahujú na zakrývanú zložku. Po určení excesu a rotačných faktorov je určenie rotácie zložky $v_{\text{rot}} \sin i_{\text{rot}}$ jednoduchou lineárnou regresiou bez absolútneho člena. Poznamenajme, že pokiaľ do vzťahu (19) pridáme aj tento absolútny člen, tak bude vystihovať rýchlosť barycentra.

Do obdobia primárneho minima (fázy 0.934–0.066) spadá 42 spektrogramov (tabuľka 12), z ktorých som určil rotačnú rýchlosť primárnej zložky $71.1 \pm 2.9 \text{ km s}^{-1}$. Na výpočet rotačných faktorov boli použité nasledovné hodnoty $i = 81.37^\circ$; $R_{\text{P}} = 2.03 R_{\odot}$; $R_{\text{S}} = 3.88 R_{\odot}$; $a = 13.709 R_{\odot}$; $u = 0.525$; tak, ako boli určené programom Wilson–Devinney (tabuľka 13). Hodnota okrajového stemnenia u je priemerom hodnôt pre filtre U a B, nakoľko spektrogramy a čiary, z ktorých boli radiálne rýchlosti určované, spadajú do tohto intervalu vlnových dĺžok. Výnimkou sú iba 2 IUE spektrá, čo však vzhľadom na ich malý počet, chybu určenia rýchlosti a nevýraznú závislosť rotačného faktoru na hodnote u nespôsobí výraznú nepresnosť výsledku. Vylúčením týchto dvoch meraní zo spracovania bola získaná hodnota $71.2 \pm 3.0 \text{ km s}^{-1}$. Tri spektrogramy: OND 1471 (expozícia 422 min.), DAO 68258, DAO 5409 (označené v tabuľke 12 hviezdíčkou) boli z určenia vylúčené z dôvodov uvedených v časti 6.1. Zaradenie absolútneho člena nevedie k zmene výsledku a hodnota tohto člena spolu s chybou ($-0.94 \pm 0.9 \text{ km s}^{-1}$) nedáva dôvod na úvahy o rozdielne pohybov barycentra sústavy voči ťažisku dvojhviezdy, resp. nepresnosti určenia rýchlosti γ_{rv} minimálne v období získania spektier použitých v analýze.

Určenie rotačnej rýchlosti primárnej zložky programom Wilson–Devinney ($2.39 \pm$

⁵Už samotný problém zakrývania sa dvoch diskov vedie na eliptické integrály.

0.004 násobok synchrónnej) poskytne hodnotu $80.2 \pm 0.2 \text{ km s}^{-1}$. Nesúhlas týchto dvoch určení je spôsobený, ako bolo spomenuté vyššie, jednak zjednodušujúcimi predpokladmi Kopalových vzťahov ako aj problematickým určením chyby v programe Wilson–Devinney (chyby sú tu značne podhodnotené).

V prípade TX UMa na základe Wilson–Devinney parametrov (tabuľka 13) je hodnota synchrónnej rotácie primárnej zložky 33.5 km s^{-1} . Obe získané hodnoty jasne preukazujú **vysokú asynchrónnosť rotácie primárnej zložky**. Uvedené hodnoty, ako aj použité merania, dokumentuje obrázok 6.

Je potrebné si uvedomiť, že sklon rotačnej osi i_{rot} a sklon dráhy i sa môžu líšiť, čo by viedlo k asymetrii excesu radiálnych rýchlostí spôsobených rotačným efektom pred totalitou a po nej⁶. Ak je rotačná os kolmá na orbitálnu rovinu, je rotačný efekt symetrický. Keďže v prípade TX UMa (obrázok 6) nepozorujeme asymetriu rotačného efektu (minimálne v rámci chýb), môžeme tvrdiť, že **rotačná os primárnej zložky je kolmá na orbitálnu rovinu**, teda $i_{\text{rot}} = i$.

Dôvodom vysokej asynchrónnosti rotácie primárnej zložky v polodotykovej sústave TX UMa, kde by mala byť dráha scirkularizovaná a rotácia synchrónna, je vzrast uhlového momentu primárnej zložky v dôsledku prenosu hmoty zo sekundárnej v súhlase s Albrightom & Richardsovou (1993 [36]). Prenos hmoty v sústave sa musí prejavíť zmenou periódy a teda aj v O-C diagrame.

Mallama (1978 [54]) uvádza hodnotu rotačnej rýchlosti pre primárnu zložku TX UMa 123 km s^{-1} určenú z rotačného rozšírenia spektrálnych čiar 4481 Mg II a 4471 He v období roku 1975; Olson (1984 [63]) udáva 64 km s^{-1} (z rozšírenia 4481 Mg II, 4026 He a 3933 Ca II K v období 1968–1982); Cugier (1989 [39]) 64 km s^{-1} analyzovaním ultrafialových profilov C II; Grygar et al. (1991 [123]), Hric et al. (1990 [125]) 130 km s^{-1} . Rozdiel súčasného určenia s našimi predchádzajúcimi (posledné dva odkazy) je spôsobený spresnením parametrov modelu TX UMa vykonanými v tejto práci programom Wilson–Devinney. Olson, ktorý pozorovací materiál získaval v rovnakom období ako Mallama, uvádza, že príčinou značného rozdielu týchto dvoch určení rotačných rýchlostí môže byť nízka disperzia (40 Å mm^{-1}) Mallamových spektrogramov. Aj keď je Olsonova práca zameraná na hľadanie zmien rotačných rýchlostí zložiek (pozorovací materiál bol získaný počas viacerých období), TX UMa neuvádza medzi sústavami vykazujúcimi takéto zmeny. Ak prenos hmoty spôsobí rýchlejšiu rotáciu iba tenkej povrchovej vrstvy atmosféry zložky (Mallama, 1978 [54]; Biermann & Hall, 1973 [2]), potom hodnota rotácie môže vykazovať dramatické zmeny. Obdobie Mallamových pozorovaní (rok 1975 \sim JD 2 442 600) spadá na O-C diagrame do oblasti, kde O-C hodnoty nevykazujú dramatickú zmenu svojho chovania, preto Olsonovo vysvetlenie rozdielu nepresnosťou určenia je pravdepodobnejšie ako predpoklad náhlejšej zmeny rýchlosti rotácie v danom období v dôsledku

⁶Analýza rotačného efektu teda môže poskytnúť aj informáciu o rozdieli i_{rot} a i . Navyiac, ak sú pozorovania radiálnych rýchlostí z viacerých zákrytov a každý jednotlivý takýto súbor postačuje na analýzu, je možné určiť prípadnú precesiu rotačnej osi zložky.

prenosu hmoty. Napriek rozdielom jednotlivých určení všetky tieto výsledky potvrdzujú vysokú asynchrónnosť rotácie primárnej zložky.

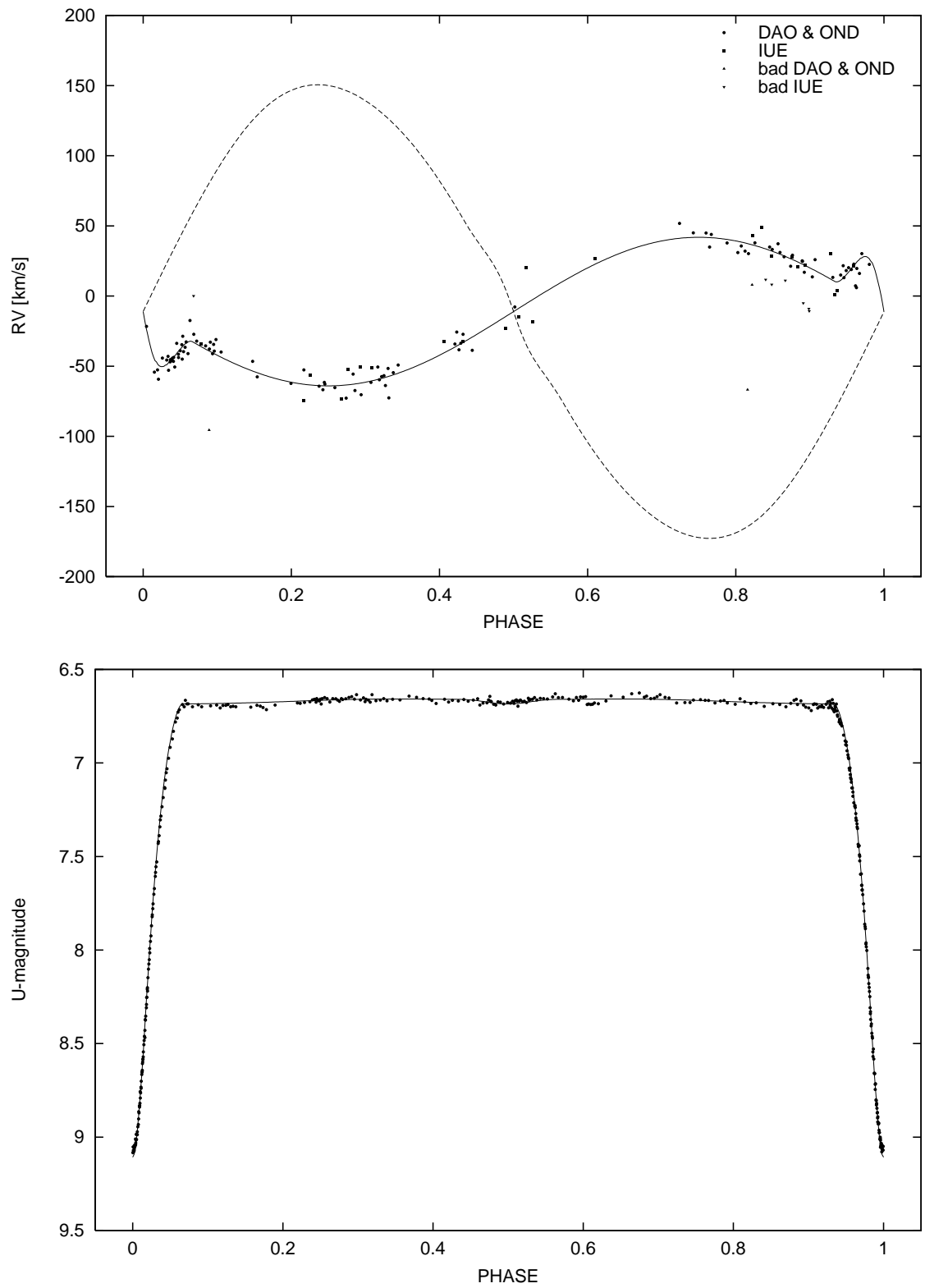
7 MODEL SÚSTAVY TX UMa

Získané UBV svetelné krivky (podrobnejšie popísané v časti 5.4) som analyzoval simultánne s krivkou radiálnych rýchlostí (časť 6.1) pomocou známeho programu Wilson–Devinney.

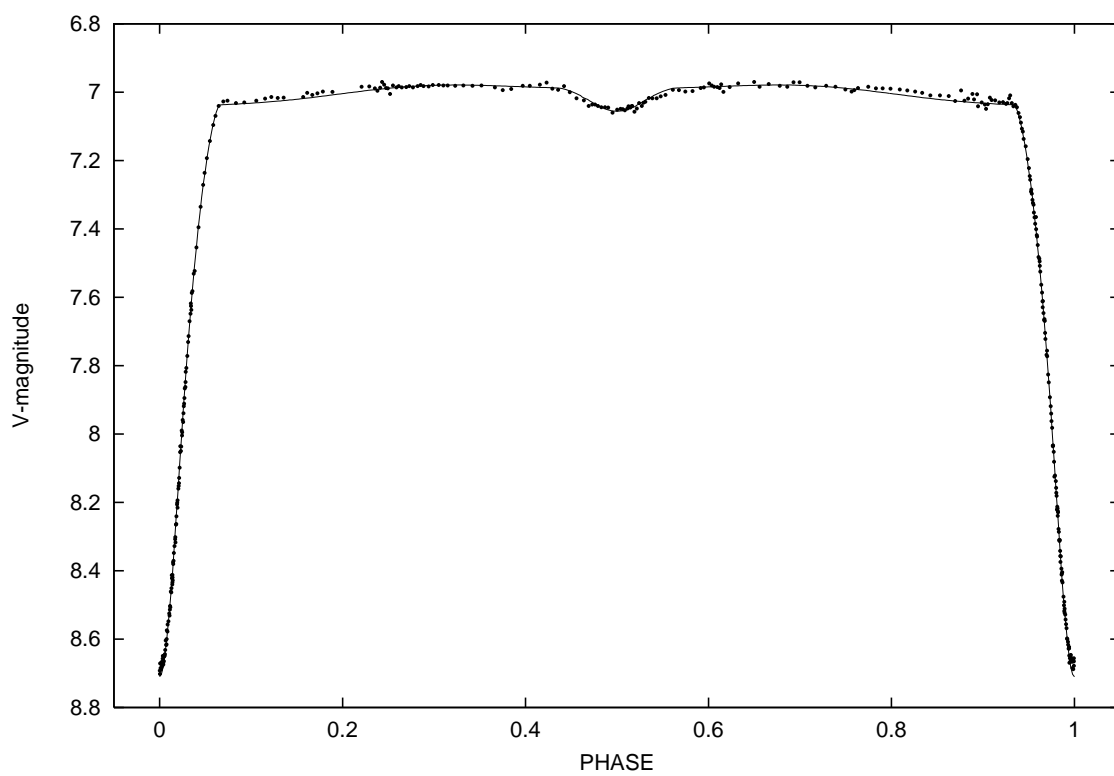
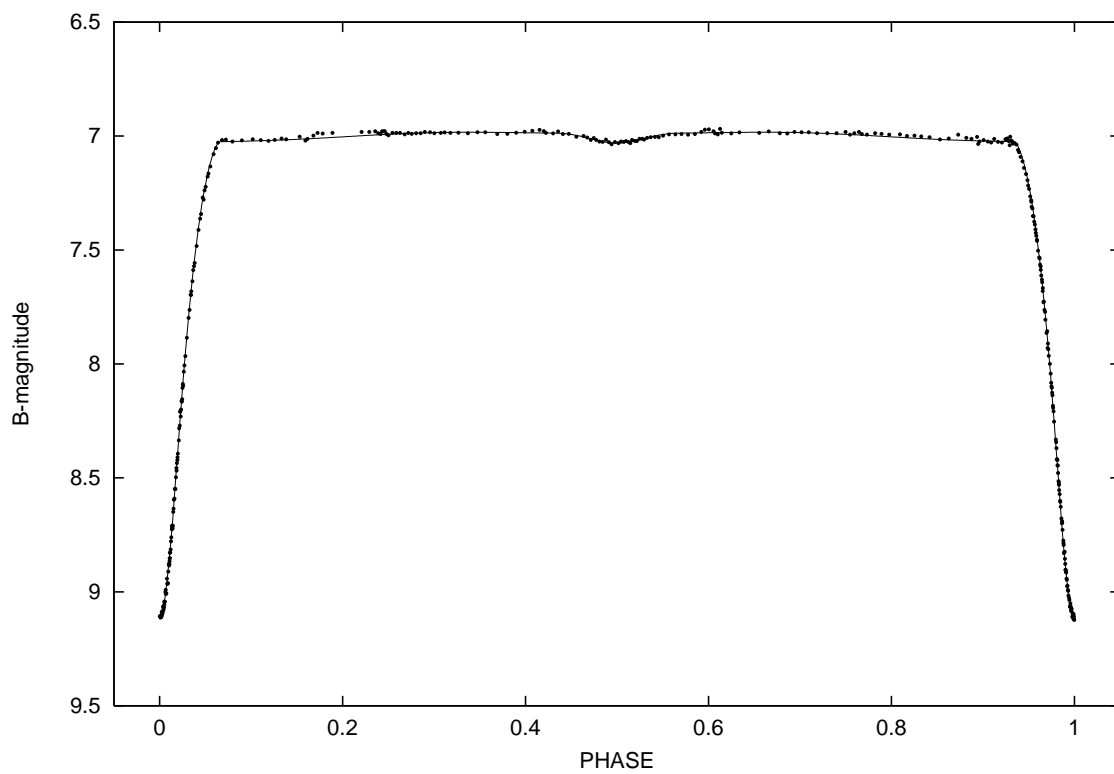
Program Wilson–Devinney pozostáva z dvoch samostatných FORTRANovských častí: "lc" – program na výpočet syntetických kriviek radiálnych rýchlostí a svetelných kriviek; "dc" – program na určovanie parametrov zákrytových dvojhviezd. Podrobnejší popis oboch programov s mnohými užitočnými radami je možné nájsť v manuáli dodávanom s programami a v prácach autorov (Wilson & Devinney, 1971 [20]; Wilson, 1979 [21]). Parametre sústavy sú určované metódou diferenciálnych korekcií. Napriek tomu, že tento postup umožňuje určenie chýb, pre obtiaže s numerickým výpočtom derivácií je nutné ich považovať iba za formálne. Najčastejšou výčitkou voči používaniu tohto programu býva jeho komplexnosť: je možné určovať asi 30 parametrov sústavy, z toho viaceré sú závislé na vlnovej dĺžke. V konečnom dôsledku je teda počet voľných parametrov omnoho vyšší. Táto situácia potom pred nás stavia otázku jednoznačnosti riešenia, jeho fyzikálnej reálnosti. Tieto dôvody vyžadujú veľmi obozretný prístup a v neposlednom rade aj skúsenosť a cit. Riešiteľ musí vedieť rozhodnúť, ktoré parametre fixovať a ktoré a v akom poradí nechať konvergovať. Program pracuje vo viacerých módoch a výber toho správneho je prvou úlohou pri analýze. Nepochybne však program Wilson–Devinney patrí k najpoužívanejším nástrojom na výskum dvojhviezd v súčasnej astronómii.

Ako zdôrazňujú autori, je nezmyslom (bohužiaľ častá astronomická prax) riešiť každú svetelnú krivku zvlášť a potom ako riešenie uviesť priemerné hodnoty. Tieto výsledky potom nie sú platné pre žiadny súbor vstupných pozorovaní.

Dáta použité na analýzu sú uvedené v častiach 5.4 a 6.1 a spolu s výsledným riešením ich zobrazuje obrázok 7. Váhovanie pozorovaní bolo urobené podľa doporučení manuálu programu. Normálnym bodom svetelných kriviek boli priradené váhy v závislosti na počte meraní, z ktorých bol normálny bod určený; radiálne rýchlosti zas podľa počtu čiar použitých na ich výpočet. Výber módu práce programu "dc" nepôsobí v prípade TX UMa problémy. Ide jednoznačne o polodotykovú sústavu a pre tieto prípady je určený mód 5 (algoly). Zafixoval som bolometrické albedo zložiek a koeficient gravitačného stemnenia (označené v tabuľke 13 hviezdíčkou, s uvedením zdroja). Pre obálky s prenosom energie žiarením (prípád primárnej zložky) je albedo rovné 1.0, pre konvektívne obálky (sekundárna zložka) 0.5. Zafixoval som aj rotačnú rýchlosť sekundárnej zložky, keďže si je ťažké predstaviť mechanizmus umožňujúci nesynchronnu rotáciu deformovanej, Rocheovu medzu vyplňajúcej, hviezdy. V konečnom riešení som nekonvergoval ani excentricitu a zvolil som kruhovú dráhu, keďže pri predbežných pokusoch sa ukázala excentrická dráha ako nereálna. Do programu "dc" sú zadávané hodnoty s časovou súradnicou vo fáze, a teda aj perióda



Obr. 7: Syntetické krivky určené programom Wilson–Devinney spolu s napozorovanými dátami.



Obr. 7: Syntetické krivky určené programom Wilson–Devinney spolu s napozorovanými dátami. (Pokračovanie.)

nie pre tento program voľným parametrom. V tabuľke je však uvedená bez hviezdinky, keďže jej hodnota s chybou boli určené štandardným postupom z okamihov primárnych miním (časť 5.3.2). Mód 5 viaže určenie svietivosti sekundárnej zložky na jej efektívnu teplotu a taktiež jej potenciál, určujúci tvar, vyplýva z podmienky vyplnenia Rocheovej medze.

Získané výsledky spolu s niektorými ďalšími údajmi o sústave TX UMa sú uvedené v tabuľke 13. Parametre modelu sú napriek veľkosti chýb uvedené tak, ako boli určené programom "dc" (nezaokrúhlené), aby bolo umožnené porovnanie. Obrázok 8 je vizualizáciou tohto modelu.

Pri riešení som urobil pokusy o hľadanie tretieho svetla a taktiež škvrn na povrchoch zložiek. Tento prístup nevedol k zmenšeniu výslednej sumy štvorcov reziduí, a preto je možné tvrdiť, že tieto javy, v rámci presnosti analyzovaných dát, nie sú v sústave TX UMa prítomné.

Získaný model sústavy nevysvetľuje úplne pozorované vstupné hodnoty (malý nadbytok pozorovaného svetla vo filtroch B a V vo fázach tesne pred a po primárnom minime), predstavuje však zrejme veľmi dobré priblíženie k reálnemu obrazu TX UMa. Kvalita vstupných dát určuje obmedzenia presnosti riešenia. Rozhodne by som nechcel analyzovať šum a hľadať jemnejšie efekty. Tieto síce môžu byť prítomné, no na ich potvrdenie sú potrebné pozorovania so zodpovedajúcou presnosťou. Obzvlášť to platí o krivke radiálnych rýchlostí.

Výsledky sú v dobrej zhode s predchádzajúcimi určeními iných autorov (Hiltner, 1945 [44]; Koch, 1961 [50]; Grewing & Herzeg, 1966 [41]; Swensen & McNamara, 1968 [79]; Hill & Hutchings, 1972 [43]; Cester et al., 1977 [38]; Oh & Chen, 1984 [59]; Papoušek et al., 1985 [64];) analyzujúcich či už spektroskopické, alebo fotometrické údaje. Výrazne odlišné riešenie získali iba Maxted et al. (1995 [56]), ktorí vylúčili z analýzy značnú časť Kochovej svetelnej krivky vo filtroch B a V, ignorujúc úplne merania vo filtri U. Tento postup je, podľa môjho názoru, značne otáznny, aj keď dôvody, ktoré ich k tomu viedli, sú presvedčivé. Pokiaľ nemáme k dispozícii úzkopásmovú fotometriu, je potrebné, v zmysle princípu jednoduchosti, postupovať klasickým spôsobom. Inak je ťažké odhadnúť, nakoľko vnášame do dát vlastný názor. Rozhodnúť v tejto otázke môžu iba nové pozorovania, vykonané napríklad vo fotometrickom systéme navrhovanom Maxtedom.

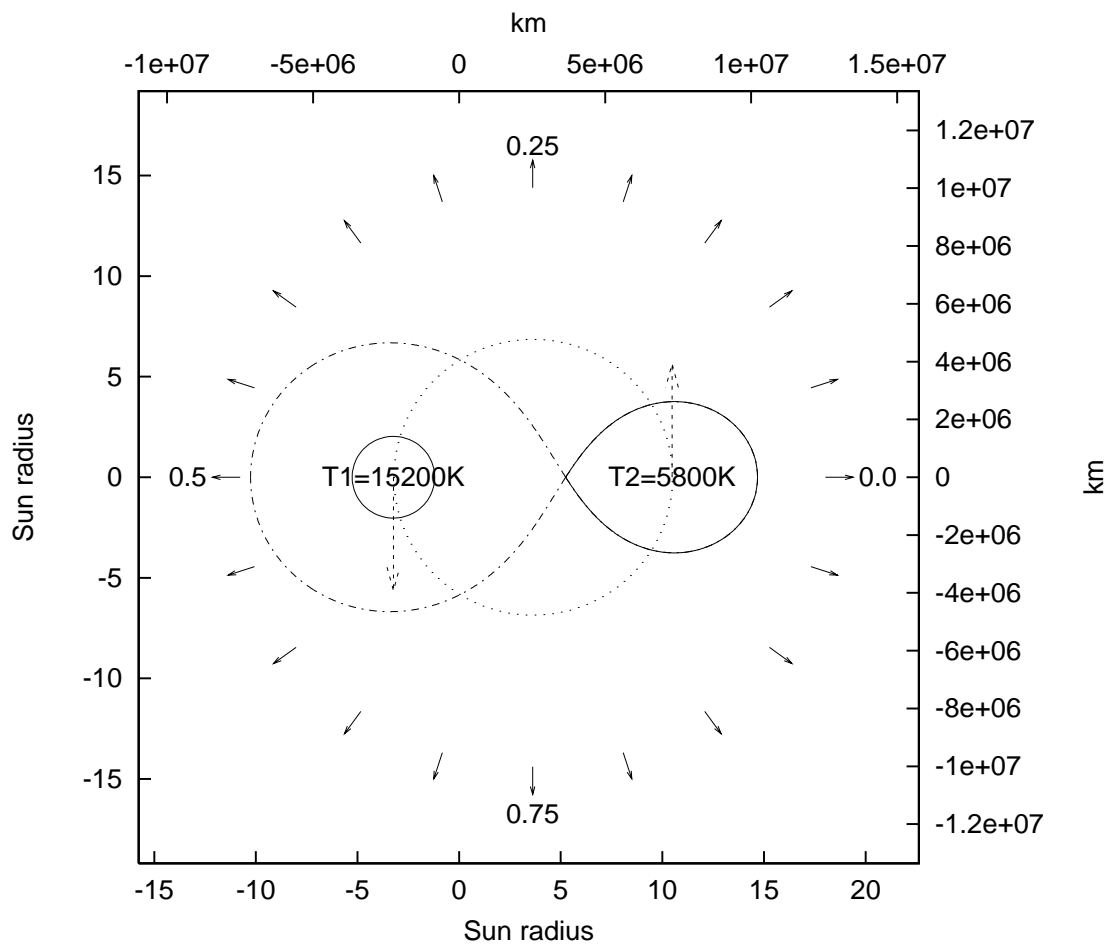
veličina	označenie	hodnota	rozmer	literatúra/poznámka
orbitálna perióda	P	3.0633117 ± 0.0000001	dní	
excentricita	e	0.0		*
sklon dráhy	i	$81^{\circ}37 \pm 0^{\circ}02$		
rýchlosť ťažiska	γ	-11.09 ± 0.7	km s^{-1}	
veľká poloos relatívnej dráhy	a	13.709 ± 0.06 $(9.541 \pm 0.09) 10^6$	R_{\odot} km	
amplitúda RV	K_P	53.4	km s^{-1}	
rotačná rýchlosť	F_P	2.39 ± 0.004		
(relatívne k orbitálnemu pohybu)	F_S	1.0		*
rotačná rýchlosť	$(v_{\text{rot}} \sin i_{\text{rot}})_P$	80.2 ± 0.2	km s^{-1}	
		71.1 ± 2.9	km s^{-1}	Kopalova metóda
	$(v_{\text{rot}} \sin i_{\text{rot}})_S$	64.1	km s^{-1}	*
potenciál	Ω_P	7.1091 ± 0.02		
	Ω_S	2.4876		*
pomer hmotností	q	0.30972 ± 0.0003		
hmotnosť	M_P	2.82	M_{\odot}	
	M_S	0.87	M_{\odot}	
stredný polomer	R_P	2.03	R_{\odot}	
	R_S	3.88	R_{\odot}	
povrchové zrýchlenie	$\log g_P$	4.27	(cgs)	
	$\log g_S$	3.20	(cgs)	
efektívna teplota	T_P	$15\,232 \pm 100$	K	
	T_S	$5\,829 \pm 100$	K	
svietivosť	l_P (U)	0.953 ± 0.002		
	l_P (B)	0.907 ± 0.002		
	l_P (V)	0.840 ± 0.002		
	l_S (U)	0.047 ± 0.002		
	l_S (B)	0.093 ± 0.002		
	l_S (V)	0.160 ± 0.002		
bolometrické albedo	A_S	1.0		* [15], [12]
	A_P	0.5		* [15], [12]
koeficient gravitačného stemnenia	β_P	0.25		* [19]
	β_S	0.08		* [11]
koeficient okrajového stemnenia	u_P (U)	0.527 ± 0.03		
	u_P (B)	0.522 ± 0.02		
	u_P (V)	0.057 ± 0.01		
	u_S (U)	0.890 ± 0.03		
	u_S (B)	0.750 ± 0.02		
	u_S (V)	0.640 ± 0.01		
dĺžka trvania zákrytu	$t_4 - t_1$	9.7	hod	
		0.404	dňa	
		2×0.066	fáza	
maximum jasnosti	U_{max}	6.66	mag	
	B_{max}	6.98	mag	
	V_{max}	6.98	mag	
jasnosť v primárnom minime	$U_{\text{min},0.0}$	9.10	mag	
	$B_{\text{min},0.0}$	9.11	mag	
	$V_{\text{min},0.0}$	8.70	mag	
jasnosť v sekundárnom minime	$U_{\text{min},0.5}$	6.69	mag	
	$B_{\text{min},0.5}$	7.03	mag	
	$V_{\text{min},0.5}$	7.06	mag	

Dolný index p označuje veličinu vzťahujúcu sa k primárnej zložke; s k sekundárnej zložke.

Absolútna rotačná rýchlosť pre primárnu zložku ($v \text{ km s}^{-1}$) s poznámkou "Kopalova metóda" je uvedená podľa určenia z kapitoly 6.2.

V stĺpci *literatúra/poznámka*: sú hviezdičkou označené fixované parametre, prípadne parametre, ktoré sú v danom móde programu "dc" závislé; vyznačené sú aj zdroje v literatúre, odkiaľ boli hodnoty fixovaných parametrov prevzaté.

Tabuľka 13: Parametre sústavy TX UMa.



Obr. 8: Schématický náčrt modelu sústavy TX UMa.

8 NAJDÔLEŽITEJŠIE VÝSLEDKY

1. Fotometrické pozorovania viedli k zisteniu zmeny orbitálnej periódy sústavy TXUMa a k určeniu novej efemeridy.
2. Bola potvrdená kruhová dráha ako zo spektroskopie (hoci merania radiálnych rýchlostí sú zaťažené značnou chybou), tak aj z polohy sekundárnych miním. Posuny sekundárneho minima voči fáze 0.5, spomínané niektorými autormi, sa ukazujú byť v rámci chýb. Tento výsledok nie je nijako prekvapujúci, keďže zatiaľ nebola pozorovaná dvojhviezda s excentrickou dráhou a "konvektívnou" zložkou vyplňujúcou svoju Rocheovu medzu.
3. Priebeh O-C hodnôt sekundárnych miním a kruhová dráha dvojhviezdy jasne vylučujú apsidálny pohyb ako dôvod zmien periódy sústavy.
4. Analýza historických hodnôt maximálnej jasnosti sústavy značne spochybňuje možnosť prítomnosti Applegateovho mechanizmu v sústave.
5. Najpravdepodobnejším mechanizmom na vysvetlenie pozorovaných zmien periódy je prítomnosť tretieho telesa a epizodických prenosov hmoty zo sekundárnej menej hmotnej zložky. Takýto prenos hmoty môže spôsobiť ako vzrast (zmena pomeru hmotností), tak aj pokles (prenos momentu hybnosti; Biermann & Hall, 1973 [2]) orbitálnej periódy dvojhviezdy.
6. Analýzou rotačného efektu dvomi nezávislými metódami sa podarilo ukázať vysoko asynchrónnu rotáciu primárnej zložky sústavy. Tento fakt silne podporuje existenciu prenosu hmoty v sústave.
7. Napísal som programy na získavanie a spracovanie fotoelektrických pozorovaní a rôzne pomocné programy slúžiace na prípravu pozorovania.
8. V práci sú uvedené extinkčné koeficienty prvého rádu pre observatóriá Skalnaté Pleso a Stará Lesná získané počas pozorovaní TXUMa.
9. Bol vypracovaný postup pozorovania na určenie koeficientov transformačných rovníc do medzinárodného UBV systému. Hodnoty koeficientov spolu s konfiguráciou fotometrov na observatóriách AsÚ sú uvedené v dodatkoch.

Záverom by som chcel vyjadriť presvedčenie, že iba ďalšie pozorovania sústavy TXUMa (úzkopásmová fotometria, O-C hodnoty pre omnoho dlhší časový úsek) môžu priniesť riešenie otázok, ktoré zostávajú otvorené. Väčší počet dát síce skomplikuje nájdenie konzistentného riešenia, avšak jedine tento postup nám umožní viac sa priblížiť k pravde. Na záver zopakujem fakt z úvodu: astronomické pozorovanie (experiment) je neopakovateľné. Odpovede na mnohé problémy môžu dať iba pozorovania na časových škálach presahujúcich priemernú dĺžku ľudského života, a preto

je extrémne dôležité nielen publikovanie a archivácia pozorovaní ale aj uvádzanie všetkých podrobností a údajov s tým súvisiacich. V mojej práci som viackrát narazil na problém, keď nebolo možné použiť publikované pozorovanie, nakoľko, napríklad, pri fotoelektrickom pozorovaní chýbal údaj o filtri. Zostáva nám iba vyvarovať sa podobných chýb.

Literatúra

- [1] Applegate, J. H.: 1992, *Astrophys. J.*, **385**, 621
- [2] Biermann, P. & Hall, D. S.: 1973, *Astron. Astrophys.*, **27**, 249
- [3] Deeming, T. J.: 1975, *Astrophys. Space Sci.*, **36**, 137
- [4] Hill, G.: 1982, *Publ. Dominion Astrophys. Obs., Victoria*, **16**, No.6, 67
- [5] Horák, T. B.: 1989, private communication
- [6] Horn, J., Kubát, J., Harmanec, P., Koubský, P., Hadrava, P., Šimon, V., Štefl, S., Škoda, P.: 1996, *Astron. Astrophys.*, **309**, 521
- [7] Irwin, J. B.: 1959, *Astron. J.*, **64**, 149
- [8] Kopal, Z.: 1959, *Close Binary Systems*, Chapman & Hall LTD., London
- [9] Lang, R. K.: 1992, *Astrophysical DATA I*, Springer Verlag, Berlin
- [10] Lubow, S. H. & Shu, F. H.: 1975, *Astrophys. J.*, **198**, 383
- [11] Lucy, L. B.: 1967, *Z. Astrophys.*, **65**, 89
- [12] Milne, E. A.: 1926, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, **87**, 43
- [13] Minarovjeh, M. & Bartl, J.: 1985, "A Position Determining Device", *X_{th} IMEKO World Congress Preprints*, **12**, 56
- [14] Rossiter, R. A.: 1924, *Astrophys. J.*, **60**, 15
- [15] Rucinski, S.: 1969, *Acta Astron.*, **19**, 245
- [16] Skopal, A.: 1998, private communication
- [17] Stellingwerf, R. F.: 1978, *Astrophys. J.*, **224**, 953
- [18] Škoda, P.: 1996, *Astronomical Data Analysis Software and Systems V*, eds. Jacoby, G. H. & Barnes, J., A.S.P. Conference Series, **101**, ASP, San Francisco, 187
- [19] von Zeipel, H.: 1924, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, **84**, 665
- [20] Wilson, R. E. & Devinney, E. J.: 1971, *Astrophys. J.*, **166**, 605
- [21] Wilson, R. E.: 1979, *Astrophys. J.*, **234**, 1054
- [22] Bečvář, A.: 1978, *Atlas Borealis 1950.0, 2nd Ed.*, Sky Publishing Corp., Cambridge, Massachusetts
- [23] Bečvář, A.: 1979, *Atlas Coeli 1950.0*, Sky Publishing Corp., Cambridge, Massachusetts

- [24] Bečvář, A.: 1974, *Atlas Eclipticalis 1950.0, 2nd Ed.*, Sky Publishing Corp., Cambridge, Massachusetts
- [25] Cannon, A. J. & Pickering, E. C.: 1918–1924, *Henry Draper Catalogue*, Cambridge, Massachusetts
- [26] Dixon, R. S., Gearhart, M. R. & Schmidtke, P. C.: 1985, *Palomar Sky Survey, 2nd Ed.*, The Ohio State University Radio Observatory
- [27] Guarnieri, A., Bonofazi, A. & Battistini, P.: 1975, *Astron. Astrophys., Suppl. Ser.*, **20**, 199
- [28] Ghedini, S.: 1982, *Software for Photometric Astronomy*, Willman–Bell, Inc., Richmond, Virginia
- [29] Hardie, R. H.: 1962, *Photoelectric Reductions, Astronomical Techniques*, edited by W. A. Hiltner, University of Chicago Press, Chicago, 178
- [30] Henden, A. A. & Kaitchuck, R. H.: 1982, *Astronomical Photometry*, Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York
- [31] Hoffleit, D.: 1964, *Catalogue of Bright Stars, 3rd Ed.*, New Haven, Connecticut
- [32] Kwee, K. K. & Van Woerden, H.: 1956, *BAN* **12**, No. 464, 327
- [33] Schlesinger, F. & Jenkins, L. F.: 1940, *Catalogue of Bright Stars, 2nd Ed.*, New Haven, Connecticut
- [34] *Smitshonian Astrophysical Observatory Star Catalog*, 1966, Washington
- [35] Blanco, V. M., Demers, S., Douglas, G. G. & Fitzgerald, M.P.: 1968, *Photoelectric Catalogue, Magnitudes and Colors of Stars in the U, B, V and U_c, B, V Systems*, in Publ. of the United States Naval Obs., 2nd series, **XXI**, Washington
- [36] Albright, G. E. & Richards, M. T.: 1993, *Astrophys. J.*, **414**, 830
- [37] Caracatsansis, V. A.: 1977, *Astrophys. Space Sci.*, **47**, 375
- [38] Cester, B., Fedel, B., Giuricin, G., Mardirossian, F. & Pucillo, M.: 1977, *Astron. Astrophys.*, **61**, 469
- [39] Cugier, H.: 1989, *Astron. Astrophys.*, **214**, 168
- [40] Gaposchkin, S.: 1940, *Proceedings of American Philosophical Soc.*, **82**, No. 3
- [41] Grewing, M. & Herczeg, T.: 1966, *Zeitschrift für Astrophysik*, **64**, 256
- [42] Hall, D. S. & Neff, S. G.: 1979, *Acta Astron.*, **29**, 641
- [43] Hill, G. & Hutchings, J. B.: 1973, *Astrophys. Space Sci.*, **20**, 123

- [44] Hiltner, W. A.: 1945, *Astrophys. J.*, **101**, 108
- [45] Huang, S. & Struve, O.: 1956, *Astron. J.*, **61**, No.1241, 300
- [46] Huffer, C. M. & Eggen, O. J.: 1947, *Astrophys. J.*, **105**, No. 2, 217
- [47] Kalimeris, A., Rovithis-Livaniou, H., & Rovithis, P.: 1994, *Astron. Astrophys.*, **282**, 775
- [48] Karetnikov, V. G. & Kovtyukh, V. V.: 1986, *Astron. Zh.*, **63**, Vyp. 6, 1144
- [49] Karetnikov, V. G. & Kovtyukh, V. V.: 1987, *Astron. Zh.*, **64**, Vyp. 6, 1256
- [50] Koch, R. H.: 1961, *Astron. J.*, **66**, No. 5, 230
- [51] Kreiner, J. M.: 1976, *Acta Astron.*, **26**, No. 4, 341
- [52] Kreiner, J. M. & Tremko, J.: 1980, *Bull. Astron. Inst. Czechosl.*, **31**, 343
- [53] Lacy, C. H. & Evans, D. S.: 1979, *Inf. Bull. Variable Stars* **1704**
- [54] Mallama, D. H.: 1978, *Acta Astron.*, **28**, 31
- [55] Mohr, J.: 1931, *Harv. Bull.*, **885**, 14
- [56] Maxted, P. F. L., Hill, G. & Hilditch, R. W.: 1995, *Astron. Astrophys.*, **301**, 135
- [57] McNamara, D. H.: 1966, *I.A.U. Symposium* **24**, 190
- [58] Needham, J. D., Phillips, J. P., Selby, M. J. & Sanchez Magro, C.: 1980, *Astron. Astrophys.*, **83**, 370
- [59] Oh, K. O. & Chen, K. Y.: 1984, *Astron. J.*, **89**, No. 1, 126
- [60] O'Keefe, J. A.: 1938, *Harv. Bull.*, **908**, 29
- [61] Olson, E. C.: 1982 a, *Astrophys. J.*, **257**, 198
- [62] Olson, E. C.: 1982 b, *Astrophys. J.*, **259**, 702
- [63] Olson, E. C.: 1984, *Publ. Astron. Soc. Pac.*, **96**, 376
- [64] Papoušek, J., Tremko, J. & Větešník, M.: 1985, *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Univ. Purkynianae Brunensis*, **25**, Physica 42, Opus 2, 5
- [65] Payne-Gaposchkin, C.: 1942, *Bull. Hrav. Coll.*, **916**, 2
- [66] Pearce, J. A.: 1932, *J. R. Astron. Soc. Can.*, **29**, 382
- [67] Pearce, J. A.: 1935, *J. R. Astron. Soc. Can.*, **29**, 411
- [68] Pearce, J. A.: 1936, *Publ. Astron. Soc. Pac.*, **8**, 26

- [69] Pearce, J. A.: 1940, *Publ. Astron. Soc. Pac.*, **52**, 287
- [70] Pfeiffer, R. J. & Koch, R. H.: 1973, *Inf. Bull. Variable Stars* **780**
- [71] Piotrowski, S. L. & Rozyczka, M.: 1973, *Perem. Zv.*, **19**, 107
- [72] Plavec, M.: 1960, *Bull. Astron. Inst. Czechosl.*, **11**, 148
- [73] Popper, D. M.: 1962, *Publ. Astron. Soc. Pac.*, **74**, No. 437, 129
- [74] Rovithis-Livaniou, H., Kranidiotis, A. & Rovithis, P.: 1998, *Proceedings of the 29th Conference on Variable Star Research*, eds. Dušek, J. & Zejda, M., Brno, 175
- [75] Rügemer, H.: 1931, *Astron. Nachr.*, **242**, 177
- [76] Rügemer, H.: 1935, *Astron. Nachr.*, **257**, 349
- [77] Schneller, H.: 1931, *Astron. Nachr.*, **242**, 180
- [78] Schneller, H.: 1962, *Mitt. Sternwarte Budapest* **53**
- [79] Swensen, P. R. & McNamara, D. H.: 1968, *Publ. Astron. Soc. Pac.*, **80**, No. 473, 192
- [80] Taranova, O. G. & Shenavrin, V. I.: 1997, *Pis. Astron. Zh.* **23**, No. 11, 803
- [81] Todoran, I. & Roman, R.: 1992, *Inf. Bull. Variable Stars* **3819**
- [82] Tremko, J.: 1990, private communication
- [83] Wood, F. B.: 1946, *Contrib. Princeton Univ. Obs.*, **21**
- [84] Agerer, F. & Huebscher, J.: 1997, *Inf. Bull. Variable Stars*, **4472**
- [85] Ahnert, P.: 1933, *Astron. Nachr.*, **250**, 376
- [86] Ahnert, P.: 1950, *Astron. Nachr.*, **278**, 270
- [87] Busch, H.: 1973, *Mitt. Veränd. Sterne*, **6**, 126
- [88] von Braune, M. & Mundry, E.: 1982, *Beo. Arbeit. Veränd.-Mitt.*, **34**
- [89] Caton, D. B. & Burns, W. C.: 1993, *Inf. Bull. Variable Stars*, **3900**
- [90] Dědoch, A.: 1991, private communication
- [91] Dueball, J. & Lehmann P. B.: 1964, *Astron. Nachr.*, **288**, 167
- [92] Enskonatus, P.: 1990, *MVS*, **12**, 51
- [93] Gaposchkin, S.: 1953, *Harv. Ann.*, **113**, 69
- [94] Hegedüs, T., Bíró, I. B., Borkovits, T. & Paragi, Z.: 1996, *Inf. Bull. Variable Stars*, **4340**

- [95] Himpel, K.: 1936, *Astron. Nachr.*, **261**, 233
- [96] Isles, J. E.: 1975, *J. British Astron. Ass.*, **85**, 443
- [97] Isles, J.: 1984, *BAAVSS Circ.*, **58**, 11
- [98] Isles, J.: 1989, *BAAVSS Circ.*, **68**, 30
- [99] Isles, J.: 1990, *BAAVSS Circ.*, **70**, 16
- [100] Isles, J.: 1992, *BAAVSS Circ.*, **73**, 13
- [101] Kizilirmak, A. & Pohl, E.: 1974, *Inf. Bull. Variable Stars*, **937**
- [102] Klimek, Z.: 1971, *Inf. Bull. Variable Stars*, **573**
- [103] Kukarkin, B. W.: 1931, *N.N.V.S.*, **3**, 136
- [104] Kwiek, A.: 1936, *Acta Astron.*, **2**, 137
- [105] Lause, F.: 1949, *Astron. Nachr.*, **277**, 42
- [106] Mallama, A. D., Skillman, D. R., Pinto, P. A. & Krobusek, B. A.: 1977, *Inf. Bull. Variable Stars*, **1249**
- [107] Müyesseroğlu, Z., Gürol, B. & Selam, S. O.: 1996, *Inf. Bull. Variable Stars*, **4380**
- [108] Obúrka, O.: 1964, *Bull. Astron. Inst. Czechosl.*, **15**, 250
- [109] Obúrka, O.: 1965, *Bull. Astron. Inst. Czechosl.*, **16**, 212
- [110] Ogłóza, W.: 1997, *Inf. Bull. Variable Stars*, **4534**
- [111] Ogłóza, W.: 1998, private communication
- [112] Pohl, E.: 1951, *Astron. Nachr.*, **279**, 178
- [113] Pohl, E.: 1955, *Astron. Nachr.*, **282**, 235
- [114] Pohl, E. & Kizilirmak, A.: 1967, *Inf. Bull. Variable Stars*, **185**
- [115] Pohl, E. & Kizilirmak, A.: 1970, *Inf. Bull. Variable Stars*, **456**
- [116] Pohl, E. & Kizilirmak, A.: 1972, *Inf. Bull. Variable Stars*, **647**
- [117] Pohl, E. & Kizilirmak, A.: 1975, *Inf. Bull. Variable Stars*, **1053**
- [118] Pohl, E. & Kizilirmak, A.: 1977, *Inf. Bull. Variable Stars*, **1358**
- [119] *Práce hvězdárny a planetária Mikuláše Koperníka v Brně*: 1985, **26**, 27
- [120] *Práce hvězdárny a planetária Mikuláše Koperníka v Brně*: 1992, **30**, 4

- [121] *Práce hvězdárny a planetária Mikuláše Koperníka v Brně*: 1995, **31**, 4
- [122] Robinson, L. J.: 1967, *Inf. Bull. Variable Stars*, **221**
- [123] Grygar, J., Hric, L., Komžík, R. & Šíma, Z.: 1991, *Astrophys. Space Sci.*, **185**, 189
- [124] Hric, L. & Komžík, R.: 1992, *Inf. Bull. Variable Stars*, **3698**
- [125] Hric, L., Komžík, R. & Grygar, J.: 1990, *Astrophys. Space Sci.*, **169**, 241
- [126] <http://www.ou.edu.pl/ktt/ktt.html>
- [127] <http://astro.caltech.edu/~tjp/pgplot/>
- [128] <ftp://astro.caltech.edu/pub/pgplot/>

DODATOK

A ZADANIE FOTOMETRICKÉHO POZOROVANIA

TX UMa

Hviezda	HD	SAO	α_{1950}			δ_{1950}			U	B	V	Sp. typ
			h	m	s	o	'	"				
S ₁	92764	43442	10	40	29.338	45	12	45.81	9.394	9.27	9.05	A 7 V
CH	93213	43467	10	43	36.024	44	22	00.60	8.39	8.44	7.95	F 5 V
V (TX UMa)	93033	43460	10	42	24.445	45	49	45.74				

UBV magnitúdy porovnávacích hviezd určené z vlastných meraní.

Spektrálne typy porovnávacích hviezd podľa HIPPARCOS katalógu.

Meno hviezdy: txuma

pozor, zadávať malými písmenami!

Napätie: 800 V (G2), scale 100 (SP)

Clona: č. 4 (G2)

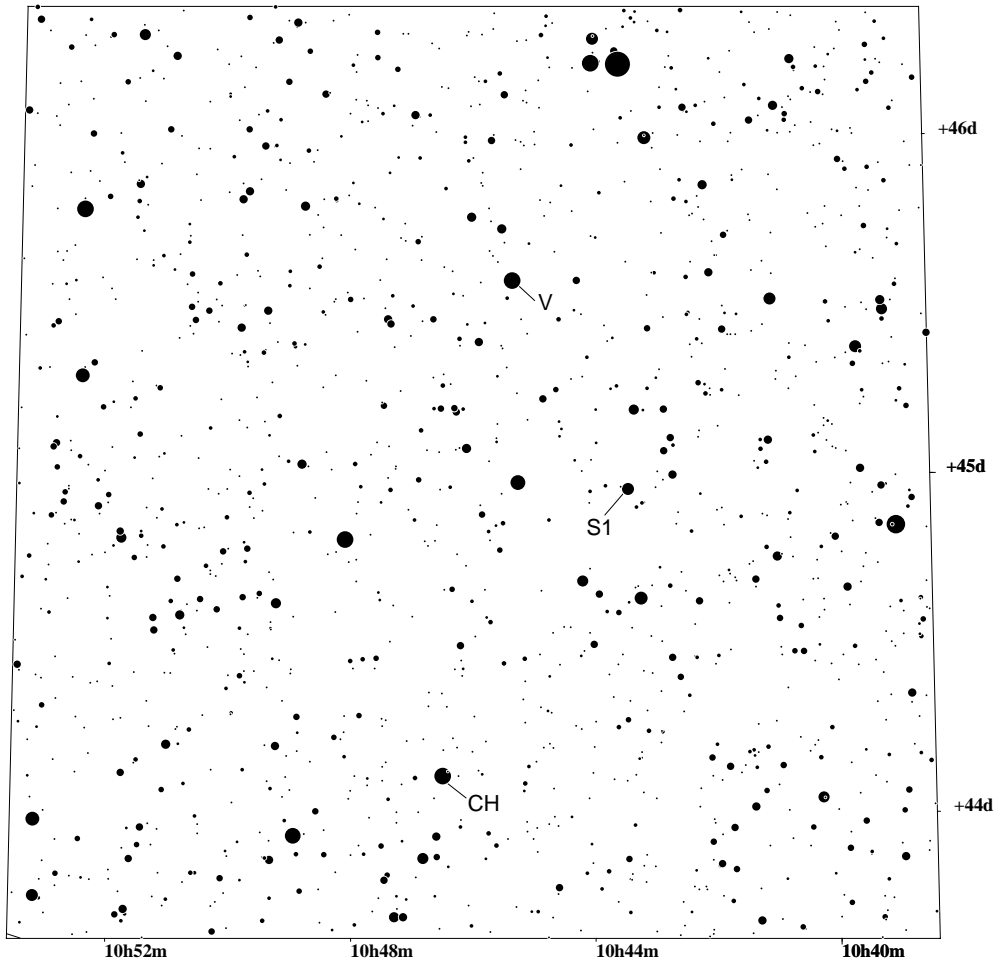
Filtre: U – B – V

Sekvencia: $k \times \{1 \times [S1 - CH - S1] - n \times [S1 - V] - 1 \times [S1 - CH - S1]\}$
check CH merať približne 1-krát za 30 minút

Počet meraní: Oblohu merať 1-krát, hviezdy 2-krát

Zadávateľ: Richard Komžík

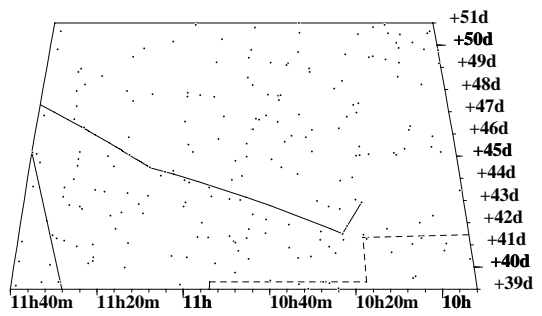
Pozorovateľnosť: v strednej Európe od začiatku októbra do konca júna;
začiatkom októbra vychádza o $\sim 02^{30}$ hod. GMT, pozorovateľná do $\sim 03^{30}$ hod. GMT;
koncom júna zapadá o $\sim 21^{15}$ hod. GMT, pozorovateľná od $\sim 20^{30}$ hod. GMT.

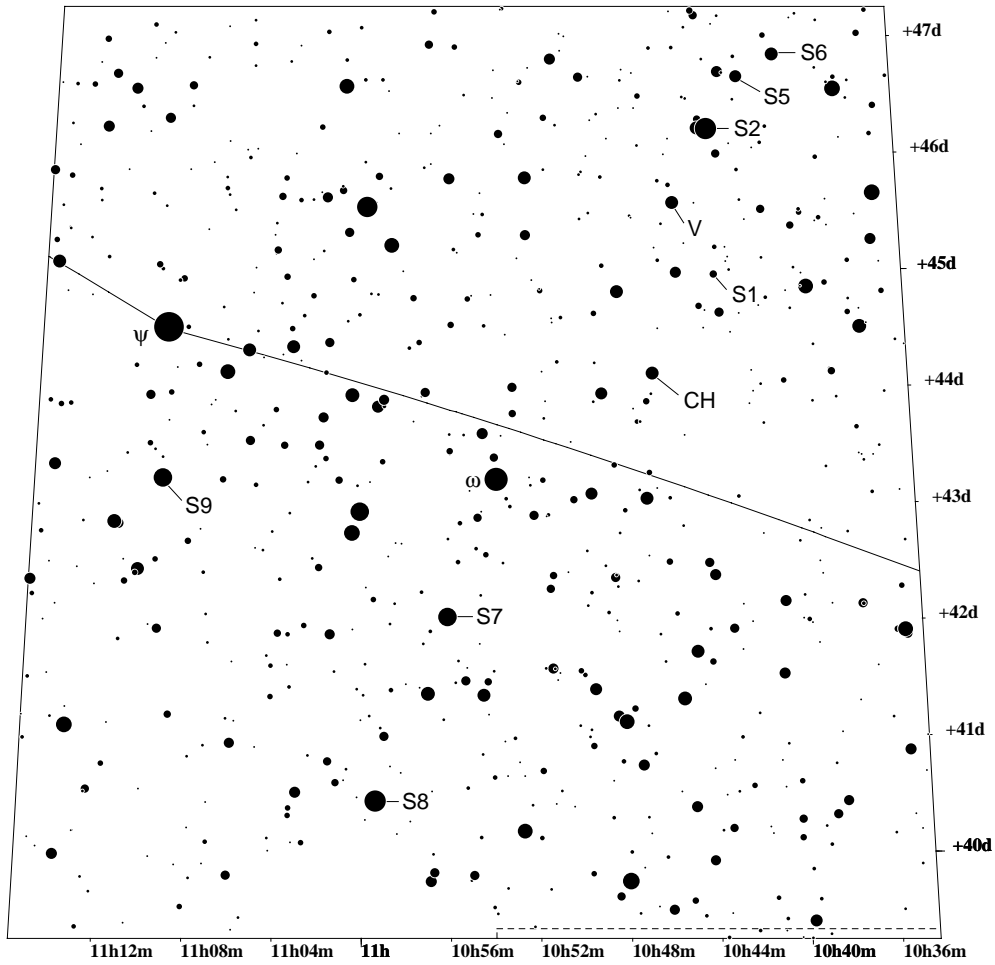


TX UMa (2000.0)

(10h46m,+45d lim: 24.0)

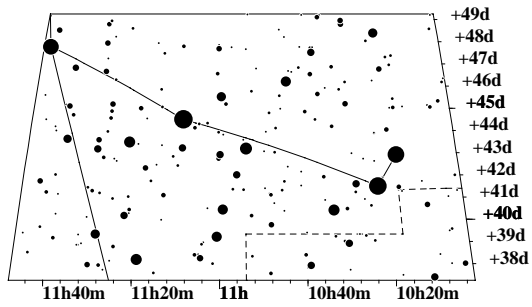
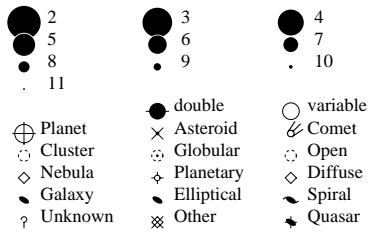
- | | | |
|-----------|--------------|------------|
| ● 4 | ● 5 | ● 6 |
| ● 7 | ● 8 | ● 9 |
| ● 10 | ● 11 | ● 12 |
| ● 13 | ● 14 | ● 15 |
| ⊕ Planet | ● double | ○ variable |
| ⊙ Cluster | × Asteroid | ☄ Comet |
| ◇ Nebula | ⊗ Globular | ○ Open |
| ◇ Galaxy | ⊕ Planetary | ◇ Diffuse |
| ? Unknown | ● Elliptical | ☉ Spiral |
| | ⊗ Other | ★ Quasar |





TX UMa (2000.0)

(10h55m,+43d15m lim: 11.0)



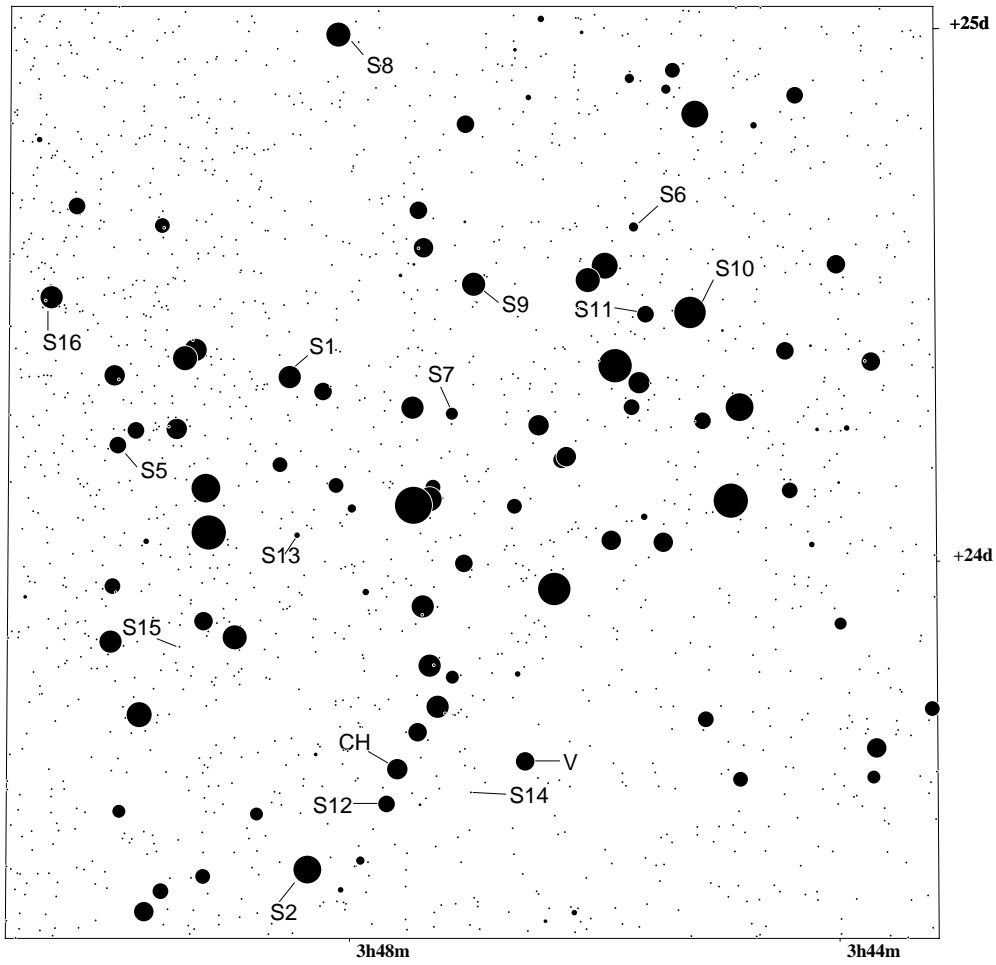
B POZOROVANIA PRE UBV SYSTÉM

PLEIADES

Hviezda		HD	SAO	HR	α_{1950}			δ_{1950}			Ū	B	V	Sp. typ	
					h	m	s	°	'	"					
S10	pleiades cmp10	B	23338	76140	1145	3	42	13.6	24	18	42.9	3.74	4.20	4.31	B6V
S2	pleiades cmp 2	C	23753	76215	1172	3	45	22.9	23	16	08.8	5.06	5.38	5.45	B8V
S8	pleiades cmp 8	D	23712	76206		3	45	07.0	24	50	09.1	10.23	8.16	6.46	K5
S9	pleiades cmp 9	E	23568	76183		3	44	00.3	24	22	00.4	6.78	6.85	6.82	B9V
S1	pleiades cmp 1	F	23763	76216		3	45	31.1	24	11	36.4	7.16	7.07	6.95	A0
S16	pleiades cmp16	G	24013	76259		3	47	28.8	24	20	42.1	7.67	7.55	7.42	A2
CH	pleiades cmp 3	H	23654	76202		3	44	38.7	23	27	23.1	10.07	8.95	7.72	K0
V	pleiades	I	23512	76175		3	43	36.2	23	28	12.2	8.75	8.46	8.11	A0
S11	pleiades cmp11	K	23375	76149		3	42	35.6	24	18	30.4	9.06	8.95	8.60	A2
S12	pleiades cmp12	L	23665	76203		3	44	44.2	23	23	26.6	10.75	9.94	8.79	K0
S5	pleiades cmp 5	M	23949	76248		3	46	55.8	24	04	02.5	9.47	9.32	9.16	A0
S7	pleiades cmp 7	N	23584			3	44	11.1	24	07	26.0	9.95	9.93	9.46	F8
S6	pleiades cmp 6	O				3	42	41.0	24	28	22.0	10.30	10.25	9.70	F8
S13	pleiades cmp13	P				3	45	27.5	23	53	48.0	10.67	10.58	10.02	
S14	pleiades cmp14	Q				3	43	55.7	23	25	50.0	11.32	11.16	10.52	F9
S15	pleiades cmp15	R				3	46	25.5	23	41	19.0	12.51	12.13	11.35	G2

podľa: Henden, A.A. & Kaitchuck, R.H.: *Astronomical Photometry*, 1982, New York; [30]

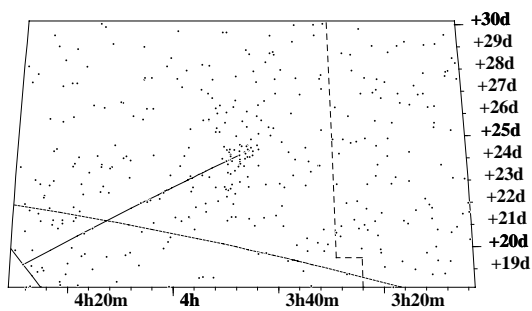
- Meno hviezd:** pleiades
pozor, zadávať malými písmenami!
- Napätie:**
- Clona:**
- Filtre:** U - B - V
- Sekvencia:** 2-krát za noc (podľa možnosti, čo najväčší rozdiel vzdušných hmôt) nasledujúci supercyklus:
 $2 \times [S1 - S2 - CH - V] - 2 \times [S1 - S8 - S9 - S10] - 2 \times [S1 - S16 - S5 - S7] - 2 \times [S1 - S15 - S12 - S14] - S1$
 Pri zlých pozorovacích podmienkach netreba merať najslabšie hviezdy.
- Počet meraní:** Oblohu merať 1-krát, hviezdy 2-krát
- Zadávateľ:**
- Pozorovateľnosť:** od začiatku septembra do konca februára;
 začiatkom septembra vychádzajú o $\sim 23^{00}$ hod UT, pozorovateľné do $\sim 2^{30}$ hod UT;
 koncom februára zapadajú o $\sim 20^{30}$ hod UT, pozorovateľné od $\sim 17^{30}$ hod UT.



Pleiades (2000.0)

(3h47m,+24d10m lim: 20.0)

- | | | |
|-----------|--------------|-----------|
| ● 5 | ● 6 | ● 7 |
| ● 8 | ● 9 | ● 10 |
| ● 11 | ● 12 | ● 13 |
| ● 14 | ● 15 | ● 16 |
| ⊕ Planet | × Asteroid | ☄ Comet |
| ⊙ Cluster | ⊙ Globular | ○ Open |
| ◇ Nebula | ⊕ Planetary | ◇ Diffuse |
| ☾ Galaxy | ⊕ Elliptical | ☾ Spiral |
| ? Unknown | ⊗ Other | ★ Quasar |



PRAESEPE

JASLIČKY

Hviezda		HD	SAO	HR	α_{1950}			δ_{1950}			U	B	V	Sp. typ	
					h	m	s	°	'	"					
CH	praesepe cmp 3	A	73731	98024	3429	8	37	35.1	19	43	23.1	6.63	6.47	6.30	A2
S6	praesepe cmp 6	B	73665	80333	3427	8	37	14.0	20	11	08.0	8.20	7.37	6.39	K0II
S2	praesepe cmp 2	C	73710	98021	3428	8	37	30.1	19	50	52.9	8.36	7.46	6.44	K0II
S13	praesepe cmp13	D	72779	97928	3387	8	32	27.1	19	45	48.3	7.50	7.25	6.58	G0II
V	praesepe	E	73598	98010		8	36	58.7	19	43	06.6	8.27	7.55	6.59	K0II
S5	praesepe cmp 5	F	73666	80336		8	37	19.1	20	08	56.6	6.64	6.62	6.61	A0
S8	praesepe cmp 8	G	73819	98032		8	38	04.4	19	45	32.3	7.09	6.95	6.78	A6V
S1	praesepe cmp 1	H	73785	98030		8	37	51.1	19	53	51.6	7.20	7.05	6.85	A9II
S7	praesepe cmp 7	J	73974	80361		8	38	57.9	20	03	13.1	8.60	7.86	6.90	K0II
S9	praesepe cmp 9	K	73711	98018		8	37	26.2	19	42	36.1	7.83	7.70	7.54	F0II
S10	praesepe cmp10	L	73450	98002		8	36	17.1	19	46	10.0	8.82	8.75	8.50	A9V
S11	praesepe cmp11	M	73397	97994		8	35	54.9	19	40	38.8	9.35	9.32	9.00	A5
S14	praesepe cmp14	N	73640	80332		8	37	08.7	20	18	48.9	10.09	10.11	9.67	F6V
S12	praesepe cmp12	P				8	35	39.9	19	38	30.0	11.80	11.02	10.01	G5
S15	praesepe cmp15	Q				8	37	02.7	20	14	34.0	10.60	10.60	10.11	
S16	praesepe cmp16	R				8	38	33.7	20	07	22.0	11.42	11.32	10.72	

podľa: Henden, A.A. & Kaitchuck, R.H.: *Astronomical Photometry*, 1982, New York; [30]

Meno hviezdy:

praesepe

pozor, zadávať malými písmenami!

Napätie:

Clona:

Filtre:

U - B - V

Sekvencia:

2-krát za noc (podľa možnosti, čo najväčší rozdiel vzdušných hmôt) nasledujúci supercyklus:

$$2 \times [S1 - S2 - CH - V] - 2 \times [S1 - S5 - S6 - S7] - 2 \times [S1 - S8 - S9 - S10] - 2 \times [S1 - S11 - S12 - S13] - 2 \times [S1 - S14 - S15 - S16] - S1$$

Pri zlých pozorovacích podmienkach netreba merať najslabšie hviezdy.

Počet meraní:

Oblohu merať 1-krát, hviezdy 2-krát

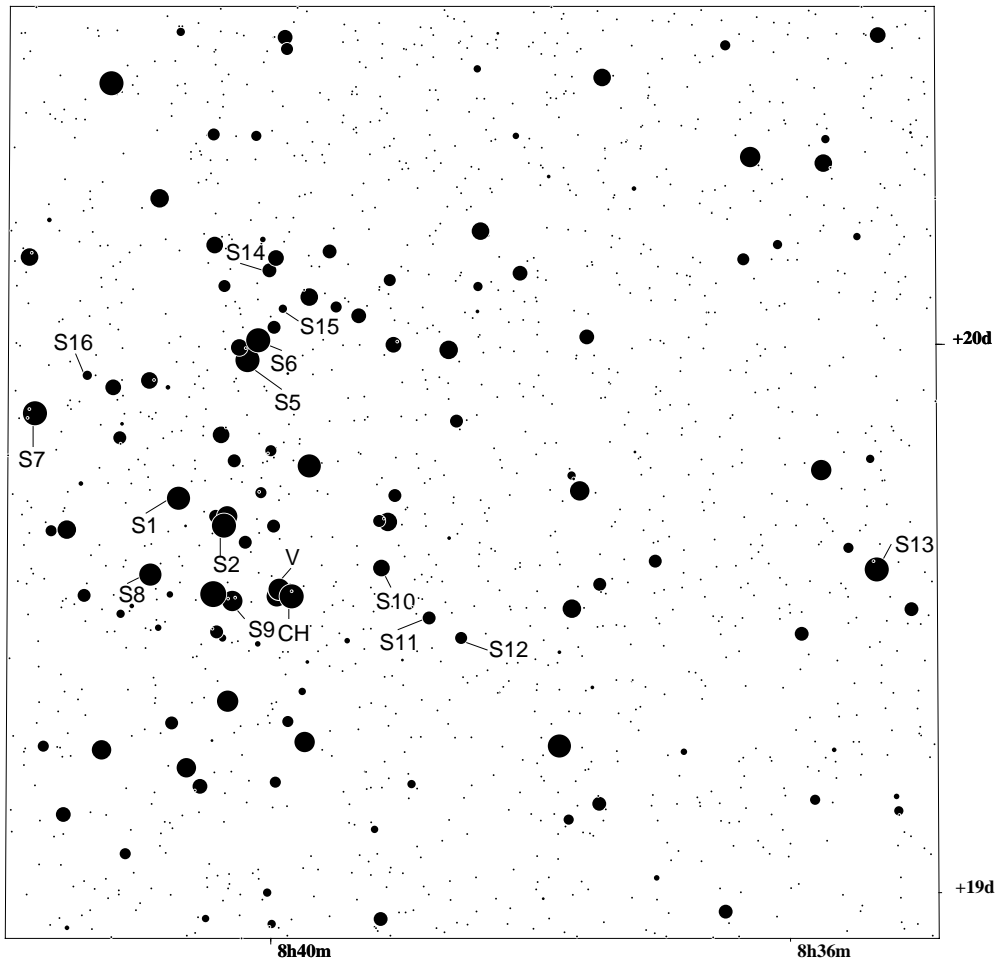
Zadávatel:

Pozorovateľnosť:

od začiatku októbra do konca apríla;

začiatkom októbra vychádzajú o $\sim 2^{00}$ hod UT, pozorovateľné do $\sim 3^{30}$ hod UT;

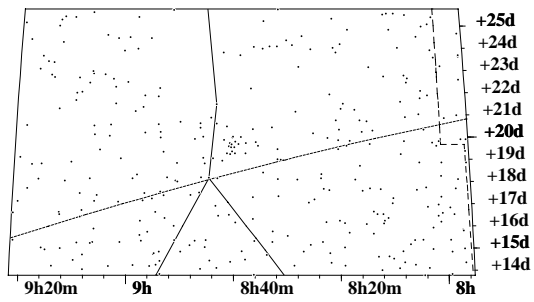
koncom apríla zapadajú o $\sim 21^{00}$ hod UT, pozorovateľné od $\sim 19^{00}$ hod UT.



Praesepe (2000.0)

(8h38m,+19d46m lim: 20.0)

- | | | |
|-----------|--------------|------------|
| ● 5 | ● 6 | ● 7 |
| ● 8 | ● 9 | ● 10 |
| ● 11 | ● 12 | ● 13 |
| ● 14 | ● 15 | ● 16 |
| ⊕ Planet | ◆ double | ○ variable |
| ⊙ Cluster | × Asteroid | ☄ Comet |
| ◇ Nebula | ⊛ Globular | ○ Open |
| ☄ Galaxy | ⊛ Planetary | ◇ Diffuse |
| ? Unknown | ⊛ Elliptical | ☄ Spiral |
| | ⊛ Other | ★ Quasar |



IC4665

Hviezda		HD	SAO	HR	α_{1950}			δ_{1950}			U	B	V	Sp. typ
					h	m	s	°	'	"				
S2	ic4665 cmp 2	A	161573	122723	17	43	40.1	5	32	54.5	6.32	6.86	6.85	B4V
CH	ic4665 cmp 3	B	161677	122735	17	44	14.0	5	47	31.0	6.66	7.14	7.12	B8
V	ic4665	C	161603	122725	17	43	43.7	5	40	35.2	6.90	7.36	7.34	B9
S6	ic4665 cmp 6	D	161223	122683	17	41	36.9	6	04	57.4	7.91	7.76	7.43	A2
S7	ic4665 cmp 7	F	161572	122716	17	43	29.9	5	42	46.4	7.10	7.59	7.59	B6V
S9	ic4665 cmp 9	G	161660	122734	17	44	09.8	6	08	18.1	7.18	7.73	7.74	B9
S12	ic4665 cmp12	H	161242	122686	17	41	45.4	5	16	16.6	10.21	9.11	7.83	K2
S10	ic4665 cmp10	I	161638	122732	17	44	02.1	6	15	14.2	9.69	8.92	7.89	K0
S1	ic4665 cmp 1	J	161622	122731	17	44	00.8	5	24	54.8	8.38	8.39	7.94	F0
S5	ic4665 cmp 5	K	161184	122676	17	41	24.8	5	51	57.2	7.95	8.12	8.05	A0
S8	ic4665 cmp 8	L	161698	122738	17	44	19.4	5	34	57.4	8.03	8.33	8.22	B9
S16	ic4665 cmp16	N	161820	122746	17	45	01.7	5	37	14.6	12.14	10.06	8.33	K5
S14	ic4665 cmp14	O	161867	122753	17	45	21.0	5	22	43.3	10.67	9.63	8.40	K2
S15	ic4665 cmp15	Q	161980	122770	17	45	55.3	5	19	32.0	11.28	10.21	8.96	
S11	ic4665 cmp11	R	161481	122710	17	43	07.4	5	26	44.1	9.46	9.36	9.10	
S13	ic4665 cmp13	T			17	42	19.0	5	13	14.0	11.99	10.95	9.68	

podľa: Henden, A.A. & Kaitchuck, R.H.: *Astronomical Photometry*, 1982, New York; [30]

Meno hviezdy: ic4665

pozor, zadávať malými písmenami!

Napätie:

Clona:

Filtre:

U - B - V

Sekvencia:

2-krát za noc (podľa možnosti, čo najväčší rozdiel vzdušných hmôt) nasledujúci supercyklus:

$$2 \times [S1 - S2 - CH - V] - 2 \times [S1 - S5 - S6 - S7] - 2 \times [S1 - S8 - S9 - S10] - 2 \times [S1 - S11 - S12 - S13] - 2 \times [S1 - S14 - S15 - S16] - S1$$

Pri zlých pozorovacích podmienkach netreba merať najslabšie hviezdy.

Počet meraní:

Oblohu merať 1-krát, hviezdy 2-krát

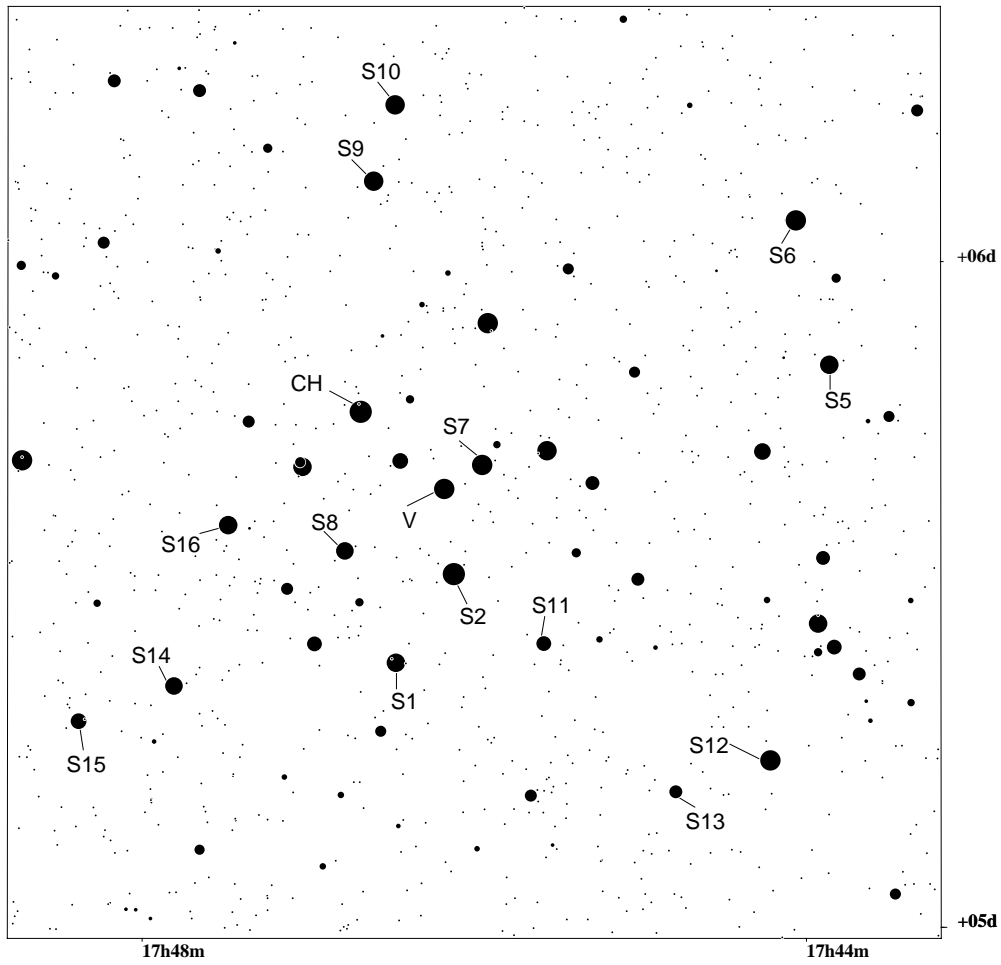
Zadávateľ:

Pozorovateľnosť:

od začiatku marca do konca septembra;

začiatkom marca vychádzajú o $\sim 2^{30}$ hod UT, pozorovateľné do $\sim 4^{00}$ hod UT;

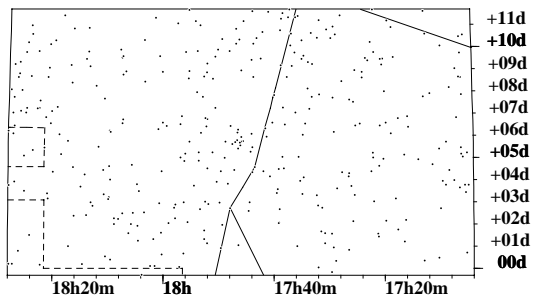
koncom septembra zapadajú o $\sim 19^{00}$ hod UT, pozorovateľné od $\sim 17^{30}$ hod UT.



IC4665 (2000.0)

(17h46m,+05d41m lim: 20.0)

- | | | |
|------|------|------|
| ● 6 | ● 7 | ● 8 |
| ● 9 | ● 10 | ● 11 |
| ● 12 | ● 13 | ● 14 |
| ● 15 | | |
-
- | | | |
|-----------|--------------|------------|
| ⊕ Planet | ◆ double | ○ variable |
| ⊙ Cluster | × Asteroid | ☄ Comet |
| ⊖ Nebula | ⊛ Globular | ○ Open |
| ☉ Galaxy | ♁ Planetary | ◇ Diffuse |
| ? Unknown | ♁ Elliptical | ☉ Spiral |
| | ⊛ Other | ★ Quasar |



C POZOROVACÍ PROGRAM "UNIV"

Pozorovací program UNIV slúži na obsluhu fotometra skonštruovaného ing. Vladimírom Kollárom, používaného na observatóriu Stará Lesná, ale aj upraveného (taktiež ing. Kollárom) fotometra firmy OPTEC SSP-5A inštalovaného na Skalnatom Plese. V súčasnosti je tento program používaný na viacerých observatóriách doma i v zahraničí. Program je napísaný v jazyku C, pričom som sa snažil o čo najväčšiu prenositeľnosť zdrojového kódu.

Hoci je program UNIV značne "prispôsobivý", jeho základným cieľom je slúžiť na diferenciálnu fotoelektrickú fotometriu premenných hviezd. Priamym výsledkom takéhoto pozorovania je výstupný súbor (časť C.3), v ktorom sú uložené napozorované (surové) dáta. Na získanie veličín používaných v astronomickej praxi (magnitúd) vhodných na ďalšiu analýzu, je potrebné tieto surové dáta podrobiť redukcii, ktorú je možné vykonať napríklad balíkom redukčných programov uvedených v časti D.

Program UNIV neumožní pozorovateľovi počas pozorovania daného objektu napríklad zmeniť integračný čas alebo clonu. Takýmto spôsobom sa snaží vyhnúť zásadným chybám počas pozorovania. Napriek tomu pozorovateľ, respektíve zadávateľ pozorovania musí dodržať ďalšie zásady (uvedené v časti C.2) v záujme získania čo najlepších výsledkov.

Keďže sa program UNIV vyvíjal postupne na základe skúseností s fotoelektrickou fotometriou premenných hviezd v Stelárnom oddelení Astronomického ústavu Slovenskej akadémie vied v Tatranskej Lomnici, bolo potrebné zachovať "spätnú kompatibilitu". Z toho vyplývajú aj 2 hlavné nedostatky: prekonaná štruktúra výstupného súboru a komplikovaný spôsob referovania objektov (hviezd) v pomocnom súbore KATALOG.

Požiadavky na počítač: IBM-kompatibilné PC x86, operačný systém DOS, asi 150 kB voľného miesta na pevnom disku (HD).

Samotný pozorovací program UNIV sa skladá z niekoľkých častí:

- samotného pozorovacieho programu **UNIV.EXE**. Pomocou tohto programu sa riadi proces pozorovania, získavajú sa ním surové dáta.
- rezidentnej časti programu **FOT??.EXE** Na pozícii prvého ? môže byť: 1 = pre fotometer riadený synchronizačnými impulzami z COM portu, 2 = synchronizačné impulzy sú dodávané počítačom; na pozícii druhého ? môže byť: H = Hlohovec, G = Kryonerion (Grécko), R = Roztoky, P = Skalnaté Pleso (americký fotometer Optec s úpravou ing. Kollára), O = Skalnaté Pleso ("čistý" americký fotometer Optec bez úprav), L = Stará Lesná. Rezidentná časť zabezpečuje komunikáciu počítača s fotometrom.
- **konfiguračných súborov**. V týchto súboroch sa nachádzajú informácie o da-

nom fotometri a o objektoch (hviezdach). Obsah súborov a ich formát je podrobne popísaný v časti C.1.

C.1 Konfiguračné súbory

Program UNIV niektoré informácie načítava z pomocných, konfiguračných súborov. V súbore KATALOG sú uložené informácie o jednotlivých hviezdach, súbor OBSERVAT.?? (vysvetlenie týchto dvoch ?? viď v časti C.1.2) zas slúži na získanie informácie o poradí filtrov vo fotometri pre daný čas. Obidva konfiguračné súbory sú podrobne popísané v nasledujúcich častiach: C.1.1 a C.1.2.

C.1.1 Katalóg hviezd

V súbore KATALOG sú uložené informácie o hviezdach (objektoch pozorovania): identifikácia hviezdy; HD, SAO a HR čísla; súradnice rektascenzia α a deklinácia δ so zodpovedajúcim equinokciom; vlastné pohyby (bez precesie!) v súradniciach α , δ ; prípadne (ak ide o periodicky premennú hviezdu) okamih minima JD_{0hel} a perióda v dňoch.

Každému objektu (hviezde) v súbore patria 2 riadky: nepárny a nasledujúci párny riadok. Uvádzame ako príklad 8 riadkov zo súboru, ktoré predstavujú záznamy o 4 objektoch (hviezdach):

tx uma	cmp 1		HD92764	SA043442	HR		
	.000000	.000000000	10.4029338	45.1245810	.0007	-.009	1950
tx uma	cmp 2		HD92787	SA043444	HR4191		
	.000000	.000000000	10.4037108	46.2801900	-.0261	-.072	1950
tx uma	cmp 3		HD93213	SA043467	HR		
	.000000	.000000000	10.4336024	44.2200600	-.0135	-.036	1950
tx uma			HD93033	SA043460	HR		
2445463.773400		3.063311700	10.4224445	45.4945740	.0014	.001	1950

Veľkou nevýhodou, vzniknutou historicky, je spôsob identifikácie objektu. Hviezdy, ktoré sa pri pozorovaní premenných hviezd používajú (viď časť C.2) sa v zásade delia na 2 druhy: premennú a štandardné hviezdy. Ďalšou historickou konvenciou je, že premenná hviezda sa označuje ako objekt číslo 4, porovnávací hviezda ako objekt číslo 1, kontrolná hviezda (check) ako objekt číslo 3. Pre prípadné ďalšie štandardné hviezdy nám teda zostali čísla 2 a 5 – 99. Potom napríklad štandardná hviezda číslo 2, je podľa tejto konvencie objektom číslo 2 a tak ďalej. (Toto označenie je pôvodne prebrané zo Stelárneho oddelenia AsÚ v Ondřejove a 1 znamenala "modrý štandard", 2 "červený štandard".) Z tohto označenia potom vyplýva aj identifikácia v súbore KATALOG. Zoberme ako príklad pozorovanie premennej hviezdy TX UMa. Identifikácia objektu je reťazec znakov dlhý 14 charakterov. Prvých 9 charakterov slúži na označenie, o ktorú premennú hviezdu ide. Tu používame najlepšie označenie premennej hviezdy malými písmenami, teda `txuma`⁷. K týmto 9 charakterom

⁷Je potrebné si dohodnúť jednoznačný spôsob tohto označenia pre "problematické" premenné, aby ste raz nepoužívali `n cyg`, potom `nova cyg` a tretí raz `novacyg`, alebo raz `hd 8912` a druhý raz `hd8912`. Na vyhnutie sa tejto

potom pripájame na 10.–12. pozíciu reťazec znakov `cmp` a číslo objektu vo formáte I2 (FORTRAN-ovská konvencia). Posledná veta sa však nevzťahuje na premennú. Teda:

Objekt	Označenie v súbore KATALOG
porovnávací hviezda pre premennú TX UMa	<code>tx uma cmp 1</code>
kontrolná hviezda (check) pre premennú TX UMa	<code>tx uma cmp 3</code>
premenná hviezda TX UMa	<code>tx uma</code>
porovnávací hviezda č.15 pre premennú TX UMa	<code>tx uma cmp15</code>

Z uvedeného je zrejmá nevýhoda: ak by sa hviezda použitá ako porovnávací používala aj ako kontrolná (check) pre inú premennú hviezdu, povedzme TY UMa, musela by byť v súbore KATALOG uvedená dvakrát: raz s identifikáciou `tx uma cmp 1` druhý raz ako `ty uma cmp 3`. Vzhľadom na malý počet (v skutočnosti v Stelárnom oddelení AsÚ SAV sa zatiaľ tak nestalo) takýchto prípadov, je táto črta súboru KATALOG tolerovateľná.

V záujme jednoznačnej identifikácie objektu sú v súbore KATALOG uvedené (pokiaľ existujú) aj **katalógové čísla** z hviezdnych katalógov: HD – Henry Draper Catalogue (Cannon & Pickering, 1918–1924 [25]), SAO – Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalog (1966 [34]) a HR – Yale Catalogue of Bright Star (Schlesinger & Jenkins, 1940 [33]; Hoffleit, 1964 [31]). Je potrebné vynaložiť námahu a nájsť všetky katalógové čísla daného objektu, v záujme archivácie napozorovaných dát, aby aj po dlhom čase bolo jasné, o aké pozorovanie išlo. Pamätajte, že v astronómii nie je možné experiment (pozorovanie) opakovať, a preto každé *dobré* pozorovanie má obrovskú cenu. Pri vyhľadávaní katalógových čísiel Vám môže pomôcť Internetovské URL: "http://adswww.harvard.edu/list_abs.html" alebo ďalšia URL adresa "http://adsabs.harvard.edu/abs_doc/list_abs.html".

Pokiaľ má premenná hviezda známu periódu, uveďte okamih minima v juliánskych dňoch (JD) a periódu v dňoch. Ak ide o neperiodický objekt (všetky porovnávací hviezdy také musia byť) zadajte na príslušnom mieste okamih minima aj periódu rovné 0 (nule).

Rektascenzia aj deklinácia sú zadané k určitému ekvinokciu, ktoré môže byť ľubovoľné. Rektascenziu zadávajú v hodinách, minútach a sekundách. Z uvedeného príkladu číslo 10.4224445 pre premennú TX UMa znamená $\alpha_{1950} = 10^h 42^m 24.445^s$. Deklináciu zadávajú v stupňoch, oblúkových minútach a oblúkových sekundách. Číslo 45.4945740 z uvedeného príkladu znamená $\delta_{1950} = 45^\circ 49' 45.740''$.

V súbore KATALOG sú uvedené taktiež "čisté" vlastné pohyby (teda bez precesie!) v rektascenzii a deklinácii. Vlastný pohyb v rektascenzii je uvedený v sekundách za 1 rok; vlastný pohyb v deklinácii je uvedený v oblúkových sekundách za 1 rok.

Presnú pozíciu (formát) jednotlivých dát v súbore KATALOG popisujú nasledovné riadky zdrojového textu (FORTRAN-ovského):

situácii slúži jednak dohoda a po druhé kolónka vo formulári k pozorovaniu s názvom "Meno hviezdy"; zároveň má zadávateľ pozorovania zabezpečiť zapísanie údajov do súboru KATALOG.

```

double precision jd0, per
real mirs, midas
integer rh, rm rs1000, dd, dam, das1000, epoch
character*11 hd, sao, hr
character*14 ident

open(12, file='KATALOG')
write(12, 100) ident, 'HD', hd, 'SAO', sao, 'HR', hr
100 format(A14, 18X, A2, A11, 1X, A3, A11, 2X, A2, A11)
write(12, 200) jd0, per, rh, '.', rm, rs1000,
+ dd, '.', dam, das1000, mirs, midas, epoch
200 format(D14.6, 1X, A2, D14.9, 1X, I2, A1, I2, I5, 2X,
+ 2X, I3, A1, I2, I5, 3X, F8.4, 1X, F7.3, 3X, I4)
close(12)

```

Význam uvedených premenných: `ident` - identifikácia objektu, `hd`: HD číslo, `sao`: SAO číslo, `hr`: HR číslo, `jd0`: okamih minima v JD, `per`: perióda v dňoch, `rh`: rektascenzia-hodiny, `rm`: rektascenzia-minúty, `rs1000`: 1 000 × rektascenzia-sekundy, `dd`: deklinácia-stupne, `dam`: deklinácia-obľukové minúty, `das1000`: 1 000 × deklinácia-obľukové sekundy, `mirs`: čistý vlastný pohyb v rektascenzii - sekundy, `midas`: čistý vlastný pohyb v deklinácii - obľukové sekundy, `epoch`: epocha súradníc - celý rok.

Súbor KATALOG môžete podľa uvedených pravidiel vytvoriť/doplniť pomocou ľubovoľného editora, inak Vám môže byť užitočný pomocný program KATIN.EXE; viď časť F.1.

Pokiaľ súbor KATALOG neexistuje, program UNIV vypíše varovanie; viď časť C.5.

C.1.2 Konfigurácia fotometra

Keďže konfigurácia Vášho fotometra sa môže meniť (napr. dodaním nových filtrov), program UNIV používa konfiguračný súbor `C:\KATALOG\OBSERVAT.??` (na pozíciách ?? musia byť nasledovné kódy podľa observatórií: HL = Hlohovec, KR = Kryonerion (Grécko), RO = Roztoky, SP = Skalnaté Pleso, SL = Stará Lesná), kde sú uložené informácie o Vašom fotometri "závislé na čase". Okrem poradia filtrov, sú v tomto súbore aj informácie síce nepoužívané pozorovacím programom UNIV, potrebné však pri redukcii napozorovaných údajov: extinkčné koeficienty pre jednotlivé filtre a transformačné koeficienty pre prevod meraní v Johnsonových UVB filtroch do medzinárodného systému.

Pri každej zmene konfigurácie Vášho fotometra je potrebné tento súbor aktualizovať! Musíte teda dodať do neho novú päťicu riadkov, podľa významu a formátu uvedených nižšie.

Formát súboru `C:\KATALOG\OBSERVAT.??` je nasledovný. Na prvých 15-tich riadkoch sú poznámky vysvetľujúce v skratke obsah a formát súboru. Po týchto povinných 15-tich riadkoch nasleduje ľubovoľný počet skupín 5-tich riadkov. Každá táto skupina popisuje konfiguráciu fotometra od uvedeného juliánskeho dátumu

(JD). Tieto skupiny musia byť zoradené chronologicky podľa vzrastajúceho JD!
Príklad dvoch takýchto skupín piatich riadkov:

```
-----SKALNATE PLESO Observatory   Pleiades 27/28 JAN '92 (MERANIE SYSTEMU)
2448649.4
U B V
0.675 0.386 0.277 0 0 0 0 0 0
-0.14626 1.02690 1.03747
-----SKALNATE PLESO Observatory   IC4665 10/11 MAJ '93 (UMYTIE ZBKADLA)
2449094.5
U B V R u v b y
0.675 0.386 0.277 0 0 0 0 0 0
-0.00748 0.99970 1.03690
```

- **(15+(n × 5)+1)-vý riadok:** tu je uvedená poznámka. Je dobré vždy si sem poznačiť, čo sa menilo (napríklad: dodané nové filtre, zrátané nové transformačné koeficienty...)
- **(15+(n × 5)+2)-hý riadok:** tu je vo formáte F11.1 (FORTRAN-ovská konvencia) uvedené JD, od ktorého dané hodnoty platia.
- **(15+(n × 5)+3)-tí riadok:** tu sú vo formáte 10(A3) uvedené značky filtrov. Môže ich byť teda maximálne 10. Polohu 0 je potrebné používať ako prázdnu pozíciu, filtre osadzujte iba do pozícií 1—n ! Pokiaľ máte menej filtrov, ako počet pozícií vo fotometri, uložte ich vždy za sebou od pozície 1 a v tomto riadku uveďte iba značky skutočne osadených filtrov. Ak máte predsa medzi filterami prázdnu pozíciu, treba jej v tomto riadku zadať značku, povedzme NUL. Značkou nemôžu byť 3 medzery, program by potom nezaregistroval ďalšie filtre.
- **(15+(n × 5)+4)-tý riadok:** uvádza sezónne extinkčné koeficienty prvého rádu vo voľnom formáte (musí ich byť 10) v poradí filtrov (tak ako predchádzajúci riadok). Pokiaľ nemáte extinkčný koeficient pre daný filter zmeraný, alebo sa na danej pozícii vo fotometri filter nenachádza, uveďte 0 (nulu).
- **(15+(n × 5)+5)-ty riadok:** uvádza transformačné koeficienty (ϵ, μ, ψ) bez nulových bodov vo formáte 3(F10.5) pre prevod do medzinárodných UBV-magnitúd. Uveďme transformačné rovnice:

$$\begin{aligned} V - v &= \epsilon \times (B - V) + \zeta_v , \\ B - V &= \mu \times (b - v) + \zeta_{bv} , \\ U - B &= \psi \times (u - b) + \zeta_{ub} . \end{aligned} \tag{23}$$

Veľké písmená U, B, V sú tu použité pre označenie Johnsonových medzinárodných magnitúd, malé písmená u, b, v označujú inštrumentálne magnitúdy.

Pokiaľ túto sústavu transformačných rovníc napíšeme ako pre porovnávaciu hviezdu S_1 tak aj pre premennú V a potom ich od seba odrátame, dostaneme

sústavu:

$$\begin{aligned}\Delta V - \Delta v &= \epsilon \times (\Delta B - \Delta V) , \\ \Delta B - \Delta V &= \mu \times (\Delta b - \Delta v) , \\ \Delta U - \Delta B &= \psi \times (\Delta u - \Delta b)\end{aligned}\tag{24}$$

už bez nulových bodov ($\zeta_v, \zeta_{bv}, \zeta_{ub}$). Symboly Δ označujú diferenciálne magnitúdy, teda rozdiely magnitúd premennej V a porovnávaczej hviezdy S_1 v danom filtri, teda napríklad: $\Delta U = U_V - U_{S_1}$. Z tohto dôvodu sú uvedené v $(15+(n \times 5)+5)$ -tom riadku konfiguračného súboru iba transformačné koeficienty (ϵ, μ, ψ) bez nulových bodov. Predpokladá to však, že robíme diferenciálnu fotometriu. Pokiaľ sa v redukcii pozorovaní chceme dopracovať až k Johnsonovým medzinárodným UBV magnitúdam premennej V, musíme poznať (nájst v katalógu) Johnsonove medzinárodné UBV magnitúdy porovnávaczej hviezdy S_1 .

Súbor môžete podľa uvedených pravidiel zmeniť/doplniť pomocou ľubovoľného editora.

Súbor musí existovať, inak program UNIV ukončí svoj beh s chybovou hláškou; viď časť C.5.

C.2 Zásady pozorovania

Program UNIV bol napísaný, aby jednak uľahčil pozorovanie premenných hviezd, ale aj v priebehu pozorovania v čo najväčšej miere vylúčil možnosť chyby zo strany pozorovateľa. Medzi takéto vlastnosti patrí napríklad nemožnosť zmeniť integračný čas a clonu počas pozorovania daného objektu a pod. Snažili sme sa do neho zabudovať skúsenosti s fotoelektrickou fotometriou v Stelárnom oddelení AsÚ SAV v Tatranskej Lomnici. Napriek tomu pozorovateľ a aj zadávateľ pozorovania musí už pri príprave na pozorovanie a zadávaní podkladov pamätať na viaceré zásady. Uvedme tie najdôležitejšie:

- Za **štandardnú porovnávaciu hviezdu S_1** je potrebné vybrať nepremenný objekt približne rovnakej hviezdnej veľkosti ako je premenná hviezda (dynamický rozsah fotometra), taktiež približne rovnakého spektrálneho typu (v priebehu redukcie nie sú uvažované extinkčné koeficienty druhého rádu), v pomerne malej uhlovej vzdialenosti (maximálne niekoľko málo stupňov) od premennej hviezdy (pri splnení tejto zásady minimalizujete čas potrebný na prechody medzi objektami počas pozorovania a navyše aj opravy na extinkciu budú zanedbateľné, takže aj nepresne určené extinkčné koeficienty prvého rádu nevniesú do výsledku pozorovania veľkú chybu; nehovoriac o obmedzení jemných pohybov ďalekohľadu). Keďže nie je možné zaručiť nepremennosť objektu zvoleného za štandardnú hviezdu (práve Vy sa môžete stať objaviteľom jeho premennosti), je vhodné zvoliť ďalšiu štandardnú kontrolnú hviezdu, takzvaný **check** a v

priebehu pozorovania ju merať zhruba jedenkrát za 30 minút. V prípade, že sa ukáže nevhodný výber S_1 môžete v priebehu redukcie použiť namiesto nej práve CH.

- Pre každé pozorovanie je potrebné vopred pripraviť kvalitné podklady. Pamätajte, že majú byť zrozumiteľné pre všetkých a úplné, aby sa počas pozorovania nemusel zbytočne strácať čas rozmýšľaním, ako to zadávateľ myslel. Pre pozorovanie je potrebná kvalitná **mapka** s označením všetkých objektov. Mapku dnes môžete vyrobiť napríklad pomocou programu *STARCHART* voľne prístupného na INTERNETE; týmto spôsobom s použitím CD ROM hviezdneho katalógu *The Guide Star Catalog, ver. 1.1* boli vytvorené aj mapky pre pozorovanie systému, uvedené v Dodatku (B a A). Vhodné sú aj xerokópie z Bečvářových atlasov (Bečvář, 1979 [23]; 1978 [22]; 1974 [24]). Mapka by mala byť s takým rozlíšením, aby všetky objekty, ktoré pozorovateľ uvidí v pointačnom ďalekohľade (respektíve na monitore tohto ďalekohľadu) boli aj v mapke. Okrem mapky je dobré priložiť aj podrobnú fotografiu poľa, zachycujúcu aj veľmi slabé objekty, aby pozorovateľ vedel, na ktorom mieste môže merať oblohu. Vcelku výhodné je pre tento účel použitie xerokópie z Palomarského fotografického atlasu (Dixon, Gearhart & Schmidtke, 1985 [26]). V neposlednom rade musíte pripraviť stručný ale úplný a jasný **návod k pozorovaniu**, kde je potrebné zadať všetky údaje ako o nastavení fotometra (napríklad napätie, clona), tak aj o pozorovaní samotnom (integračný čas, používané filtre, sekvencia objektov). Príkladom môže byť formulár uvedený v Dodatku A.
- Pozorovanie možno začať, až keď je obloha dostatočne tmavá, jej jas sa už dramaticky nemení. Pre fotometrické pozorovanie väčšinou postačuje ako súmrak **nautický súmrak**, teda Slnko 12° pod obzorom. Hviezdy je možné za štandardných poveternostných podmienok pozorovať **vo výškach $> 30^\circ$ nad obzorom**. V nižších výškach zákal a prach väčšinou znemožnia naozaj kvalitné pozorovanie.
- Keďže obloha má vďaka rozptýlenému svetlu nenulový jas, je potrebné pred každým meraním objektu vykonať **meranie oblohy** neďaleko od objektu (niekoľko oblúkových sekúnd až minút) a to na tom mieste oblohy, kde sa nejavia žiadne slabé hviezdy, ktoré by do merania vnášali svoj príspevok. Na zvolenie takéhoto miesta je veľmi užitočná spomínaná podrobná fotografia poľa. Napriek tomu, že program umožňuje vynechanie merania oblohy, toto meranie je potrebné. Oblohu meriame vždy pred každým meraním samotného objektu.
- Pozorovanie je potrebné začať aj skončiť pozorovaním porovnávacej hviezdy S_1 . Vďaka tomu sa počas redukcie bude vždy interpolovať a nedôjde k extrapolácii hodnôt. Vhodný **cyklus** je napríklad: $S_1 - CH - n \times [S_1 - V - S_1 - V - S_1 - V -$

$S_1 - CH] - S_1$. Samozrejme, pred každým meraním objektu je potrebné merať "jeho" oblohu.

- V závere pozorovania je vhodné **zhodnotiť kvalitu noci** a napísať všetky **poznámky** týkajúce sa priebehu pozorovania. Keď sa budete vracat k starším pozorovaniam, určite budú pre Vás tieto informácie užitočné.
- O vykonaných pozorovaniach si vedte **denník pozorovaní** aspoň s týmito údajmi: dátum, pozorovaná premenná hviezda, pozorovateľ, použité filtre, napätie, clona a presný čas trvania pozorovania (čas prvej a poslednej integrácie), prípadne poznámky pozorovateľa. Za úvahu stojí aj systematická **archivácia** Vašich pozorovaní.
- Je najjednoduchšie (obzvlášť v našich zemepisných dĺžkach, kde rozdiel je maximálne 2 hodiny) používať na zaznamenávanie času **GMT** (Greenwich Mean Time) - čas greenwichského poludníka. Program UNIV, vyžaduje, aby ste na počítači nastavili GMT. Pokiaľ si na túto zásadu zvyknete, nebudete mať v budúcnosti problémy pri prípadnej strate poznámok so zisťovaním, v akom čase sú namerané údaje.

C.3 Výstupný súbor programu UNIV

Výstupom z pozorovacieho programu UNIV je výstupný súbor, ktorý obsahuje všetky namerané údaje počas pozorovania potrebné na ďalšiu redukciu.

Meno výstupného súboru má tvar, ktorý umožňuje rýchlu orientáciu, o aké pozorovanie išlo. Vzhľadom na obmedzenia dané operačným systémom DOS, meno súboru sa môže skladať najviac z 8 znakov vlastného mena a 3 ďalších znakov extenzie. Za prvých n ($0 < n \leq 5$) znakov vlastného mena zadáme na začiatku pozorovania označenie pozorovania (najlepšie meno premennej hviezdy), napríklad **txuma**. Zvyšnú časť mena doplní program podľa nasledovných pravidiel: na $n+1$. pozícii vlastného mena je kód observatória (H = Hlohovec, K = Kryonerion, R = Roztoky, S = Skalnaté Pleso, G = Stará Lesná); na $n+2$. a $n+3$. pozícii vlastného mena je deň v mesiaci (ako dátum berieme vždy "**večerný**" dátum, aj keď pozorovanie začalo až po polnoci); na 1. pozícii extenzie je kód mesiaca (1–9 pre január–september, 0 - október, N - november, D - december); na 2. a 3. pozícii extenzie je posledné dvojčísle roku. Teda meno výstupného súboru **txumas04.096** znamená, že ide o pozorovanie premennej hviezdy TXUMa na Skalnatom Plese v noci 4./5. októbra 1996. Meno súboru podľa týchto pravidiel vygeneruje program UNIV.

Najskôr uveďme príklad jedného výstupného súboru:

```
"STAR NAME:", "tx uma", "DISKETTE:", "sp"  
"INT. TIME [S]:", "10", "OBSERVERS:", "ko"  
"DATE:", "4", "-", "10"  
"-", "1996", "JULIAN DATE:", 2450360.500000  
"TEMPERATURE, HUMIDITY, SEEING: ", "4", "70", "7"
```

```

"OBJECT:", "TIME:", "FILTER:", "COUNTS:"
" 0", " 17:42:12", " 4", " 8516"
" 0", " 17:42:24", " 6", " 4850"
" 1", " 17:42:58", " 4", " 554489"
" 1", " 17:43:10", " 6", " 147196"
" 0", " 17:48:39", " 4", " 8785"
" 0", " 17:48:51", " 6", " 4803"
" 4", " 17:49:23", " 4", " 629356"
" 4", " 17:49:35", " 6", " 165624"
.
.
.
" 0", " 18:49:20", " 4", " 9233"
" 0", " 18:49:31", " 6", " 5002"
" 1", " 18:50:03", " 4", " 528666"
" 1", " 18:50:15", " 6", " 132046"
# NIGHT QUALITY FLAG: 2 (1=excellent, 2=good 3=variable, 4=poor 5=unusable)
# NIGHT QUALITY REMARK: vcelku dobra noc, ale velky seeing
# NIGHT QUALITY REMARK: velmi velka scintilacia: oblast je nad Huncovakom

```

Súbor sa skladá z 3 častí: hlavičky (prvých 6 riadkov), jadra so samotnými na-pozorovanými údajmi a poznámok na konci súboru.

Hlavička uvádza meno pozorovanej premennej hviezdy (podľa označenia v konfi-guračnom súbore KATALOG, viď časť C.1.1); kód observatória (HL = Hlohovec, KR = Kryonerion (Grécko), RO = Roztoky, SP = Skalnaté Pleso, SL = Stará Lesná); integračný čas v sekundách; kód pozorovateľa; dátum pozorovania (deň, mesiac, rok; opäť zdôraznime, že ide o "večerný" dátum, aj keď pozorovanie začalo až po pol-noci); juliánsky dátum predchádzajúcej polnoci; teplotu v stupňoch Celzia; vlhkosť vzduchu v %; seeing (zdanlivá "veľkosť" hviezd v okulári ďalekohľadu) v oblúkových sekundách. Hlavička výstupného súboru má tiež svoju "historickú" formu a pre sa-motnú redukciu sú používané iba údaje: meno pozorovanej premennej hviezdy, kód observatória, večerný dátum (deň, mesiac, rok).

Jadro výstupného súboru je tvorené 4-mi stĺpcami, v ktorých sú samotné na-pozorované údaje. V **prvom stĺpci** je kód objektu podľa rovnakej konvencie, aká bola uvedená v časti C.1.1, teda: 4 - premenná hviezda, 1 - porovnávací hviezda, 3 - kontrolná hviezda (check), 2 a 5 - 99 - prípadné ďalšie štandardné hviezdy. Kód 0 označuje oblohu a to oblohu nasledovne meraného objektu (teda v prvom a druhom riadku jadra z uvedeného príkladu sú merania oblohy porovnávací hviezdy S_1 za-tiaľ čo v piatom a šiestom riadku sú merania oblohy premennej hviezdy V). **Druhý stĺpec** je čas stredu integrácie v GMT; hodiny, minúty, sekundy. **Tretí stĺpec** udáva poradie filtra vo fotometri (pozri časť C.1.2). **Štvrtý stĺpec** tvoria namerané pulzy (hodnota priamo úmerná energii dopadnutej na fotokatódu fotonásobiča pri nulovej hodnote mŕtvej doby (dead time)).

Poznámky na konci súboru (v uvedenom príklade posledné 3 riadky) môžu mať ľubovoľný počet riadkov pričom každý začína znakom # (hash). V ich prvom riadku je v stupnici 1-5 zhodnotená kvalita noci. Zvyšné riadky majú obsahovať všetky dôležité okolnosti, ktoré sa vyskytli počas pozorovania. Pozorovateľ ich zadáva pri

ukončení pozorovania danej premennej hviezdy.

C.4 Beh programu UNIV

Program UNIV je napísaný takým spôsobom, aby jeho ovládanie bolo intuitívne. Môže s Vami komunikovať v angličtine alebo slovenčine (podľa Vášho výberu Vám dodáme zvolenú mutáciu). Na viaceré otázky Vám napovedá možné odpovede, napríklad: `Is this setting correct? [Y/n] =>` . Máte teda možnosť odpovedať "yes" zadaním `Y` (prípadne `y`) alebo "no" zadaním `N` (prípadne `n`). To, že v hranatej zátvorke je uvedené veľké `Y` a malé `n`, znamená implicitnú odpoveď `Y`. Teda keď danú otázku iba odklepnete (`ENTER`), vykoná sa akcia ako pri zadaní `Y` (prípadne `y`).

Po spustení programu UNIV sa na moment objaví úvodná obrazovka, kde okrem informácie o autoroch nájdete aj **číslo verzie**. Nasleduje úvodný dialóg. Program sa Vás opýta na **meno premennej hviezdy**, ktorú idete pozorovať. Musíte odpovedať menom, ktoré máte zadané v súbore `KATALOG` (viď časť C.1.1), teda napríklad `tx uma`. V ďalšej otázke chce program vedieť **večerný dátum**. Pokiaľ máte v počítači nastavený správny dátum (musíte mať!), priamo Vám ponúkne odpoveď, aj ak začína pozorovanie po polnoci. V odpovedi na tretiu otázku zadajte **kódy pozorovateľov**, ktorí pozorovanie vykonávajú. Kódy sú Vami zvolené značky pre jednotlivých pozorovateľov. Program akceptuje maximálne 10 charakterov v tejto odpovedi. **Integračný čas** je možné zadať v rozsahu 2 - 254 sekúnd a musí to byť párne číslo. Takto dlho bude trvať integrácia (jedno meranie daného objektu v danom filtri). Tento čas je pre všetky merania rovnaký a nesmie sa zmeniť: teda oblohy, štandardné hviezdy a aj samotná premenná musia byť merané s rovnakým integračným časom. V Stelárnom oddelení AsU SAV v absolútnej väčšine prípadov používame integračný čas 10 sekúnd. V prípade zistenia, že ste zvolili nesprávny integračný čas (napríklad sa ukáže malý odstup signálu od šumu: teda dlhší integračný čas by mohol byť lepší; musíte však pamätať, že predĺženie integračného času znamená zhoršenie časového rozlíšenia) je potrebné dané meranie ukončiť a začať nové meranie tej istej premennej hviezdy. V úvodnom dialógu už zadáte ten "správny" nový integračný čas. Nasledujúce otázky na **teplotu**, **vlhkosť** a **seeing** majú iba informačný význam. V ďalšom je potrebné zadať **adresár**, kde bude uložený **výstupný súbor** a prvých maximálne 5 znakov mena výstupného súboru (o tvare mena výstupného súboru pozri časť C.3). Program opäť ponúka implicitné hodnoty. Deje sa taktiež kontrola, či daný adresár existuje a či neexistuje súbor s rovnakým menom, aby nedošlo k jeho prepísaniu. V tomto prípade sa program vráti a umožní Vám zadať nové hodnoty. Na záver tejto prvej obrazovky otázok sa program opýta, či boli údaje zadané správne. V prípade, že odpoviete záporne, úvodný dialóg sa zopakuje.

Nasleduje **nastavenie GMT**(viď časť C.2) času. Čas je potrebné zadať s maximálnou presnosťou: ide predsa o astronomické pozorovanie! Pamätajte, že tento čas bude nastavený aj ako systémový čas Vášho počítača.

Na nasledujúcej obrazovke je potrebné zadať správny **cyklus filtrov** Aby Vám boli ponúknuté všetky filtre, ktoré máte momentálne vo fotometri, musíte mať správne zadané vstupy v konfiguračnom súbore OBSERVAT.?? (viď časť C.1.2). Zdajte všetky filtre, ktoré budete používať, napríklad U–B–V.

Ďalšia obrazovka Vám zas umožní zadať **cyklus hviezd**, ktoré chcete merať. Tento cyklus sa po jeho ukončení bude opakovať. S ohľadom na doporučenia v časti C.2 povedzme, že zadáte cyklus: $S_1-S_2-CH-S_1-V-S_1-V$ (na konci merania treba potom odmerať ešte S_1). Nasledujú otázky na **počet meraní oblohy štandardných hviezd** (to sú všetky okrem premennej hviezdy): odpovedzme napríklad 1; **počet meraní štandardných hviezd**: odpovedzme 1; **počet meraní oblohy premennej hviezdy**: odpovedzme 1; **počet meraní premennej hviezdy**: odpovedzme 2. Pre pochopenie otázok z posledných dvoch obrazoviek teraz uveďme, ako bude vyzeráť postupnosť meraní, podľa zadania, ktoré sme uviedli ako príklad. Podľa tohto zadania bude teda postupnosť integrácií nasledovná: $OS_1^U - OS_1^B - OS_1^V - S_1^U - S_1^B - S_1^V - OS_2^U - OS_2^B - OS_2^V - S_2^U - S_2^B - S_2^V - OCH^U - OCH^B - OCH^V - CH^U - CH^B - CH^V - OS_1^U - OS_1^B - OS_1^V - S_1^U - S_1^B - S_1^V - OV^U - OV^B - OV^V - V^U - V^B - V^V - V^U - V^B - V^V - OS_1^U - OS_1^B - OS_1^V - S_1^U - S_1^B - S_1^V - OV^U - OV^B - OV^V - V^U - V^B - V^V$ Horné indexy tu znamenajú filter a "O" pred značkou hviezdy znamená meranie oblohy.

V prípade, že Váš fotometer má možnosť ovládania nastavenia clony, na nasledovnej obrazovke ste vyzvaní, aby ste zadali číslo požadovanej clony, v ktorej bude prebiehať celé meranie.

Po vykonaní týchto zadaní program nastaví filtre do počiatočnej polohy, prípadne nastaví zadanú clonu, pokúsi sa nájsť údaje o hviezdach, ktoré ste zadali v sekvencii meraných objektov v konfiguračnom súbore KATALOG (časť C.1.1). Pokiaľ súbor KATALOG neexistuje, alebo sa v ňom nenájde záznam o danej hviezde, program UNIV vypíše varovanie; viď časť C.5.

Po týchto úkonoch sa zjaví obrazovka, ktorá Vás informuje o zadaní a ponúka Vám nasledovné možnosti (**hlavné menu**; uvádzame iba možnosti z anglickej mutácie):

- stlačením **+** program pokročí na meranie nasledovného objektu v zadanej sekvencii. Vyzve Vás nastaviť požadovaný objekt: oblohu (pokiaľ nebol zadaný nulový počet meraní oblohy) a potom hviezdu. Opätovným stlačením **+** začnete samotnú integráciu, ktorá sa vykoná vo všetkých filtroch zadaný-početkrát. Namerané hodnoty sa zobrazujú do prehľadnej tabuľky. Stlačením **-** môžete meranie objektu neprijať a podľa nasledovnej odpovede merať objekt opäť (výhodné pri zlom nastavení objektu do clony) alebo sa vrátiť o úroveň vyššie - do hlavného menu a tam vykonať potrebné zmeny. Pokiaľ sa nejedná o prvé meranie daného objektu objaví sa riadky informujúce o počte predchádzajúcich meraní a posledných nameraných hodnotách. V prípade, že práve nameraná hodnota sa líši o viac ako 10% od posledne nameranej hodnoty, číslo v

tabuľke bliká a po ukončení merania vo všetkých filtroch sa môžete rozhodnúť, či takéto meranie zopakujete (implicitne), alebo ho akceptujete. Spomínaných 10% tolerovanej odchýlky od posledného merania je konvenčná hodnota a môže byť na Vašu žiadosť zmenená na inú hodnotu pri dodávke software.

- **I** Vás uvedie do informačnej obrazovky. Najskôr si vyberiete hviezdu, o ktorej informáciu chcete. Na obrazovke potom dostanete informáciu nielen o počte meraní a posledných hodnotách meraní danej hviezdy a jej oblohy ale aj užitočné informácie o hviezde ako deklináciu a hodinový uhol v reálnom čase, takže ich môžete výhodne použiť na **nastavenie ďalekohľadu**. Z ďalších zobrazovaných hodnôt spomeňme fázu (pokiaľ ide o pririodicky premennú hviezdu), vzdušnú hmotu, heliocentrické JD, lokálny hviezdny čas.
- **B** spôsobí presun na začiatok zadaného cyklu objektov, teda nasledovným objektom na meranie bude objekt, ktorý bol zadaný ako prvý v sekvencii.
- **F** Vám umožní zadať novú sekvenciu filtrov.
- **C** Vám ponúkne zadanie novej sekvencie objektov.
- Pre prípad, že hodiny Vášho počítača nejdú presne a čas na počítači nie je správny, slúži **T**: môžete opäť zadať správny GMT čas.
- Pokiaľ ste už meranie dokončili a chcete začať ďalšie meranie (novú premennú hviezdu), **N** spôsobí ukončenie terajšieho merania, opýta sa Vás na kvalitu noci a umožní zadať Vaše poznámky k tomuto meraniu (časť C.3), prípadne vytlačiť namerané hodnoty a program začne akoby od začiatku, takže zadáte novú premennú hviezdu, sekvenciu filtrov objektov...
- Pri úplne poslednom pozorovaní v danej noci použijete **E**: ukončí sa meranie, zadáte kvalitu noci a Vaše poznámky k meraniu, prípadne máte možnosť vytlačiť namerané údaje na papier. Odinštaluje sa rezidentná časť programu a nastane návrat do prostredia (operačného systému), z ktorého bol program UNIV spustený.

C.4.1 Ďalšie zamýšľané črty programu UNIV

Na uľahčenie a zrýchlenie prechodov medzi jednotlivými hviezdami zamýšľame do programu UNIV dodať v budúcnosti automatický prechod z práve domeraného objektu na nasledovný objekt v zadanej sekvencii. Pre realizáciu tohto plánu bude potrebné riadiť (jemné) pohyby ďalekohľadu krokovými motormi a ich riadenie bude vykonávať program. Pozorovateľ na začiatku bude musieť nastaviť jednotlivé objekty "ručne", teda podľa mapky. Program si zapamätá diferencie (počty krokov krokového motora) medzi jednotlivými objektami a pri nasledovnom meraní objektu už túto diferenciu vykoná sám. Pozorovateľ však bude mať naďalej možnosť opraviť

toto hrubé nastavenie: program si zapamätá túto novú polohu. Takéto správanie (opravy polôh) bude nutné kvôli možnosti nepresného chodu motorov, hodinového stroja, refrakcii, ohybu konštrukcie ďalekohľadu...

C.5 Chybové stavy programu UNIV

Program UNIV počas svojho behu môže vypísať niektoré chybové hlásenia, alebo varovania. Chyby nastanú ak program nenájde niektoré súbory, nevyhnutné pre jeho chod: beh programu UNIV sa ukončí. Varovania nespôsobia ukončenie programu UNIV, keďže program môže pokračovať aj za cenu obmedzenia niektorých jeho funkcií.

- CHYBY:

- **nenájdenný súbor FOT??.EXE**. Pre svoj beh potrebuje program UNIV rezidentnú časť, ktorá je uložená práve v tomto súbore. Bez neho nemôže komunikovať s fotometrom, a preto ukončí svoj beh výpisom chyby. Musíte správne inštalovať tento súbor z inštalačnej diskety.
- **nenájdenný konfiguračný súbor OBSERVAT.??** (časť C.1.2). V tomto prípade nemôže program UNIV zistiť konfiguráciu Vášho fotometra: počet a poradie filtrov, preto ukončí svoj beh výpisom tejto chyby. Podľa návodu z časti C.1.2 musíte vytvoriť a správne inštalovať tento súbor.
- **plný disk**. Program potrebuje pre svoju prácu aspoň niekoľko 10 kB voľného priestoru na disku, aby mal kde ukladať výstupné dáta (výstupný súbor). Navyše počas svojho behu vytvára dočasné pracovné súbory. Je preto potrebné spúšťať program z pracovného adresára na disku, kde je dostatok voľného priestoru. V prípade, že sa disk počas pozorovania zaplní, program skončí fatálnou chybou. Posledný dočasný súbor zostáva v pracovnom adresári a pomocou neho by sa mali dať zrekonštruovať posledné merania, ktoré neboli zapísané do výstupného súboru. Napriek tomu však doporučujeme mať v povelovom súbore spúšťajúceho programu UNIV časť upozorňujúcu pozorovateľa na voľné miesto na disku pracovného adresára. Ak teda táto chyba nastane, je potrebné vytvoriť dostatok voľného miesta na disku a spustiť program odznovu.

- VAROVANIA:

- **nenájdenný konfiguračný súbor KATALOG** (časť C.1.1). V tomto prípade nie je možné nájsť informácie o jednotlivých hviezdach zo zadanej sekvencie, preto pri stlačení "I" v hlavnom menu (viď časť C.4) nedostanete informácie o polohe hviezdy a pod. Na mieste týchto údajov sa objaví varovanie o neexistencii súboru KATALOG. Doporučujeme súbor KATALOG

vyvoriť (napríklad pomocou programu KATIN.EXE: časť F.1) a inštalovať, resp. skontrolovať, či je súbor KATALOG inštalovaný v správnom adresári.

- **záznam o hviezde nenájdený v súbore KATALOG**: situácia je obdobná ako v predchádzajúcom prípade. Hoci súbor KATALOG existuje a je správne inštalovaný (program UNIV ho našiel), nie je v ňom záznam o požadovanej hviezde. Z tohto dôvodu info z hlavného menu pre danú hviezdu bude opäť neúplné s varovaním, že hviezda nie je zahrnutá v súbore KATALOG. Doporučujeme doplniť súbor KATALOG o záznam o danej hviezde napríklad pomocou programu KATIN.EXE (časť F.1).

D REDUKČNÉ PROGRAMY PRE FOTOLEKTRICKÚ FOTOMETRIU

Základnou úlohou po fotometrickom pozorovaní je redukcia získaných údajov. Astronóm, venujúci sa fotometrii, redukuje napozorované dáta takmer každý deň, preto musí byť táto procedúra dostatočne zautomatizovaná. Programové vybavenie riešiacie tento problém musí byť stabilné, jednoduché na ovládanie a dostatočne "robustné", aby zvládlo problematické pozorovania.

Na redukciu surových fotometrických pozorovaní som napísal balík redukčných programov. Tento súbor procedúr je ideovo a formálne (formát vstupného a výstupného súboru) založený na starších redukčných programoch RNDr. M. Zborila, CSc. Ide však o úplne nový, mnou napísaný, zdrojový text. Spoluautorom jednej časti balíka (prevod do Johnsonovho medzinárodného UBV systému) je RNDr. J. Budaj, CSc.

Charakter tejto úlohy vyžaduje častú interakciu s užívateľom založenú na vizuálnej kontrole spracúvaných dát. Zdrojový text preto využíva rozšírenia jazyka FORTRAN komerčného kompilátora FORTRAN 77 University of Salford pre operačný systém DOS. Tento fakt robí prakticky nemožný prenos zdrojového kódu na iné platformy, ale ako bolo spomenuté, umožňuje grafiku a taktiež odstraňuje problémy s alokáciou pamäte v operačnom systéme DOS. Pre beh programu je potrebné inštalovať voľne dostupný "run-time" DBOS.⁸ Vykonateľnú verziu programu spolu s "run-time" DBOS je možné získať na požiadanie.

D.1 Konfiguračné súbory

Viacere informácie o pozorovaných hviezdach, observatóriu a pozorovacej aparatúre potrebné v priebehu redukčnej procedúry sú načítané z konfiguračných súborov. Všetky sú uložené v adresári **C:\KATALOG**.

D.1.1 Katalóg hviezd, konfigurácia fotometra

Dva z týchto súborov sú používané aj pozorovacím programom UNIV a boli popísané už v predchádzajúcich kapitolách (C.1, C.1.2, C.1.1): informácie o jednotlivých hviezdach sú uložené v katalógu hviezd **KATALOG** (časť C.1.1); konfigurácia fotometra a aktuálne transformačné koeficienty do medzinárodného UBV systému sú obsahom súboru **OBSERVAT.??** (časť C.1.2).

D.1.2 Parametre observatória

V priebehu redukcie je potrebné poznať polohu observatória: jeho zemepisnú šírku, dĺžku a prípadne nadmorskú výšku. V súčasnej verzii nadmorská výška nie je použitá

⁸V záujme prenositeľnosti kódu chcem v budúcnosti prepísať zdrojový text za použitia voľne dostupnej grafickej knižnice pgplot ([127], [128]), a zabezpečiť tak beh programu aj na UNIXovských platformách, respektíve pod peráčnym systémom DOS bez použitia DBOS.

pri výpočte a má iba informatívny charakter. Všetky tieto informácie sú uložené v súbore **C:\KATALOG\OBSERVAT.LST**. Program identifikuje observatórium, kde bolo pozorovanie vykonané, podľa kódu observatória zapísaného v hlavičke výstupného súboru pozorovacieho programu UNIV (časť C.3).

Formát súboru **OBSERVAT.LST** je nasledovný:

```
#           File so zoznamom kodov observatorii: "observat.lst"
#           ~~~~~
# x-ty riadok:   kod observatoria
# x+1-vy riadok: nazov observatoria (max. a50)
# x+2-hy riadok: zemepis sirka (+ pre severnu; st min sec)
#               zemepis dlzka (- pre vychodnu; st min sec)
#               nadmorska vyska (metre)
#               !!! VOLNY FORMAT !!!
#####
-----
s1
STARA LESNA Observatory, The Slovak Republic
+49 09 10.   -20 17 28       810.
-----
sp
SKALNATE PLESO Observatory, The Slovak Republic
+49 13 18    -20 14 42       1783.
-----
ls
LOMNICKY STIT Observatory, The Slovak Republic
+49 11 48    -20 13 12       2632.
-----
gr
KRYONERION Observatory, Greece
+37 58 19    -22 37 15       900.0
-----
```

Prvých 11 riadkov súboru tvoria poznámky vyvetľujúce jeho obsah. V nasledujúcich N štvoricach riadkov sú zadané údaje pre jednotlivé observatóriá. V prvom z týchto riadkov je kód observatória, ktorý sa musí zhodovať s kódom zapisovaným pozorovacím program UNIV do hlavičky jeho výstupného súboru (časť C.3). V druhom riadku je uvedený názov observatória, programy akceptujú maximálne prvých 50 znakov. Na treťom riadku sú vo voľnom formáte zadaná poloha observatória: zemepisná šírka (kladná pre severnú šírku), dĺžka (kladná pre západnú dĺžku) a nadmorská výška v metroch. Šírka a dĺžka sa zadávajú v stupňoch, oblúkových minútach a oblúkových sekundách. Posledný riadok štvorice je poznámka.

V tomto súbore môžete zadať ľubovoľný počet observatórií, ich kódy však musia byť jednoznačné. Údaje tu uvedené sa nemenia s časom. Časovo premenné charakteristiky observatória, respektíve prístroja (poradie filtrov, sezónne extinkčné koeficienty ...) sú uvedené v samostatnom konfiguračnom súbore (jednom pre každé observatórium) **OBSERVAT.??** (časť C.1.2).

D.1.3 Oprava času

Redučné programy vyžadujú, aby čas pozorovaní uvedený vo vstupnom súbore bol zadaný v UT. Pokiaľ dáta ktoré spracúvate majú čas zadaný v inej časovej zóne, alebo ste zistili posun hodín, podľa ktorých bol čas zaznamenávaný, voči UT, súbor **C:\KATALOG\TIME.COR** umožňuje zadať potrebnú korekciu.

```
#           File pre zaratanie casovej korekcie "time.cor"
# Na 5. riadku tohto file mozno uviesť pocet sekund, ktore treba priratat
# k hodnotam casu vo vstupnom file, aby vysledok bol v UT.
#-----
+0
```

Prvé štyri riadky sú poznámkové a vysvetľujú, ako zadať korekciu času T_{cor} . Na piatom riadku je vo voľnom formáte uvedený počet sekúnd, ktoré je potrebné vo vstupnom súbore prirátat k hodnotám času T_{obs} , aby bol výsledok v UT. Teda: $UT = T_{\text{obs}} + T_{\text{cor}}$.

D.1.4 Magnitúdy porovnávacej hviezdy

Pri spracovaní väčšieho množstva pozorovaní tej istej hviezdy je vhodné do pracovného adresára umiestniť súbor **COMP.UBV**, v ktorom sú zadané katalogizované medzinárodné UBV magnitúdy porovnávacej hviezdy. Redukčné programy potom tieto hodnoty načítajú a vo výslednom súbore nebudú uvedené Δ -magnitúdy (voči porovnávacej hviezde) pozorovaných objektov, ale priamo magnitúdy. Podrobnejšie je tento proces popísaný v časti D.2.4.

```
U
9.394
B
9.27
V
9.05
```

Na nepárnych riadkoch súboru **COMP.UBV** je v prvom stĺpci uvedená identifikácia filtra a v nasledujúcom párnom riadku zodpovedajúca medzinárodná magnitúda porovnávacej hviezdy vo voľnom formáte.

D.1.5 UBV magnitúdy štandardných hviezd

Pomocný program na určenie transformačných koeficientov (popísaný v časti D.4) používa konfiguračný súbor **C:\KATALOG\TR.KOEF.DAT**. Obsahom sú medzinárodné UBV magnitúdy štandardných hviezd meraných na určenie týchto koeficientov.

```
praesepe cmp 3
  6.6300  6.4700  6.3000
praesepe cmp 6
  8.2000  7.3700  6.3900
praesepe cmp 2
  8.3600  7.4600  6.4400
```

```

pleiades cmp 2
  5.0600  5.3800  5.4500
pleiades cmp 1
  7.1600  7.0700  6.9500
ic4665   cmp 2
  6.3200  6.8600  6.8500

```

Na nepárnych riadkoch súboru **TR_KOEF.DAT** na prvých 14-tich pozíciách je uvedená identifikácia štandardnej hviezdy podľa zásad označovania hviezd v ich katalógu (časť C.1.1). Na nasledujúcom párnom riadku sú vo voľnom formáte zadané jej medzinárodné magnitúdy v poradí U, B, V.

D.2 Redukčná procedúra

V jednotlivých programoch redukčného balíka je zabudovaná nápoveda (HELP) prístupná po stlačení klávesy **F1**. Celý balík sa skladá z viacerých programov (**redu77.exe** (časť D.2.1), **extu77.exe** (D.2.2), **fredu77.exe** (D.2.3), **intsys7.exe** (D.2.4), **avrgu77.exe**) (D.2.5), ktorých podrobnejší popis je náplňou nasledujúcich kapitol. Celá procedúra je spustená povelovým súborom **sprac.bat** alebo obdobným **spracd.bat** (odmaže dočasné súbory, v ktorých sú uložené údaje potrebné počas spracovania, ako napríklad hodnoty súradníc jednotlivých hviezd opravené o precesiu). Užívateľ redukcii odštartuje zadaním príkazu v DOSe: **sprac vstup výstup**, kde **vstup** je meno vstupného súboru (výstup z pozorovacieho programu UNIV), napríklad **txumas04.096** a **výstup** je názov súboru, do ktorého budú uložené výsledky redukcie. Okrem toho je možné ako tretí parameter zadať **q**, čo spôsobí, že programy nebudú po vypísaní varovania zastavovať (PAUSE). Povelové súbory **sprac.bat**, **spracd.bat** je vhodné umiestniť do adresára, ku ktorému vedie cesta (príkaz PATH v DOSe).

Výsledkom redukcie napozorovaných dát sú hodnoty použiteľné v astronómii: heliocentrický čas pozorovania, hviezdne veľkosti (magnitúdy), buď inštrumentálne, alebo v Johnsonovom medzinárodnom UBV systéme a ďalšie doplnkové informácie.

D.2.1 Základné redukcie

Vstupnými dátami pre redukčný balík je výstupný súbor z pozorovacieho programu UNIV, ktorého tvar je uvedený a popísaný v časti C.3. Program **redu77.exe** na začiatku umožní vybrať porovnávaciu hviezdu, extinkčnú hviezdu, zadať hodnotu mŕtvej doby a taktiež vypíše hodnotu časovej korekcie načítanú zo súboru C:\KATALOG\TIME.COR (D.1.3).

Program vykonáva iba najzákladnejšie redukcie: opravu na mŕtvu dobu, konverziu času do hodín v desatinnom vyjadrení, hlavne však odrátava hodnoty oblohy od hviezd. Vo forme dočasných súborov pripravuje vstupné dáta pre ďalšie programy (redukcie). Dáta triedi podľa jednotlivých objektov a filtrov.

Program v nasledujúcich krokoch graficky zobrazuje časovú závislosť nameraných pulzov porovnávacej hviezdy pre každý z použitých filtrov. Tieto hodnoty sú ešte ovplyvnené extinkciou a body by preto mali ležať na hladkej krivke. Užívateľ vizuálne kontroluje dáta a má možnosť zlé merania porovnávacej hviezdy interpolovať. Táto interpolačná schéma spline-ami je založená na použití hermitovských polynómov (Hill, 1982 [4]). Tieto zásahy do napozorovaných dát je potrebné vždy veľmi dobre zvážiť. Zobrazenie umožňuje rýchle kvalitatívne zhodnotenie pozorovania.

Program taktiež kontroluje, či pozorovanie začína aj končí pozorovaním porovnávacej hviezdy (aby pri určovaní premennej nebolo potrebné extrapolovať). V prípade, že tomu tak nie je, vypíše varovanie.

D.2.2 Extinkčné koeficienty

Program **extu77.exe** spracuje merania extinkčnej hviezdy zvolenej na začiatku redukcie. Pomocou neho je možné určiť extinkčné koeficienty prvého rádu. Priemerovaním ich hodnôt za určité obdobie – sezónu – možno získať sezónne extinkčné koeficienty. Tieto je potrebné potom "ručne" zapísať do súboru OBSERVAT.??, podľa zásad z časti C.1.2, aby ich redukčný balík mohol používať pri prevode pozorovaní do medzinárodného systému.

Program najprv vypíše informácie o zvolenej extinkčnej hviezde zistené z katalógu hviezd C:\KATALOG\KATALOG (C.1.1) a polohu observatória podľa zadání v súbore C:\KATALOG\OBSERVAT.LST (D.1.2), potom zráta vzdušné hmoty zodpovedajúce jednotlivým pozorovaniam. Ďalej graficky zobrazuje závislosti vzdušná hmota vs. pomer pulzov extinkčnej hviezdy k zvolenej hodnote pre všetky filtre a metódou najmenších štvorcov určuje extinkčný koeficient. Užívateľ má možnosť vylúčiť zlé merania zo spracovania a taktiež zmeniť zobrazenie na vzdušná hmota vs. chyby (odchýlky) od aktuálneho predpisu daného hodnotou koeficientu.

Zrátané hodnoty extinkčných koeficientov prvého rádu pre všetky filtre sú zapísané do dočasného súboru EXT.COF, ktorý môže byť použitý v priebehu ďalšej redukcie.

V prípade malého intervalu vzdušných hmôt pozorovaní extinkčnej hviezdy, a teda pravdepodobnej nespoľahlivosti určenia koeficientov, program vypíše varovanie.

D.2.3 Konečné redukcie

Program **fredu77.exe** zabezpečuje konečné určenie inštrumentálnych magnítúd všetkých meraných hviezd vzhľadom na porovnávaciu hviezdu, urobí opravu na extinkciu, určí heliocentrický čas pozorovaní. V prípade, že premenná hviezda má známu periódu a JD_{0hel} , pričom obe tieto hodnoty musia byť zadane v spomínanom katalógu hviezd C:\KATALOG\KATALOG (C.1.1), určí taktiež fázu jednotlivých pozorovaní. Všetky tieto výsledky sú zapísané do výstupného súboru. Jeho podrobnejší popis je v časti D.3.

Program najskôr vypíše informáciu o observatóriu. Vzápätí je potrebné určiť, ktoré extinkčné koeficienty prvého rádu má použiť:

- **Sezónne extinkčné koeficienty** – pri tejto voľbe budú použité extinkčné koeficienty načítané zo súboru OBSERVAT.?? (C.1.2) pre najbližšie menšie JD, ako je JD začiatku pozorovania.
- **Aktuálne extinkčné koeficienty** – použijú sa koeficienty zrátané v predchádzajúcom kroku redukcie, programom `fredu77.exe`, zapísané v dočasnom súbore `EXT.COF`. Používajú sa teda koeficienty z toho istého pozorovania, určené podľa zvolenej extinkčnej hviezdy.
- **Zadať extinkčné koeficienty** – užívateľ musí koeficienty zadať z klávesnice.

Je potrebné si uvedomiť, že z daného pozorovania je možné použiť určenia koeficientov, iba ak bolo pozorovanie kvalitné a zvolená extinkčná hviezda bola pozorovaná v dostatočnom intervale vzdušných hmôt. Minimalizovať chybu spôsobenú použitím nepresných extinkčných koeficientov je možné dodržaním zásady (viď časť C.2) o čo najmenšej uhlovej vzdialenosti jednotlivých hviezd.

D.2.4 Prevod do medzinárodného UBV systému

Pre grafickú kontrolu získaných dát s možnosťou vylúčenia zlých bodov z výstupného súboru, prípadný prevod UBV pozorovaní do medzinárodného Johnsonovho systému a určenie magnítud porovnávacej hviezdy, slúži program **intsys7.exe**. Tento program spracúva výstupný súbor generovaný programom `fredu77.exe`.

V prvom rade je potrebné zvoliť jeden z 3 módov práce programu:

- **S** – (skip) program preskočí grafické zobrazovanie spracovaných dát.
- **W** – (wrong) graficky budú zobrazené výsledné dáta pre všetky objekty a filtre jednotlivo. V priebehu tohto zobrazenia je možné zlé merania vylúčiť.
- **C** – (convert) merania v Johnsonových filtroch UBV budú na základe rovníc (24) prevedené do medzinárodného systému. V priebehu grafického zobrazenia je taktiež možné zo spracovania vylúčiť zlé merania. Program nepožaduje, aby počet meraní v jednotlivých U, B a V filtroch bol rovnaký; pre daný čas konkrétneho merania určuje hodnoty v zvyšných 2 filtroch na základe interpolácie použitím hermitovských polynómov (Hill, 1982 [4]).

Po tomto kroku sa program opýta, či chce užívateľ zadať magnítudy porovnávacej hviezdy. Ak ich nezadá výsledkom sú Δ -magnítudy, teda rozdiel magnítudy objektu a porovnávacej hviezdy (napr. S_1): $\Delta m = m - m_{S_1}$. Magnítudy porovnávacej hviezdy sa zadávajú z klávesnice buď priamo, alebo ako farebné indexy. V prípade, že je v pracovnom adresári prítomný súbor `COMP.UBV` (podrobnejšie v časti D.1.4), sú magnítudy porovnávacej hviezdy načítané z neho.

Pokiaľ bola zvolená voľba **C** – prevod UBV magnitúd do medzinárodného systému – program načíta z konfiguračného súboru OBSERVAT.?? (C.1.2) transformačné koeficienty ϵ , μ , ψ (definovaných rovnicami (24)) pre najbližšie menšie JD, ako je JD začiatku pozorovania a ponúkne ich na použitie pri transformácii. V prípade neakceptovania musí tieto koeficienty zadať užívateľ z klávesnice.

Program generuje formálne rovnaký výstupný súbor, ako fredu77.exe, avšak sú z neho vylúčené označené zlé merania a v závislosti na predchádzajúcich krokoch Δ -magnitúdy, alebo magnitúdy jednotlivých objektov, inštrumentálne, alebo medzinárodné UBV magnitúdy.

D.2.5 Úpravy výstupného súboru

Záverečný program redukcie program **avrgu77.exe** iba extrahuje dáta z výstupného súboru. Keďže pri pozorovaniach hviezd s periodicitou omnoho väčšou ako niekoľko dní je zvykom z jedného pozorovania skonštruovať iba jeden bod, do súboru AVRGU.OUT uloží aritmetické priemery všetkých pozorovaní každého objektu v každom filtri a jeho chybu. Okrem toho stanovuje aj stredný čas (JD_{hel}) pozorovania tejto hodnoty ako aritmetický premer časov jednotlivých bodov. Zaznamenaný je taktiež počet bodov, z ktorého boli priemery určené.

Chyba určenia priemeru hodnôt x_i , RMS , je stanovená ako výberová smerodatná odchýlka delená druhou odmocninou počtu dát N podľa vzťahu:

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^N x_i^2 - \frac{(\sum_{i=0}^N x_i)^2}{N}}{(N-1)N}}. \quad (25)$$

Užívateľ má taktiež možnosť vybrať z výstupného súboru dáta pre jednotlivé objekty v každom filtri. Do samostatných, jednoduchých ASCII súborov (ich mená zadáva užívateľ, alebo akceptuje mená ponúkané programom) sa potom ukladajú trojstĺpcové dáta: čas (JD_{hel} – magnitúda – fáza. Pre nepremenné hviezdy a hviezdy, ktoré nemajú zadanú periódu a JD_{0hel} v katalógu hviezd C:\KATALOG\KATALOG (C.1.1) je fáza rovná nule. Tieto súbory sú vhodné pre následné spracovania (grafy, analýzy...).

D.3 Výstupný súbor

Výstupný súbor, ktorý je generovaný redukčnými programami fredu77.exe (D.2.3) alebo intsys7.exe (D.2.4), sa skladá z trojriadkovej hlavičky súboru, po ktorej nasleduje viacero blokov vzťahujúcich sa k jednotlivým objektom a filtrom. Každý blok sa skladá zo šesťriadkovej hlavičky, tela a dvojriadkového záveru. Príklad výstupného súboru, ktorý je tu uvedený, obsahuje tri bloky: jeden pre kontrolnú hviezdu, check, (objekt `tx uma cmp 3`) vo filtri V a dva pre premennú hviezdu TXUMa (objekt `tx uma`) vo filtroch V a U.

```

STARA LESNA Observatory, The Slovak Republic      (code: "sl ")
INTERNATIONAL U B V MAGNITUDES
OBJECT : tx uma   cmp 1      was used as the comparison star
OBJECT: tx uma   cmp 3
DATE: 4-JAN-1993/
/ 5-JAN-1993      JD0=      0.0000   P= 0.0000000000   k= 0.276
-----
No.   Tobs   JDhel      Var   Phase   ExtCorr  Zv   Zs   FILTER
----- 2400000.+ -----
1    20.04917 48992.33902  7.946          0.017  61.49  60.52   V
14   28.01611 48992.67099  7.956          0.000  16.99  17.14   V
-----
*Heliocent.time corr.(already added) for 28.01611hour = 0.365593406E-02day*

```

```

OBJECT: tx uma
DATE: 4-JAN-1993/
/ 5-JAN-1993      JD0= 2445463.7734   P= 3.0633117000   k= 0.276
-----
No.   Tobs   JDhel      Var   Phase   ExtCorr  Zv   Zs   FILTER
----- 2400000.+ -----
1    20.12583 48992.34222  6.993  0.880436 -0.002  59.76  59.91   V
2    20.14083 48992.34284  7.002  0.880640 -0.002  59.64  59.79   V
218  29.27056 48992.72327  8.631  0.004827 -0.002  28.89  29.44   V
-----
*Heliocent.time corr.(already added) for 29.27056hour = 0.365984958E-02day*

```

```

OBJECT: tx uma
DATE: 4-JAN-1993/
/ 5-JAN-1993      JD0= 2445463.7734   P= 3.0633117000   k= 0.699
-----
No.   Tobs   JDhel      Var   Phase   ExtCorr  Zv   Zs   FILTER
----- 2400000.+ -----
218  29.27889 48992.72361  8.971  0.004941 -0.004  28.97  29.53   U
-----
*Heliocent.time corr.(already added) for 29.27889hour = 0.365986761E-02day*

```

V prvom riadku hlavičky súboru je uvedené observatórium spolu s jeho kódom, na ktorom bolo pozorovanie vykonané. Druhý riadok hovorí, či sú uvádzané UBV magnitúdy inštrumentálne alebo v Johnsonovom medzinárodnom systéme. V treťom riadku je informácia, ktorý objekt bol použitý ako porovnávacia hviezda pri redukcii.

V prvom riadku hlavičky bloku je určený objekt, pre ktorý sú dáta v danom bloku. Prvý blok z príkladu je pre objekt `tx uma cmp 3`, teda kontrolnú hviezdu (check). V druhom a treťom riadku je uvedený dátum pozorovania; perióda a JD_{hel} – ak nie sú zadané v katalógu hviezd `C:\KATALOG\KATALOG (C.1.1)` – sú tieto hodnoty nulové; k označuje použitý extinkčný koeficient. Zvyšné 3 riadky hlavičky bloku popisujú stĺpce v tele bloku.

Telo bloku sa skladá z 9 stĺpcov. V prvom je uvedené číslo pozorovania (pokiaľ bolo niektoré programom `intsys7.exe` vylúčené, bude tu chýbať). V druhom stĺpci je v desatinnej forme uvedená hodina UT času pozorovania. Heliocentrické JD pozorovania bez 2 400 000.0 je obsahom tretieho stĺpca. V štvrtom je uvedená výsledná magnitúda (v priebehu redukcie boli zadané magnitúdy porovnávacej hviezdy v programe

intsys7.exe a v 5-tom riadku hlavičky bloku je potom tento stĺpec označený **Var**) alebo Δ -magnitúda (v 5-tom riadku hlavičky je označenie **Var-S**; viď časť). Pri známej/zadanej perióde a JD_{0hel} objektu sú v piatom stĺpci uvedené fázy objektu. Šiesty stĺpec obsahuje hodnotu extinkčnej korekcie; siedmy zenitovú vzdialenosť objektu v čase pozorovania v stupňoch; ôsmy zenitovú vzdialenosť porovnávacej hviezdy v čase pozorovania objektu, taktiež v stupňoch. V poslednom, deviatom, stĺpci je uvedená značka filtra pozorovania.

Dvojriadkový záver bloku pozostáva z jedného oddeľovacieho riadku a v poslednom je uvedená heliocentrická korekcia času pre okamih posledného pozorovania z bloku v dňoch. Táto hodnota má iba informatívny charakter a časy uvádzané v treťom stĺpci tela sú už o hodnoty tejto korekcie opravené.

Formát výstupného súboru je značne nepraktický ale je zachovávaný kvôli spätnej kompatibilite. Vhodným nástrojom pre vyberanie podstatných dát je program `avrgru77.exe`, popísaný v časti D.2.5.

D.4 Určenie transformačných UBV koeficientov

Po každom zásadnejšom zásahu na ďalekohľade (výmena fotometra, pokovenie alebo umytie zrkadla), ale aj pravidelne (zhruba s ročnou periodicitou) je potrebné stanoviť nové transformačné koeficienty ϵ , μ , ψ (definovaných rovnicami (24)), ktoré určujú prevod z inštrumentálneho do Johnsonovho medzinárodného UBV systému. Zo spomínaných dôvodov (časť C.1.2) nebudeme venovať pozornosť nulovým bodom ζ_v , ζ_{bv} , ζ_{ub} z rovníc (23). Najjednoduchším spôsobom, ako tieto koeficienty určiť je pozorovať skupinu štandardných hviezd so známymi medzinárodnými UBV magnitúdami. Podrobné mapky aj návody na pozorovanie 3 takýchto skupín štandardných hviezd: Kuriatka - Pleiades, Jasličky - Praesepe a IC4665 sú uvedené v časti B.

Normálnou redukciou takýchto pozorovaní získame inštrumentálne magnitúdy. Určenie transformačných koeficientov ϵ , μ , ψ je potom podľa rovníc (24) iba problémom lineárnej regresie. Na uľahčenie a grafickú kontrolu slúži pomocný program **tr_koef7.exe**. Vstupné dáta načíta z výstupného súboru (D.3) redukčného balíka, zobrazí počet napozorovaných dát. Medzinárodné UBV magnitúdy pozorovaných hviezd program zistí z konfiguračného súboru `C:\KATALOG\TR.KOEF.DAT` (D.1.5). V priebehu grafického znázornenia závislostí $(V - v)$ vs. $(B - V)$, $(B - V)$ vs. $(b - v)$ a $(U - B)$ vs. $(u - b)$ je možné posúdiť kvalitu pozorovania, odchýlky od predpisu určeného rovnicami (23) a taktiež je možné zlé body vyradiť zo spracovania. Aktuálne hodnoty koeficientov ϵ , μ , ψ sú stále zobrazované. Na záver program vypíše určené koeficienty spolu s ich chybami. Tieto potom musí užívateľ "ručne" zapísať do súboru `OBSERVAT.??`, podľa zásad z časti C.1.2, aby ich redukčný balík mohol používať pri prevode pozorovaní do medzinárodného systému.

Súbor `C:\KATALOG\TR.KOEF.DAT`, ktorý je súčasťou balíka redukčných programov, dodržiava označenie štandardných hviezd použité pri návrhoch ich pozor-

vania z časti B. Pre tieto hviezdy sú taktiež vytvorené záznamy v katalógu hviezd C:\KATALOG\KATALOG.

D.5 Úlohy na vylepšenie redukčných procedúr

Pre ďalšie skvalitnenie a zovšeobecnenie redukčných procedúr je v budúcnosti nutné zamerať sa najmä na nasledovné problémy:

- Programy by mali akceptovať viacero vstupných formátov. Je to nutné najmä v súvislosti s plánovanou zmenou výstupného formátu (časť D.2.1) pozorovacieho programu UNIV a zachovaniu spätnej kompatibility.
- Pri perspektíve rozšírenia fotometrických pozorovaní aj na "rýchlu fotometriu" je potrebné uvažovať v priebehu redukcie aj nadmorskú výšku observatória, najmä pri výpočte korekcie času a vzdušnej hmoty.
- Počas štandardného pozorovania sa pozoruje väčšinou aj kontrolná hviezda (check) a jej merania (prípadne ďalších nepremenných hviezd) sa dajú použiť na zlepšenie určenia extinkčného koeficientu prvého rádu. Z tohto dôvodu je potrebné túto procedúru rozšíriť, aby nepoužívala iba merania jednej, dopredu zvolenej, nepremennej hviezdy, ale všetkých nepremenných hviezd.
- Je potrebné zmeniť štruktúru katalógu hviezd. Hviezdy by nemali byť popisované podľa toho, pri pozorovaní ktorej premennej hviezdy boli použité, ako je vysvetlené v časti C.1.1. V hlavičke výstupného súboru z pozorovacieho programu by mali byť odkazy na čísla z čo najrozsiahljšieho katalógu ako HD, alebo Hipparcos. Tieto odkazy by spájali pozorované hviezdy (premennú, porovnávacia hviezdu, kontrolná hviezda) s katalógovými číslami. Zvolený katalóg by sa potom používal pre načítanie potrebných údajov. V prípade, že nejaká hviezda nemá katalógové číslo, priradilo by sa jej fiktívne číslo.
- Prevody do medzinárodného systému je potrebné rozšíriť aj pre prípad používania doplnkových Johnsonových filtrov: R, I.

E URČENIE OKAMIHU MINIMA

Program MIN77 som napísal pre uľahčenie zistenia okamihu minima premenných hviezd. Snažil som sa doň zahrnúť všetky mne známe metódy na riešenie tohto problému. Väčšina týchto postupov je podrobne popísaná v Ghediniho príručke (1982 [28]).

Keďže pri tejto úlohe, tak isto ako v prípade balíka redukčných programov, je potrebná grafická interakcia s užívateľom, použil som analogicky rozšírenú normu jazyka FORTRAN definovanú komerčným kompilátorom FORTRAN 77 University of Salford pre operačný systém DOS. Dôvody a dôsledky (alokácia pamäte, "run-time" DBOS, (ne)prenositeľnosť, zámery do budúcnosti, pgplot) sú také isté a podrobnejšie sú popísané v časti D. Vykonateľnú verziu programu spolu s "run-time" DBOS je taktiež možné získať na požiadanie.

V programe je zabudovaná nápoveda (HELP) prístupná po stlačení klávesy F1. Vstupné dáta napozorovaného minima sú načítané zo vstupného súboru, ktorý vo voľnom formáte obsahuje v prvom stĺpci čas (najlepšie JD), v druhom jasnosť objektu (magnitúdu) a v treťom, nepovinnom stĺpci, chybu merania. Pokiaľ chyba jednotlivých meraní nie je vo vstupnom súbore uvedená, musíte zadať odhad chyby (nemôže byť rovná nule) v priebehu vstupného dialógu. Po zobrazení načítaných dát Vás program požiada o zadanie hornej hranice: všetky merania nad touto hranicou (väčšia jasnosť) budú ignorované. Pokiaľ spracúvate viacero miním toho istého objektu je vhodné voliť túto hraničnú magnitúdu vždy rovanako, čo však je málokedy splniteľná podmienka. V nasledujúcom kroku je možné vylúčiť zo spracovania zlé body. Po tomto kroku sa objaví menu, reprezentujúce jednotlivé metódy.

- **Metóda paraboly.** Metódou najmenších štvorcov sa napozorovanými dátami preloží polynóm druhého stupňa (parabola) $y = a_2x^2 + a_1x + a_0$. Okamih minima je potom definovaný ako minimum tejto paraboly $-a_1/2a_2$. Z chýb jednotlivých bodov je možné určiť chyby koeficientov paraboly, a teda aj chybu určenia minima.
- **Metóda polynómu** je rozšírením predchádzajúceho spôsobu. Pokiaľ tvar minima je veľmi vzdialený od parabolického tvaru, je potrebné pre správne určenie okamihu voliť vyšší stupeň polynómu (v programe je možné zadať stupeň < 10).
- **Metóda ťažiska.** Názov som vybral na základe analógie s určovaním polohy ťažiska. Základnou úlohou pri tomto spôsobe je rozdeliť plochu ohraničenú vodorovnou priamkou a tvarom minima pomocou zvislej priamky na dve rovnaké časti, pričom x -ová os predstavuje čas a na y -ovú sú vynesené zvislé vzdialenosti bodov od danej vodorovnej priamky. Okamih minima je potom stanovený:

$$JD_{\min} = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} (\Delta x y_i) x_i}{\sum_{i=0}^{N-1} \Delta x y_i}, \quad (26)$$

kde $\Delta y = y_{i+1} - y_i$.

- **Kwee–Van Woerden metóda** bola navrhnutá Kwee & Van Woerdenom (1956 [32]) a predstavuje pokus o analytické riešenie. Je to popri metóde paraboly stále jedna z najpoužívanějších metód. Vyžaduje nepárny počet ekvidistantných dát, čo reálne pozorovania nespĺňajú. V programe sú preto takéto dáta "vyrobené" z načítaných pozorovaní najjednoduchším možným postupom: lineárnou interpoláciou, aby sa do nich nevniesla "doplnková a subjektívna informácia". Keďže ide o iteračnú metódu, problémom býva oscilácia pri hľadaní reflexnej osi. V takomto prípade je nutné zmeniť vstupné dáta: odmazat body, ktoré spôsobujú, že tvar minima je vzdialený od hladkej krivky. Dôležitým predpokladom metódy je taktiež symetričnosť tvaru minima, napriek tomu môže byť použitá aj pri miernych asymetriách.
- **Metóda "sliding integrations"** navrhnutá Ghedinim používa $3n$ ekvidistantných dát. Metóda poskytuje lepšie výsledky ako Kwee–Van Woerden v prípade menej presných dát a výraznejších odchýliek od symetrie. Taktiež je menej citlivá na prítomnosť variácií vyšších frekvencií v tvare minima a chyby pozorovaní menej zaťažujú presnosť určenia okamihu. Počet vstupných bodov by nemal byť menší ako 30.
- **Metóda posúvania papiera.** Ide o jednu z najpopulárnejších a najjednoduchších metód používanú najmä amatérskymi astronómami. Zrkadlový obraz minima sa posúva po osi reprezentujúcej čas (x) a pri najlepšom prekrytí (určenom vizuálne) originálneho a zrkadlového obrazu sa z posunu určí okamih minima. Program realizuje tento postup na termináli počítača.
- **Metóda lomenej čiary** navrhnutá Guarnierim et al. (1975 [27]) je vlastne analytickou obdovou predchádzajúceho spôsobu. Predpokladaný okamih minima predstavuje os, ktorú použijeme na "preklopenie" bodov z pravej časti do ľavej. Takto vytvorenou sústavou bodov (originálne dáta z ľavej časti a zrkadlové obrazy z bodov z pravej) vedieme lomenú čiaru. Snažíme sa určiť takú polohu osi (odhadu okamihu minima), aby dĺžka lomenej čiary bola minimálna. Ide teda opäť o iteračnú metódu a jej výhodou je, že dobre analyzuje aj dáta s veľmi nehomogénnym rozložením v čase. V programe sú posledné 2 metódy spojené do jednej položky menu a výsledok "ručného" nastavenia okamihu minima "posúvaním papiera" je použitý ako štartovací odhad okamihu minima pre metódu lomenej čiary.
- **Test symetrie.** Tvar minima môže byť značne vzdialený od symetrie. Najskôr je potrebné stanoviť vrchnú a spodnú hranicu. Dáta (časť minima) medzi

týmito hranicami budú použité na testovanie miery symetrie tvaru minima. Vyrátanými bodmi určujúcimi bisektor z danej oblasti minima metódou najmenších štvorcov preloží program priamku. Ak je táto priamka rovnobežná so zvislou osou, programom určený parameter je rovný nule. V skutočnosti tento parameter (a_1) predstavuje smernicu priamky v sústave otočenej o 90° ; teda $x = a_1 \times y + a_0$. Priesečník tejto priamky s x -ovou osou (osou času) určuje okamih minima. Tento spôsob určenia okamihu minima sa zvykne nazývať aj **metóda stredovej čiary**.

Poznamenajme ešte, že tento postup môže byť použitý na "zosymetrizovanie" minima otočením súradnicovej sústavy o uhol α zodpovedajúci smernici $a_1 = \text{tg } \alpha$.

Výsledky všetkých metód spolu s použitými dátami sú zapísané do výstupného súboru. Je tu uvedený taktiež aritmetický priemer jednotlivých určení okamihu minima spolu s jeho chybou. Viaceré zo spomínaných metód sú značne citlivé na zadanie, vstupné dáta, symetričnosť tvaru minima. Pre korektné určenie okamihu je dôležité správne odhadnúť chybu pozorovaní, používanie iba naozaj dobrých meraní, správne a rovnaké stanovenie časti minima, z ktorých bude okamih určený a v neposlednom rade skúsenosť.

F PROGRAMY NA PRÍPRAVU POZOROVANIA

Nasledujúce programy majú slúžiť na zjednodušenie plánovania pozorovaní hviezd, výpočet rozličných veličín potrebných pri redukcii napozorovaných dát a údržbu rôznych pomocných súborov s dátami. Programy som sa snažil napísať v štandardnom jazyku FORTRAN 77 bez použitia rozšírení jednotlivých kompilátorov, a tak dospieť k ľahkej prenositeľnosti na rôzne platformy. Vykonateľné verzie týchto programov je možné získať na požiadanie.

F.1 KATIN.EXE

Program slúži na jednoduché zadávanie údajov o hviezdach do konfiguračného súboru KATALOG (viď časť C.1.1). Okrem zadávania nových objektov Vám umožní pohodlným spôsobom odmazávať zlé záznamy, alebo robiť opravy chýb v zadaní. Program sa snaží byť samovysvetľujúci.

F.2 MINF.EXE

Program slúži v základnom ryse na výpočet pozorovateľnosti hviezdy. Pre získanie údajov o hviezde používa súbor KATALOG (časť C.1.1). Poskytne Vám informácie o časoch súmraku, fázach Mesiaca, jeho okamihy východu a západu, časoch kedy sa daná hviezda náchádza vo väčších výškach nad obzorom ako zadaná, zodpovedajúcich fázach premennej hviezdy, okamihu minima (pokiaľ ide o periodicky premennú hviezdu), kulminácii a podobne. Výstup z tohto programu by Vám mal umožniť efektívne navrhnúť postup pozorovania. Viaceré hodnoty je možné na začiatku modifikovať (zemepisná poloha observatória, "výška" Slnka pod obzorom pre stanovenie súmraku, výška hviezdy nad obzorom pre stanovenie "východov" a "západov" hviezdy).

```

      C A S Y   S U   U V A D Z A N E   V   U T !
      Fazy hviezd su ratane bez heliocentrickej opravy !
      Do uvahy je brany astronomicky obzor, nie realny !
      Sumrak je ratany s presnostou asi 5 minut.
      Suradnice a faza Mesiaca su uvedene pre okamih polnoci.
      Pre polnoc je takisto udana uhlova vzdialenost Mesiac-hviezda.
      Casy vychodu a zapadu Mesiaca su udane pre oba dni.
  
```

DATUM	JDpolnoci	SUMRAK	MIEST.HV.CAS POLN.	DEN	RA._Luna	DA._Luna	FAZA	VYCH-ZAPAD
2.mar./ 3.mar.1998.	2450875.5	17:29- 4: 9	12: 3:15.485	PON/UTO	2:40: 7	10: 6: 13	.244	7:25-21:21; 8: 0-22:34
tx uma	16:22- 5: 5	17:29- 4: 9	.5329 - .6779	22:42	115.0 st.			
aw uma	18:17- 4:40	18:17- 4: 9	.5494 - .4863	23:26	129.4 st.	2450875.45976 JDhel	14156.epoch	23: 2(hel)
3.mar./ 4.mar.1998.	2450876.5	17:31- 4: 7	12: 7:12.040	UTO/STR	3:36: 24	13:25: 25	.350	8: 0-22:34; 8:38-23:43
tx uma	16:18- 5: 1	17:31- 4: 7	.8597 - .0039	22:38	104.5 st.	2450876.65967 JDhel	745.epoch	3:49(hel)
aw uma	18:13- 4:36	18:13- 4: 7	.8225 - .7624	23:22	117.1 st.	2450876.33722 JDhel	14158.epoch	20: 5(hel)
4.mar./ 5.mar.1998.	2450877.5	17:32- 4: 5	12:11: 8.595	STR/STV	4:32: 39	15:51: 29	.460	8:38-23:43; 9:21-***: **
tx uma	16:15- 4:57	17:32- 4: 5	.1865 - .3299	22:34	92.7 st.			
aw uma	18: 9- 4:32	18: 9- 4: 5	.0955 - .0386	23:18	103.9 st.	2450877.65341 JDhel	14161.epoch	3:40(hel)
5.mar./ 6.mar.1998.	2450878.5	17:34- 4: 3	12:15: 5.150	STV/PIA	5:28: 32	17:19: 12	.569	9:21-***: **; 10: 9- 0:45
tx uma	16:11- 4:53	17:34- 4: 3	.5133 - .6559	22:30	80.5 st.			
aw uma	18: 5- 4:28	18: 5- 4: 3	.3686 - .3147	23:15	90.3 st.	2450878.53087 JDhel	14163.epoch	0:44(hel)

F.3 SPHEL.EXE

Výsledkom tohto programu sú takmer všetky možné veličiny týkajúce sa danej hviezdy v danom čase: miestny hviezdny čas, rektascenzia, deklinácia, výška nad obzorom, zenitová vzdialenosť, hodinový uhol, vzdušná hmota, heliocentrický juliánsky dátum, heliocentrické a barycentrické korekcie času a radiálnych rýchlostí, prípadne fáza a epocha, pokiaľ ide o periodicky premennú hviezdu. Opäť na získanie údajov o hviezde používa program súbor KATALOG (viď časť C.1.1) a zemepisnú polohu observatória, ktorú je možné na začiatku vybrať z niekoľkých možností, alebo zadať.

Zrátané korekcie radiálnych rýchlostí je potrebné prirátat k napozorovaným: $RV = RV_{\text{obs}} + RV_{\text{korekcia}}$. Vzdušné hmoty sú rátané na základe Hardieho aproximácie (Hardie, 1962 [29]) a ich presnosť pre vzdušné hmoty < 6.8 je lepšia ako 0.1%.

Počas behu robí program nasledujúci výpis na terminál:

```

SURADNICE POZOROVACIEHO MIESTA :
MENO OBSERVATORIA   : SKALNATE PLESO
ZEMEPISNA SIRKA     :   49.1883 STUPNOV
ZEMEPISNA DLZKA     :   20.2450 STUPNOV  VYCHODNE
NADMORSKA VYSKA     :  1783.0000 METROV
DATUM: 21-NOV-1965          CAS (UT): 18 hod. 10 min.  0 sec.
Juliansky datum: 2439086.25694444      MIESTNY HVIEZDNY CAS: 23:33: 6.780
-----
HVIEZDA: tx uma
JD_0_hel: 2448594.47957000          Perioda:   3.0633290000 dni
Phase_hel:   .11461202240          Epoch:   -3104
REKTASCENZIA pre (21-NOV-1965):  10 hod.  43 min. 20.498 sec.
DEKLINACIA pre (21-NOV-1965):   45 st.  44 min. 45.208 sec.
JD heliocentricke: 2439086.25744833 (T_helcor uz priratané...)
Heliocentricka oprava RV:  24.741728 km/s (na priratanie)
Heliocentricka oprava casu: .5038871924E-03 dna (na priratanie)
Barycentricka oprava RV:  24.731650 km/s (na priratanie)
Barycentricka oprava casu: .5004324408E-03 dna (na priratanie)
HODINOVY UHOL: 12 hod. 49 min. 46.282 sec.
AZIMUT:   8 st.  41 min. 20.016 sec. (N=0, E=90, S=180, W=270)
VYSKA NAD OBZOROM:   5 st.  33 min.  2.203 sec.
ZENITOVA VZDIALENOST: 84 st.  26 min. 57.797 sec.
VZDUSNA HMOTA:   9.41260886 (Hardie-ho aproximacia)
... presnost lepsia ako 0.1% pre hodnoty < 6.8 ...

```

Výsledky Vašich zadaní sú uložené v úspornejšej forme do výstupného súboru v tvare:

DATE	UT-TIME	LST	R.A.	Dec.	JD hel	Hel corr.	Phase	Epoch	Hr. ang.	Height	Azimuth	Air.mss.
	hh:mm:ss	hh:mm:ss	hh: mm: ss.ss	d: ' : ''.'''		RV [km/s]		hh:mss	[deg]	[deg]	[deg]	
3.MAR 1998	20:10: 0	8:16:34	10: 45: 14.08	45: 34: 33.34	2450876.344727	-7.81663	.89719	744	21:31:20	64.84	83.98	1.10463
21.NOV 1965	18:10: 0	23:33: 6	10: 43: 20.50	45: 44: 45.21	2439086.257448	24.74173	.11461	-3104	12:49:46	5.55	8.69	9.41261

G KONFIGURÁCIA FOTOMETROV ASÚ SAV

Tabuľka 14 uvádza charakteristiky fotometrov observatórií Astronomického ústavu SAV v Tatranskej Lomnici. Tieto informácie sú potrebné na redukciu fotometrických dát získaných na oboch jeho observatóriách. Koeficienty prevodu do medzinárodného UBV systému ϵ, μ, ψ sú uvedené v zmysle transformačných rovníc (24) a uvedený je aj zdroj (štandardná hviezdokopa), pomocou pozorovania ktorej boli ich hodnoty určené. Pri redukcii pomocou redukčného balíka popísaného v časti D.2 je potrebné mať tieto údaje zapísané v správnej forme v konfiguračných súboroch OBSERVAT.??(C.1.2).

dátum	JD	ϵ	μ	ψ	hviezdokopa	poradie filtrov	poznámka
observatórium Skalnaté Pleso							
???						U-B-V	
27./28. jan. 1992	2448649.4	-0.14626	1.02690	1.03747	Pleiades	V-B-U	výmena poradia filtrov
30./1. dec. 1992	2448957.4	-0.12363	1.02158	1.06730	Pleiades	V-B-U	
16./17. dec. 1992	2448973.5	-0.10546	1.01532	1.21588	Praesepe	V-B-U	
06. jan. 1993	2448994.0					U-B-V-R-u-v-b-y	výmena fotometra: OPTEC
20./21. mar. 1993	2449067.5	-0.07274	0.94141	1.18578	Praesepe	U-B-V-R-u-v-b-y	
16. apr. 1993	2449094.0					U-B-V-R-u-v-b-y	umytie zrkadla
10./11. máj. 1993	2449118.5	-0.00748	0.99970	1.03690	IC 4665	U-B-V-R-u-v-b-y	
23./24. sep. 1993	2449254.6	-0.03018	0.98716	1.10218	Pleiades	U-B-V-R-u-v-b-y	
14./15. okt. 1995	2450005.6	-0.02844	0.96991	1.07955	Pleiades	U-B-V-R-u-v-b-y	nový prevodník na fotometer
observatórium Stará Lesná							
???						V-B-U	
1./2. okt. 1991	2448531.6	-0.08725	1.07288	1.02807	Pleiades	V-B-U	
3./4. okt. 1991	2448533.5	-0.08629	1.08617	1.01007	Pleiades	V-B-U	
11./12. mar. 1994	2449423.3	-0.06130	1.13901	1.04193	Pleiades, Praesepe	V-B-U	priemer z oboch hviezdôp
03. okt. 1996	2450361.0					V-B-U-R-I	doplnenie filtrov

Tabuľka 14: Charakteristiky fotometrov na observatóriách Astronomického ústavu SAV v Tatranskej Lomnici.

INDEX

úvod, 7

TXUMa

atuálna efemerida, 34

fotometria, 26

infračervená, 30

UBV, 26

zadanie pozorovania, 74

história, 16

fotometria, 16

polarimetria, 25

spektroskopia, 21

mapka, 75, 76

model sústavy, 58

O-C diagram, 31

okamihy miním, 31

príčiny zmien periódy, 38

spektroskopia, 49

krivka radiálnych rýchlostí, 49

rotačný efekt, 53

svetelná krivka

normálne body, 45

ciele a úlohy práce, 9

fotometria

konfigurácia fotometrov AsÚ SAV,
112

redukčné programy, 97

určenie okamihu minima, 107

hviezdy

premenné

typ Algol, 10

pozorovania

UBV systém, 77

princíp jednoduchosti, 7

programy

KATIN, 110

konfiguračné súbory, 84

MINF, 110

príprava pozorovania, 110

redukčné, 97

SPHEL, 111

UNIV - pozorovanie, 83

určenie okamihu minima, 107