

Ako zvýšiť presnosť vizuálnych odhadov

How to increase the precision of visual estimates

Sebastian Otero, Pavol A. Dubovský

Hovorí sa, že presnosť vizuálnych pozorovaní je okolo 0.1 mag. Keď si však prezrieme svetelné krivky z ľubovoľnej svetovej databázy, vidíme, že rozptyl je omnoho väčší. Napríklad Sobotka (2000) uvádza pre červené dlhoperiodické hviezdy priemerný rozptyl až 0.7 mag. A rozptyl sa týka aj individuálnych kriviek. Z toho potom vyplývajú výhrady mnohých profesionálnych astronómov voči vizuálnym pozorovaniam. Ľudské oko je však výnimočný orgán a bolo by škoda nevyužiť jeho vlastnosti. Autori po mnohých praktických skúškach prišli k záveru, že presnosť vizuálnych odhadov premenných hviezd je možné výrazne zvýšiť pri dodržaní správnej metodiky. Kľúčové sa ukazuje používanie správnych mapiek a narábanie s videním farieb hviezd.

A. PROBLÉM FARIEB

Oko a jeho sietnica sa rôznym spôsobom správajú pri pozorovaní hviezd rôznych jasností a farieb. Zhrňme si len základné a v ďalšom pre nás potrebné vlastnosti oka. Predpokladáme, že čitateľ je s týmito poznatkami oboznámený.

Tabuľka 1.

Čapíky	<ul style="list-style-type: none">• menej citlivé, aktivizujú sa až pri silnejšom osvetlení - vhodné na pozorovanie jasnejších hviezd• dosahujú väčšie rozlíšenie lebo každý čapík má vlastné nervové zakončenie - vidíme takmer bodové obrazy hviezd• citlivé na farbu, pri pozorovaní červených hviezd sa prejavuje Purkyneho efekt• umiestnené v strede sietnice - používajú sa pri priamom videní
Tyčinky	<ul style="list-style-type: none">• viac citlivé, aktivizujú sa už pri malom osvetlení - vhodné na pozorovanie slabých objektov pravdaže až po akomodácii oka a na tmavom pozadí• menšie rozlíšenie, jeden nerv prenáša signál z množstva tyčienok - obrazy hviezd sú väčšie a rozmazané• nevidia farbu ale maximum citlivosti je oproti čapíkom posunuté k krátkovlnnej oblasti spektra, takže modré hviezdy vidíme jasnejšie• sú umiestnené po celej ploche sietnice - používajú sa pri periférnom videní

Odhad teda závisí od toho akým spôsobom na hviezdu pozeráme. Väčšina manuálov odporúča pri odhadovaní prechádzať priamym videním z jednej hviezdy na druhú. Priamym pohľadom sa vyvarujeme precenenia modrých hviezd a rýchlym skákaním z jednej hviezdy na druhú nedáme možnosť rozvinúť sa Purkyneho efektu. Také jednoduché to však nie je. Získané skúsenosti zhrnieme do nasledujúcich problémov:

1. Čím tmavšia je obloha, tým viac sa do činnosti zapájajú tyčinky a to zhoršuje naše schopnosti ovládať rôzne druhy videnia. Tomuto sa žiadnym psychickým procesom nedá zabrániť. Efekt môžeme zmierniť zosvetlením pozadia použitím menšieho zväčšenia aby obloha vyzerala svetlejšie.
2. Čím svetlejšia je obloha, či už z dôvodu svetelného znečistenia, vlhkosti alebo svitu Mesiaca, tým matnejšie vidíme modré hviezdy. Stráca sa totiž kontrast na svetlom pozadí a pri silnom osvetlení sa odpájajú z činnosti tyčinky. Riešenie je „pomôcť“ modrým hviezdám použitím tzv. **polopriameho videnia**. Je to kombinácia priameho a periférneho videnia. Na hviezdu sa pozeráme priamo ale pohľadom mierne rozostreným
3. U jasných červených hviezd dochádza pri priamom pohľade k preceneniu jasnosti vplyvom Purkyneho efektu. Tento efekt je najcitlivejší pri pozorovaní voľným okom pretože vtedy je obloha najsvetlejšia a svojim jasom vyraduje z činnosti tyčinky a výraznejšie sa prejaví činnosť čapíkov. Riešenie je tiež v polopriamom videní.
4. Naopak jasnosť slabých červených hviezd pri pozorovaní ďalekohľadom podceníme vždy keď sa ich snažíme zachytiť periférnym videním. Napraviť to môžeme tak, že sa uprene zahľadíme na hviezdu až tak, že sa začne uplatňovať Purkyneho efekt. Čím červenšia je hviezda, tým intenzívnejšie treba na ňu hľadiť. Toto však neplatí pri použití svetelných prístrojov (binokuláre). Červená hviezda tu získava na jasnosti zásluhou kontrastu na svetlom pozadí.
5. Nakoniec najlepšie uvidíme žlté hviezdy, ktoré dávajú pekné bodové obrazy. Pri odhadovaní voľným okom dávajú najobjektívnejšie výsledky. Musíme hľadiť pozorne pred porovnaním s hviezdami iných farieb.

KALIBRÁCIA OČÍ

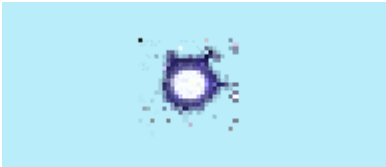
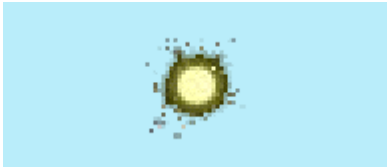



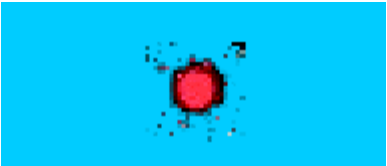

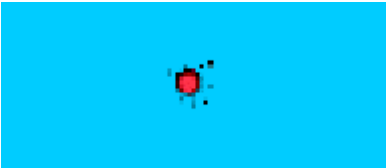

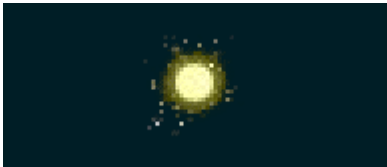

Celý doterajší výklad je založený na radách typu „hľadieť uprenejšie, hľadieť pozorne, polopriamo, viac, menej“. Exaktnosť tomuto postupu vnesie až nasledujúce základné pravidlo:

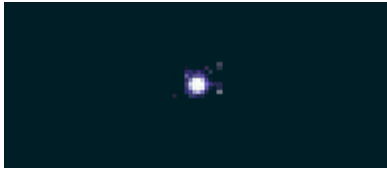
Prispôbiť videnie sekvencií

To znamená používať rôzne spôsoby pohľadu tak, aby sme videli jasnosti porovnávacích hviezd v súlade s presnými fotometrickými V magnitúdami na mapke. (Pravdaže najprv musíme takú mapku aj s $B-V$ indexami mať. O tom v ďalšej časti článku). Keď takto prejdeme viacero porovnávacích hviezd, oči vlastne okalibrujeme a budeme vedieť ako sa pozrieť na premennú. Chce to samozrejme dosť praxe. V každom prípade však musíme hľadieť na premennú pri každom pozorovaní rovnakým spôsobom. Môže sa stať, že naša individuálna svetelná krivka bude oproti ostatným posunutá hore alebo dolu, to sa dá korigovať. Ak by sme však menili spôsob videnia, raz jasnosť hviezd preceníme, raz podceníme a krivka bude deformovaná.

ZHRNUTIE

Predchádzajúci, trochu komplikovaný výklad sa dá zhrnúť do prehľadnej Tabuľky 2. podľa použitého prístroja (a teda jasnosti pozadia) a farby pozorovaných hviezd. Uvedené intervaly nie sú veľmi učebnicové. Zodpovedajú však lepšie správaniu sa oka a hlavne treba mať na pamäti, že zmena videnia je postupná a nie diskrétna.

	Modré hviezdy	Žlté hviezdy	Červené hviezdy
	$B - V < 0.3$	$0.3 < B-V < 1.1$	$B-V > 1.1$
Voľné oko			
	Polopriame videnie. Nepozerať na ne priamo, pretože pri pohľade voľným okom je obloha najsvetlejšia a strácali by na jasnosti v porovnaní s červenými	Priame videnie. Dávajú pekné bodové obrazy	Priame videnie ale nie úplne a nie dlhý čas aby sme sa vyhli Purkyneho efektu. Preskakovať pohľadom rýchlo z hviezdy na hviezdu
Binokulár			
	Polopriame videnie pri jasných modrých	Priame videnie v každom prípade. Pozerať pozorne pred porovnaním s hviezdami iných farieb	Polopriame videnie na jasné červené
			
	Pri slabých priame videnie. V každom prípade sa vyhnúť periférnemu videniu, ktoré by spôsobilo precenenie ich jasnosti		Priame videnie na slabé
Teleskop			
	Polopriame videnie pri jasných modrých	Priame videnie v každom prípade. Pozerať pozorne pred porovnaním s hviezdami iných farieb	Polopriame videnie na jasné červené



Pri slabých priame videnie.
V každom prípade sa vyhnúť
periférnemu videniu, ktoré by
spôsobilo precenenie ich jasnosti



Na slabé priame videnie, nechať
pôsobiť Purkyneho efekt aby sme
ich jasnosť nepodcenili

Mieru použitia týchto spôsobov videnia korigovať podľa presnej fotometrickej sekvencie.

Celá tabuľka sa dá s drobnými nepresnosťami zhrnúť do nasledujúceho ľahko zapamätateľného tvaru: Používať pri odhadovaní vždy priame videnie s nasledujúcimi výnimkami:

1. Polopriamym pohľadom odhadovať jasné modré hviezdy a pri použití prístroja aj jasné červené hviezdy.
2. Rôznym spôsobom narábať s Purkyneho efektom pri červených hviezdach:
 - a. Pri pozorovaní voľným okom sa treba vyvarovať Purkyneho efektu rýchlym pohľadom na hviezdu.
 - b. Naopak pri pozorovaní slabej červenej hviezdy ďalekohľadom treba nechať Purkyneho efekt pôsobiť a to tým viac, čím je hviezda červenšia.

Prečo treba používať takýto zdanlivo komplikovaný postup pekne ukazuje Tabuľka 3, ktorá porovnáva pozorovania tých istých polopravidelných premenných hviezd (teda červených) z dvoch po sebe nasledujúcich nocí s úplne rozdielnymi pozorovacími podmienkami.

Tabuľka 3.

<ul style="list-style-type: none"> • (1.86) GEMDY 020313.752 9.3 DPV (1.34) C4V1D (0.88) • (0.71) GEMGS 020313.753 11.4 DPV (0.27) G1V3H (0.57) • (1.46) GEMIK 020313.745 11.2 DPV (0.68) G1V2H (0.85) • (1.52) GEMPP 020313.747 10.1 DPV (0.92) D3V2E (0.50) • (1.10) GEMDI 020313.75 10.6 DPV (1.50) E2V3F (0.35) 	13. marca 2002 Dobré pozorovacie podmienky, tmavá obloha, MHV = 6.5 mag
<ul style="list-style-type: none"> • GEMDY 020314.901 9.2 DPV (1.34) C2V1D (0.88) • GEMGS 020314.903 11.2 DPV (0.44) F3V1G (0.21) • GEMIK 020314.892 11.3 DPV (0.68) G3V2H (0.85) • GEMPP 020314.895 10.1 DPV (0.92) D3V2E (0.50) • GEMDI 020314.899 9.9 DPV (1.12) D1V3E (1.50) 	14. marca 2002 O magnitúdu horšie podmienky, vlhko, rozptýlené svetlo, svetlá obloha, pozorovania v menšej výške nad obzorom

Pozorovania boli vykonané bez vedomia, že budú využité v tejto práci. Pozorovateľ používal v oboch prípadoch priame videnie. Jediné čo sa zmenilo boli pozorovacie podmienky. Pozorovateľ urobil v prvú noc ešte vyše dvesto ďalších pozorovaní, takže odhady si vôbec nepamätal. Predpokladáme, že polopravidelné premenné nezmenili za 1 deň pozorovateľne jasnosť. V zátvorkách pri odhadoch sú farebné indexy porovnávacích hviezd a pred názvom premennej je jej farebný index.

Vysvetlenie:

DY Gem Zjasnila	Premenná v druhú noc lepšie vynikla na svetlom pozadí. Efekt je čiastočne kompenzovaný tým, že podobne sa správala aj červená porovnávací C
GS Gem Zjasnila	Toto nie je až tak červená hviezda a tak efekt kontrastu červenej na svetlom pozadí nie je tak silný. Namiesto toho sa prejavilo "zmiznutie" modrej porovnávací G
IK Gem Zoslabla	V horších podmienkach sa červená premenná dostala bližšie k limitu a bolo treba nechať viac pôsobiť Purkyneho efekt. Pozorovateľ však nevedel koľko, pretože nekalibroval oči podľa sekvencie.
PP Gem V poriadku	Hviezda vhodnej jasnosti. V oboch podmienkach sa dalo na ňu pozeráť pohodlne priamym videním. Žlté porovnávací hviezdy.
DI Gem Podcenenie jasnosti červenej hviezdy na tmavom pozadí	Úplná katastrofa! Pozorovateľ sa pravdepodobne v prvú noc nevyhol použitiu tyčínok pri pohľade na premennú hviezdu. Ukazuje sa, že tento efekt je v porovnaní s predchádzajúcimi drobnými nepresnosťami obrovský. V tomto prípade bol asi ešte aj umocnený tým, že pozorovateľ použil rôzne typy videnia. Na porovnávaciu E, ktorá je ešte červenšia ako premenná, musel hľadiť priamym pohľadom.

Ukazuje sa teda, že aj skúsený pozorovateľ ak nepoužije popísanú metodiku dôsledne, dopustí sa chýb už pri jednoduchej zmene pozorovacích podmienok. Najhoršie však je, ak dopustí použitie periférneho videnia pri odhadovaní.

B. MAPKY

Vieme, že aby sme mohli robiť odhady popísanou metodikou, potrebujeme mapky, ktoré budú mať uvedené jasnosti vo V s presnosťou na stotiny magnitúdy a farebné indexy B-V. Tá presnosť na dve desatinné miesta je z dôvodu, že by bola škoda znehodnocovať presné fotometrické merania zaokrúhľovaním. Na desatiny magnitúdy zaokrúhlime až výslednú jasnosť premennej. (Skupina MEDÚZA dokonca prijíma odhady s presnosťou na stotiny magnitúdy. Na svetelnej krivke potom nevznikajú nevzhľadné pásové štruktúry.)

Prečo je treba prijať jednotný štandard V? K vizuálnym pozorovaniam sa zvykne pripájať značka „v“, ktorá má s V súvisieť podľa vzťahu

$$v = V + 0.2(B-V)$$

. Alebo dokonca aj presnejšie $v = V + 0.182(B-V) - 0.032$ (Howarth 1979). Tento vzťah je odvodený na základe dlhoročných štúdií a experimentov, ktoré realizovala AAVSO a iné organizácie a vyjadruje magnitúdu určenú pri pozorovaní periférnym videním. Uvedený vzťah by teda umožňoval preratúvať vizuálne pozorovania tak, aby boli konzistentné s fotoelektrickými. To by ale museli byť jasnosti porovnávacích hviezd na mapke uvedené tiež vo „v“. Ale také mapky neexistujú! Na mapkách sú väčšinou uvedené jasnosti vo filtri V. To čo teda vyrátame je akýsi hybrid medzi „v“ a V. Navyše pri odhadovaní nemáme používať periférne videnie ale priame. A to uvádzajú aj manuály AAVSO. Vzťah medzi „v“ a V nie je konštantný, ale závisí od toho akým spôsobom sa na hviezdu pozeráme.

Riešenie je veľmi jednoduché. Pri použití popísanej metódy odhadovania nemusíme nič preratúvať. Ak si okalibrujeme oči podľa fotometrickej sekvencie vo filtri V aj výsledná jasnosť premennej bude vo V. Stačí mať len správnu mapku.

Vo svete sú najviac rozšírené mapky AAVSO. Je všeobecne známe, že hlavne staršie mapky majú veľmi nepresné sekvencie. Posun oproti presnej fotometrii vo filtri V je niekedy až jedna magnitúda. Ako zdroj údajov pre porovnávacie hviezdy sa niekedy udávajú ich vizuálne odhady zo začiatku minulého storočia aj keď dnes už existuje fotoelektrická fotometria. V AAVSO si totiž myslia, že nie je dôležité presné určenie jasnosti premennej, hlavne aby sa používala stále tá istá aj keď nepresná mapka (pravdaže tá ich) a tak dostaneme peknú svetelnú krivku. Je pravda, že okamih maxima alebo minima odčítame z takejto krivky správne. Prečo však nevyťažít z vizuálnych pozorovaní viac?

Dnes už je fotoelektrická fotometria voľne dostupná. Prakticky všetky hviezdy do 8 mag. majú pozemské fotometrické merania. O ďalšiu magnitúdu si môžeme pomôcť z katalógu HIPPARCOS. Ďalej je to už horšie. Údaje v TYCHO už nie sú také spoľahlivé a pri slabších hviezdach treba väčšinou počkať na fotometriu Arne Henden z USNO, ktorý robí v tomto smere veľmi záslužnú prácu. Avšak vytvoriť mapku s požadovanými vlastnosťami pre jasné hviezdy už nie je dnes problém. Viaceré také mapky vytvorené autormi a hlavne Enzom Bernardinim sú umiestnené na adrese http://ar.geocities.com/varsao/cartas_de_variables.htm. Je pravdaže úplne jedno, kto takéto mapky vyrobí. Stačí dodržať len niektoré základné pravidlá:

1. Uvádzať jasnosti porovnávacích hviezd podľa fotoelektrickej fotometrie vo filtri V s presnosťou na stotiny magnitúdy a farebné indexy s presnosťou na desatinu magnitúdy.
2. Husto pokryť rozpätie jasnosti premennej hviezdy. Ideálna sekvencia má rozdiely jasností medzi porovnávacími hviezdami menšie ako 0.3 mag.
3. Vyberať porovnávacie hviezdy čo najbližšie k premennej aby sa zmestili do zorného poľa.
4. Uprednostňovať porovnávacie hviezdy podobnej farby ako je premenná.

C. PRÍSTROJ

1. Oko neodhaduje dobre preexponované obrazy hviezd. Ak použijeme na hviezdu istej jasnosti príliš silný prístroj, bude sa nám odhadovať veľmi ťažko. Navyše sa nám pravdepodobne stane, že do zorného poľa sa nám nezestia potrebné porovnávacie hviezdy. Naopak hviezdy na hranici limitnej magnitúdy takisto neodhadneme dobre, pretože sa nevyhne použitiu periférneho videnia. Preto sa odporúča **pozorovať len v intervale 1 až 4 magnitúdy pod limitnou magnitúdou použitého prístroja.**
2. Z predchádzajúceho vyplýva, že na presnosť odhadu nepriaznivo vplýva činnosť tyčínok. Keď máme tmavú oblohu, ich činnosť sa nezbavíme. Paradoxne sa teda lepšie odhaduje z miest z väčším svetelným znečistením. (Pravdaže obmedzuje nás to vo výbere hviezd, lebo tie slabšie sa dostanú mimo odporúčaného intervalu 1 - 4 mag. pod limitom.) Ak náhodou nemáme po ruke svetelné znečistenie, môžeme si pomôcť menším zväčšením, pozorovať za súmraku alebo za svitu Mesiaca. Platí, že treba **použiť najmenšie zväčšenie, ktoré ešte umožní pohodlne rozišť pozorované hviezdy.**

D. VÝSLEDKY

Použitím popísanej metodiky sa dajú dosiahnuť doteraz nepredstaviteľné výsledky hlavne pri pozorovaní voľným okom. Realizované pozorovania, špeciálne v prípade delta Sco (Otero) a delta Vel (kampaň skupiny LIADA) ukázali, že pri hviezdach viditeľných voľným okom ak máme ideálnu sekvenciu (husto pokrytú s rozdielmi menšími ako 0.3 mag, priestorovo blízko k premennej a podobnej farby ako premenná) je možné dosiahnuť presnosť na úrovni 0.03 mag čo už je porovnateľné s fotoelektrickými meraniami. (Skutočne, v uvedených prípadoch boli výsledky kontrolované s fotoelektrickou fotometriou vo V od Briana Fräsera z Južnej Afriky.) Pri použití ďalekohľadu už presnosť nie je taká vysoká, ale zaručuje dosahuje 0.1 mag, čo je od vizuálnych odhadov očakávané, ale doteraz sa veľmi neplnilo.

Referencie

- Viaceré texty v tomto článku sú prebraté z pripravovaného Manuálu o technikách vizuálneho pozorovanie premenných hviezd, Otero S. (nepublikované)
- [Vyhľadávanie dát fotoelektrickej fotometrie](#)
- [Návod na pozorovanie premenných hviezd, De Bernardini E. M.](#)
- [Mapky premenných hviezd s fotoelektrickými V sekvenciami, Otero S.](#)
- [LIADA \(Liga Iberoamericana de Astronomía\)](#)
- Howarth I. D., 1979, Journ. Amer. Assoc. of Var. Star. Obs. 8, 26
- [Spolehlivost vizuálního pozorování proměnných hviezd](#), Sobotka P., 2000

