

Barevný diagram otevřené hvězdokupy

VAROVÁNÍ: Text tohoto protokolu obsahuje velké množství alibistických tvrzení a některých výsledků bylo dosaženo zanedbáním celé řady faktorů. Pokud není čtenář pravidelným divákem seriálu Jistě, pane ministře (Jistě, pane premiére) nebo se aktivně nezajímá o politiku, doporučuji tento text raději vůbec nečíst. Mnohem vhodnější by byla procházka na čerstvém vzduchu, nějaká sportovní aktivita nebo něco podobného.

Úkolem tohoto praktika je sestavit barevný diagram otevřené hvězdokupy, pozorované pomocí CCD kamery ve dvou filtrech. Barevný diagram v mnohém nahrazuje klasický Hertzsprungův-Russellův diagram: na vodorovné ose vynášíme barevný index hvězd, tedy rozdíl hvězdných velikostí v krátkovlnném a dlouhovlnném filtru, a na svislou osu potom hvězdnou velikost v krátkovlnném filtru. Barevný index jednoznačně nahrazuje efektivní teplotu hvězd (jejich vzájemný vztah je ale složitější), zatímco pozorovaná hvězdná velikost objektů, které jsou od nás přibližně stejně daleko, odpovídá jejich absolutním hvězdným velikostem, resp. zářivým výkonům.

Po kalibraci jasností hvězd na standardní hvězdné velikosti a srovnáním barevného diagramu s vhodným modelem hvězdného vývoje je možné určit základní parametry této hvězdokupy – její věk, chemické složení, vzdálenost od Země. Poslední údaj se přitom vypočte z rozdílu hvězdných velikostí na svislé ose pozorovaného a teoretického barevného diagramu ze vztahu pro modul vzdálenosti:

$$m - M = 5 \log_{10} d - 5,$$

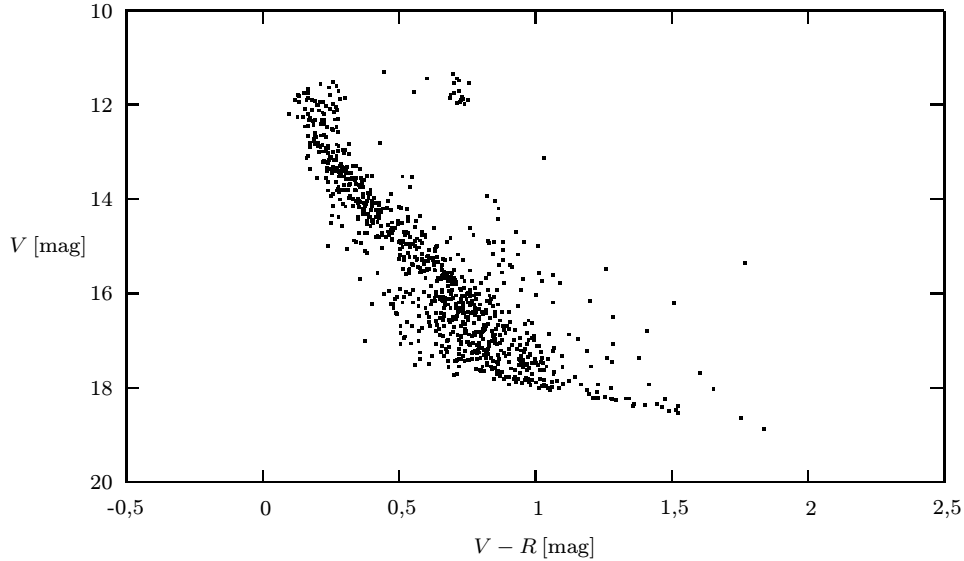
kde M , resp. m je absolutní, resp. pozorovaná hvězdná velikost a d je vzdálenost v parsecích. Silným předpokladem tohoto praktika je to, že všechny hvězdy na CCD snímku jsou součástí pozorované hvězdokupy.

Výsledky

Předmětem našeho praktika se stala hvězdokupa M 37, kterou jsme pozorovali 14. března 2007 v R a V filtru. Po klasické redukci snímků jsem kvůli zvýšení poměru singálu k šumu sečetl snímky v jednotlivých filtrech (20 V, 5 R) a dostal dva kompozitní snímky V a R, které jsem zfotometroval a výsledné instrumentální magnitudy použil ke konstrukci barevného diagramu. Ten je na obrázku (1).

Potom jsem se začal zabývat kalibrací na standardní hvězdné velikosti. Ke hledání standardních hvězdných velikostí jsem použil katalog NOMAD (Zacharias+ 2005). Hodnoty posunu u devíti použitých hvězd měly velký rozptyl, pomocí mediánu jsem došel ke středním hodnotám posunu ve V filtru

$(0,4 \pm 0,3)$ mag a v R filtru $(-0,4 \pm 0,3)$ mag. Pokud se na daném poli nevykytují žádné standardy jasností, bylo by možné provést kalibraci nafocněním nějakých standardních polí ve stejné (nebo podobné) výšce nad obzorem. To ale vyžaduje alespoň srovnatelné světelné podmínky na částech oblohy, kde se obě pole nalézají a toho je v Brně obtížné dosáhnout.



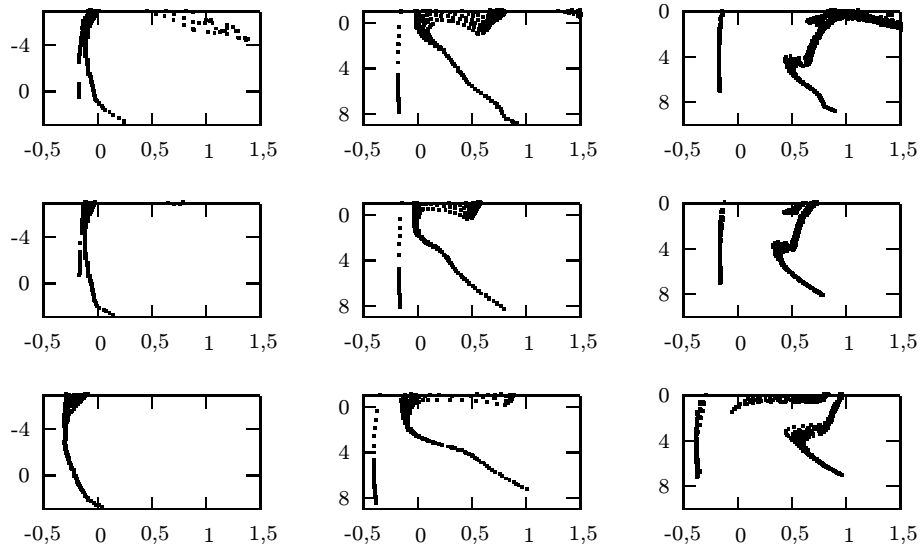
OBRÁZEK 1 Barevný diagram otevřené hvězdokupy M 37.

Přichází nejtěžší úkol: vybrat ze všech dostupných modelů hvězdného vývoje ten vhodný, který se nejvíce podobá tvaru našeho barevného diagramu. Modely jsem vybíral z článku Bertelli et al., 1994: *Theoretical isochrones from models with new radiative opacities*. Jsou zde uvedeny hvězdy s různým chemickým složením i stářím.

Abych trochu zúžil výběr, vykreslil jsem si nejdříve skupiny hvězd (grafy na obrázku (2)) podle chemického složení (v řádcích shora dolů nejbohatší na kovy, střední zastoupení kovů, nejchudší na kovy) a z každé této skupiny vybral hvězdy podle věku (sloupce zleva doprava nejmladší, středně staré, nejstarší hvězdy). Pak jsem tyto grafy srovnal s naším barevným diagramem a vybral ty nejpodobnější – obrázek (3).

Ten, který jsem nakonec vybral, je ve společném grafu na obrázku (4), jeho vertikální osa byla posunuta pro snadnější srovnání. Tvar přibližně odpovídá pozorovanému barevnému diagramu, naše barevné indexy jsou však posunuté asi o 0,25 mag k vyšším hodnotám.

Částečně je tento posun způsoben tím, že provedená kalibrace dat není příliš kvalitní, zčásti může být na vině mezihvězdné zčervenání, které více zeslabí hvězdy v krátkovlném oboru a způsobí posun barevných indexů k vyšším



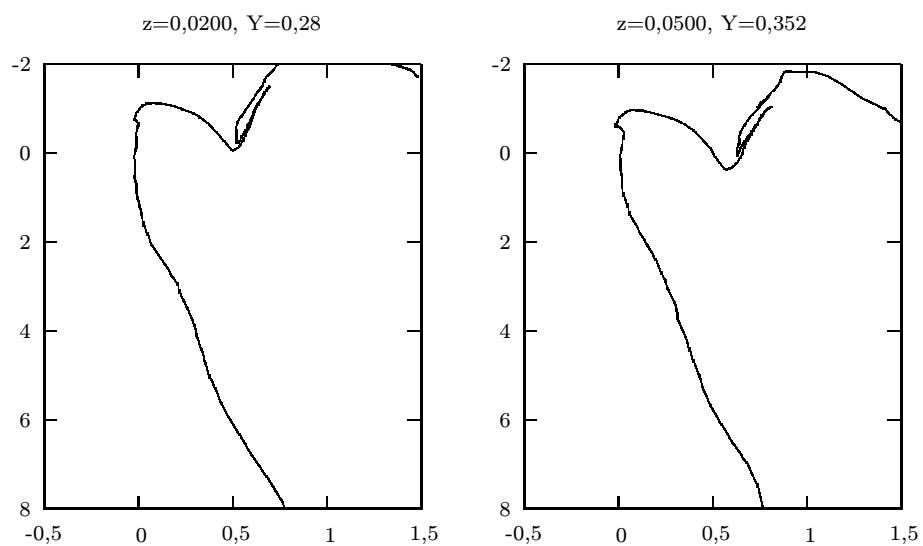
OBRÁZEK 2 Skupiny hvězd podle chemického složení (v řádcích shora dolů nejbohatší na kovy, střední zastoupení kovů, nejchudší na kovy) a podle věku (sloupce zleva doprava nejmladší, středně staré, nejstarší hvězdy). Popisky jsou kvůli přehlednosti vynechány, na vodorovné ose je barevný index $V - R$ a na svislé jasnost ve V , obojí v magnitudách.

hodnotám. Bylo by tedy vhodnější pozorovat v dlouhovlnější oblasti elmag. spektra nebo použít barevné indexy méně závislé na tomto efektu.

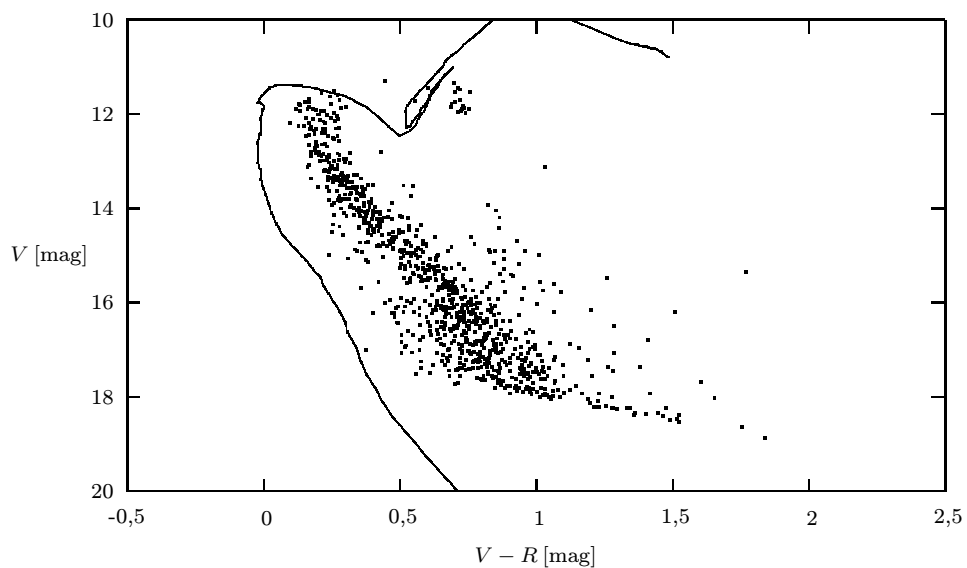
Jaké jsou tedy výsledné hodnoty parametrů hvězdokupy, které jsme měli zjistit? Logaritmus věku hvězd vyšel 8,5, což odpovídá stáří hvězd kolem 300 milionů let. To se poměrně dobře shoduje se stářím hvězdokupy, uváděným v literatuře (330–350 mil. let). Chemické složení je charakterizováno zastoupením helia $Y = 0,28$ a zastoupením kovů $z = 0,0200$.

Modul vzdálenosti vyšel přibližně 12,3, v různých pramenech se dají nalézt hodnoty v rozmezí 11,35–11,75. Tomu odpovídají vzdálenosti 2,9 kpc, resp. 1,9–2,2 kpc. Připomínám, že kalibrace jasností hvězd je zatížena poměrně velkou chybou, navíc pozorování ve filtru V je poměrně citlivé na mezihvězdné zčervenání, bez kterého by vyšel modul vzdálenosti o něco nižší.

I přesto, že postup nebyl vždy úplně korektní a jeho těžiště spočívá v odhadu tvaru barevného diagramu od oka, podařilo se určit některé základní vlastnosti hvězdokupy M 37 v dobré shodě s dříve uváděnými hodnotami a metoda výzkumu objektů pomocí barevného diagramu se zdá být poměrně účinná.



OBRÁZEK 3 Hvězdy s logaritmem stáří kolem 8,5 a chemickým složením uvedeným nad grafem. Pro popisky os platí totéž jako na obrázku (2). Model nejpodobnější našemu barevnému diagramu je vlevo.



OBRÁZEK 4 Barevný diagram hvězdokupy M 37 spolu s nejpravděpodobnějším modelem hvězd.