

Praktická astronomie

Je pěkné znát ohromné množství teorie, ale pokud ji člověk nemá jak testovat na praxi, nikam se nedostane. Následující text je spíš praktický, popisující skutečné astronomické metody.

Jak se vlastně zpracovává astronomické pozorování? Na hvězdy koukáme dalekohledem, to je fakt docela jasný. Nicméně jak z dalekohledu dostat 'vědu'? Doby, kdy člověk seděl několik metrů nad zemí na nepohodlné židličce a pozoroval v primárním ohnisku okem, jsou dneska už historií. Dneska přijdete do kontrolní místnosti dalekohledu, do tepla a pomocí počítače ovládáte pohyby dalekohledu, na kterém jsou namontovány různé přístroje, které jsou za onu vědu zodpovědné. Nejčastěji najdeme nějaký typ CCD kamery (nebo CMOS pro blízké infračervené pozorování) nebo nějaký druh spektrografu. Spektrograf slouží poměrně intuitivně ke snímání spekter. Jak se nakládá s výstupem z CCD kamery?

O softwaru na úvod

Výstup z CCD kamery je standartní, takže se hodí i pár slov o něm. Jsou to většinou soubory s příponou **fits** nebo **fit**. Jedná se o standartizovaný **FITS** formát - Flexible Image Transport System. Data jsou uložena ve formátu header/data block. Abyste si mohli prohlédnout .fits výstup, chce to nějaký vhodný program, třeba **ds9**¹, který je volně stáhnutelný na internetu². Soubory jdou otevřít i v Photoshopu, Gimpu apod., ale tam s nimi vědu opravdu neuděláte. V headeru, který si v ds9 můžete zobrazit, najdete různé veledůležité informace jako rozměr souboru, datum pořízení, název objektu, místo pozorování, dalekohled se kterým bylo pozorováno atp.

Data block je obrázek samotný, jednotlivé pixely jsou v něm popsány pomocí souřadnic X a Y náležící přímo obrázku, občas je k dispozici i jiný souřadný systém, kterým je obrázek překryt (takže můžeme zjistit přímo třeba ekvatoriální souřadnice objektů apod.).

ds9 samotný je úžasný prohlížeč, ale s vědou závratně nepomůže. Abychom obrázky samotné analyzovali, je třeba nějaký sofistikovanější software. Tím je kupříkladu noční můra většiny astronomů, **IRAF** (Image Reduction and Analysis Facility, je součástí Scisoftu³, stejně jako ds9). S výstupem z CCD se dá nakládat i pomocí různých programovacích jazyků, pro které existují astronomické knihovny (bez kterých to vážně nejde, ani to nezkoušejte), jako třeba IDL (nebo GNU verze GDL⁴), C, Fortran, Python ...

Něco málo o zpracování

Surový astronomický snímek je pěkná věc, ale trochu k ničemu, neboť je ovlivněn mnoha faktory. CCD kamera není dokonalý snímač, takže její počáteční stav před pozorováním není takový, že snímáte na 'prázdný' detektor. Průmyslově je přidáván tzv. **bias**, který zabraňuje, aby se hodnoty na detektoru dostaly pod nulu. Na jednodušších CCD kamerách se navíc projevuje **temný proud**, způsobený tím, že kamera není dostatečně chlazená⁵. Bias a temný proud jsou vlivy aditivní, takže stačí pořídit temný snímek se zavřenou uzávěrkou a ten odečteme od našich napozorovaných dat. Horší je fakt, že CCD není dokonale uniformní snímač (projeví se to podivnými vzory na našich snímcích). Ke zbavení se tohoto efektu je třeba získat tzv. **flat field** (milovníci češtiny prominou, ale český ekvivalent neexistuje), který se získává pozorováním uniformně osvětlené plochy, kterou může být býlá plocha uprostřed kopule dalekohledu nebo obloha při svítání. Tento vliv je multiplikativní, takže naše data musíme takto získaným snímkem vydělit. Toto jsou standartní procedury, proveditelné třeba v IRAFu, kterými musí projít každé astronomické pozorování.

Filtry a co s nimi

Když oblohu snímáme CCD kamerou, zpravidla nechceme vědět pouze, že nějaké obehjekt někce je, ale chceme vědět třeba jak je starý, kde na HR diagramu ho můžeme najít atp. K tomu nám pomáhají filtry, kterými opatříme CCD kameru. Jednak můžou být úzkopásmové, které snímají oblohu jen v úzkém

¹A ano, je to podle Star Trek Deep Space 9.

²<http://hea-www.harvard.edu/RD/ds9/>

³<http://www.eso.org/sci/software/scisoft/>

⁴<http://gnudatalanguage.sourceforge.net/>

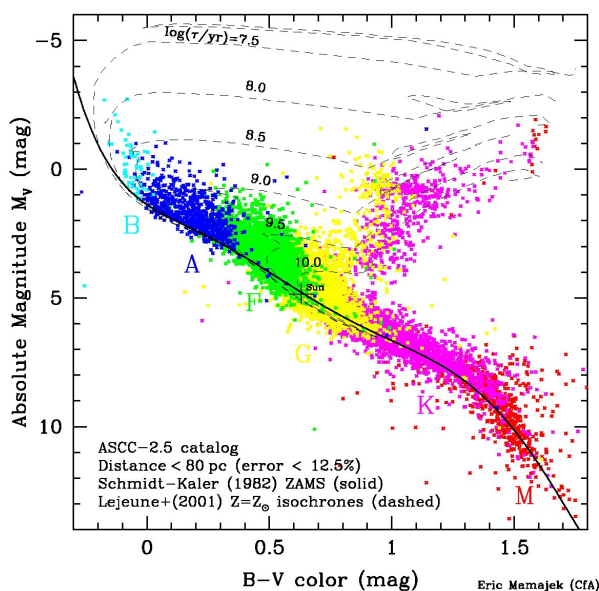
⁵Velké dalekohledy jsou zpravidla spolehlivě chlazené, takže temný proud není třeba brát v úvahu.

rozpětí vlnových délek (třeba $H\alpha$ filtr, centrováný na tuto spektrální čáru), nebo širokopásmové, které nám dovolují oblohu snímat v širším intervalu vlnových délek. Z technického a finančního hlediska jsou samozřejmě upřednostňovány filtry širokopásmové. Nejčastěji naleznete filtry U,B,V,R,I (ultrafialový, modrý, zelený, červený a infra), které jsou známé jako **Johnsnův fotometrický systém**⁶. Ty nejsou používány všude, kupříkladu Hubbleův vesmírný dalekohled má svůj systém filtrů, stejně tak třeba Sloanova digitální prohlídka oblohy (SDSS - Sloan Digital Sky Survey). Pozorujeme-li nějaký objekt, zpravidla ho chceme pozorovat v různých filtrech, neboť rozdílem jasnosti v různých filtrech získáváme důležité informace.

Barevné indexy, diagramy atp.

Různé hvězdy vypadají v různých filtrech jinak. Ty chladnější budou jasnější v červeném filtru, horké v modrém. Hvězdy, které jsou ve všech filtrech stejně jasné jsou hvězdy spektrální třídy A0, které jsou považovány za standartní (nejlepším standartem je hvězda Vega, α Lyr, která se od 0 mag ve všech filtrech odchyluje maximálně o setiny). Atlas standartních hvězdných polí byl sestaven astronomem A. Landoltem⁷.

Znalost jasnosti hvězdy ve dvou filtrech nám dá docela dobrou představu o teplotě. Zjišťování jasnosti se nazývá **fotometrie**. Ta může být **profilová** nebo **aperturní**. Profilová bere v úvahu to, jestli je náš objekt kruhový nebo eliptický, kouká se na tvar (je vhodná třeba na zkoumání galaxií), aperturní je kruhová, kde si zvolíme určitou velikost kruhu, ve kterém budeme jasnost objektu zkoumat (většinou chceme mít celou hvězdu v apertuře). Provedeme-li fotometrii ve dvou filtrech, můžeme od sebe jednotlivé hvězdné velikosti odečíst, získáme tzv. **barevný excés**, E . $E = 0$ platí samozřejmě pro hvězdy A0. Informaci o excesu můžeme vynést například do tzv. **Color-Magnitude diagramu**, což je vlastně HR diagram, kde místo teploty vykreslíme barevný excés a místo záživého toku hvězdnou velikost. Použitelný je i **Color-Color diagram**, pomocí kterého lze nakalibrovat pozorování (hlavně v infračervené oblasti, když se pozorují oblasti formování hvězd, kde je hodně prachu, který taktéž září) a eliminovat nadbytečné záření způsobené např. plynem apod.



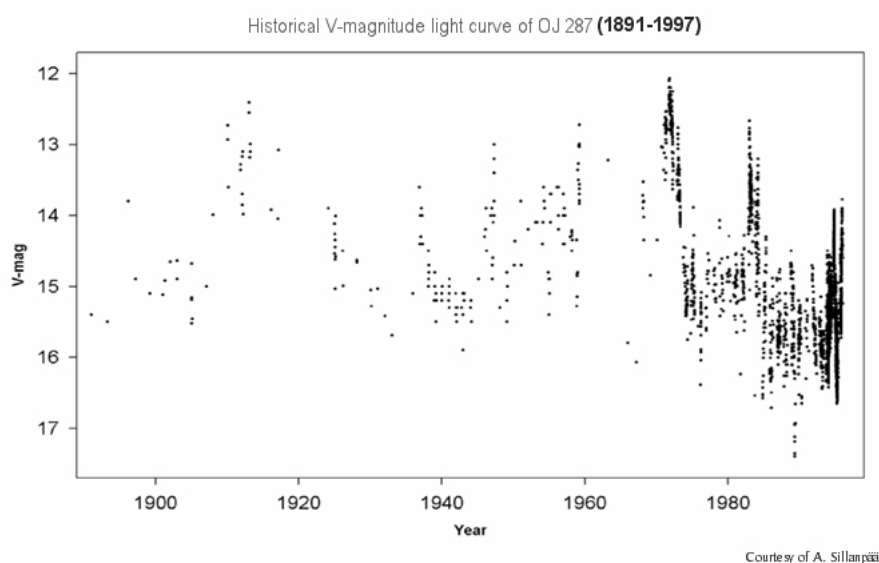
Obrázek 1: Color-magnitude diagram pro hvězdy do vzdálenosti 80 pc od Slunce. Barevně jsou kódovány spektrální třídy. Credit E. Mamajek.

⁶Ve skutečnosti Johnson začal se systémem U,B,V, další filtry byly přidány postupně.

⁷Atlas je k nalezení třeba na http://mthamilton.ucolick.org/techdocs/standards/Stds_Landolt_0to4.html.

Světelné křivky

Dalším využitím fotometrie je získávání světelných křivek. Pokud pozorujeme nějaký objekt dlouho, možná získáme hodně detekovaných fotonů, ale pokud se nám za dobu znímání měnila jasnost objektu, nikdy to nezjistíme. Je lepší udělat hodně krátkých expozic, které pak v případě nutnosti můžeme složit. Provedeme-li fotometrii na každém ze získaných snímků, získáme tzv. světelnou křivku (LC - lightcurve). Proměnlivých objektů je ve vesmíru víc než dost (od dvojhvězd, přes které transitují exoplanety po jádra aktivních galaxií obklopené horkými cucky plynu), takže světelné křivky jsou poměrně často používané. Díky nim můžeme zjistit spoustu informací o pozorovaném objektu. Jsou-li periodické, bude se pravděpodobně jednat o periodický děj, jakým je zákryt hvězdy jinou hvězdou apod., změny náhlé budou třeba výbuch supernovy apod.



Obrázek 2: Světelná křivka binárního systému dvou aktivních galaktických jader OJ287.

Pár poznámek na závěr

To co je zde napsáno platí obecně nejenom pro pozemské pozorování, ale i pro družice, které snímají objekty na různých vlnových délkách. Jen způsob zpracování, kupříkladu rentgenových pozorování, nemusí být tak přímočarý.

A úplně nakonec, pokud se rozhodnete vyzkoušet nějaká astronomická zpracování, vřele doporučuji používat jakýkoliv UNIXový systém (Linux, FreeBSD, Solaris nebo Mac OS X), jelikož většina astronomického softwaru je určena pro něj. Podíváte-li se na stránky Scisoftu, zjistíte, že je přímo napsán pro linuxovou distribuci Fedora atp. (nicméně začátečníci se asi snáze spřátelí s Ubuntu).