

# Step-by-step návod na redukci dat pozorování protuberancí na MFS

## Verze kalibračního programu: 12.3 pro windows

### Verze návodu: 1.1

Všechny adresáře a programy pro kalibraci a ukládání dat jsou v adresáři `c:\MFS_zpracovani`. V podadresáři `software` jsou IDL programy a soubory, které tyto programy používají. Podadresář `tmp_in` slouží jako úložiště dočasných souborů. V podadresáři `raw_data` jsou ukládány surová data přejmenovaná do formátu, který je potřebný pro správnou funkci kalibračního software.

- 1) Zkopírujeme `fits` soubory slit-jaw obrázků všech pozorování z daného dne do podadresáře `tmp_in`.
- 2) V IDL zkompilujeme a spustíme program `renameMFSfiles` na přejmenování souborů na názvy, jaké jsou vyžadovány kalibračním software. Nejprve program požaduje výběr adresáře, kde se nacházejí soubory, které se mají přejmenovat — vybereme `tmp_in`.
- 3) Z prvního menu vybereme možnost 2 „take all files ...“
- 4) V dalším menu vybereme možnost 1 „slit-jaw images“
- 5) Zadáme datum pozorování ve formátu YYMMDD; tedy například pro 18. května (мая) 2011 zadáme 110518.
- 6) Vyskočí dialogové okno pro výběr adresáře, kde se uloží přejmenované soubory — vybereme podadresář `raw_data`.
- 7) Pokud přejmenování proběhlo bez problémů, všechny soubory v `tmp_in` vymažeme.
- 8) Po překonvertování z BMP, všechny snímky  $H\alpha$  spekter z daného dne uložíme do podadresáře `tmp_in`. Dbáme na to, aby jejich vertikální orientace byla shodná s orientací slit-jaw obrázků.
- 9) V IDL spustíme program `renameMFSfiles` a používáme ho stejně, jako v případě souborů slit-jaw obrázků (body 2 — 6) s tím rozdílem, že z druhého menu (bod 4) vybereme možnost 2 „H\_alpha spectrum“. Jsou přejmenovány všechny soubory vrátane dark-frames a flat-frames. Pro ukládání přejmenovaných souborů vybereme podadresář `raw_data`, stejně jako to bylo u slit-jaw souborů.
- 10) Po úspěšném přejmenování souborů obrázků  $H\alpha$  spektra, obsah podadresáře `tmp_in` vymažeme. Když se teď podíváme do podadresáře `raw_data` uvidíme tam soubory slit-jaw obrázků, kterých názvy začínají „SJ\_“. Budou tam taky soubory spekter vrátane dark- a flat-frames, kterých názvy začínají „Halp\_“.
- 11) V adresáři `c:\MFS_zpracovani` vytvoříme podadresář (dále jej budeme nazývat „výstupní adresář“), kterého název bude datum pozorování ve formátu YYMMDD. Do tohoto adresáře budeme ukládat zkalibrovaná data.
- 12) Spustíme SolarSoft pomocí `sswidl.bat`, který se nachází na ploše. Ten nastaví potřebné parametry a automaticky spustí IDL
- 13) V IDL zkompilujeme a spustíme program `mfsff`, pomocí kterého zkonstruujeme flatfield flatfield.
- 14) Na první otázku „Are you running sswidl“ odpovím y, ale v podstatě stačí stisknout enter, to y je tam defaultní. V prvním menu zvolíme možnost 2 „construct flatfield“
- 15) Pokud na další otázku „Take all files ending 'D.fits' from a specific directory?“ odpovíme y, tak naběhne okno, ve kterém vybereme adresář, z kterého budou vybrány všechny soubory dark-frames (jejich názvy končí na D.fits). Tedy vybereme podadresář `raw_data`. Pokud

- odpovíme n, naběhne okno, kde můžeme vybrat jednotlivé dark-frame soubory tak, že stlačíme ctrl a myši na ně klikáme.
- 16) Další otázka se týká výběru flat-frame souborů. Podobně, jak to bylo pro dark-frames v bodě 15, i tady, pokud odpovíme y, můžeme vybrat adresář (`raw_data`), ze kterého budou vybrány všechny soubory končící na `F.fts`. Pokud odpovíme n, flat-frame soubory vybíráme manuálně.
  - 17) Otevře se nám okno se spektrem zprůměrovaným z vybraných flat-frame-ů s odečteným průměrným dark-frame. V okně „Xloadct“ nastavíme „Gamma Correction“ slider doprava tak, aby bylo dobře vidět horizontální pásy ve spektru. V okně „Xloadct“ klikneme na tlačítko „Done“.
  - 18) Stiskneme enter, potom klikneme postupně na oba horizontální vlasy.
  - 19) Stiskneme enter. Teď jsme v režimu označování sklonu horizontálních pásů ve spektru. Stiskneme enter, a můžeme označit jeden horizontální pás v levé části spektra levým tlačítkem myši. Potom označíme pozici tohoto pásu v pravé části spektra levým tlačítkem myši. Další pásy můžeme takto označit vždy po stisknutí enter. Pokud po stisknutí enter klikneme do okna se spektrem pravým tlačítkem myši, vyjdeme z režimu označování vodorovných pásů a program pokračuje automaticky výpočtem úhlu sklonu spektra a spektrum o tento sklon koriguje.
  - 20) Teď se bude určovat zakřivení spektra. Stiskneme enter a levým tlačítkem myši označíme levý dolní a následně pravý horní roh obdélníkové oblasti, která by měla obsahovat dobře viditelnou úzkou spektrální čaru, ze které bude program schopen určit automaticky její zakřivení. Po výběru oblasti, program nakreslí graf relativního posunu spektrální čáry ve směru disperze v pixlech v závislosti na poloze na šterbine. Protože posun je určen v celých pixlech, je potřeba to vyhladit (anglicky smooth), abychom to mohli fitovat. Zadáám tzv. smooth factor, mám odzkoušené, že 7 stačí, aby se to dalo dobře nafitovat polynomem 3. stupně.
  - 21) Pokud jsme spokojení s vyhlazením, odpovíme y a začínáme s fitováním. Teď můžeme zadat startovací hodnoty koeficientů polynomu. Mám odzkoušené, že z defaultních startovacích hodnot to vždy dobře konvergovalo, tedy stačí stisknout 4 krát enter. Teď se bude program ptát u každého koeficientu, jestli ho chceme zahrnout do fitování, anebo ho fixovat. Jelikož chceme zahrnout všechny koeficienty, znova stiskneme 4 krát enter.
  - 22) Spustí se automatické fitování a po jeho skončení (zlomek sekundy), program otevře okno z červenými bodmi a zeleným fitem. Pokud je fit dobrý (což bylo zatím vždy), není potřeba pokračovat v iteracích — stiskneme n. Program koriguje zakřivení ve flat-frame — chvíli to trvá.
  - 23) Až program napíše „Done“ a ukáže flat-frame korigovaný o zakřivení, stiskneme enter a program nám po chvíli zobrazí tzv. hard and soft flat-field.
  - 24) Po dalším stisknutí enter, se ukáže ještě tzv. slit flat. A po dalším stisku enter se ukážou už jenom dva flatfieldy: Statický, který bude pro všechny spektra ten samý a tzv. slit flat, který může být různě vertikálně posunutý pro jednotlivá spektra.
  - 25) Program se zeptá, jestli chceme uložit výsledné flatfieldové matice, odpovíme y. Na otázku, jestli chceme změnit defaultní adresář `c:\Program Files\IDL64` na ukládání souborů, odpovíme y a vybereme „výstupní adresář“, aby se do něj ten idl-save soubor s flatfieldovými maticemi uložil. Hned potom zadáme název souboru bez koncovky, do kterého se flat-fieldové matice uloží. K názvu souboru se automaticky přidá koncovka `.idl`. Chtěl bych, aby se ten soubor s flat-fieldama jmenoval `FF_YYMMDD.idl`, kde YY je rok, MM měsíc a DD je den. Tedy pro pozorování z 18.5.2011 by se soubor s flat-fieldama měl jmenovat `FF_110518.idl`
  - 26) Po konstrukci flatfieldu můžeme začít redukovat spektra pozorování protuberance. Znovu spustíme program `mfsff` a v prvním menu vybereme možnost 3 „use flatfield“.

- 27) Vybereme idl-save soubor s flatfieldama — měl by být ve „výstupním“ adresáři.
- 28) Vybereme s podadresáře raw\_data fits soubor se spektrem, které chceme zredukovat.
- 29) V okně „Xloadct“ posuneme slider Gamma Correction doleva tak, aby bylo dobře vidět oba horizontální vlasy. Klikneme na tlačítko „Done“.
- 30) Stiskneme enter a klikneme postupně na oba horizontální vlasy.
- 31) Stiskneme enter a čekám až program zkoriguje spektrum na sklon a zakřivení — trvá to několik desítek sekund.
- 32) Označíme oblast na disku, která se využije na určení vertikálního posunu slit-matice. Prvním kliknutím levého tlačítka myši označíme jednu hranici a druhým kliknutím druhou hranici této oblasti. **Je nežádoucí, aby touto oblastí procházel kterýkoliv z horizontálních vlasů.**
- 33) Program nakreslí graf, kde jsou vykresleny průměrné intenzity podél štěrbin z vybrané oblasti a vertikální průběh slit-flat matice. Její posun již program určil automaticky, můžeme jej ještě manuálně změnit, pokud na otázku „Are you satisfied?“ odpovíme n. Pokud tedy odpovíme n, můžeme měnit posun — odpovíme znova n a můžeme zadat novou hodnotu posunu. Po každé odpovědi „n“, zadáváme novou hodnotu posunu. Když jsme již spokojeni, odpovíme y. Program se zeptá „Apply the drift?“ jestli uplatnit na slit flatfield posun. Pokud se nám podařilo najít takový posun, že průběh průměrné intenzity podél štěrbin dobře koreloval s vertikálním průběhem slit-flat matice, odpovíme y. Pokud ne, odpovíme n; skutečně i tato možnost se mi stala napr. u pozorování z 18.4., kde byly spektra dost zašuměné.
- 34) Čekáme, až program vypočte výsledný flatfield a uplatní ho na spektrum. Až napíše „Done“ je to hotovo a program otevře tři okna: v jednom je spektrum před flatfieldováním, ve druhém spektrum po uplatnění flatfieldu a ve třetím samotný flatfield.
- 35) Stiskneme enter — zobrazí se průměrný profil z disku a porovnávací „sample“ profil. Pokud je pozorovaný profil obrácený ve vlnové délce oproti „sample“ profilu, odpovíme y a pozorovaný profil a spektrum se převrátí ve vlnové délce. Pokud je po převrácení pozorovaný profil správně, na otázku „Are you satisfied?“ odpovíme y.
- 36) Na otázku „Estimate dispersion and create wvl vector?“ odpovíme y. Označíme několik spektrálních čar levým tlačítkem myši v okně „avg observed spectrum“. Označování ukončíme kliknutím do okna pravým tlačítkem myši. Stiskneme enter, a ty samé spektrální čáry označíme v okně „sample avg disc spectrum“. Naběhne okno s kalibrační přímkou pro vlnovou délku.
- 37) Stiskneme enter a na otázku „Make absolute calibration ...“ odpovíme y. Stiskneme znovu enter a v okně „flatfielded raw spectra“ označíme levým tlačítkem myši **obě** hranice disku ve spektru.
- 38) Naběhne okno, kde vybereme fits soubor se slit-jaw komplementárním ke zpracovávanému spektru.
- 39) V okně „slit-jaw image“ označíme myší postupně oba průsečníky štěrbin s horizontálními vlasy.
- 40) Stiskneme enter, a v okně „slit-jaw image“ označíme levým tlačítkem myši nejméně čtyři body na limbu. Není zas dobré označit těch bodů více než pět až šest. Označování ukončíme kliknutím do okna pravým tlačítkem myši a program nafituje limb částí kružnice. Pokud program fitne limb dobře, odpovíme y na otázku „Are you satisfied?“. Když je fitování limbu špatně, odpovíme n a vrátíme se k bodu 39 a vyzkoušíme jiné rozložení bodů na limb.
- 41) Klikneme někde do části příslušící disku ve spektru v okně „flatfielded raw spectra – real relative intensities“. Profil z této pozice se použije na kalibraci pomocí profilu Davida. Neklikáme příliš blízko limb, protože pro tyto pozice nemáme Davidův profil.
- 42) Stiskneme enter, a označíme dva body nad limbem, které budou sloužit na odhad

- rozptýleného světla mimo disku (off-limb scattered light).
- 43) Stiskneme enter, vyskočí okno s profilem z pozice na disku vybrané v bodě 41, klikneme na střed tohto profilu.
  - 44) Stiskneme enter, a označíme na profilu úsek v kontinuu (mimo jakýchkoliv spektrálních čar) nalevo od  $H\alpha$ , stiskneme enter a označíme úsek v kontinuu napravo od  $H\alpha$ . Tyto dva úseky budou sloužit na odhad off-limb rozptýleného světla. Stiskneme enter a označíme oblast  $H\alpha$  čáry.
  - 45) Stiskneme enter a vyskočí okno „tabulated profile“, kde je zobrazen červeně Davidův profil pro  $\mu$  ve vybrané pozici na disku a profil z této pozice. Klikáním levým tlačítkem myši vybíráme body v profilu, které budou použity na konstrukci kalibrační přímky. Výběr bodů ukončíme kliknutím do okna pravým tlačítkem myši. Naběhne okno kalibrace ještě pře odstraněním rozptýleného světla a započítáním Zadigovho filtru. Kalibrační přímka neprochází bodem [0,0], což je způsobeno rozptýleným světlem — z této kalibrační křivky program vypočítá intenzitu rozptýleného světla na disku.
  - 46) Na otázku „Is a filter put at the disk ...“ odpovíme y. Pokud byl filter nasazen na limb přesně, odpovíme i na další otázku y. Pokud ne, odpovíme na ni n a následně jsme vyzváni programem, aby jsme **obě** hranice výskytu filtru označili v spektru levým tlačítkem myši.
  - 47) Z menu „Filter transmittivity“ vybereme propustnost použitého Zadigovho filtru, tedy pro 12.7% zadáme možnost 2. Zobrazí se nám spektrum v reálných intenzitách po započítání propustnosti filtru. Protuberanci již v spektru nevidíme, protože intenzita v  $H\alpha$  je omnoho nižší než skutečná intenzita disku. Pokud chceme vidět disk i protuberanci, odpovíme y na otázku „View well both filtered ...?“ a disk se zobrazí v modré a protuberance v červené barvě. Pokud jsme spokojeni s nastavením pozic disku a filtru odpovíme y na otázku „Are you satisfied?“ Pokud odpovíme n, vrátíme se do bodu 37.
  - 48) Stiskneme enter, Vypíše se kalibrační koeficient, který byl už vypočten po odčítání rozptýleného světla na disku a zahrnutí propustnosti Zadigovho filtru.
  - 49) Na otázku „Take into account variations ...?“ — jestli chceme vzít do úvahy změny kalibračního koeficientu s vlnovou délkou, odpovíme y. Vyskočí okno, kde program nafiťoval odchýlky kalibrovaného vybraného profilu od Davidova profilu kvadratickou funkcí a vypíše její parametry fitu s odchýlkami v procentech. Pokud je fit dobrý odpovíme y. Ale pokud fit není dobrý, nebo **odchýlka parametru a** je velká (nad 50%), odpovíme n a program udělá lineární fit. Pokud je fit dobrý, odpovíme y. Pokud ani lineární fit není dobrý, nebo odchýlka parametru **a** je větší než 50%, odpovíme n a tím pádem se změny kalibračního koeficientu s vlnovou délkou neberou v úvahu. Z mé zkušenosti, lineární fit je dostačující, v některých případech byla dokonce závislost kalibračního koeficientu na vlnové délce zanedbatelná.
  - 50) Pokud všechny korekce a kalibrace proběhly v pořádku, můžeme zkalibrované spektrum uložit. Na dotaz „Save the flatfielded spektrum into file?“ odpovíme y
  - 51) I na další otázku odpovíme y a vyskočí okno, ve kterém vybereme, kde se má zredukované spektrum a slit-jaw uložit — vybereme „výstupní adresář“. Vybereme možnost 2 „fits files with standard header“
  - 52) Do „výstupního adresáře“ se uložili tři fits soubory: slit-jaw se souřadnicovým systémem a pozicemi průsečníků horizontálních vlasů se šterbinou, flatfieldované spektrum s intenzitami v count-ech a flatfieldované spektrum s intenzitami v  $\text{erg/cm}^2/\text{s}/\text{sr}/\text{Hz}$ .
  - 53) Pro kalibraci dalšího spektra z daného pozorování, čtete tento návod od bodu 26

S případnými dotazy a/nebo problémy pište na [pschwartz@astro.sk](mailto:pschwartz@astro.sk)

S pozdravem Pavol Schwartz