

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 3811

**PRIMJENA FITS FORMATA U
ASTROFOTOGRAFIJI**

Lucija Jurić

Zagreb, lipanj 2014.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD MODULA

Zagreb, 14. ožujka 2014.

ZAVRŠNI ZADATAK br. 3811


Pristupnik: **Lucija Jurić (0036456045)**
Studij: Elektrotehnika i informacijska tehnologija
Modul: Elektroničko i računalno inženjerstvo

Zadatak: **Primjena FITS formata u astrofotografiji**

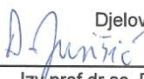
Opis zadatka:

U okviru Završnog rada potrebno je istražiti i opisati FITS format (engl. Flexible Image Transport System) koji se koristi za pohranu, prijenos, obradu i prikaz znanstvenih digitalnih fotografija. Detaljno opisati format zapisa metapodataka o pohranjenoj slici. Obrazložiti primjenu ovog formata za primjenu u astrofotografiji, te navesti koji dodatni metapodatci se tipično pohranjuju zajedno sa slikom u FITS datoteci. Istražiti i dokumentirati mogućnosti čitanja i kreiranja datoteka u FITS formatu u programskom okruženju Matlab. Demonstrirati primjenu funkcija za čitanje FITS zapisa na astronomskoj bazi SDSS (Sloan Digital Sky Survey). Čitanje i interpretaciju učitanih metapodataka u Matlabu usporediti s drugim javno dostupnim alatima za prikaz astrofotografija u FITS formatu.

Zadatak uručen pristupniku: 14. ožujka 2014.
Rok za predaju rada: 13. lipnja 2014.

Mentor:


Prof.dr.sc. Davor Petrinović

Djelovođa:


Izv.prof.dr.sc. Dražen Jurišić

Predsjednik odbora za
završni rad modula:



Prof.dr.sc. Mladen Vučić

Sadržaj

Uvod.....	1
1. Opis FITS formata.....	2
1.1. Primarno polje.....	3
1.2. Slikovna ekstenzija.....	3
1.3. Ekstenzije s ASCII i s binarnom tablicom.....	4
2. Metapodaci.....	5
3. Čitanje i kreiranje datoteka u FITS formatu.....	7
3.1. Funkcije za pristup podacima.....	7
3.2. Visokorazinske funkcije.....	8
4. Primjena funkcija na astronomskoj bazi SDSS.....	11
4.1. Pristup podacima.....	11
4.2. Prikaz slike.....	12
4.3. Aproksimacija objekta funkcijom normalne razdiobe.....	13
5. Javno dostupni alati za prikaz astrofotografija.....	15
5.1. FITS Liberator.....	15
5.2. MicroObservatory Image.....	16
5.3. SAOImage DS9.....	17
Zaključak.....	18
Literatura.....	19
Sažetak.....	20
Summary.....	21

Uvod

Astrofotografija je područje fotografije koje se bavi snimanjem svemirskih objekata i velikih područja noćnog neba. U početku su za takva snimanja korištene duge ekspozicije na analognim i digitalnim kamerama i na taj način su snimani objekti nevidljivi ljudskim okom. Daljnjim razvojem kamere su zamijenjene sve većim teleskopima.

Razvojem i napretkom astrofotografije, uz same slike, snimanjima su se počeli prikupljati i dodatni podaci o snimljenim objektima. U svrhu mogućnosti razmjene podataka između opservatorija razvijen je *Flexible Image Transport System* (dalje u radu FITS) format. Njime je omogućena pohrana, prijenos i obrada znanstvenih slika i ostalih pripadnih podataka. Odobrila ga je Međunarodna Astronomska Unija (IAU), a koriste ga organizacije kao što su *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) i Europska Svemirska Agencija (ESA).

Sloan Digital Sky Survey (SDSS) ^[1] je projekt koji je započeo 2000. godine i trenutno je u svojoj trećoj fazi. Cilj projekta je izrada trodimenzionalne karte neba, istraživanje povijesti i strukture Mliječne staze te registriranje supernovi. Svi podaci su objavljivani kroz izdanja podataka (DR) i trenutno se svi mogu vidjeti u njihovom desetom izdanju, DR10.

1. Opis FITS formata

FITS format razvijen je krajem sedamdesetih godina 20. stoljeća, prvi put je standardiziran 1981. godine, a posljednja verzija (3.0) standardizirana je 2008. godine. Iako je od svojih početaka FITS format značajno uznapredovao, zahtjeva se da svaka nova verzija bude kompatibilna s ranijim. FITS format sadrži puno više podataka od ostalih formata za pohranu slika i primarno je osmišljen za pohranu skupova znanstvenih podataka koji sadrže višedimenzionalna polja i dvodimenzionalne tablice s podacima.^[2]

Svaka datoteka u FITS formatu uvijek sadrži barem jedan par zaglavlje + podatkovna jedinica (*engl. header + data unit*, dalje u tekstu HDU). Prvi HDU u FITS datoteci naziva se primarni HDU ili primarno polje. Uz primarno polje, FITS datoteke mogu sadržavati proizvoljan broj dodatnih HDU-ova koji se nazivaju ekstenzije.

Postoje 3 vrste ekstenzija koje su definirane FITS Standardom^[3]:

- slikovna ekstenzija (*engl. Image Extension*)
- ekstenzija s ASCII tablicom (*engl. ASCII Table Extension*)
- ekstenzija s binarnom tablicom (*engl. Binary Table Extension*).

Svaki HDU je sastavljen od ASCII zapisane jedinice zaglavlja, iza koje može, ali ne mora biti jedinica s podacima. Svaka jedinica zaglavlja sadrži proizvoljan broj zapisa sa 80 znakova čija je struktura :

ATRIBUT = vrijednost / komentar

Početak svakog zaglavlja sadrži niz atributa koji određuju specifikacije podataka koji se nalaze u podatkovnoj jedinici koja slijedi iza njega. Primjer jedinice zaglavlja prikazan je na slici 1.1.

Atribut je niz od 8 ASCII simbola koji ne smije sadržavati razmake. Sastavljen je samo od velikih slova i brojeva od 0 do 9. Također, smije sadržavati podvlaku te crticu.

U polju vrijednost može se nalaziti cijeli broj (*engl. integer*), broj u formatu pomičnog zareza (*engl. floating point number*), niz znakova ili logička vrijednost predstavljena slovima T ili F.

```

HDU: 1 (Primary HDU)
SIMPLE = T /
BITPIX = -32 / 32 bit floating point
NAXIS = 2
NAXIS1 = 2048
NAXIS2 = 1489
EXTEND = T /Extensions may be present

```

Sl. 1.1 Jedinica zaglavlja

1.1. Primarno polje

Primarno polje je HDU koji je sadržan u svakoj datoteci u FITS formatu kao prva komponenta. Uvijek mora sadržavati primarno zaglavlje iza kojega može ali ne mora biti polje podataka. Informacija o tome je li polje podataka sadržano u primarnom polju nalazi se u vrijednostima atributa NAXIS u primarnom zaglavlju. Primarno polje uvijek započinje atributom SIMPLE uz koji dolazi logička konstanta vrijednosti T ukoliko je datoteka u skladu sa standardom.

Ukoliko je sadržano u FITS datoteci, primarno polje podataka sadrži samo jedno polje s podacima koje ima od 1 pa do 999 dimenzija, ovisno kako je određeno NAXIS atributima u primarnom zaglavlju. Broj bitova koji se dodjeljuju svakom podatku određen je vrijednošću koja je upisana uz atribut BITPIX.

1.2. Slikovna ekstenzija

U slikovnoj ekstenziji pohranjeno je N-dimenzionalno polje piksela. Ekstenzija započinje atributom XTENSION kojemu je dana vrijednost 'IMAGE'.

Ostali atributi koji se nalaze u zaglavlju ekstenzije su:

- BITPIX
- NAXIS
- NAXIS_n, pri čemu n ide od broja 1, do broja koji je naveden u atributu NAXIS
- PCOUNT, čija je vrijednost uvijek cijeli broj iznosa 0
- GCOUNT, čija je vrijednost cijeli broj iznosa 1, što znači da slikovna ekstenzija sadrži samo jedno polje.

1.3. Ekstenzije s ASCII i s binarnom tablicom

U ekstenziji s ASCII tablicom su pohranjene tabelirane informacije kojima su sve numeričke vrijednosti zapisane u ASCII formatu. Te tablice su manje efikasne, ali su čitljivije. Ekstenzija započinje atributom XTENSION s vrijednošću 'TABLE'.

Ekstenzija s binarnom tablicom omogućuje efikasniju pohranu podataka od ASCII tablica. Numeričke vrijednosti su pohranjene u binarnom formatu i nisu kodirane kao kod ASCII formata. Ekstenzija započinje atributom XTENSION u koji je upisana vrijednost 'BINTABLE'.

Obe ekstenzije sadrže iste dodatne attribute:

- BITPIX, čija je vrijednost 8 s obzirom da se radi o ASCII simbolima
- NAXIS, vrijednosti 2
- NAXIS1 i NAXIS2
- PCOUNT, vrijednosti 0
- GCOUNT, vrijednosti 1
- TFIELDS označava broj polja u svakom retku. Ukoliko je vrijednost ovog atributa veća od 0, iza tog atributa dolazi n atributa:
 - TTYPE_n
 - TBCOL_n
 - TFORM_n

2. Metapodaci

Metapodaci su podaci o podacima. U njima su pohranjene informacije o okolini i uvjetima pod kojima su prikupljeni podaci koji se nalaze u FITS datoteci. Na taj način olakšano je prepoznavanje i razvrstavanje te pristup datotekama. Metapodaci se nalaze u HDU-ovima. Primjer metapodataka za FITS datoteku preuzetu sa stranica Sloan Digital Sky Surveya prikazan je na slici 2.1.

```
DATE-OBS= '2003-03-06'          / 1st row - TAI date
COMMENT  TAI, RA, DEC, SPA, IPA, IPARATE, AZ, ALT, FOCUS at reading of col 0, row 0
ORIGIN   = 'SDSS'
TELESCOP= '2.5m'
OBSERVER= 'prn'                / Observer
OBJECT   = '29 S'              / e.g., 'stripe 50.6 degrees, north strip'
COMMENT  CCD-specific parameters
EQUINOX  = 2000.00 /
BUNIT    = 'nanomaggy'        / 1 nanomaggy = 3.631e-6 Jy
CTYPE1   = 'RA---TAN'        /Coordinate type
CTYPE2   = 'DEC--TAN'        /Coordinate type
CRPIX1   = 1025.00000000 /X of reference pixel
CRPIX2   = 745.00000000 /Y of reference pixel
CRVAL1   = 202.439812801 /RA of reference pixel (deg)
CRVAL2   = 47.1223319867 /Dec of reference pixel (deg)
COMMENT  Calibration parameters
COMMENT  Floats truncated at 10 binary digits with FLOATCOMPRESS
```

Sl. 2.1 Metapodaci

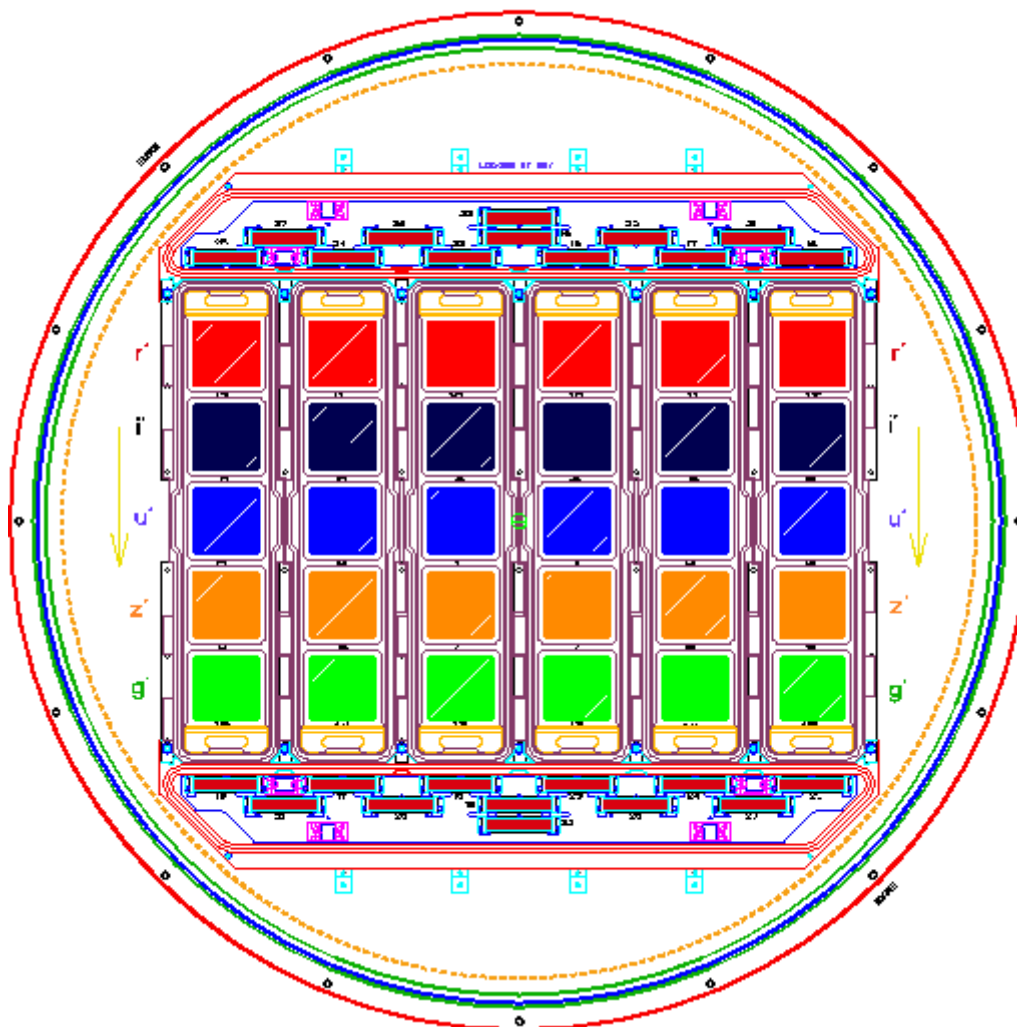
Sloan Digital Sky Survey koristi 2.5-metarski teleskop i kameru koja snima nebo u trakama duž kružnica. Izgled kamere prikazan je na slici 2.2. Kamera sadrži senzore koji snimaju kroz 5 (ugriz) filtara za određene valne duljine svjetlosti. Senzori se nalaze u 6 kolona, što znači da je svako snimanje podijeljeno u 6 linija. Osnovna jedinica za ovakve snimke je *field*. Svaki *field* jedinstveno je određen nizom brojeva:

- *run* koji određuje specifičnu snimku
- „*camcol*“, skraćeno od *camera column*
- *filed number*

Ponekad je isti dio neba sniman više puta pa su informacije iz tih snimanja kombinirane. Ukoliko je to slučaj, podatak o tome je pohranjen u polju *rerun*.

Svi ovi podaci o snimci moraju se nalaziti u FITS datoteci u obliku metapodataka koji su sadržani u binarnoj tablici.

SDSS CAMERA



Sl. 2.2 Kamera^[8]

3. Čitanje i kreiranje datoteka u FITS formatu

U programskom okruženju Matlab postoji niz ugrađenih funkcija za rad s datotekama u FITS formatu^[4]. One se dijele na visokorazinske (engl. *high-level*) funkcije koje služe za čitanje, pisanje i lakše pregledavanje podataka u FITS datotekama te niskorazinske (engl. *low-level*) funkcije koje su implementirane u paketu `matlab.io.fits`. Niskorazinske funkcije su podijeljene u nekoliko skupina:

- pristup podacima, koje služe za otvaranje, zatvaranje i kreiranje novih FITS datoteka
- manipulacija slikama, kojima se čita, upisuje i dobivaju informacije o slici pohranjenoj u FITS datoteci
- rad s atributima
- pristup HDU
- kompresija slike
- rad s ASCII i binarnim tablicama, koje kreiraju i vade informacije o tablicama

3.1. Funkcije za pristup podacima

U paketu `matlab.io.fits` postoji 6 funkcija za pristup podacima i njihovu obradu:

1. Stvaranje FITS datoteke

`fptr = createFile(filename)` stvara novu FITS datoteku. Funkcija će vratiti grešku ako datoteka tog naziva već postoji, osim ako ispred njega nije napisan uskličnik. Tada će funkcija pisati preko postojeće datoteke.

2. Otvaranje FITS datoteke

`fptr = openFile(filename)` otvara postojeću FITS datoteku u načinu samo za čitanje i vraća pokazivač koji pokazuje na primarni HDU.

`fptr = openFile(filename,mode)` otvara postojeću FITS datoteku ovisno o načinu definiranom riječi `mode` koja može biti 'READONLY' kojim se datoteka samo čita ili 'READWRITE' koji omogućuje i upisivanje u datoteku.

3. Zatvaranje FITS datoteke

`closeFile(fpPtr)` zatvara trenutno otvorenu FITS datoteku.

4. Brisanje FITS datoteke

`deleteFile(fpPtr)` zatvara i briše otvorenu FITS datoteku. Korisna je kada datoteka ne može biti pravilno zatvorena.

5. Ime FITS datoteke

`name = fileName(fpPtr)` vraća ime FITS datoteke povezane s rukovanjem datotekom.

6. I/O tip FITS datoteke

`mode = fileMode(fpPtr)` vraća način na koji je otvorena FITS datoteka. Moguće vrijednosti koje funkcija vraća su 'READONLY' ili 'READWRITE'.

3.2. Visokorazinske funkcije

U programskom okruženju Matlab postoje 4 visokorazinske funkcije za rad s FITS datotekama:

1. Prikazivanje FITS metapodataka

`fitsdisp(filename)` prikazuje metapodatke za sve HDU-ove koji se nalaze u FITS datoteci naziva filename.

`fitsdisp(filename, Name, Value)` prikazuje metapodatke za HDU-ove određene jednim ili više parova Name, Value argumenata. Vrijednosti za Name i Value argumente navedene su u tablici 3.1. Argument Name mora biti naveden pod jednostrukim navodnicima.

Tablica 3.1 Argumenti Name i Value

Name	Value
'Index'	Pozitivna skalarna vrijednost ili vektor koji označava HDU.
'Mode'	Jedan od određenih nizova: <ul style="list-style-type: none"> • standard - prikazuje standardne attribute • min - prikazuje samo vrste HDU-ova i njihove veličine • full - prikazuje sve HDU attribute

2. Informacije o FITS datoteci

`info = fitsinfo(filename)` vraća strukturu `info` u čijim poljima su pohranjene informacije o sadržaju FITS datoteke koja su prikazana u tablici 3.2. Funkcija `fileinfo` može prikazivati i informacije o ekstenzijama koje se nalaze u datoteci.

Tablica 3.2 Sadržaj FITS dateoteke

Ime polja	Opis	Tip podatka
Filename	ime datoteke	niz znakova
FileModDate	datum promjene datoteke	niz znakova
FileSize	veličina datoteke u bajtovima	double
Contents	popis ekstenzija u redu po kojem se pojavljuju	polje niza znakova
PrimaryData	informacije o primarnim podacima	polje struktura

3. Čitanje podataka iz FITS datoteke

`data = fitsread(filename)` čita primarne podatke FITS datoteke određene imenom `filename`.

`data = fitsread(filename,extname)` čita podatke iz ekstenzije u FITS datoteci određene argumentom `extname`.

`data = fitsread(filename,extname,index)` čita podatke iz ekstenzije u FITS datoteci određene argumentom `extname`. Ukoliko postoji više ekstenzija tog tipa, čitanje je određeno argumentom `index`.

`data = fitsread(filename, Name, Value)` čita podatke iz FITS datoteke određene parom argumenata `Name`, `Value`.

4. Zapisivanje slike u FITS datoteku

`fitswrite(imagedata, filename)` zapisuje `imagedata` u FITS datoteku određenu argumentom `filename`. Ukoliko taj argument ne postoji funkcija `fitswrite` je stvara, dok u slučaju da postoji dodaje sliku na kraj ili piše preko postojeće datoteke ovisno o vrijednosti argumenta `writemode`.

`fitswrite(imagedata, filename, Name, Value)` zapisuje `imagedata` u FITS datoteku naziva `filename` ovisno o vrijednostima para parametara `Name`, `Value`. Te vrijednosti određuju kako će podaci biti upisani u datoteku te način kompresije datoteke.

4. Primjena funkcija na astronomskoj bazi SDSS

Svi do sad javno objavljeni podaci u sklopu projekta *Sloan Digital Sky Survey* su dostupni u posljednjem izdanju podataka DR10. Pristup slikama, optičkim i infracrvenim spektrima je najjednostavniji preko *Science Archive Servera*^[5] (SAS). FITS datoteke korištene za daljnju obradu u programskom paketu Matlab preuzete su upravo od tamo.

4.1. Pristup podacima

Pristup podacima obrađen je na datoteci FITS formata snimke galaksije M51, poznate i pod nazivom Vrtlog. Datoteka je otvorena funkcijom `fits.openFile`. Datoteke preuzete iz SDSS baze su zaštićene i nije ih moguće otvoriti načinom za čitanje i pisanje, već samo za čitanje. Informacije o sadržaju datoteke su dobivene pozivom funkcije `fitsinfo`. Rezultat njenog izvođenja prikazan je na slici 4.1. U prvom retku su je prikazan popis ekstenzija sadržanih u otvorenoj datoteci: primarni HDU, jedna slikovna ekstenzija i dvije ekstenzije s binarnom tablicom. U polju ispod prikazane su informacije sadržane u primarnoj datoteci: tip podataka, dimenzije slike i veličina datoteke. Sadržaj ekstenzija pregledan je i prikazan funkcijama `fitsread` i `fitsdisp`. Njima su ispisani atributi i vrijednosti pohranjene u njima.

```
'Primary'      'Image'      'Binary Table'  'Binary Table'  
  
      DataType: 'single'  
      Size: [1489 2048]  
      DataSize: 12197888  
MissingDataValue: []  
Intercept: 0  
      Slope: 1  
      Offset: 8640  
      Keywords: {97x3 cell}
```

Sl. 4.1 Fitsinfo

Novu FITS datoteku nije moguće napraviti funkcijom `fits.createFile` jer trenutna biblioteka ima grešku u toj funkciji. Stvaranje nove datoteke omogućeno je funkcijom `fitswrite` koja zapisuje podatke u datoteku, a ukoliko datoteka takvog naziva ne postoji, ta funkcija je kreira. U novostvorenu datoteku moguće je dalje upisivati podatke pisanjem preko

postojećih ili dodavanjem na njen kraj. Po završetku rada s datotekama, zatvara ih se pozivom funkcije `fits.closeFile`.

4.2. Prikaz slike

Kamera korištena u SDSS-u sastavljena je od senzora koji snimaju u 5 različitih dijelova spektra. Podaci sa svakog senzora pohranjeni su u zasebnoj FITS datoteci. U datotekama su pohranjeni intenziteti svjetlosti u određenom dijelu spektra. Za dobivanje fotografija u boji potrebno je kombiniranje slika iz više FITS datoteka te pridavanje boje svakoj od njih. Ponekad se za bolje dočaravanje sastava, intenziteta i energije nekog nebeskog objekta koristi lažno bojanje slika. Tom metodom se i dijelovima spektra koji nisu vidljivi dodjeljuju boje radi bolje reprezentacije. Primjer takve slike je JPG fotografija galaksije Vrtlog preuzeta sa SAS-a, prikazana na slici 4.2.



Sl. 4.2 Galaksija Vrtlog^[11]

U Matlabu je moguće napraviti RGB sliku korištenjem funkcija za rad s FITS datotekama, operacijama s matricama i funkcijama za obradu slika. Za jednu sliku kombinirani su podaci iz 3 FITS datoteke, snimljeni kroz filtre g za zeleni dio spektra, r za

crveni te i za plavi. Podaci su učitani korištenjem funkcija `fits.openFile` i `fitsread` i zatim spremljeni u dvodimenzionalne matrice. Iz atributa je pročitana informacija o redu senzora u kojem je snimljen dio spektra i na temelju toga su slike poravnate. Nakon toga matrice su bile spremne za spajanje funkcijom `cat`. Funkcijama `imshow` i `imwrite` je takva slika prikazana i pohranjena. Rezultat ovog postupka vidljiv je na slici 4.3.



Sl. 4.3 Prikaz slike iz Matlaba

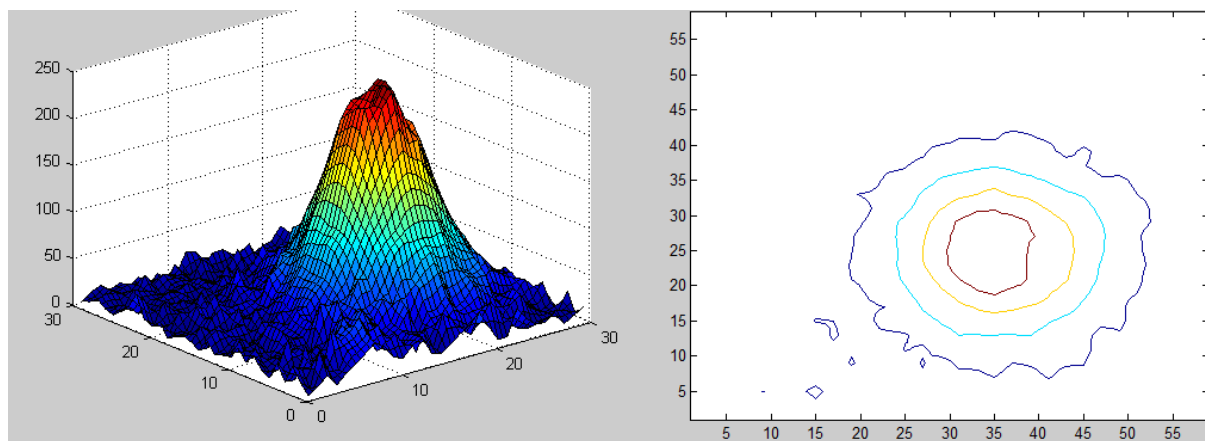
4.3. Aproksimacija objekta funkcijom normalne razdiobe

Funkcija gustoće vjerojatnosti n -dimenzionalne multivarijatne normalne razdiobe dana je izrazom (1) pri čemu su x i μ vektori s n članova, a σ dijagonalna matrica dimenzija n . U Matlabu se za računanje ove matematičke funkcije koristi funkcija `mvpdf`^[6].

$$y = f(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{|\sigma|(2\pi)^d}} e^{-\frac{1}{2}(x-\mu)\sigma^{-1}(x-\mu)'} \quad (1)$$

Na prikazanoj slici moguće je označiti nebeski objekt čija se svojstva žele detaljnije istražiti. Slika u boji se funkcijom `rgb2gray` transformira u crno-bijelu sliku. Učitavanje koordinata objekta napravljeno je funkcijom `ginput`. Potom je učitani malen dio slike oko tih

koordinata koji će se dalje obrađivati. Intenziteti iz tog dijela slike su zatim prilagođeni za trodimenzionalni prikaz funkcijom surf te za prikaz kontura, kako je prikazano na slici 4.4. Na slici s konturama označe se koordinate maksimalne vrijednosti te koordinate raspršenja u 2 smjera. Iz tih podataka se izračuna matrica kovarijacije i time su prikupljeni svi podaci potrebni za računanje i prikaz aproksimacije.



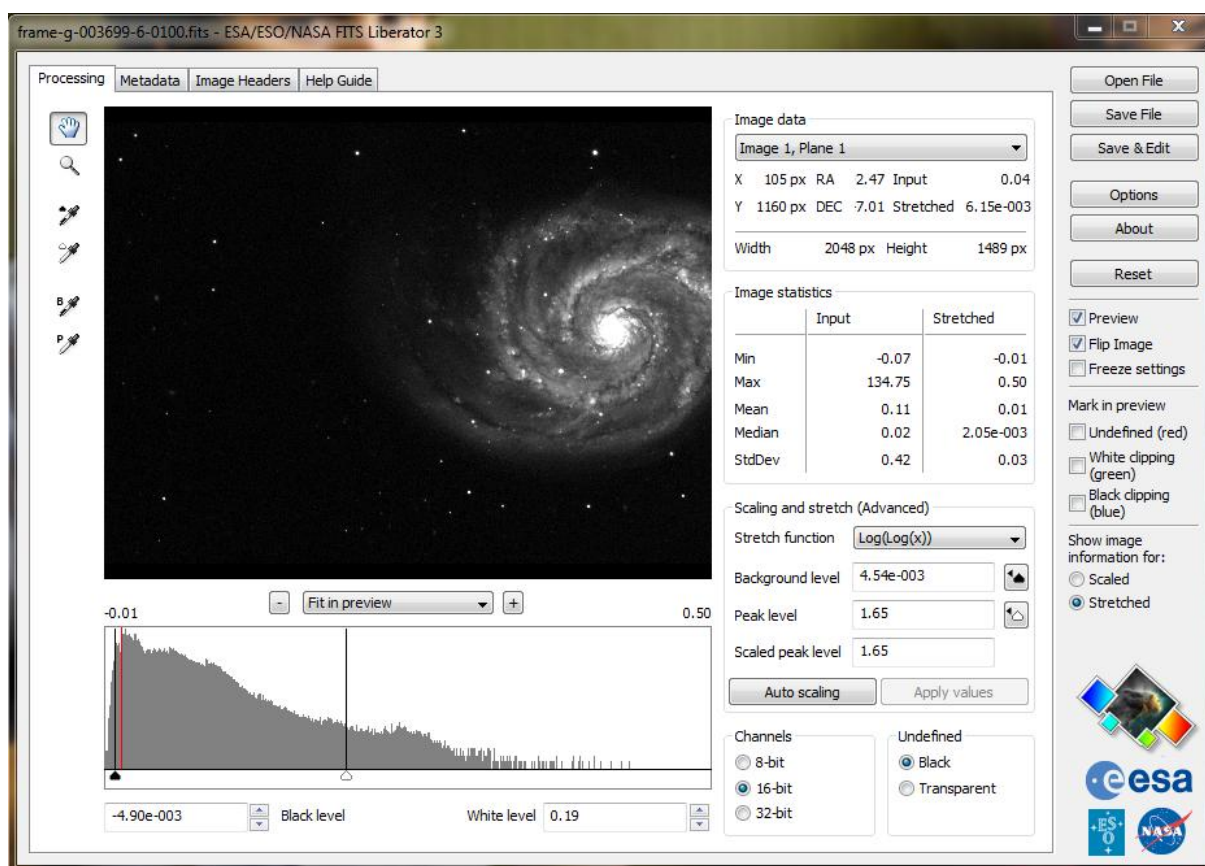
4.4 Intenzitet i konture

5. Javno dostupni alati za prikaz astrofotografija

Za rad s astrofotografijama postoje javno dostupni programski paketi. Njima je moguće prikaz, analiza i konverzija formata FITS datoteka. Ovi paketi ne mogu raditi sa složenim FITS datotekama.

5.1. FITS Liberator

Najnovija verzija programa FITS Liberator^[7] izdana je u veljači 2012. godine i njome je olakšan rad s FITS datotekama u odnosu na prijašnje verzije. Ranije verzije su bile ovisne o programu Photoshop, dok je zadnja verzija samostalan program kojim je moguće kreirati slike iz FITS datoteka, čitati HDU-ove te čitati i dodavati neke metapodatke. Njome se može raditi s datotekama nastalim iz širokog spektra teleskopa.



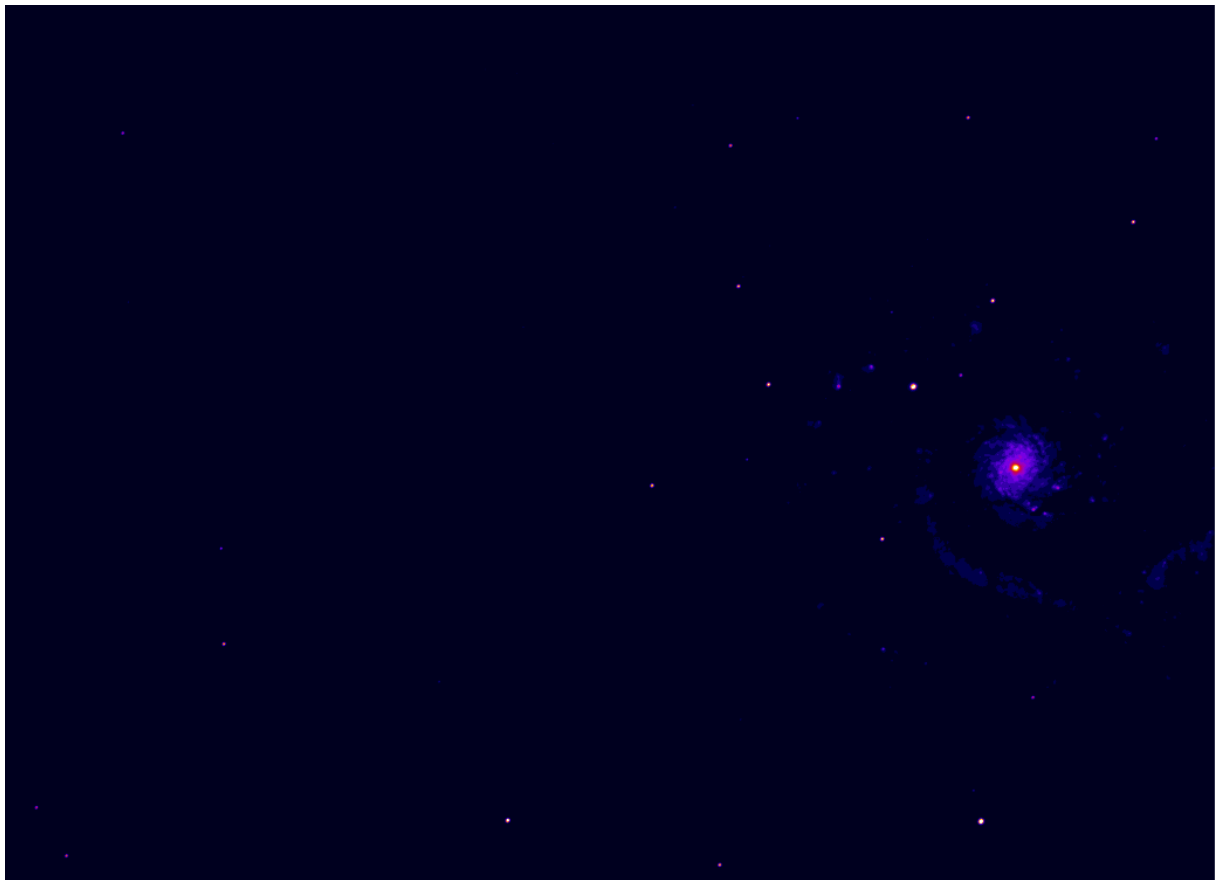
Sl. 5.1 FITS Liberator

FITS Liberator stvara crno-bijelu sliku kojoj se može podešavati funkcije za svjetlinu, kojima bolje ističu detalji. Na slici 5.1 je prikazano sučelje FITS Liberatora. Izlazna datoteka je u formatu TIFF koji se kasnije može obrađivati programima za obradu slika kao što su Photoshop ili GIMP.

5.2. MicroObservatory Image

MicroObservatory Image^[8] je program koji radi s astronomskim slikama pohranjenim u FITS datotekama te s GIF slikama. Osnovne radnje koje se mogu vršiti ovim programom su:

- automatska optimizacija svjetline i kontrasta slike linearnim ili logaritamskim skaliranjem
- dodavanje boje korištenjem nekoliko maski lažnih boja
- povećanje kontrasta i izoštravanje slike
- smanjenje šuma u slici



Sl. 5.2 MicroObservatory Image

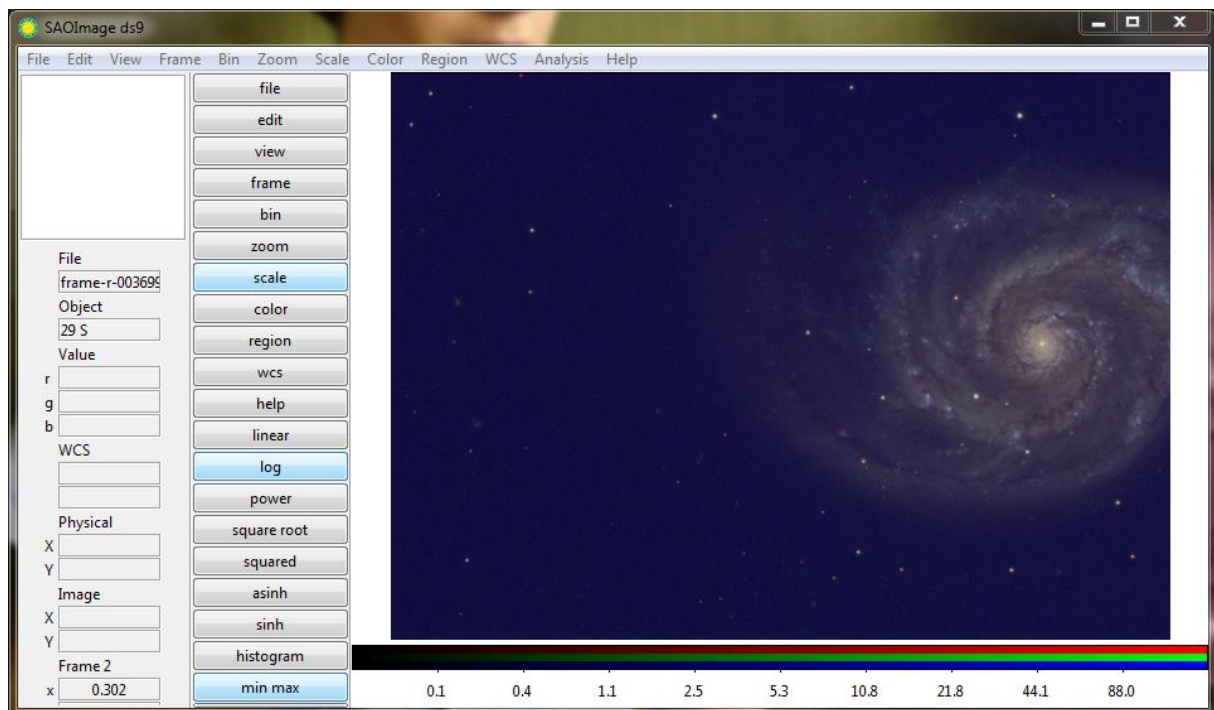
Neke od naprednijih radnji koje ovaj program omogućuje su:

- izvođenje matematičkih operacija između dvije slike
- pomicanje slike u ovisnosti o drugoj slici
- prikazivanje histograma
- prikazivanje zaglavlja FITS datoteke

Primjer prikaza nastalog korištenjem ovog programa prikazan je na slici 5.2. Na njemu je kontrast povećan na najveću razinu i korištena je *Fire* maska za boju.

5.3. SAOImage DS9

SAOImage DS9^[9] je aplikacija za prikazivanje astronomskih podataka i slika. Omogućuje otvaranje slika iz FITS datoteka te njihovu bolju reprezentaciju. Moguća je promjena skaliranja odnosa bijele i crne boje za bolje prikazivanje detalja na slikama. Omogućeno je korištenje maski sa bojama. SAOImage DS9 podržava spajanje slika iz više FITS datoteka u jednu RGB sliku, kao što je prikazano na slici 5.3. Također, moguće je čitanje podataka zapisanih u HDU-ovima te prikaz koordinata nekog nebeskog objekta.



Sl. 5.3 SAOImage DS9

Zaključak

FITS format razvijen je za pohranu, prijenos, obradu i prikaz znanstvenih fotografija. Uz samu fotografiju pruža mogućnost pohranjivanja dodatnih podataka o njoj. Informacije o tome pohranjene su u zaglavljima koja je lako čitati. Na taj je način olakšano prepoznavanje i razvrstavanje informacija te pristup datotekama.

Obrada podataka u FITS formatu moguća je programskim alatima specijaliziranim za FITS datoteke ili korištenjem biblioteka za programske jezike kao što su C, Python, Matlab. Javno dostupni alati za obradu FITS datoteka pružaju značajno manje mogućnosti od Matlaba, njima je moguć prikaz slika, dodavanje određenih boja slikama te čitanje nekih atributa, dok Matlab pruža više mogućnosti pri obradi slika, rad s metapodacima te obradu ostalih podataka pohranjenih u FITS datoteci.

Literatura

- [1] Sloan Digital Sky Survey, <http://www.sdss3.org/>, pristup: svibanj 2014.
- [2] W. Pence: Overview for FITS Data Format (studeni 2001.), http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/heasarc/fits_overview.html, pristup: svibanj 2014.
- [3] FITS Working Group: Definition of the Flexible Image Transport System (FITS) (studeni 2010.), http://fits.gsfc.nasa.gov/fits_standard.html, pristup: svibanj 2014.
- [4] Documentation Center, <http://www.mathworks.com/help/matlab/flexible-image-transport-system.html>, pristup: svibanj 2014.
- [5] Science Archive Server, <http://data.sdss3.org/>, pristup: svibanj 2014.
- [6] Documentation Center, <http://www.mathworks.com/help/stats/multivariate-normal-distribution.html>, pristup: lipanj 2014.
- [7] The ESA/ESO/NASA FITS Liberator 3, http://www.spacetelescope.org/projects/fits_liberator/, pristup: svibanj 2014.
- [8] MicroObservatory Image, <http://mo-www.cfa.harvard.edu/MicroObservatoryImage/>, pristup: svibanj 2014.
- [9] SAOImage DS9, <http://ds9.si.edu/site/Home.html>, pristup: svibanj 2014.
- [10] Schematic of the arrangement of the CCDs and filters on the SDSS camera, http://www.sdss3.org/dr10/imaging/imaging_basics.php, pristup: svibanj 2014.
- [11] Single Field Search - Imaging, <http://data.sdss3.org/fields/name?name=m51>, pristup: svibanj 2014.

Sažetak

Primjena FITS formata u astrofotografiji

Rad opisuje datoteke FITS formata i njihovu primjenu u astrofotografiji. Obrađen je opis sastava tih datoteka ekstenzije i metapodaci koje su pohranjene u njima. Ispitane su mogućnosti koje programsko okruženje Matlab pruža za obradu FITS datoteka te su one uspoređene s javno dostupnim alatima za istu svrhu.

Ključne riječi: FITS format, metapodaci, obrada podataka, prikaz slike

Summary

Usage of FITS format in astrophotography

This paper is focused on the description of the FITS format and its usage in astrophotography. The description of the files is made: the extensions and metadata that are saved in them. Matlab's ability to work with FITS files is researched and compared with other similar tools.

Keywords: FITS format, metadata, data processing, image representation