

UOT 520.224.5

ŞAMAXI ASTROFİZİKA RƏSƏDXANASININ 2-m TELESKOPUNDA ALINAN EŞELLE SPEKTRLƏRİN İRAF PROQRAM PAKETİ VASİTƏSİLƏ İLKİN EMAL METODİKASI

A.B.HƏSƏNOVA, A.B.RÜSTƏMOVA

*Elm və Təhsil Nazirliyi, N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası
AZ 5626, Azərbaycan, Şamaxı, Y.Məmmədaliyev qəs.
hasanova.aynura89@gmail.com*

Daxil olub: 06.01.2023
Çapa verilib: 16.03.2023

REFERAT

N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının 2-m teleskopunda alınmış spektrlərin İRAF proqram paketi vasitəsilə işlənməsi metodikası tədqiq olunmuşdur. Məlum olmuşdur ki, 2-m teleskopda müşahidə zamanı alınan spektrləri İRAF proqramında emal etmək mümkündür. Aşkar olmuşdur ki, İRAF proqram paketinin tətbiqi zamanı spektrlərin emalının bəzi mərhələləri avtomatlaşdırılmış olduğundan emal prosesi daha qısa müddətə tamamlanır. İRAF proqram paketi ilə işlənmiş spektrlər digər beynəlxalq səviyyəli astronomik dataların emalı proqramlarında asanlıqla təkrar emal oluna bilər. İRAF proqram paketinin tətbiqi ŞAR-ın 2-m teleskopunda alınmış spektrlərin daha qısa zamanda və daha böyük dəqiqliklə emal olunmasına imkan veridiyi göstərilir.

Açar sözlər: İRAF, eşelle spektri.

GİRİŞ

İRAF müxtəlif növ astronomik müşahidə materiallarının işlənməsi və analizi vasitəsidir. İRAF Milli Optik Astronomiya Rəsədxanalarında (National Optical Astronomy Observatories) yaradılmış və astronomların istifadəsi üçün təqdim olunmuşdur və daim inkişaf etdirilir. Digər tərəfdən elmin başqa sahələrində çalışan tədqiqatçılar da ümumi təsvirlərin emalı üçün İRAF proqram paketindən istifadə edə bilərlər [1]. İRAF UNIX və oxşar əməliyyat sistemlərində tətbiq oluna bilər. İRAF-ın əmr dili CL, İRAF sisteminin İRAF-1 əmələ gətirən sistem və tətbiq proqramları müəyyən bir hierarşiya içərisindədir. Sistem və tətbiq proqramlarının hər birinə tapşırıq (task), oxşar işləri həyata keçirən proqramların əmələ gətirdiyi proqramlar qrupuna paket (package) adı verilir [2]. Hər bir paket istifadəçiyə məntiqli işlərlə əlaqədar eyni növ proqramları istifadə etmək imkanı verir. Hər bir tapşırıq əmr parametrləri və gizli parametrlər olmaqla iki növ parametr növünə malikdir. Hər bir tapşırıq bir paketin və ya alt-paketin içərisində yerləşir. Bu səbəbdən tapşırıqların işə

salınması ağac mexanizmi ilə həyata keçirilir. İRAF-ın öz proqramlaşdırma dili (CL) olmasına baxmayaraq, FORTRAN və C dillərində hazırlanmış proqramlar da İRAF-da işlənilə bilər.

İRAF proqram paketinin Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının 2-m teleskopunda alınmış spektrlərə tətbiqi spektrlərin emalının sürətlənməsi və dəqiqliyinin artırılması cəhətdən mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

CCD İLƏ MÜŞAHİDƏ MATERİALLARININ ALINMASI VƏ İLKİN EMALI

CCD ilə müşahidə prosesində aşağıda qeyd olunan fraqmentlər alınır:

Sıfır (zero) təsvirlər - bunlar sıfır saniyə ekspozisiya vaxtı verilməklə alınan fraqmentlərdir. Temperaturun çox dəyişmədiyi hallarda bir gecədə alınan sıfır fraqmentlər növbəti gecələrə də tətbiq oluna bilər, ancaq hər gecə təkrar alınması daha doğrudur. Filtirlərin və ya yarığın eninin seçilməsinin sıfır fraqmentlərə təsiri yoxdur.

Qaranlıq (dark) təsvirlər - bu təsvirlər CCD üzərinə işıq düşmədən, müxtəlif ekspozisiya vaxtları verilərək və ən azı 3-4 ədəd də obyektin ekspozisiya vaxtı qədər ekspozisiya verilərək alınan fraqmentlərdir. Hidrogen və ya Azotla soyudulan CCD-lərdə dark düzəlişinə ehtiyac yoxdur və bu fraqmentlərin alınması zəruri deyildir.

Hamar sahə (flat field) təsvirlər - bu təsvirlər CCD matrisin elementlərinin həssaslığı bir-birindən fərqlənməsi çatışmazlığını aradan qaldırmaq məqsədilə tətbiq edilir. Tədqiq olunan obyektin spektri müstəvi səth spektrinə bölünür. Spektrin işlənməsi zamanı bu prosedurun nəzərə alınmaması şüa sürətlərinin ölçmə dəqiqliyinə təsir göstərmir, lakin ekvivalent enin və nisbi intensivliyin təyin olunmasında xətaları artırır.

Müqayisə spektrləri - spektrləri dalğa uzunluğu şkalasında vermək üçün müqayisə spektrlərindən istifadə edilir. Müqayisə spektrləri, bütün dalğa uzunluğu oblastında xətləri sıx olan istənilən tip lampa, xüsusilə torium - arqon lampasının və ya gündüz göyünün spektri ola bilər.

Divayzer spektrləri - əgər ulduz spektrlərində tellurik (yer atmosferində yaranan udulma xətləri) xətlərin silinməsinə ehtiyac duyularsa müşahidə olunan obyektə uyğun standart ulduzun spektri alınır.

Tədqiq olunan obyektin spektri - müşahidə prosesində signal/küy (S/N) nisbətinin təqribi qiymətləndirilməsi ilə tədqiq olunan obyektin ulduz ölçüsünə uyğun ekspozisiya vaxtı seçilməklə, gecə ərzində ulduzun iki spektri alınır. Güclü dəyişkənlik olmadığı halda spektrlər kosmik zərrəciklərdən azad edilməsi məqsədilə ortalaşdırılır [5].

EŞELLE SPEKTRLƏRİNİN İRAF PROQRAM PAKETİ VASİTƏSİLƏ İLKİN EMALI MƏRHƏLƏLƏRİ

1. Başlıqların tamamlanması - Eşelle spektrlərin İRAF ilə işlənilməsinə başlamazdan əvvəl ilk öncə spektrlərin başlıqlarının tamamlanması vacibdir. Bunun üçün ardıcıl olaraq aşağıdakı paketi, alt-paketləri işə salmaq lazımdır: `cl>noao`, `no>imred`, `im>ccdred`, burada `ccdredit` tapşırığından istifadə olunur.

2. Bias və Dark düzəlişi - Əvvəlcə `ccdproc` paketinin daxilindəki `zerocombine` tapşırığı işə Salı-

naraq sıfır təsvirləri birləşdirilərək bir ədəd master fraqment əldə edilir. Bu zaman `zerocombine` tapşırığının parametrləri `orgfile=no`, `zerocom=yes`, `new file: Zero.fit` olaraq dəyişdirilir.

3. Hamar sahə təsvirlərinin ortalaşdırılması - bu prosesi həyata keçirmək üçün `ccdred` paketindən və `flatcombine` tapşırığından istifadə olunur. Bu zaman `flatcombine` tapşırığının parametrləri `iftrimc=yes`, `compcom=no`, `flatcom=yes` kimi qeyd edilir.

4. Müqaisə təsvirlərinin ortalaşdırılması - bu prosesi həyata keçirmək üçün yenə də `ccdred` paketindən və `imcombine` tapşırığından istifadə olunur. Bu zaman `imcombine` tapşırığının parametrləri `iftrimc=yes`, `zerocor=no`, `compcom=yes` kimi qeyd edilir.

5. Hamar sahə təsvirlərinin normallaşdırılması - Öncəliklə bütün spektrlərin `overscan`, `triming`, `bias` və `dark` düzəlişləri həyata keçirilməlidir. Flat təsvirləri normallaşdırılmasından əvvəl `aperturala`-nın müəyyənləşdirilməsi prosesi həyata keçirilir, bunun üçün aşağıdakı ardıcılıq izlənilir: `cl>noao`, `no>imred`, `im>echelle`, `ec>epar` `apall`. Bu proses tamamlandıqdan sonra flat təsvirləri normallaşdırıla bilər, bunun üçün `apnormalize` tapşırığından istifadə olunur.

6. Spektrlərin flata bölünməsi - spektrləri normallaşmış flat təsvirinə bölmək lazımdır, əvvəlcə normallaşmış flat təsvirində `ccdmean` açar sözünün olub olmadığı yoxlanılır, bu parametrin qiyməti 1 olmalıdır, əgər 1 deyilsə onda 1 olaraq düzəldilir. Spektrlərin flata bölünməsi üçün `ccdproc` tapşırığından istifadə olunur. Bu mərhələdən əvvəl səpilmiş işığın olub-olmadığı müəyyən edilməli və əgər varsa `apscatter` tapşırığı vasitəsilə aradan qaldırılmalıdır.

7. Müqaisə təsvirlərinin çıxılması - bunun üçün da `apall` və ya `apsum` tapşırıqları tətbiq edilir.

8. Spektrləri dalğa uzunluğu şkalasına keçirilməsi - bu proses üç mərhələdən ibarətdir, 1-ci mərhələ müqaisə spektrlərinin `ecidentify` tapşırığı tətbiq edilməklə dalğa uzunluğu şkalasına keçirilməsidir. 2-ci mərhələ müqaisə spektrlərinin ulduz spektrlərinə tətbiq olunmasıdır, bunun üçün `refspectra` tapşırığı tətbiq edilir. 3-cü mərhələ `dispcor` tapşırığı vasitəsilə dispersiyanın qurulmasıdır. Yuxarıda qeyd olunan mərhələlər yerinə

9. yetirildikdən sonra spektrlər ölçmə prosesi üçün hazır olacaqdır [3][4].

İRAF PROQRAM PAKETİNİN ŞAR-da ALINAN EŞELLE SPEKTRLƏRİNİN İLKİN EMALINA TƏTBİQİ

İRAF proqramı ilə ilkin emal prosesi 4 iyun 2020-ci il tarixində HD187982 ifratnəhəng ulduzunun ŞAR-ın 2-metrlik teleskopunun kasseqren fokusunda optik lifli kasseqren eşelle spektroqrafında quraşdırılmış 4000x4000 ölçülü YƏC kameranı vasitəsi ilə $R=28000$ ayırdetmə ilə alınmış spektrləri əsasında aparılmışdır. Qeyd olunan müşahidə gecəsində alınmış spektrlərin İRAF proqram paketi ilə emala uyğun olub olmadığını müəyyən etmək lazımdır. Məqalənin əvvəlində qeyd olunduğu kimi spektrlər dəstinə, sıfır, flat fraqmentlər, müqaisə spektrləri və tədqiq olunan obyektin spektrləri daxil olmalıdır. 4 iyun 2020-ci il tarixində alınmış müşahidə papkasına nəzər saldıq-

da məlum olur ki, 10 ədəd dark (əslində bunlar sıfır fraqmentlərdir, sıfır saniyə ekspozisiya vaxtı verməklə alındığı üçün), iki müxtəlif ekspozisiya vaxtı verilməklə hərəsi 10 ədəd olmaqla 20 ədəd flat fraqment, iki müxtəlif ekspozisiya vaxtı verilməklə hərəsi 3 ədəd olmaqla ümumi 6 ədəd müqaisə spektri, yəni torium-arqon lampasının spektri, həmçinin 3 ədəd gündüz göyünün spektri və 2 ədəd ulduz spektri daxildir. Spektroqraf optik lifli kəbellə teleskopa birləşdirilmiş olduğundan gecənin əvvəlində çəkilmiş müqaisə spektrləri gecə boyunca alınmış spektrlərə tətbiq oluna bilər. Beləliklə spektrlər dəsti İRAF-la emal üçün uyğundur. UNIX əməliyyat sistemi windows əməliyyat sistemindən fərqli olaraq böyük-küçük hərfə həssas olduğundan ilk öncə spektrlər dəstinin papka adı da daxil olmaqla standart formaya gətirilməsi zəruridir. Papkanın adı "2020-07-04" şəklində qeyd olunur. Daha sonra papkadakı bütün fayllar adları terminalda *mv* əmri vasitəsilə dəyişdirilir və standart formaya gətirilir (Şəkil 1).

```

xgterm
package, or `logout' to get out of the CL.  Type `news' to find out
what is new in the version of the system you are using.

Visit http://iraf.net if you have questions or to report problems.

cannot access host 'iraf.noao.edu:80'
The following commands or packages are currently defined:

      dataio.      images.      mscred.      plot.      softtools.      tables.
      dbms.        language.    noao.        proto.      stsdas.         utilities.
      fitsutil.    lists.       obsolete.    rvsao.     system.         vo.

ecl> cd 2020-07-04
ecl> ls
2020-07-04      flat16.fits  flat4.fits   sky1.fits   thar6.fits   zero7.fits
2020-07-04.csv flat17.fits  flat5.fits   sky2.fits   zero10.fits  zero8.fits
flat10.fits     flat18.fits  flat6.fits   sky3.fits   zero1.fits   zero9.fits
flat11.fits     flat19.fits  flat7.fits   thar1.fits  zero2.fits
flat12.fits     flat1.fits   flat8.fits   thar2.fits  zero3.fits
flat13.fits     flat20.fits  flat9.fits   thar3.fits  zero4.fits
flat14.fits     flat2.fits   kf4805.fits  thar4.fits  zero5.fits
flat15.fits     flat3.fits   kf4806.fits  thar5.fits  zero6.fits
ecl> █

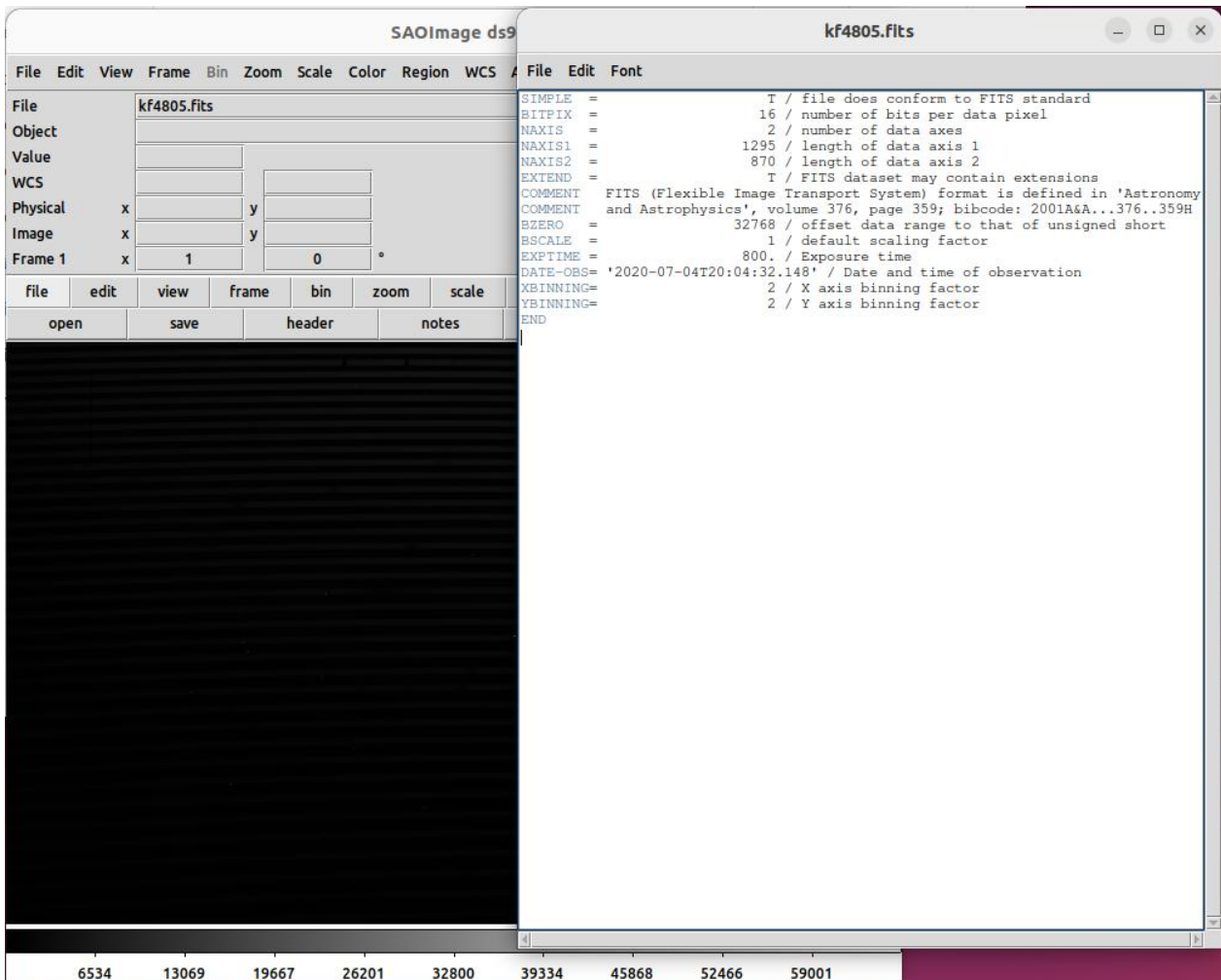
```

Şəkil 1

4 iyun 2020-ci ildə alınan spektrlər papkasına daxil olan fraqmentlər.

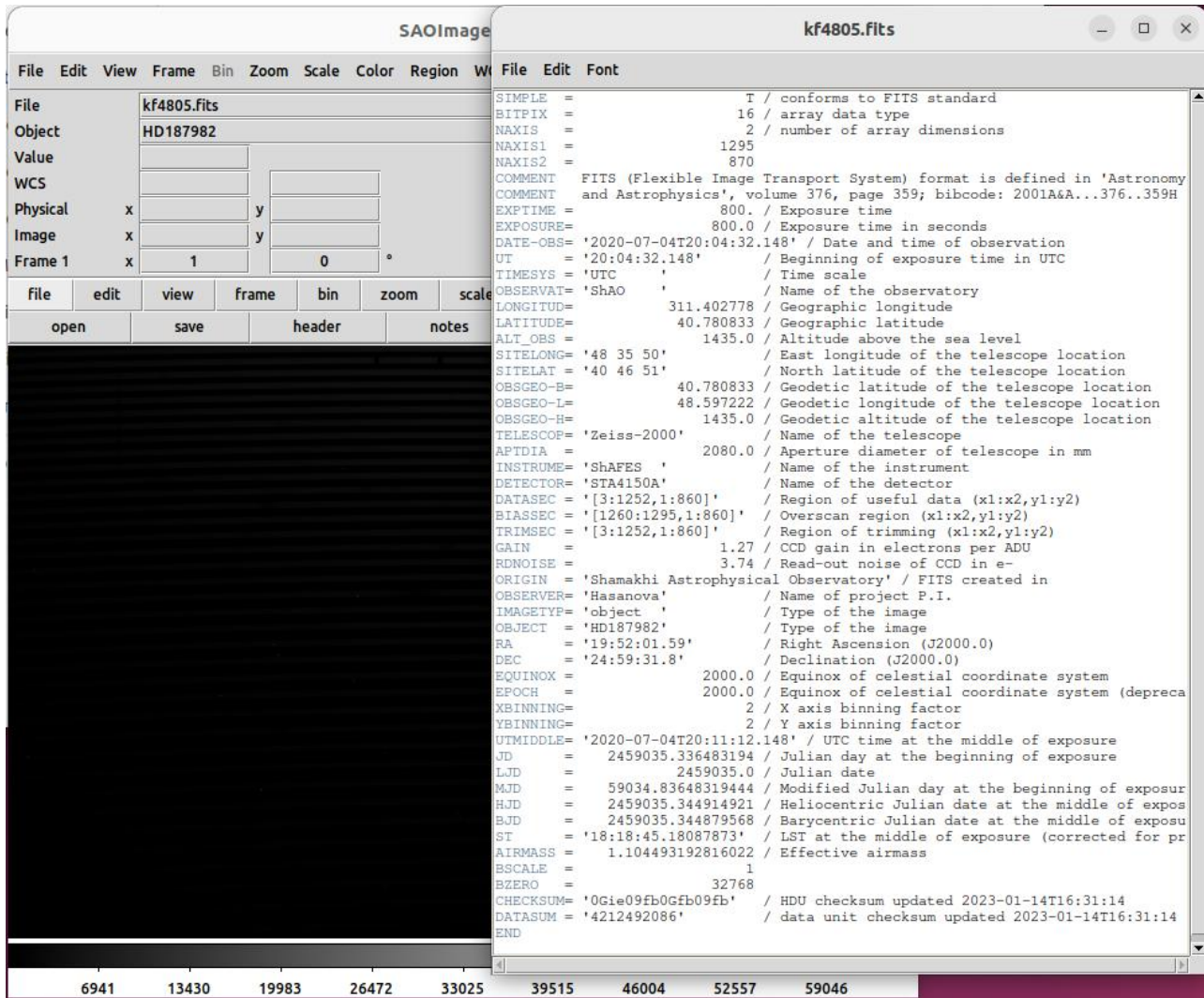
Yuxarıda da qeyd olunduğu kimi İRAF proqramı ilə spektrlərin emalının ilk mərhələsi başlıqların tamamlanmasıdır. Eşelle spektroqraflarla müşahidə zamanı bəzi başlıqları spektrə avtomatik olaraq daxil edilir, ŞAR 2-metrlük teleskopun kasseqren fokusunda optik lifli kasseqren eşelle spektroqrafında, quraşdırılmış CCD kamerası vasitəsi ilə alınmış spektrlərə müşahidə tarixi, müşahidə saati, ekspozisiya müddəti, yarığın eni kimi başlıqlar avtomatik olaraq daxil edilir (Şəkil 2a) və müxtəlif obrabotka proqramları ilə analiz edildikdə bu başlıqları oxumaq mümkün olur. Ancaq İRAF proqramı ilə obrabotka zamanı müşahidə fraqmentinin növü (bias, dark, flat, object), spektrlərin alındığı rəsədxananın koordinatları,

spektrlərin alındığı cihazın adı və s. kimi digər başlıqların da daxil edilməsi zərurəti yaranır. Bunun üçün *ccdheadit* tapşırığından istifadə oluna bilər, bizim nümunəmizdə Tartu Rəsədxanasının elmi işçisi və proqramisti Tõnis Eenmäe tərəfindən Python proqramlaşma dili əsasında yazılmış xüsusi proqram vasitəsilə əskik olan başlıqlar daxil edilmişdir (Şəkil 2b). Proqram tətbiq olunan obyektin kataloqdakı nömrəsi düzgün qeyd olunduğu halda avtomatik olaraq Simbad axtarış sistemindən obyektin koordinatlarını götürərək başlıqlara daxil edir, beləliklə təqribən bir gün vaxt sərf edilərək yerinə yetiriləcək birinci proses bir saatdan az bir müddətə həll edilmiş olur.



Şəkil 2(a)

HD189982 ifratnəhəng ulduzu spektrində avtomatik daxil edilən başlıqlar (a)



Şəkil 2(b)

HD189982 ifratnəhəng ulduzu spektrində başlıqların tamamlanması prosesindən sonra daxil edilən başlıqlar (b).

Növbəti addım master fraqmentlərin yaradılmasıdır. Bundan əvvəl spektrlərin birinə nəzər salaraq spektrlərin hansı istiqamətdə olduğunu müəyyənləşdirmək lazımdır, y-oxu istiqamətində olduqda $dispax=2$, x-oxu istiqamətində olduqda $dispax=1$ olaraq qeyd olunur. Bizim nümunəmizdə spektrlər x-oxu istiqamətində olduğundan (Şəkil 3) "1" qeyd olunur. Bundan sonra master fraqmentlər yaradılır, bu zaman overscan, trimming düzəlişləri həyata keçirilir. Obyektin spektrləri toplanmadığından *ccdproc* tapşırığı vaistəsilə overscan, trimming düzəlişləri edilir.

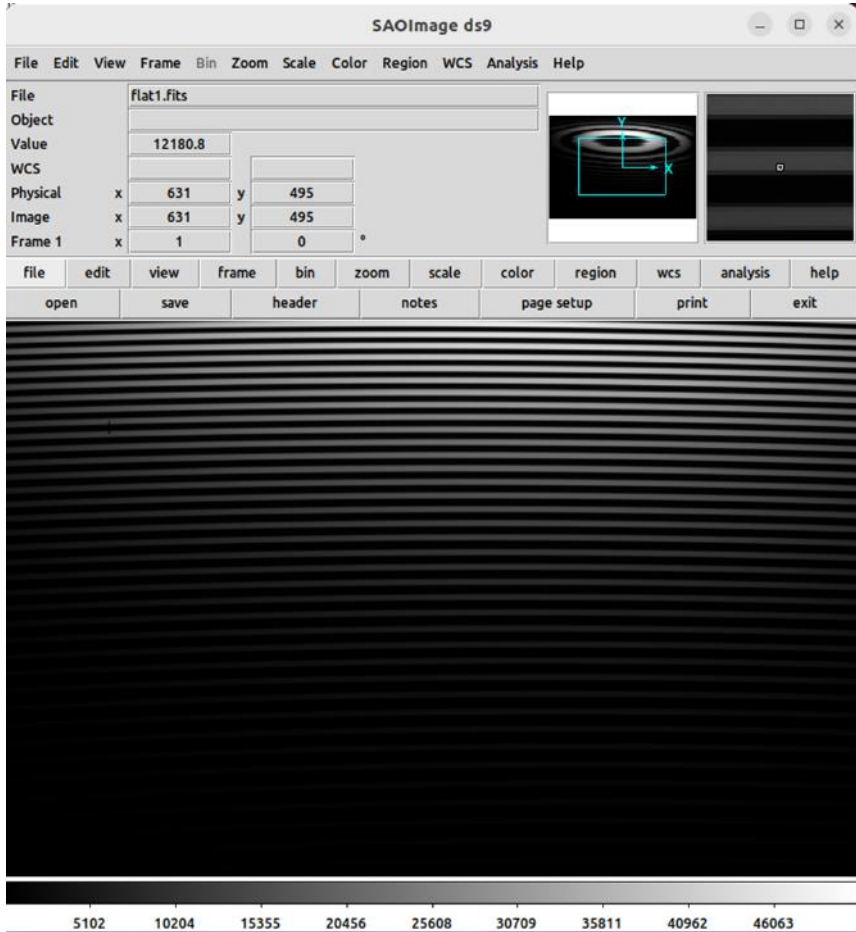
Daha sonra aperturanın daxil edilməsi mərhələsi gəlir, bu mərhələ DECH proqram paketin-

dəki maskanın qurulması mərhələsinə uyğundur [6]. İRAF proqramı daha avtomatlaşdırılmış olduğundan bu mərhələ də daha qısa müddətə və daha böyük dəqiqliklə yerinə yetirilir. Aperturanın təyin edilməsi prosesi parlaq bir ulduzun (Sirius kimi) spektri, gündüz göyünün spektri və ya flat təsviri üzərində qurula bilər. Bizim nümunəmizdə sky spektri üzərində aperturanının ilkin təyini yerinə yetirilmişdir (Şəkil 4). Digər spektrlər üçün bu spektr referans kimi istifadə olunur.

Növbəti mərhələdə master flat təsviri normallaşdırılır və bu normallaşdırılmış flat təsviri spektrlərə bölünür. İlkin emalın son mərhələsi dalğa uzunluğunun eyniləşdirilməsi mərhələsidir. Bu-

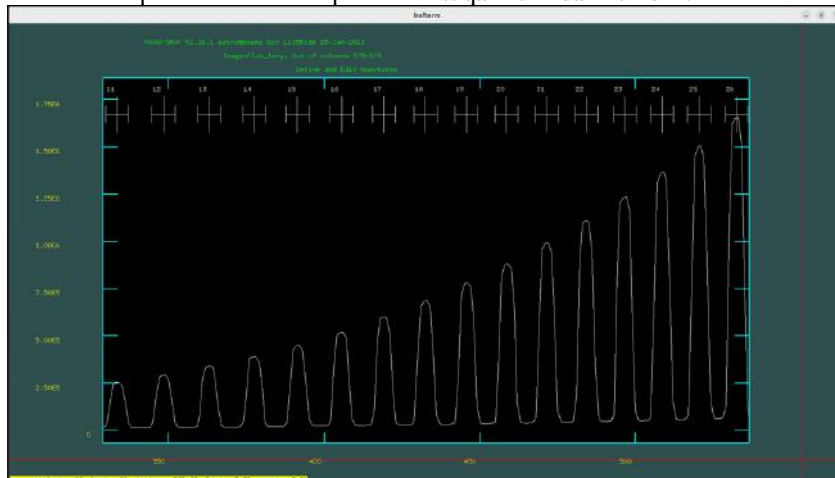
nun üçün torium-arqon spektral xəttlərinin atlası-göyünün spektrindən istifadə olunarsa bu zaman tellurik xətlərin dalğa uzunluğu atlasından istifadə olunur. Qeyd olunan bütün mərhələlər tamamlan-

dan istifadə olunur. Eyniləşdirmə zamanı gündüz dıqdan sonra tədqiq olunan obyektin spektrində ölçmə prosesinə başlamaq olar.



Şəkil 3

Flat fraqmentin misalında spektrlərin istiqamətinə dair nümunə.



Şəkil 4

Gündüz səması spektri üzərində aperturanın müəyyənləşdirilməsi.

NƏTİCƏ

İRAF proqram paketinin Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının 2-m teleskopunda alınan eşelle spektrlərinin ilkin emalına tətbiqi əsasən aşağıdakı nəticələri verir:

1. ŞAR-ın 2-m teleskopunda müşahidə zamanı alınan spektrləri İRAF proqramında emal etmək mümkündür.
2. İRAF proqram paketinin tətbiqi zamanı spektrlərin emalının bəzi mərhələləri avtomatlaşdırılmış olduğundan emal prosesi daha qısa müddətə tamamlanır. Həmçinin, İRAF proqram paketi ilə işlənmiş spektrlər digər beynəlxalq səviyyəli astronomik dataların emalı proqramlarında asanlıqla təkrar emal oluna bilər.
3. İRAF proqram paketinin tətbiqi ŞAR-ın 2-m teleskopunda alınmış spektrlərin daha qısa

zamanda və daha böyük dəqiqliklə emal olunmasına imkan verir.

Alınmış nəticələr ŞAR-da alınan spektral müşahidə materiallarının işlənməsinə böyük töhvə verəcəkdir.

İş “Ekstremal Massiv ulduzların Fizikası” adlı, 823734 nömrəli Mariya-Sklodovskaya-Küri qrant layihəsinə əsasən Avropa Birliyinin Tədqiqat və İnnovasiya Proqramı - HORIZON 2020 (2014-2020) tərəfindən maliyyələşdirilmişdir.

Müəlliflər İRAF proqramının öyrənilməsi ilə əlaqədar olaraq Tartu Universiteti Tartu Rəsədxanasının elmi əməkdaşları Dr. Anna Arete və Tõnis Eenmäeyə öz dərin minnətdarlıqlarını bildirirlər.

1. J.Barnes, *A Beginner's Guide to Using IRAF (IRAF Version 2.10)*, National Optical Astronomy Observatories, Tucson, Arizona, (1993) 65.
2. P.M.B.Shames, Doug Tody. *A User's Introduction to the IRAF Command Language Version 2.3*, National Optical Astronomy Observatories, (1986) 91.
3. Ph.Massey. *A User's Guide to CCD Reductions with IRAF*, (1997) 53.
4. D.Willmarth, J.Barnes. *A User's Guide to Reducing Echelle Spectra With IRAF*, National Optical Astronomy Observatories, (1994) 22.
5. X.M.Микаилов, В.М.Халилов, И.А.Алекберов. *Эшелле-спектрометр фокуса касегрена 2-м телескопа ШАО НАН Азербайджана, Циркуляр Шемахин. астрофиз. Обсерватории*, №109 (2005), 21-29.
6. А.Г.Галазутдинов. *Система обработки звездных эшелле-спектров. 1. Обработка изображений. 2. Обработка спектров*, Нижний Архыз, (1992), 52, (Препринт/Спец. астрофиз. обсерватория РАН; №92).

PRELIMINARY PROCESSING METHODOLOGY OF ECHELLE SPECTRA RECEIVED ON 2-m TELESCOPE OF THE SHAMAKHY ASTROPHYSICAL OBSERVATORY USING IRAF SOFTWARE PACKAGE

A.B.HASANOVA, A.B.RUSTAMOVA

The methodology of processing the spectra obtained at the 2-m telescope using the IRAF software package was studied.

It was revealed that it was possible to process the set of obtained spectra using the IRAF program. It became clear that during the application of the IRAF software package, some stages of spectrum processing were automated, so the processing process was completed in a shorter time and with greater accuracy. Spectra processed by the IRAF software package can be easily reprocessed in other international astronomical data processing programs.

МЕТОДИКА ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЭШЕЛЛЕ СПЕКТРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА 2-м ТЕЛЕСКОПЕ ШАМАХИНСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА IRAF

A.B.ГАСАНОВА, A.B.РУСТАМОВА

Исследована методика обработки цифровых эшелле спектров по программе IRAF для данных, полученных на 2-м телескопе Шамахинской Астрофизической Обсерватории. Выявлено, что пакет полученных эшелле спектров можно обработать с помощью пакета программы IRAF. Обработка спектров с применением программного пакета IRAF, благодаря автоматизации некоторых этапов, происходит быстрее по сравнению с программой DECH, что позволяет сделать обработку спектров в более короткие сроки и с большей точностью.

Спектры, обработанные пакетом программ IRAF, могут быть легко использованы для других международных программ и астрономических данных.