



UOT: 524

<https://doi.org/10.59849/2409-4838.2025.4.120>

DECH VƏ IRAF PROQRAM PAKETLƏRİNİN EŞELLE SPEKTRLƏRİN EMALINDA TƏTBİQİNİN MÜQAYİSƏLİ TƏHLİLİ

Aynurə Bayram qızı Həsənova , Əliqulu Mustafa oğlu Xəlilov , Əsmər Zaur qızı Quliyeva
N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası, Şamaxı, Azərbaycan
aynura.hasanova @shao.science.az

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının 2-m teleskopunda alınmış eşelle spektrlərinin emalında tətbiq olunan DECH və IRAF proqram paketlərinin müqayisəli təhlili aparılmışdır. Hər iki proqram paketinin üstünlükləri və çətinlikləri göstərilmişdir. Araşdırma nəticəsində aşkar olunmuşdur ki, DECH proqram paketi əyanilik və sadəlik cəhətdən üstünlük təşkil edir. IRAF proqram paketi isə avtomatizasiya və vaxta qənaət istiqamətində üstünlük göstərir. DECH proqram paketi əyani və daha sadə interfeysə sahib olduğundan öyrənilməsi asandır, IRAF proqram paketi isə texniki bilik tələb etdiyindən, yeni istifadəçilər üçün öyrənilməsi nisbətən çətindir. Ölçmə nəticələrinin dəqiqliyinə gəldikdə isə hər iki proqram paketinin tətbiqinin məqsədə uyğun olduğu və kifayət qədər yüksək dəqiqliklə nəticə almağa imkan verdiyi aşkar olunmuşdur.

Açar sözlər: IRAF, DECH, ilkin emal, eşelle spektr

GİRİŞ

Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının 2 metrlik teleskopunda əvvəlki dövrlərdə istifadə olunan klassik spektroqraflarda obyektədən gələn şüalanmanın qeydə alınması üçün böyük ölçüdə olan uzun fotolövhlərdən istifadə edilirdi. O dövrdə belə fotolövhlərin saxlanması, müəyyən ölçüdə kəsilməsi, müşahidədən sonra qəbul olunmuş siqnalların aşkarlanması və emal olunması həm çətin idi, həm də aylarla vaxt tələb olunurdu. Digər tərəfdən yüksək ayırdetməli spektrlər almaq üçün fokus məsafəsi böyük olan spektroqraflar lazım idi. Bu da öz növbəsində informasiyanın alınmasında və onun sonrakı emalında vaxt itkisinə səbəb olurdu. Klassik spektroqraflarda alınan spektrlərdə ayırdetmə və ölçmələrin dəqiqliyi müasir astrofizikanın tələblərinə cavab vermirdi. Ona görə də 2-m teleskopda müasir tələblərə cavab verən müşahidə avadanlıqlarının modernləşdirilməsinə başlandı. Əvvəlcə 1998-ci ildə kude fokusunda, 2003-cü ildən isə kasseqren fokuslarında eşelle spektroqraflar + CCD (YƏC-yük əlaqəli cihaz) sistemləri quraşdırıldı. Bununla da ŞAR-ın 2-m teleskopunda müasir tələblərə cavab verən spektrlər alınmağa başlandı. 2015-ci ildə isə Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasında alınan eşelle spektrlərində ölçmələrin dəqiqliyini yüksəltmək məqsədi ilə 2 metrlik teleskopun Kasseqren fokusunda Optik Lifli Kasseqren Eşelle Spektroqraf hazırlandı (OLKES). Bu cihaz maye azotla soyudulan $4K \times 4K$ elementli matrisa malik CCD kamerası ilə təmin olunub. Hazırda ŞAR-ın 2-metrlik teleskopunda alınan eşelle spektrləri müasir tələblərə cavab verir və spektrlər obyektin parlaqlığından asılı olaraq $R=28000$ və $R=56000$ ayırdetmə ilə alınır. Eşelle spektrləri və CCD kamerası haqqında geniş məlumat [3, 8] verilib. Ulduz atmosferlərində müşahidə olunan spektral xətlərin incə quruluşunun [5] və müxtəlif astrofiziki proseslərin öyrənilməsində yüksək ayırdetmə qabiliyyətinə malik eşelle spektrlərdən geniş istifadə olunur. Eşelle spektroqraflarla aparılan spektral müşahidələrin nəticələrinin etibarlı elmi tədqiqat metoduna çevrilməsi üçün ilkin emal mərhələsində istifadə olunan proqram təminatları həlledici rol oynayır. Xam spektrlərin matris formadan vektorial formaya keçirilməsi müəyyən mərhələlərdən ibarətdir. Xüsusilə, spektrin normallaşdırılması, müşahidə olunan spektral xətlərin parametrlərinin təyini və digər analiz mərhələləri zamanı tətbiq olunan proqram paketlərinin funksional imkanları və istifadə olunan zaman rahatlığı, sadəliyi həm emalın dəqiqliyinə, həm də effektivliyinə birbaşa təsir göstərir. Bu istiqamətdə geniş



istifadə olunan iki proqram təminatı – IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) [9] və DECH [4] – müasir spektroskopik tədqiqatlarda fərqli yanaşmaları və alqoritmik həlləri ilə seçilir.

DECH proqram paketi – eşelle və birtərtibli spektrlərin emalı üçün hazırlanmış proqram təminatıdır. Proqram Rusiyalı astronom V. I. Galazutdinov tərəfindən yaradılmış və xüsusilə ulduz spektroskopiyası sahəsində geniş tətbiq olunur. DECH əsasən interaktiv spektral analiz üçün nəzərdə tutulub; istifadəçi spektri vizual olaraq yoxlaya, spektral xətləri müəyyən edə və onların ekvivalent enlərini, intensivliklərini, eləcə də şüa sürətləri ölçə bilər. Sadə və intuitiv interfeysi, həmçinin spektrin müxtəlif normallaşdırma və kalibrəmə alətlərinin mövcudluğu onu kiçik və orta ölçülü tədqiqat layihələrində əlverişli edir. Proqram həm tədris məqsədləri üçün, həm də peşəkar astrofiziklər üçün nəzərdə tutulub. Eşelle spektrlərində müşahidə olunan spektral xətlərin parametrlərinin təyin olunmasında, məsələn: xəttin şüa sürətinin, ekvivalent eninin ölçülməsində, həmçinin ulduzun təsvirində qeyri-sabitliyin nəticəsində yaranan bu xətlərin profillərinin dəyişməsinin öyrənilməsində istifadə olunur. Sonrakı mərhələdə isə DECH proqram paketi vasitəsilə xəttin spektral parametrləri üçün hesablanmış qiymətlərdən istifadə edib ulduzun atmosfer parametrlərini, kimyəvi tərkibini və təkamül parametrlərini təyin etmək olar.

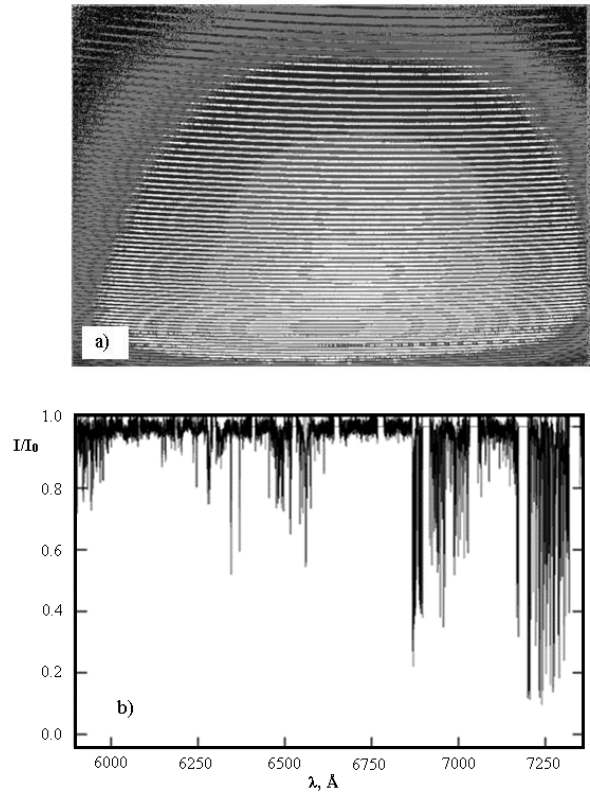
IRAF – yüksək ayırdetmə qabiliyyətinə malik echelle spektrlərin və digər astronomik müşahidə məlumatlarının emalı üçün yaradılmış proqram təminatıdır. Proqram 1980-ci illərdə Amerikanın National Optical Astronomy Observatory (NOAO) tərəfindən hazırlanmış və hazırda dünya miqyasında həm spektral, həm də fotometrik müşahidələrin emalında geniş tətbiq olunur. IRAF yüksək dərəcədə avtomatlaşdırılmış struktura və geniş modullu alətlərə malik olub, böyük həcmli məlumatların emalında praktik üstünlüklər təmin edir. DECH proqram paketi isə daha çox vizual və interaktiv mühitə əsaslanan, istifadəçiyə məlumat üzərində daha çox nəzarət imkanı yaradan sadə və intuitiv interfeysi ilə fərqlənir.

Məqalədə N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının 2-metrlik teleskopu vasitəsilə əldə edilmiş eşelle spektrlərinin DECH və IRAF proqram paketlərində emal prosesi müqayisəli şəkildə təhlil olunmuşdur. Bizim əvvəlki işlərimizdə eşelle spektrlərin DECH [6] və IRAF proqram paketləri vasitəsilə emalı [1, 2] geniş şəkildə şərh edilmişdir. Tədqiqat çərçivəsində hər iki proqramın funksional imkanları, istifadə rahatlığı, emal sürəti və nəticələrin dəqiqliyi baxımından üstünlükləri və çətinlikləri analiz edilmişdir. Məqsəd, bu iki proqramın fərqli xüsusiyyətlərini müqayisəli şəkildə ortaya qoyaraq, istifadəçilər üçün optimal seçim imkanlarını müəyyənləməkdir.

MATERIAL VƏ METODLAR

Aparılan tədqiqatlarda DECH və IRAF proqram paketlərinin eşelle spektrlərin emalında tətbiq imkanlarının müqayisəli təhlili aparılmışdır. İndə istifadə olunan HD148743 (A7 Ib) ulduzunun spektri 2023-cü ildə N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının 2-metrlik teleskopun Kasseqren fokusunda optik lifli kasseqren eşelle spektroqrafında quraşdırılmış 4000x4000 ölçülü YƏC kamerası vasitəsi ilə $R=28000$ ayırdetmə ilə alınmışdır. Müşahidələr zamanı əldə olunan xam spektrlər, hər iki proqram paketinin tələblərinə uyğun olaraq ilkin emal mərhələsinə hazırlanmışdır. İlkin olaraq köməkçi fraqmentlərin (CCD matrisin fonu və müstəvi sahə – flat) və müqayisə spektrlərinin emalı mərhələsi yerinə yetirilmişdir. Bu mərhələlər hər iki proqram paketində mövcud alətlərdən istifadə etməklə yerinə yetirilmişdir: IRAF-da bu məqsədlə “ccdproc”, “flatcombine”, “zerocombine” kimi modul funksiyalar [7, 10], DECH-də isə müvafiq vizual interfeysdə yerləşən korreksiya alətləri tətbiq edilmişdir [4]. Daha sonra tədqiq olunan obyektin spektrlərinin emalının mərhələləri həyata keçirilmişdir.

Şəkil 1-də Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasında (ŞAR) əldə olunan xam eşelle spektrin görünüşü (a) və emal mərhələlərinin tamamlanmasından sonra əldə edilmiş birtərtibli vektorial spektrin görünüşü (b) təqdim olunmuşdur.



Şəkil 1. ŞAR-da alınan xam eşelle spektrin görünüşü (a) və emal prosesinin sonunda birtərtibli vektorial spektrin görünüşü (b)

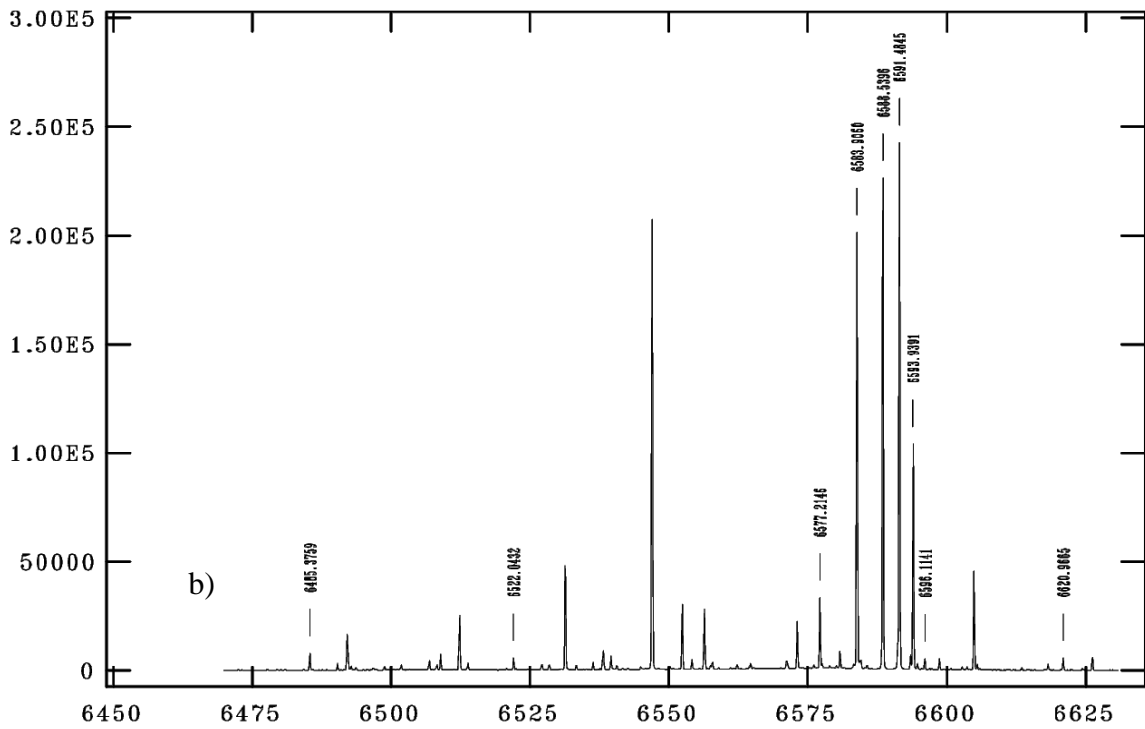
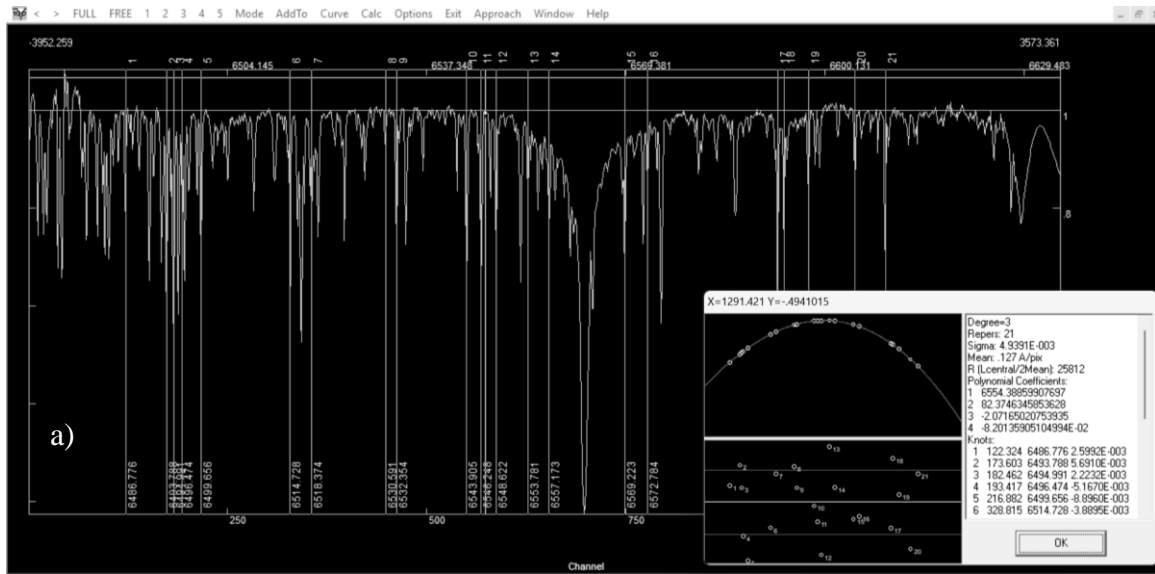
Eşelle spektrlərin emal mərhələləri aşağıdakılardır:

1. Rəqəmsal təsvirlərin emal prosesini yerinə yetirəcək cihaza və əməliyyat sistemində uyğunlaşdırılması, Windows əməliyyat sistemində DECH proqramı vasitəsilə emal prosesində bunu “swap bytes” əmri ilə icra olunur, Linux sistemində işləyən IRAF proqramı isə bu mərhələni birbaşa yerinə yetirir.
2. Qaranlıq təsvirlərin ortalaşdırılması
3. Master fraqmentlərin yaradılması
4. Fraqmentlərdən qaranlıq təsvirlərin çıxarılması
5. Həmişə düzəlişi (bu mərhələ vektor formasında da icra edilə bilər)
6. Maskanın qurulması və ya aperturaların müəyyən olunması
7. Maskanın tətbiqi ilə matrisdən vektoriala keçid
8. Dispersiyanın qurulması
9. Dispersiyanın obyektin spektrinə tətbiq olunması
10. Heliosentrik və Dopler düzəlişləri
11. Kontinumun qurulması
12. Xəttin normallaşdırılması
13. Eşelle spektrin birtərtibli spektrə gətirilməsi
14. Ölçmələrin aparılması

Emal prosesinin ən mühüm mərhələlərindən biri dispersiyanın qurulmasıdır, çünki bu mərhələ aparılan ölçmələrin dəqiqliyinə birbaşa təsir göstərir. Dispersiyanın düzgün qurulması spektral xətlərin mövqeyinin dəqiq müəyyən edilməsinə və sonrakı fiziki parametrlərin etibarlı hesablanmasına imkan verir. Şəkil 2-də DECH və IRAF proqram paketləri vasitəsilə qurulmuş dispersiya nümayiş olunur. Şəkil 2a-da DECH proqramı ilə sky (gündüz səmasının spektri) üzərində qurulmuş dispersiya, şəkil 2b-də isə IRAF vasitəsilə ThAr (Torium-Arğın lampası) spektri üzərində qurulmuş dispersiya



göstərilmişdir. Bu təsvirlər göstərir ki, hər iki proqram paketində dispersiya qurulması müxtəlif üsullarla aparılsa da, nəticədə spektrin fiziki parametrlərinin dəqiq ölçülməsinə imkan yaradan etibarlı spektral kadrılar əldə edilir.



Şəkil 2. DECH və IRAF proqram paketləri vasitəsilə qurulmuş dispersiya nümunələri. (a) DECH proqramı ilə sky (gündüz səması) spektri üzərində qurulmuş dispersiya. (b) IRAF vasitəsilə ThAr (Torium-Arşon lampası) spektri üzərində qurulmuş dispersiya

Hər iki proqram paketində eyni spektrlər üzərində emal aparılmış və aşağıdakı əsas meyarlar üzrə müqayisə aparılmışdır:

- İstifadə rahatlığı və interfeys əyanılığı;
- Emal müddəti və avtomatlaşdırma səviyyəsi;
- Dispersiyanın qurulması prosesində yaranan səhvlər və onların korreksiya imkanları;



- Spektral xətlərin parametrlərinin (məsələn, xəttin ekvivalent eni, şüa sürəti və xəttin dərinliyi) təyin olunmasında dəqiqlik;
- İstifadəçi müdaxiləsinin zəruriliyi və çevikliyi;

Qeyd etmək lazımdır ki, əlavə olaraq müqayisə üçün müxtəlif spektral siniflərə və siqnal/küy nisbətinə malik ulduzların, eləcə də standart ulduzların spektrləri emal olunmuşdur ki, bu da proqramların fərqli vəziyyətlərdəki performanslarını qiymətləndirməyə imkan vermişdir. Hər iki proqramda əldə olunan nəticələr eyni spektral komponentlər üzərində müqayisə edilərək analiz edilmişdir.

NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

Aparılmış hesablamaların müqayisəli təhlili nəticəsində DECH və IRAF proqram paketlərinin eşelle spektrlərinin emalı zamanı göstərdiyi performans bir sıra meyarlar üzrə qiymətləndirilmiş və aşağıdakı nəticələr əldə edilmişdir:

1. İstifadə rahatlığı və interfeys əyaniliyi baxımından DECH proqram paketi daha intuitiv və vizual baxımdan əyani interfeysə malikdir. IRAF isə əməllər əsaslı interfeysi ilə daha çox texniki bilik tələb edir.
2. Avtomatlaşdırma səviyyəsi və emal müddəti baxımından IRAF paket proqramı əsaslı strukturu ilə daha səmərəli və hesablama müddətinə görə daha çox qənaətlidir. DECH isə daha çox istifadəçi müdaxiləsi tələb edir.
3. Dispersiyanın qurulması və spektrin normallaşdırılması dəqiqliyi hər iki proqramda statistik baxımdan oxşar nəticələr vermişdir ($\pm 0.02 \text{ \AA}$).
4. Spektral xətlərin ölçülməsi zamanı DECH-dəki vizual metodlar daha çevikdir, IRAF-da isə standartlaşdırılmış yanaşma nəticələrin təkrarlanma ehtimalını artırır.
5. Səhvlərin aşkarlanması və korreksiya imkanları baxımından IRAF proqram paketi avtomatik analiz etmə və səhvlərlə bağlı məlumatı əks etdirmə baxımından üstünlük təşkil edir.

Ümumilikdə, DECH proqramı vizual nəzarət və interaktiv analiz üçün, IRAF isə avtomatlaşdırılmış, çoxsaylı məlumatların emalı üçün daha əlverişlidir. Aparılan tədqiqatın nəticəsində aydın olmuşdur ki, DECH və IRAF proqram paketlərində fərqli yanaşmalar istifadəçinin tədqiqatının məqsədi və istiqamətindən asılı seçilərək, eşelle spektrlərin emalında müxtəlif tələblərə cavab verirlər. Proqram seçimi sırf texniki göstəricilərdən deyil, həm də tədqiqatın məqsədi, müşahidə materiallarının həcmi və tədqiqatçının bilik və təcrübə səviyyəsindən asılı olaraq dəyişə bilər. DECH proqram paketi intuitiv interfeysi və eşelle spektrlərinin emalının müxtəlif mərhələlərinə nəzarət imkanları ilə fərdi analiz və tədris məqsədləri üçün əlverişlidir. Lakin böyük həcmli müşahidə materiallarının emalında səmərəlilik baxımından məhdudiyyətlərə malikdir. IRAF proqramı isə yüksək dərəcədə avtomatlaşdırılmış struktura və standartlaşdırılmış funksiyalara sahib olmaqla böyük verilənlər toplusunun emalı üçün uyğundur. Bununla belə, texniki bilik tələb etdiyindən, yeni istifadəçilər üçün öyrənilməsi nisbətən çətindir. Əlavə olaraq qeyd etmək lazımdır ki, DECH və IRAF proqram paketlərinin hər biri fərqli tədqiqat ssenarilərinə uyğun olaraq seçilə bilər. DECH vizual və interaktiv yanaşması ilə istifadəçiyə spektrin hər mərhələsini izləmək, fərdi təhlil aparmaq və emal prosesində düzəlişlər etmək imkanı verir, bu isə kiçik və orta ölçülü layihələrdə, eləcə də tədris məqsədli işlərdə xüsusilə faydalıdır. IRAF isə yüksək dərəcədə avtomatlaşdırılmış və modul strukturu sayəsində böyük həcmli müşahidələrin sürətli və standartlaşdırılmış şəkildə emalını təmin edir, bu da geniş verilənlər bazasına malik layihələrdə tədqiqatçıların vaxtına qənaət edir. Hər iki proqramın dispersiya qurulması, spektral xətlərin ölçülməsi və fiziki parametrlərin təyini sahəsində yüksək dəqiqlik göstərməsi onların elmi tədqiqatlarda etibarlı və effektiv alət olmasını təmin edir. Nəticə etibarilə, proqram seçimi yalnız texniki göstəricilərdən deyil, həm də tədqiqatın məqsədindən, müşahidə materiallarının həcmi və tədqiqatçının bilik səviyyəsindən asılı olaraq aparılmalıdır.

Hər iki proqram dispersiyanın qurulması və spektral xəttin fiziki parametrlərinin ölçülməsi mərhələsində yüksək dəqiqliklə nəticələr vermiş və etibarlı emal mühiti təmin etmişdir. Bu isə onların elmi tədqiqatlarda uğurla tətbiq oluna biləcəyini göstərir. Spektral emalda proqram seçimi tədqiqat



qatın mahiyyəti və məqsədinə uyğun olaraq aparılmalıdır. Qeyd olunan nəticələr Cədvəldə daha əyani şəkildə təqdim olunmuşdur:

Cədvəl

DECH və IRAF proqram paketlərinin müqayisəli təhlili

Meyar	DECH	IRAF	Qeyd
İnterfeys	Vizual və sadə	Əmrlərə əsaslanan	Yeni istifadəçilər üçün DECH daha əlverişlidir
Avtomatlaşdırma	Daha çox əl ilə əməliyyat tələb edir	Yüksək səviyyədə avtomatlaşdırılmışdır	IRAF böyük məlumat üçün uyğundur
Dispersiyanın qurulması dəqiqliyi	$\pm 0.02 \text{ \AA}$	$\pm 0.02 \text{ \AA}$	Hər iki proqramın nəticələri yaxındır
Emal sürəti	Orta	Yüksək	IRAF sürətlidir
Proqramın öyrənilməsi və istifadəsi	Asan	Mürəkkəb	IRAF texniki bilik tələb edir

YEKUN NƏTİCƏ

1. Aparılmış tədqiqatın nəticəsində aydın olmuşdur ki, azsaylı və vizual nəzarət tələb edən spektrlərin analizi üçün DECH proqramı daha əlverişlidir.
2. Çoxsaylı spektrlərin avtomatik və sürətli emalı üçün IRAF proqramı üstünlük təşkil edir.
3. Yeni istifadəçilər tərəfindən öyrənilməsi baxımından DECH proqramı IRAF proqram paketinə nisbətən daha sadə və asandır.
4. Spektroskopiya ilə məşğul olan eksperimental tədqiqatçının hər iki proqramla işləmə bacarığının olması və tədqiqat məqsədinə uyğun seçim etməsi məqsəduyğundur.
5. Proqram təminatının seçilməsi ilə yanaşı tədqiqatçının bilik səviyyəsi və təcrübəsi ölçmə nəticələrinin dəqiqliyində önəmli rol oynayır.

ƏDƏBİYYAT

1. Həsənova A.B. Eşelle spektrlərin IRAF proqram paketi vasitəsilə emalı. // AMEA-nın Xəbərləri, Fizika və Astronomiya, 2024, № 2, s. 89-100.
2. Həsənova A.B., Rüstəmov A.B. Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının 2-m teleskopunda alınan eşelle spektrlərin IRAF proqram paketi vasitəsilə ilkin emalı metodikasını. // AMEA-nın Xəbərləri, Fizika və Astronomiya, 2023, № 2, s. 135-142.
3. Микаилов, Х.М., Халилов, В.М., Алекберов, И.А. Эшелле-спектрометр фокуса Кассегрена 2-х метрового телескопа ШАО // Циркуляр ШАО, 2005, № 109, с.21-28.
4. Galazutdinov G.A. DECH - A Software Package for the Processing of Astronomical Spectra // Special Astrophysical Observatory Bulletin, 1992
5. Gray, D.F. The Observation and Analysis of Stellar Photospheres. // Cambridge University Press, 2005
6. Khalilov A.M. and Hasanova A.R. Variations of some spectral lines and profile of the H α line in the spectrum of the 89 Her (F2 Ibe), // Az.AJ, 2007 v.2, № 3-4, p.20-26.
7. Massey, P. A User's Guide to CCD Reductions with IRAF. // NOAO Manual, 1997.



8. Mikailov, Kh.M., Musayev, F.A., Alakbarov, I.A., Rustamov, B.N., Khalilov O.V. Sha-FES:Shamakhy Fibre Eshelle Spectrograph // Astronomical Journal of Azerbaijan, 2017, V. 12, N.1, p.4-29.
9. Tody J.A. The IRAF Data Reduction and Analysis System. // Proc. SPIE Instrumentation in Astronomy, - 1986.
10. Valdes, F. Guide to the NOAO Spectroscopic Reduction Software. // NOAO, IRAF Project, 1993.

A COMPARATIVE ANALYSIS OF DECH AND IRAF SOFTWARE PACKAGES FOR THE PROCESSING OF ECHELLE SPECTRA

A.B. Hasanova, A.M. Khalilov, A.Z. Guliyeva

A comparative analysis has been conducted on the application of DECH and IRAF software packages in the processing of echelle spectra obtained with the 2-meter telescope at the Shamakhy Astrophysical Observatory of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan. The advantages and limitations of both software packages have been presented. The study reveals that the DECH package stands out in terms of visual clarity and simplicity, offering an intuitive and user-friendly interface that facilitates ease of use. In contrast, the IRAF package excels in automation capabilities and time efficiency. However, due to its technical complexity, IRAF poses a steeper learning curve, particularly for novice users. In terms of measurement accuracy, it has been determined that both software packages are suitable for use and provide sufficiently precise results.

Keywords: *IRAF, DECH, preliminary data processing, echelle spectrum*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНЫХ ПАКЕТОВ DECH И IRAF ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭШЕЛЕ-СПЕКТРОВ

А.Б. Гасанова, А.М. Халилов, А.З. Гулиева

Проведён сравнительный анализ применения программных пакетов DECH и IRAF при обработке эшеле-спектров, полученных с использованием 2-метрового телескопа Шамахинской астрофизической обсерватории им. Н. Туси Министерства Науки и Образования Азербайджанской Республики. Рассмотрены преимущества и трудности работы с каждым из программных пакетов. В результате исследования установлено, что программный пакет DECH обладает преимуществами в плане наглядности и простоты использования. Программный пакет IRAF, в свою очередь, обеспечивает высокую степень автоматизации и экономии времени. Благодаря интуитивно понятному и визуально ориентированному интерфейсу, DECH легче осваивается, особенно начинающими пользователями, тогда как IRAF требует более глубоких технических знаний. Что касается точности измерений, оба программных пакета демонстрируют сопоставимые и высокие показатели, обеспечивая получение надёжных результатов, соответствующих научным требованиям.

Ключевые слова: *IRAF, DECH, предварительная обработка, эшеле-спектр*