TJAA Vol. **3**, *Issue* 3, *p.*6–9 (2022). DOI: 10.55064/tjaa.1037278 *Research Article*

RTT-150 TFOSC Tayfsal Gözlemleri ile Keşfedilen Kuazarlar

S. Hökelek,[1]⋆ N. Filiz Ak[1]

[1] *Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Kayseri*

Accepted: January 11, 2021. Revised: December 28, 2021. Received: December 15, 2021.

Özet

Bu çalışma; dört kuazar adayının ilk spektroskopik gözlemlerini sunmaktadır. Kuazar adayları, SDSS ve *WISE* fotometrik renklerinden hesaplanan yüksek adaylık olasılıkları göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Seçilen kaynakların tayfsal verileri, RTT150 teleskobu ve *TFOSC* tayfçekeri ile elde edilmiştir. Seçilen adaylardan dört tanesinin, Ocak ve Şubat 2021'de toplam 2 gece yapılan gözlemlerle ilk kez uzun-yarık tayfsal verileri elde edilmiştir. Bu verilerin indirgenmesi sonucunda elde ettiğimiz ön sonuçlar, kaynakların tayflarında, kuazar tayflarının karaktersitiği olan geniş ve dar salma çizgilerinin varlığına işaret ederek adayların kuazar olduğunu doğrulamıştır. Bu dört kuazara ait z, $d_{\rm L}$ ve $M_{\rm i}(z=2)$ parametreleri hesaplanmıştır.

Abstract

This study presents the first spectroscopic observations of four quasar candidates. We select the quasar candidates considering the high candidacy probabilities calculated from the SDSS and *WISE* photometric colors. We obtained the long-slit spectrum of each candidate with RTT-150 telescope and *TFOSC* spectrometer in two nights of January and February 2021. The reduced spectra show characteristic broad and narrow emission features confirming that all four of the candidates are members of quasar class. We present the calculation results of z, $d_{\rm L}$, and $M_{\rm i}(z=2)$ parameters for four quasars.

Anahtar Kelimeler: Galaxies; Active Galaxies; Quasars, Quasar Spectrum

1 Giriş

Kuazarlar, radyo bölgeden x-ışın bölgeye kadar elektromanyetik tayfın her bölgesinde çok güçlü ışıma yapmaktadırlar. Bu özellikleri ile normal galaksilerden ve yıldızlardan kolaylıkla ayırt edilebilirler. Kuazarlar çok güçlü ışınım yapmaları sebebiyle çok uzak olsalar dahi ışınımları bize ulaşabilmektedir. Ancak, uzaklıkları sebebiyle gökyüzünde galaksiler gibi yaygın cisim olarak değil, yıldızlar gibi noktasal kaynak olarak gözlenirler.

Kuazarların sahip oldukları güçlü ışınım büyük oranda kuazarların merkezlerinde yer alan çekirdek bölgesinden kaynaklanmaktadır. Bu çekirdek bölgesi Aktif Galaksi Çekirdeği (AGÇ) olarak tanımlanmaktadır. Aktif galaksi çekirdeği, galaksinin merkezinde yer alan bir süper kütleli kara delik, kara deliğin etrafında yığılma diski ve yığılma diskini çevrelemiş olan toz torustan oluşmaktadır (Peterson 1997).

Schmidt (1963); Hazard et al. (1963) tarafından yapılan gözlemlerle keşfedilen kuazarlar ile ilgili çalışmalar her geçen yıl giderek artmıştır. Haziran 1971'e kadar keşfedilen tüm kuazarları içeren Kitt Peak Kuazar Listesi optik olarak doğrulanmış 261 kuazar içermektedir (Share 1996). Keşfedilen kuazar sayısı, özellikle Sloan Digital Sky Survey (SDSS) gibi gökyüzü tarama çalışmalarının hayata geçmesi ile hızla artmıştır. SDSS'in son yayınladığı kuazar kataloğu, tayfsal olarak doğrulanmış kuazar sayısını 750 414 olarak bildirmektedir (Lyke et al. 2020).

SDSS gibi gökyüzünün büyük bir kısmını gözlemleyerek çok sayıda kuazar keşfetmeyi hedefleyen gözlemsel çalışmalar, kaynakların tayfsal gözlemleri elde edilmeye başlamadan önce fotometrik veriler kullanarak kuazar adayı olabilecek kaynakları belirlemektedir (Richards et al. 2002; Bovy et al. 2011). Özellikle farklı filtrelerde alınmış fotometrik parlaklıklardan hesaplanan renk değerleri, kuazarları yıldızlardan ve galaksilerden ayırt etmek için kullanılmaktadır. Kuazar adayları, yıldızlara benzer olarak nokta kaynak şeklinde görüldüğünden, yıldızlardan ayırt edebilmek önemlidir. Richards et al. (2009) çalışmasına göre yıldızlar ve kuazarlar SDSS filtrelerinde renk-renk diyagramlarında ve renk-parlaklık diyagramlarında farklı noktalara yığılmaktadır. Güncel olarak Heintz et al. (2020) çalışmasında SDSS fotometrik verilerinin yanı sıra yakın-kızılötede ve kızılötede veri toplayan Two Micron All Sky Survey (*2MASS*) ve Wide Field Infrared Survey Explorer (*WISE*) teleskopları ile alınan fotometrik ölçümlerin de dahil edildiği renk-renk diyagramlarında kuazarların diğer kaynaklardan farklı bölgelerde yığıldıkları görülmektedir (Skrutskie et al. 2006; Wright et al. 2010). Çok boyutlu düzlemler dikkate alınarak, bu yığılmalar makine öğrenmesi algoritmaları ile modellenebilmektedir. Oluşturulan modeller, fotometrik verileri elde edilmiş başka kaynakların kuazar sınıfına dahil olma ihtimalini hesaplamaktadır (Bovy et al. 2011).

Çok sayıda kuazar adayının belirlenmesinde elektromanyetik tayfın farklı bölgelerinden alınan gözlemler de kullanılmaktadır. Bu konu üzerinde kapsamlı bir çalışma Mushotzky (2004) tarafından derlenmiştir. Ancak bu yöntemler içerisinde fotometrik veriler ile aday olarak belirlenen kaynakların tayfsal gözlemlerle doğrulanması gözlemsel olanakların genişliği ve uygunluğu bakımından kolay ve güvenilir bir yöntemdir.

Bu çalışmada, SDSS ve *WISE* fotometrik gözlemleri kullanılarak kuazar adayı olarak belirlenen kaynakların RTT-150 teleskobu ve *TFOSC* tayfçekeri ile alınan

⋆ sthokelek@gmail.com

© 2022 Turkish Astronomical Society (TAD)

Çizelge 1. Seçilen kuazar adaylarına ait gözlem bilgileri

Kaynak Adı	Sağaçıklık (Derece)	Dikaçıklık (Derece)	i Parlaklığı (kadir)	Gözlem Zamanı	Poz süresi (sn)	Grizm
WISEA J082447.71 + 675136.3	126.198586	67.860140	18.213	14 Şubat 2021	3600	15
WISEA J084705.45 + 813401.7	131.772720	81.567140	17.530	14 Şubat 2021	3600	15
WISEA J091936.04 + 753944.3	139.900050	75.662330	16.267	20 Ocak 2021	4000	15
WISEA J091355.88 + 791116.1	138.482800	79.187836	16.680	20 Ocak 2021	5400	15

tayfsal verileri incelenmiştir (Bölüm 2). Tayfların analizleri sonucunda, gözlenen dört kaynağın her birinin kuazar olduğu doğrulanmıştır. Kaynakların kırmızıya kayma parametreleri ve mutlak parlaklıkları belirlenmiştir (Bölüm 3).

2 Kuazar Adaylarının Belirlenmesi ve Gözlenmesi

Bu bölümde kuazar adaylarının seçimi için dikkate alınan kriterler, gözlenen adayların gözlem bilgileri ve tayfsal verilerin indirgenmesi ile ilgili ayrıntılar sunulmuştur.

2.1 Aday Kuazarların Belirlenmesi

Bu çalışma için seçilen kuazarlar, fotometrik verileri dikkate alınarak kuazar olma ihtimali yüksek adaylar arasından seçilmiştir. Filiz Ak vd. (hazırlanıyor) çalışmasında, yapay sinir ağı modellemesi kullanılarak SDSS ve *WISE* tarafından gözlenen kaynakların parlaklık ve renk değerlerine göre sınıflama tahmini yapılmaktadır. Bu sınıflama sonucunda, her bir kaynağın kuazar olma ihtimali hesaplanmaktadır. Bu çalışmada seçilen kaynakların kuazar olma ihtimalinin %90 ve üzerinde olması ilk kriter olarak dikkate alınmıştır.

Seçilen kuazar adayları arasından, kaynakların RTT150 teleskobu ve *TFOSC* tayfçekeri ile gözlenebilir olması ve yıl içerisinde gözlenebildiği sürelerin görece uzun olması şartı aranmıştır. Buna göre, kaynakların koordinatları ve parlaklıkları dikkate alınarak kriterler oluşturulmuştur.

Ocak ve Şubat 2021 tarihlerinde gözlenmeye uygun olan kaynaklar arasından dört tanesinin tayfsal verisi elde edilebilmiştir. Gözlenen kaynakların *WISE* isimleri şunlardır:

WISEA J082447.71+675136.3,
WISEA J084705.45+813401.7,
WISEA J091936.04+753944.3 ve
WISEA J091355.88+791116.1.

2.2 Gözlemler

Çalışma kapsamında belirlenen aday kuazarların tayfsal verileri RTT150 teleskobu ve TFOSC tayfçekeri ile elde edilmiştir. Aday kaynakların kuazar olup olmadıklarını doğrulamak için dalgaboyu aralığı 3650 Å ila 8750 Å ve tayfsal çözünürlüğü 12 Å olan Grizm 15 seçilmiştir. Kaynakların tayfsal verilerinin indirgeme işlemlerinde kullanılmak üzere Fe-Ar lamba tayfları ve tayfsal standart yıldız tayfları elde edilmiştir.

Gözlenen kaynaklara ait gözlem bilgileri Çizelge 1'de sunulmaktadır. Kaynakların poz süreleri, parlaklıkları dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu gözlemlerdeki temel amaç, kaynakların kuazar olup olmadıklarını belirlemek olduğu için, baskın salma çizgilerinin görülmesini sağlayacak bir sinyal gürültü oranının S/N yeterli olacağı varsayılmıştır.

2.3 Tayfsal Verilerin İndirgenmesi

Belirlenen dört kuazar adayına ait gözlenen tayfsal verilerin analizlere hazır hale getirilebilmesi için standart ön indirgeme adımları uygulanmıştır. Ön indirgeme işlemleri için *Python* programlama dilinde, tarafımızdan yazılan kodlar kullanılmıştır.

Standart ön indirgeme adımları olan bias ve flat düzeltmesi gibi işlemler öncesinde kozmik ışınlar, *ccdproc-CosmicRay* modülü ile ayıklanmıştır. Dalgaboyu kalibrasyonu işlemleri için gözlenen Fe-Ar lamba tayfları için atlas üretilmiştir. Tayfların akı kalibrasyonu işlemleri için gözlenen tayfsal standart yıldızlar kullanılmıştır.

3 Ön Sonuçlar ve Analiz

Bu bölümde ön indirgeme işlemleri tamamlanmış tayfsal verilerin analizleri sonucunda kaynakların kırmızıya kayma değerlerinin, parlaklık uzaklıklarının ve mutlak parlaklıklarının belirlenmesi ile ilgili ayrıntılar sunulmuştur.

3.1 Kırmızıya Kaymanın Belirlenmesi

Kuazarların kırmızıya kayma değerlerini belirlemek için gözlenen ve süreklilik normalizasyonu uygulanan tayf verileri Kacan et al. (2021) tarafından hazırlanan *zFinder* programına girdi olarak kullanılmıştır. *zFinder* programı, Vanden Berk et al. (2001) çalışmasında 2000'den fazla kuazarın tayfsal verilerinin bir ortalaması olarak hazırlanan şablon tayf ile gözlenen tayfları kıyaslamaktadır. Kıyaslamaları küçük z adım aralıkları için tekrar ederek her bir adımda uyumluluk parametresi hesaplayan algoritma, en yüksek uygunluk parametresinin elde edildiği z değerini kaynağın kırmızıya kayması olarak tanımlamaktadır.

Şekil 1'de gözlenen tayfların şablon tayfla kıyaslaması sunulmuştur. Şekildeki panellerin üzerinde en yüksek uyumluluğu sağlayan z değerleri gösterilmiştir.

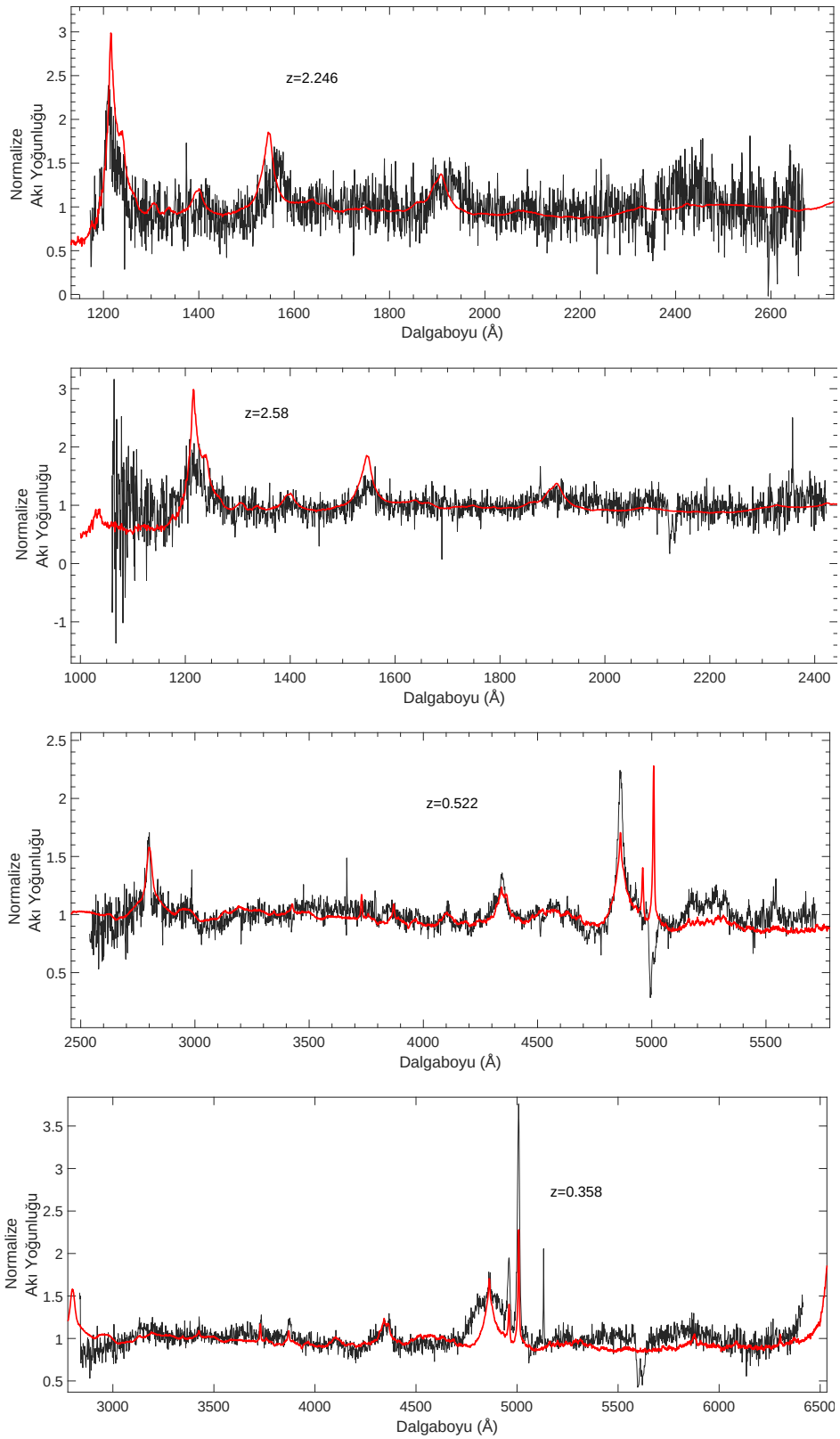
3.2 Mutlak Parlaklık ve Parlaklık Uzaklığı Hesabı

Gözlenen kaynakların kırmızıya kayma değerleri belirlendikten sonra parlaklık uzaklıklarının ve mutlak parlaklıklarının belirlenmesi için kozmolojik sabitler; $\Omega_m = 0.3$, $\Omega_\Lambda = 0.7$ ve $H_0 = 70\,\mathrm{km\,s^{-1}\,Mpc^{-1}}$ şeklinde dikkate alınmıştır.

Mutlak parlaklıkların hesaplanması için

$$M_i - m_i = 5 - 5\log d_\mathrm{L}(z) + A_i + K(z) \qquad (1)$$

dikkate alınmıştır. Bu denklemde M_i ve m_i SDSS i bandındaki mutlak ve görünür parlaklıkları, d_L parlaklık uzaklığını, z *zFinder* ile hesaplanan kırmızıya kayma miktarını, A_i Samanyolu Galaksisinden kaynaklanan sönümlemeyi ve $K(z)$ ise K düzeltme parametresini temsil etmektedir. SDSS i bandı için A_i sönümleme katsayısı, Schlafly & Finkbeiner (2011) çalışmasından alınmıştır. K düzeltme parametresi, Richards et al. (2006) çalışmasında $z = 2$ değerlerine göre modellenmiş



Şekil 1. Panellerde sırasıyla QSO4, QSO5, QSO9 ve QSO12 tayfları (siyah) ve kuazar şablon tayfı (kırmızı) yer almaktadır. Yatay eksende kuazar uzayındaki dalgaboyları, dikey eksende ise normalize akı yoğunluğu verilmiştir. Keşfedilen kuazarların z değerleri Kacan et al. (2021) tarafından hazırlanan zFinder programı kullanılarak sırasıyla 2.246, 2.58, 0.522 ve 0.358 bulunmuştur.

Çizelge 2. Kuazarların hesaplanan parametreleri

Kırmızıya Kayma	Parlaklık Uzaklığı (Mpc)	Galaktik Sönümleme (kadir)	K-düzeltmesi (kadir)	$M_{\rm i}$ $(z=2)$ (kadir)
2.246	18 232.6	0.069	−0.207	−28.229
2.580	21 385.3	0.045	−0.230	−29.306
0.522	2 969.5	0.042	0.232	−25.823
0.358	1 919.1	0.035	0.416	−24.284

verilerden elde edilmiştir. Kaynakların hesaplanan z, $d_{\rm L}$, $A_{\rm i}$, $K(z)$ ve M_i değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

4 Tartışma ve Sonuç

SDSS ve *WISE* fotometrik verilerini dikkate alarak yapay sinir ağı modellemesi ile kuazar adayı olma ihtimali yüksek kaynaklar arasından seçilen dört kaynağın RTT-150 teleskobu ve *TFOSC* tayfçekeri ile uzun-yarık tayfsal verileri ilk kez elde edilmiştir. Kaynak tayflarının her birinde hem geniş hem de dar salma çizgilerinin açıkça belirlenmesi sonucunda, dört kaynağın her birinin kuazar olduğu doğrulanmıştır. Bu kaynakların kuazar adayı olduklarına dair daha önce bir çalışma bulunmadığından ve tayfsal verileri ilk kez bu çalışma ile doğrulandığından bu dört kuazar çalışmamızda keşfedilmiştir.

Gözlenen kuazarların tayflarından z kırmızıya kayma değerleri *zFinder* programı ile belirlenmiştir (Kacan et al. 2021). Artan sağ açıklığa göre sıralandığında, kaynakların z değerleri sırasıyla 2.246, 2.58, 0.522, 0.358 olarak elde edilmiştir. Hesaplanan z değerleri dikkate alınarak, her bir kaynağın parlaklık uzaklığı ve mutlak parlaklığı belirlenmiştir.

SDSS DR16 kuazar kataloğunda (Lyke et al. 2020) yer alan tüm kuazarların z ve $M_{\rm i}$ dağılımları ile kıyaslandığında, keşfedilen bu dört kuazarın konumları Şekil 3'de verilmektedir.

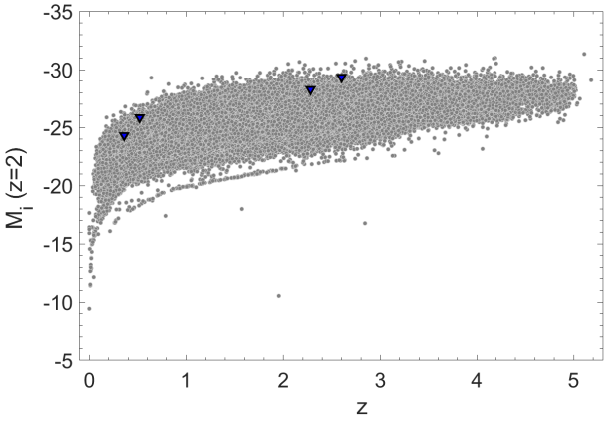
Çalışmanın bundan sonraki adımlarında, her bir kuazarın ışıma gücü değerlerinin ve merkezi kara delik kütlelerinin hesaplanması planlanmaktadır. Kaynaklara ait tüm veriler dikkate alınarak tayfsal enerji dağılımlarının var olan modellerle kıyaslanması planlanmaktadır. Bu çalışmadaki kaynaklara benzer şekilde kuazar olma adaylık durumunu belirlediğimiz başka kaynakların gözlemlerine devam edilmesi için planlamalar yapılmaktadır.

Teşekkür

Hakemlere, değerli katkıları nedeniyle teşekkür ederiz. 1370 numaralı proje ile RTT150'nin (Antalya'daki Rus-Türk 1.5-m teleskobu) kullanımına kısmi destek veren TÜBİTAK Ulusal Gözlemevine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Bovy J., et al., 2011, ApJ, 729, 141
Hazard C., Mackey M. B., Shimmins A. J., 1963, Nature, 197, 1037
Heintz K. E., et al., 2020, A&A, 644, A17
Kacan E. S., Hökelek S., Filiz Ak N., 2021, Turkish J of AA, yayına hazırlanıyor
Lyke B. W., et al., 2020, ApJS, 250, 8
Mushotzky R., 2004, in Barger A. J., ed., Astrophysics and Space Science Library Vol. 308, Supermassive Black Holes in the Distant Universe. p. 53 (arXiv:astro-ph/0405144), doi:10.1007/978-1-4020-2471-9_2
Peterson B. M., 1997, An Introduction to Active Galactic Nuclei. Cambridge University Press, ISBN 9780521479110



Şekil 2. SDSS DR16 kuazar kataloğunda yer alan tüm kuazarların kırmızıya kayma (z) ve mutlak i bandı parlaklık ($M_{\rm i}$) dağılımları (gri noktalar) ve keşfedilen 4 kuazarın bu dağılımdaki konumları (mavi üçgen) gösterilmiştir. Mutlak parlaklık hesaplamalarına $z = 2$ değerine göre modellenen K düzeltmeleri dikkate alınmıştır.

Richards G. T., et al., 2002, AJ, 123, 2945
Richards G. T., et al., 2006, AJ, 131, 2766
Richards G. T., et al., 2009, ApJS, 180, 67
Schlafly E. F., Finkbeiner D. P., 2011, ApJ, 737, 103
Schmidt M., 1963, Nature, 197, 1040
Share G., 1996, VizieR Online Data Catalog, p. VII/11, ADS
Skrutskie M. F., et al., 2006, AJ, 131, 1163
Vanden Berk D. E., et al., 2001, AJ, 122, 549
Wright E. L., et al., 2010, AJ, 140, 1868

Access:
M22-0305: Turkish J.A&A — Vol.3, Issue 3.