



**GRUP IŞIK ÖLÇÜM YÖNTEMİNİN
IRAF TEMELLİ YAZILIMA UYGULANMASI**

Mohammad SHAMEONI NIAEI

**Yüksek Lisans Tezi
Fizik Anabilim Dalı
Astronomi ve Astrofizik Bilim Dalı
Doç. Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK
2018
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**GRUP IŞIK ÖLÇÜM YÖNTEMİNİN IRAF TEMELLİ YAZILIMA
UYGULANMASI**

Mohammad SHAMEONI NIAEI

**FİZİK ANABİLİM DALI
Astronomi ve Astrofizik Bilim Dalı**

**ERZURUM
2018**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü



TEZ ONAY FORMU

GRUP IŞIK ÖLÇÜM YÖNTEMİNİN IRAF TEMELLİ YAZILIMA UYGULANMASI

Doç. Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK danışmanlığında, Mohammad SHAMEONI NIAEI tarafından hazırlanan bu çalışma, 28.6/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronmi ve Astrofizik Anabilim Dalı Astronmi ve Astrofizik Bilim Dalı'nda Yüksek Lisansı tezi olarak ~~oybirliği~~ ~~oy~~ ~~çokluğu (.../...)~~ ile kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi İlham NASIROĞLU

İmza :

Üye : Doç. Dr. Nazım AKSAKER

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun 19.07/2018 tarih ve 29...../...21..... nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GRUP IŞIK ÖLÇÜM YÖNTEMİNİN IRAF TEMELLİ YAZILIMA UYGULANMASI

Mohammad SHAMEONI NIAEI

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı
Astronomi ve Astrofizik Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK

Bu çalışmada, kalabalık alan verilerinin incelenmesinde çokça kullanılan toplu ışık ölçüm yöntemine farklı bir bakış açısı getirilmiştir. Bu yöntemle, incelenecek kaynaklar için gözlemin yapıldığı gözlemevi ve optik sistem için standart sisteme dönüşüm katsayıları hesaplanmadan, sözü geçen kaynakların standart sistemdeki parlaklıkları NOMAD, USNO vb. kataloglar kullanılarak hesaplanmıştır.

2018, 37 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kalabalık alan ışık ölçümü, Parlaklık, Katalog

ABSTRACT

MS Thesis

APPLICATION OF AN IRAF BASED EMSSEMBLE PHOTOMETRY METHOD

Mohammad SHAMEONI NIAEI

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Fyszcis
Department of Astronomy and Astrophysics

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK

In this study, we created a new approach to ensemble photometry. With this method we are able to estimate the stadard magnitude of sources with high accuracy, without knowing the atmospheric extinction condition of observatoy which observation was made, using only statistical methods. Using this method we can calculate the standard magnitude of sources using any astronomical catalogue such as NOMAD, USNO etc.

2017, 37 pages

Keywords: Ensemble photometry, Magnitude, Catalogue

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmanın, planlanıp yürütülmesinde tecrübe ve bilgileriyle her zaman yanımda olan çok değerli hocam, Sayın Doç. Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK’a en içten şükranlarımı sunarım.

Çalışma süresince manevi desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Yücel KILIÇ, Burak Bülent GÜÇSAV, Yavuz GÜNEY ve Yusuf PAK’a ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

Mohammad SHAMEONI NIAEI

Temmuz, 2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	3
2.1. Parlaklık.....	3
2.1.1. Aletsel parlaklık	3
2.1.2. Mutlak parlaklık	4
2.1.3. Bolometrik parlaklık.....	6
2.2. Zaman.....	6
2.3. Kalabalık Alan Işık Ölçümü.....	7
3. MATERYAL ve METOT	10
3.1. Materyal.....	10
3.1.1. Python.....	10
3.1.2. Optik sistemler	11
3.1.2.a. ATA50 teleskobu.....	11
3.1.2.b. Rotse III-d teleskobu	11
3.1.2.c. T100 teleskobu	12
3.1.3. Kataloglar	12
3.1.3.a. GAIA	12
3.1.3.b. USNO	12
3.1.3.c. NOMAD	12
3.2. Metot	13
3.2.1. Metot 1	13
3.2.2. Metot 2	14
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	17

5. SONUÇ	24
5.1. ATA50.....	24
5.2. T100.....	26
5.2.1. NSVS07825147.....	26
5.2.2. NSVS14256825.....	29
5.3. Karşılaştırma	35
KAYNAKLAR	37
ÖZGEÇMİŞ	38



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ΔM	Aletsel parlaklık ve katalog parlaklık farkı
a	Doğrusal denklemin eğimi
b	Doğrusal denklemin sabiti
d	Uzaklık
L	Işıma gücü
M	Mutlak parlaklık
m	Parlaklık
M_a	Aletsel parlaklık
M_{ag}	Parlaklık
M_k	Katalog parlaklık
S	Ortalama sapma
α	Sağ açıklık
α_{kat}	Katalog sağ açıklık
α_{WCS}	WCS sağ açıklık
β	Tutulum enlemi
δ	Dik açıklık
δ_{kat}	Katalog dik açıklık
δ_{WCS}	WCS dik açıklık
λ	Tutulum boylamı
$\lambda_{\odot}$	Güneş'in tutulum boylam

Kısaltmalar

CCD	Charge Coupled Device
HJD	Gün Merkezli Jülyen Günü
IRAF	Image Reduction and Analysis Facility
JD	Jülyen Günü
ROTSE	Robotic Optical Transient Search Experiment
WCS	World Coordinate System

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Uzaklık-Parlaklık arasındaki ilişki	5
Şekil 2.2. Işınım gücü-Parlaklık arasındaki	5
Şekil 3.1. Python ile yazılan betik için akış diyagramı.....	15
Şekil 4.1. Katalog sağ açıklık koordinatlarına karşılık WCS koordinatları arasındaki ilişki.....	18
Şekil 4.2. Rotse III-d teleskobunda yapılan bir gözlem için aletsel parlaklık – katalog parlaklığı grafiği	19
Şekil 4.3. ATA50 teleskobunda yapılan bir gözlem için aletsel parlaklık – katalog parlaklığı grafiği	19
Şekil 4.4. T100 teleskobunda yapılan bir gözlem için aletsel parlaklık – katalog parlaklığı grafiği	20
Şekil 4.5. Rotse III-d teleskobunda yapılan bir gözlem için aletsel parlaklık – katalog parlaklığı arasındaki ilişki.....	21
Şekil 4.6. ATA50 teleskobunda yapılan bir gözlem için aletsel parlaklık – katalog parlaklığı arasındaki ilişki.....	22
Şekil 4.7. T100 teleskobunda yapılan bir gözlem için aletsel parlaklık – katalog parlaklığı arasındaki ilişki	22
Şekil 5.1. ATA50 teleskobuyla yapılan V523 Cas yıldızının zamana bağlı aletsel parlaklık değişimi	25
Şekil 5.2. ATA50 teleskobuyla yapılan V523 Cas yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi.....	25
Şekil 5.3. ATA50 teleskobuyla yapılan V523 Cas yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi ile yıldızın Simbad veritabanındaki parlaklığı.....	26
Şekil 5.4. T100 teleskobuyla yapılan NSVS07826147 yıldızının zamana bağlı aletsel parlaklık değişimi	27
Şekil 5.5. T100 teleskobuyla yapılan NSVS07826147 yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi.....	28

Şekil 5.6. T100 teleskobuyla yapılan NSVS07826147 yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi ile yıldızın Simbad veritabanındaki parlaklığı.....	28
Şekil 5.7. T100 teleskobuyla yapılan NSVS14256825 yıldızının zamana bağlı aletsel parlaklık değişimi	29
Şekil 5.8. T100 teleskobuyla yapılan NSVS14256825 yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi.....	30
Şekil 5.9. T100 teleskobuyla yapılan NSVS14256825 yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi ile yıldızın Simbad veritabanındaki parlaklığı.....	30
Şekil 5.10. T100 teleskobuyla yapılan NSVS14256825 yıldızının zamana bağlı aletsel parlaklık değişimi.....	31
Şekil 5.11. T100 teleskobuyla yapılan NSVS14256825 yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi	32
Şekil 5.12. T100 teleskobuyla yapılan NSVS14256825 yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi ile yıldızın Simbad veritabanındaki parlaklığı.....	32
Şekil 5.13. T100 teleskobuyla yapılan NSVS14256825 yıldızının zamana bağlı aletsel parlaklık değişimi.....	33
Şekil 5.14. T100 teleskobuyla yapılan NSVS14256825 yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi	34
Şekil 5.15. T100 teleskobuyla yapılan NSVS14256825 yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi ile yıldızın Simbad veritabanındaki parlaklığı.....	34
Şekil 5.16. T100 teleskobuyla yapılan NSVS07825147 yıldız için fark ışık ölçüm ile metot 1 yönteminin karşılaştırılması.....	35

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Mutlak parlaklığı bilinen bir kaç objenin görünür parlaklığı ve mutlak parlaklığı	6
Çizelge 3.1. Yazılan Python betiğinin bağımlılıkları.....	11
Çizelge 5.1. Kullanılan gözlem verilerinin özellikleri.....	24



1. GİRİŞ

Astronomide yapılan gözlem tekniklerinin en temeli olan ışık ölçüm yöntemiyle gök cisimlerinin özelliklerin (değişimleri, periyotları, çift olup olmadıkları gibi) yörünge ve fiziksel parametreleri gibi birçok bilinmeyen bulunabilmektedir. Işık ölçüm tekniği, az maliyetli ve zahmetli, hızlı ve doğru sonuç veren bir yöntem olduğu için çokça ve her zaman tercih edilir.

Klasik ışık ölçümünde, zamana bağlı olarak bir kaynağın yaydığı ışığın şiddetindeki (parlaklığındaki) değişimler kayıt altına alınır. Optik sistem ve alıcıya bağımlılık gösteren bu parlaklığa ise aletsel parlaklık denir. Aletsel parlaklıklar, aynı gözlemevi ve optik sistem için doğru sonuçlar verebilirken, farklı konum ve optik sisteme sahip iki gözlemevi için aynı anda yapılacak bir gözlem sonucunda bir kaynağın parlaklık değeri farklı olacaktır. Bunun sonucunda farklı gözlemevi ve optik sistemde yapılan gözlemlerde bir kaynağa ait parlaklık-zaman verilerini birleştirmek veya birlikte değerlendirmek imkansız hale gelebilir. Bu sorunu çözebilmek için aşağıdaki adımlar izlenmelidir.

Standart ve değişmeyen oldukları daha önce tespit edilmiş yıldızların gözlemleri yapılmalıdır. Değişmeyen yıldızların gözlemleri kullanılarak, gözlemevi ve optik sistem için standart sisteme dönüşüm ve atmosferik sönümleme katsayıları hesaplanmalıdır.

Işık ölçüm yöntemi, günümüze kadar farklı alıcılarla (CCD: Charge Coupled Device, fotokatlandırıcı, fotoğraf plağı, göz vb.) yapılmış olmasına rağmen; standart hale gelmiş ve sonuçları defalarca ispatlanmıştır. Bundan dolayı, veri işlenmesinin otomatik olarak yapılması kolay bir iş haline gelmiştir.

Parlaklık değişimi gösterdiği şüpheli edilen bir kaynağın (değişen yıldız gibi) gözlemi yapılırken, aynı anda parlaklığında değişim olmadığı ya da değişimin gözlemi yapılan kaynağa göre çok daha uzun sürelerde olduğu bilinen bir kaynağın da (mukayese)

gözlemi yapılır. Gözlem yapıldıktan sonra, zamana bağlı parlaklık değişimi zamana bağlı mukayese ve değişen kaynakların parlaklıklarındaki fark (diferansiyel) hesaplanır. Böylece, dedektör ve kaynak arasındaki hatalı ölçüme neden olabilecek bütün faktörler (atmosferik değişim, dış etkiler vb.) dışlanır. Bu yöntem, “Fark Işık Ölçümü” adı verilir. Fark Işık Ölçüm yönteminde, seçilecek mukayese kaynak, parlaklığı değişmeyen bir kaynak olması gerekmektedir. Aynı zamanda, parlaklığı değişen kaynak ile benzer tayf türünde olması da gerekmektedir.

Fark Işık Ölçümü’nde, değişen ve mukayese yıldızların konumları da önemlidir. Gözlem yapılırken iki cisim de mümkünse aynı ufuk yüksekliğinde olmalıdır. Günümüzdeki gözlemlerin çoğu CCD ile yapıldığından ve CCD’lerin görüş alanları dar olduğundan, görüntü içerisinde kalan tüm kaynakların aynı ufuk yüksekliğinde olduğunu söyleyenebilir. Çalışmamızda ise mukayese yıldızına ihtiyaç duyulmamaktadır ve elde edilen sonuçlar, hava kütlesinden etkilenmemiş denebilir.

Kalabalık alan ışık ölçüm prensipleri, görüntü içerisinde yer alan kaynakların tamamını kullanarak, zamana bağlı (her bir görüntü için) sanal bir mukayese oluşturur (Burdanov *et al.* 2014). Bu sanal mukayese, fark ışık ölçüm yönteminde kullanılır. Bu tür çalışmalarda elde edilen sonuçlar, aletsel parlaklıktır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Parlaklık

Bir yıldızın parlaklığı “kadir” (m) adı verilen bir sistemle ölçülür. Bu ölçüm sistemine göre, gözle görülen en parlak yıldız birinci kadir iken, parlaklık azaldıkça kadir değeri 2., 3., 4... olarak ifade edilir.

Parlaklık şiddet belirttiğinden, uzaklığa bağlıdır. Aynı ışınım gücüne (L) sahip farklı uzaklıklardaki kaynakların, parlaklıkları farklı olacaktır. Farklı dalga boylarında atmosferin gösterdiği etkiler birbirinden farklı olduğu için atmosferin parlaklık üzerindeki etkisi çeşitlilik göstermektedir. Dolayısıyla aynı kaynağın atmosfer dışında ve atmosfer etkisi altındaki parlaklığı da farklılık göstermektedir. Sözü geçen etkiler altındaki farklı parlaklık değerleri için farklı parlaklık kavramları bulunmaktadır.

2.1.1. Aletsel parlaklık

Aletsel parlaklık, bir kaynağın optik sistemde gösterdiği parlaklıktır. Aletsel parlaklık değeri gözlemin yapıldığı konum ve zamana göre aynı düzende bile farklılık gösterebilir. Bu aşamada, hava kütlesi kavramı etkin bir rol oynamaktadır. Bir kaynağın ışığı, atmosferde yol aldıkça enerji kaybetmektedir. Dolayısıyla, atmosferde daha uzun yol kat eden ışık (ufka yakın kaynaklar) daha sönük görünmektedir.

Hava kütlesi, bir kaynağın ufuk yüksekliğini ifade etmektedir. Hava kütlesi büyük olan kaynağın, maruz kaldığı atmosfer katmanını daha kalın olduğundan hava kütlesinin de sönmlemeye etkisi daha büyük olacaktır.

Bir gök cismi meridyene gelmeden ve meridyeni geçtikten sonra aynı ufuk yüksekliğine gelmektedir. İdeal bir ortamda meridyenden önce ve sonraki aynı ufuk yükseklikleri, eşit hava kütlesine karşılık gelmektedir. Buna rağmen, doğu ve batı yarım kürelerdeki

hava kütlesi etkisinin farklılık gösterdiği bilinmektedir. Gözleme başlandığı zaman, atmosferin gün boyu ısınmış olmasından (bazı durumlarda, yakın yerleşim merkezlerinin etkisi de söz konusudur) atmosferin etkisi gözlemlenen bütün kaynaklar için fazladır ve ilerleyen zamanda hava kütlesinin etkisi git gide azalmaktadır.

2.1.2. Mutlak parlaklık

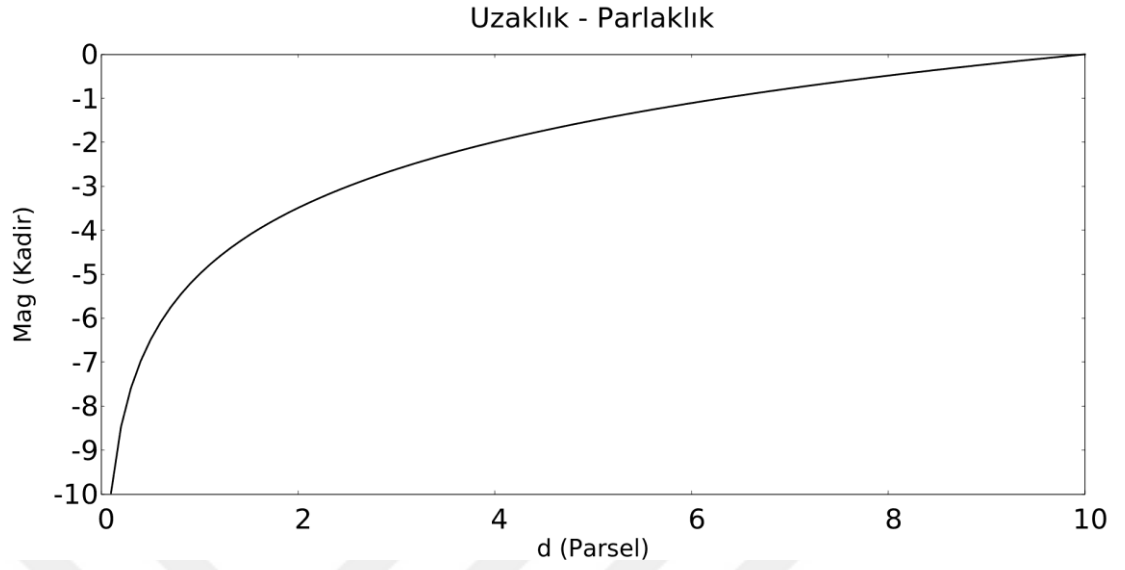
Parlaklık, gök cisminin gözlenebilirliği dışında bir bilgi iletmemektedir. Parlaklık değeri, bir gök cisminin ışıyım gücüne ve uzaklığına bağlıdır. Işıyım gücü daha fazla olan kaynakların daha parlak görünmesi beklenmektedir. Daha uzak kaynakların ise daha sönük görünmesi beklenmektedir. Astronomide “Işıyım gücü-Parlaklık” ilişkisi Pogson (1857) tarafından Eşitlik 2.1 ile verilirken; uzaklık modülü ile ifade edilen “Parlaklık-Uzaklık” ilişkisi Eşitlik 2.2 bağıntısıyla verilmektedir.

$$m = -5 \log(L) \quad (2.1)$$

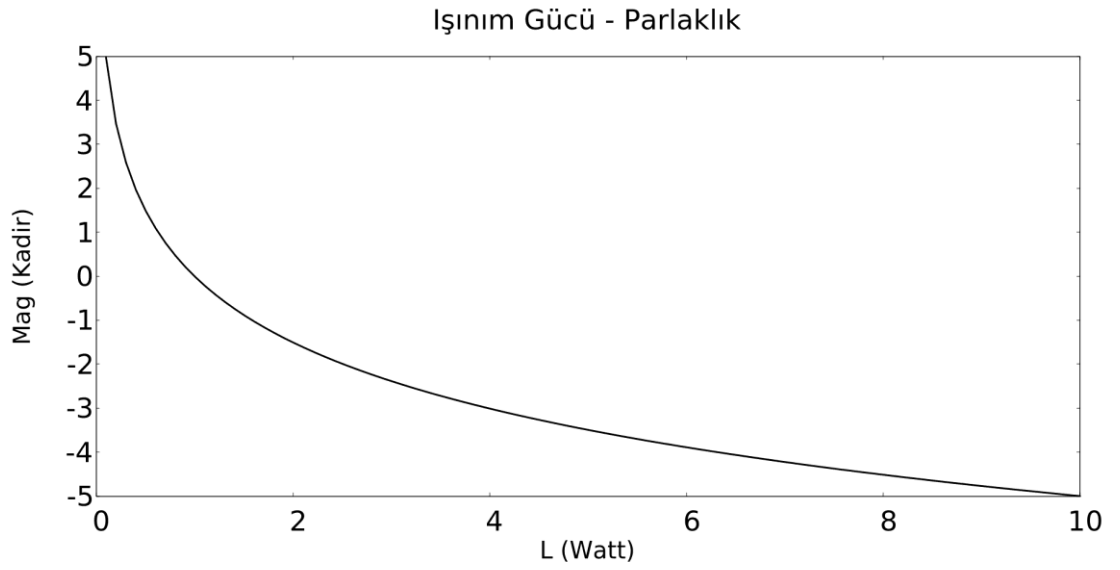
$$\Delta m = 5 \log(d) - 5 \quad (2.2)$$

Burada, m parlaklık, L ışıyım gücü (Lüminosity), Δm parlaklık farkı ve d uzaklıktır.

Parlaklık değerinin uzaklıkla değişimi Şekil 2.1, parlaklık değerinin ışıyım gücüne bağlı nasıl değiştiğini Şekil 2.2 ifade etmektedir. Uzaklık-Parlaklık bağıntısı dikkate alındığı zaman, uzaklık arttıkça parlaklık azalmakta (parlaklığın sayısal değeri atmakta) ve ışıyım gücü arttıkça parlaklık artmaktadır.



Şekil 2.1. Uzaklık-Parlaklık arasındaki ilişki



Şekil 2.2. Işınım gücü-Parlaklık arasındaki

Mutlak parlaklık, cisimlerin 10 parsek (pc) uzaklığındaki parlaklığıdır. Parlaklığı ve uzaklığı ya da ışıınım gücü ve uzaklığı bilinen gök cisimlerinin mutlak parlaklığı, Pogson formülünden (Eşitlik 2.3) hesaplanmaktadır.

$$m - M = 5 \log\left(\frac{d}{10}\right) \quad (2.3)$$

Burada, m parlaklık, M mutlak parlaklık ve d uzaklıktır.

Çizelge 2.1’de Rigel ve Deneb yıldızlarının görünür parlaklıklarının farklı ve mutlak parlaklıklarının aynı olması uzaklıklarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla, mutlak parlaklık yalnızca görünür parlaklığa değil aynı zamanda uzaklığa da bağlıdır.

Çizelge 2.1. Mutlak parlaklığı bilinen bir kaç objenin görünür parlaklığı ve mutlak parlaklığı (Anonymous 2018b)

Objeler	Görünür Parlaklık	Mutlak Parlaklık	Uzaklık
Güneş	-26,72	4,80	---
Alpha Centauri	-0,27	4,40	1,32
Canopus	-0,72	-2,50	22,67
Rigel	0,12	-8,10	429,24
Deneb	1,25	-7,20	459,90

2.1.3. Bolometrik parlaklık

Bir kaynağın 10 pc uzaklıktaki, bütün dalga boylarında ölçülmüş parlaklığına “Bolometrik Parlaklık” adı verilir. Bolometrik parlaklığın hesaplanması, gözlemin yapıldığı gözlemevine ait sönmeme katsayılarına bağlılık göstermektedir.

2.2. Zaman

Astronomide zaman kavramı olarak çoğunlukla Jülyen günü (Julian Date, JD) kullanılmaktadır. Greenwich boylamına göre öğle (Güneş’in meridyenden geçme anı)

vaktinden, MÖ 1 Ocak 4713 tarihi Pazartesi gününden itibaren bir gününü, gün ve günün kesirleri halinde, sayma sistemi ile sunmaktadır.

Uzay-zamanda gerçekleşen bir olayın sadece zamanını bilmek yeterli değildir. Bu nedenle, farklı konumlarda bulunan gözlemcilerin referans alabilecekleri bir konum belirlemek gereklidir. Bu sebeple, astronomlar uzay-zamanda gerçekleşen, ışık hızının sonlu olmasından dolayı, yerin yörüngesel konumundaki değişimlerden dolayı gerçekleşen zaman farkından kurtulmak adına, Güneş'in merkezinden gözlem yapıyormuş gibi bir zaman düzeltmesine ihtiyaç duymaktadırlar. Bu kavrama ise "Gün Merkezli Jülyen Günü (Heliocentric Julian Date, HJD)" adı verilir. HJD hesaplamak için kullanılan bağıntı, Eşitlik 2.4 ile verilmiştir.

$$HJD = JD - \frac{r}{c} \cdot \cos(\beta) \cdot \cos(\lambda - \lambda_{\odot}) \quad (2.4)$$

Burada, HJD Gün merkezli jülyen günü, JD Jülyen günü, r Güneş ile gözlemci arasındaki uzaklık, c ışığın boşluktaki hızı, β tutulum enlemi, λ tutulum boylamı ve $\lambda_{\odot}$ Güneş'in tutulum boylamını ifade etmektedir.

2.3. Kalabalık Alan Işık Ölçümü

Kalabalık Alan Işık Ölçümü iki yöntemle yapılmaktadır. Bu yöntemlerin her ikisinde de mukayese ve değişen arasındaki farkı alınarak sonuçlar elde edilmektedir. Bu yöntemlerle elde edilen sonuçlar, fark ışık ölçümü olarak adlandırılmaktadır.

Kalabalık Alan Işık Ölçümü yöntemlerinden birincisi, bir görüntü üzerindeki tüm kaynakları kullanarak sanal bir mukayese elde edilmesiyle çalışmaktadır. Bulunan mukayese yıldız kullanılarak fark ışık ölçüm yapılmaktadır. Burdanov et al. 2014 tarafından kalabalık alan ışık ölçüm yöntemi aşağıdaki adımlarla ifade edilmektedir.

1. Tüm kaynakların ışıkölçümü yapılarak, parlaklık ve parlaklık hatası değerleri elde edilmektedir.
2. Görüntü üzerindeki tüm kaynakların, ağırlık değerleri Eşitlik 2.5'te ve ağırlıklı ortalamaları Eşitlik 2.6'da hesaplanmaktadır. Ağırlık değeri olarak fotometrik hata dikkate alınmaktadır.

$$\omega = \frac{1}{MErr^2} \quad (2.5)$$

$$m_f = \frac{\sum_{n=1}^N Mag_n \omega_n}{\sum_{n=1}^N \omega_n} \quad (2.6)$$

Burada, ω ağırlık değeri, Merr parlaklık hatası değeri, Mag parlaklık değeri ve m_f ise görüntü üzerindeki kaynakların ağırlıklı ortalama parlaklık değerleridir.

3. Tüm görüntüler için elde edilen ağırlıklı ortalamaların ortalaması Eşitlik 2.7'de hesaplanmaktadır.

$$\langle m \rangle = \frac{\sum_{k=1}^K m_k}{K} \quad (2.7)$$

Burada, $\langle m \rangle$ tüm görüntülerin ortalama parlaklık değeridir.

4. Fark ışık ölçümü hesaplaması için Eşitlik 2.5 kullanılmaktadır.

$$m_d = m - (m_f - \langle m \rangle) \quad (2.8)$$

Burada, m_d fark ışık ölçüm parlaklığı ve m kaynağın aletsel parlaklık değeridir.

Kalabalık Alan Işık Ölçümü yöntemlerinden ikincisi ise, görüntü üzerindeki en az iki tane değişmeyen veya uzun dönemli değişen kaynak kullanılmaktadır. Kullanılan kaynakların parlaklıklarının ortalaması veya ortancası hesaplanarak, sanal bir mukayese elde edilerek fark ışık ölçümü yapılmaktadır. Bu yöntemde ya kullanıcı tarafından mukayese kaynak listesi alınmalıdır veya katalog verileri kullanılarak değişmeyen ve tayf türü benzer olan kaynaklar listesi tespit edilmelidir (Anonymous 2018a).

Bu yöntemlerin bu çalışmada kullanılan yöntemden farkı, elde edilen parlaklık değerlerinin parlaklık farkı düzeyinde olmasıdır. Elde edilen parlaklık değerleri, parlaklık farkı veya aletsel parlaklık düzeyinde olması, gözlenen sistemin değişim dönemi, değişim türü ve örten değişen olması durumunda yörünge parametreleri çözümü yapılabilirken, kaynağın sıcaklığı, kütlesi vb. bilgilerini elde etme ihtimali düşük olmaktadır. Bu çalışmada, elde edilen sonuçlar standart parlaklık düzeyinde olduğundan kaynağın birçok parametresi çözülebilmektedir.

3. MATERİYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Python

Işık Ölçümü'nün yapılması için Image Reduction and Analysis Facility (IRAF) yazılım sisteminin “noao-digiphot-apphot” paketi (pyraf¹) kullanılmıştır. Diğer istatistiki ve matematiksel işlemler ise Python betik dili ile yapılmıştır.

Öncelikle, Python3 ve Python2 arasında bir seçim yapılması gerekmektedir. Python2, hali hazırda daha büyük bir kütüphane sayısına sahiptir. Ayrıca, bir çok GNU/Linux dağıtımı varsayılan olarak Python2 ile birlikte gelmektedir. Python2 miras kalmış bir sürümdür ve gelecekte desteğinin bitmesi kaçınılmazdır. Ayrıca, varsayılan olmamasına rağmen bütün GNU/Linux dağıtımları kurulu bir Python3 sürümüyle gelmektedir. Bu çalışmada kullanılacak kütüphanelerin tamamının Python3 desteği olduğundan, bu betik dili seçilmiştir.

Python3 kullanılarak yazılan betik açık kaynak kodlu olup GPL V3² ile lisanslanmıştır. Betiğin bağımlılıkları da açık kaynak kodlu olup Çizelge 3.1'de verilmiştir. Çizelge 3.1'de verilen bağımlılıklar dışında Python 3.5.2'nin varsayılan modüllerinden “os, datetime, platform vb.” modüller de kullanılmıştır.

¹ Pyraf, IRAF yazılım sistemi Python üzerinden yönetmemize olanak sağlayan Python paketi

² GPL V3, Genel Kamu Lisansı, Version 3

Çizelge 3.1. Yazılan Python betiğinin bağımlılıkları

Modül	Sürüm	İşletim Sistemi
astropy ³	3.0.1	Bağımsız
matplotlib ⁴	2.2.2	Bağımsız
numpy ⁵	1.14.2	Bağımsız
astroquery ⁶	0.3.7	Bağımsız
sep ⁷	1.0.1	Bağımsız

3.1.2. Optik sistemler

Çalışmada kullanılan veriler, Atatürk Üniversitesi Astrofizik Araştırma Teleskobu (ATA50) ve Tübitak Ulusal Gözlemevi Teleskopları (Rotse III-d, T100) tarafından alınan verilerden elde edilmiştir.

3.1.2.a. ATA50 teleskobu

2011 yılında kurulmuş aynalı bir teleskoptur. ATA50 teleskobu, 510 mm çapa, 4175 mm odak uzunluğuna ve yaklaşık 40 dakikalık açıklığa sahiptir.

3.1.2.b. Rotse III-d teleskobu

Rotse (Robotic Optical Transient Search Experiment) III-d teleskobu, Gama Işın Patlamalarını yakalamak üzere tasarlanmış bir teleskoptur. Optik sistem herhangi bir uyarı almadığında (Gama Işın Patlaması gözlemediğinde) gökyüzü taraması yapmaktadır. Toplamda 4 teleskoptan oluşan sistemin son teleskobu olan Rotse III-d, Michigan State University ve ortakları tarafından TUG Bakırlitepe'ye, TÜBİTAK ile yapılan bir anlaşmayla yerleştirilmiştir. Sistem, 450 mm ayna çapına , f/1,8 odak oranı ve 0,31" lik bir çözünürlüğe sahiptir.

³ Astropy projesi Python'da Astronomi için tek bir paket geliştirmek (astropy) ve Python astronomi paketlerinin birlikte çalışabilmesini sağlamak için sürdürülen bir projedir.

⁴ Matplotlib grafik çizim paketi Python'la bilimsel programlamanın en önemli araçlarından birisidir.

⁵ NumPy, Python'da bilimsel hesaplamaların temel paketi.

⁶ Astroquery, astronomik veri tabanları istemcisi paketi.

⁷ Sep, SExtractor ve Işık ölçüm paketi.

3.1.2.c. T100 teleskobu

Işık ölçüm ve konum ölçüm gözlemleri için kullanılan bir teleskoptur. 1000 mm ayna çapına, Ritchey-Chrétien optik sınıfına sahip teleskobun odak oranı $f/10$, ayırma gücü 0,11 " ve odak ölçeği 21 "/mm'dir.

3.1.3. Kataloglar

Astronomik kataloglar, belirli özelliklerine göre gruplanmış kaynak listeleridir. Bu tür listelerde kaynakların konumları, standart parlaklıkları vb. bilgiler bulunmaktadır.

3.1.3.a. GAIA

ESA (European Space Agency) tarafından yürütülen bir uzay teleskobu projesi olup, görevinin tahmini süresi 5 yıldır. Gaia, konum ölçüm amaçlı bir projedir. G adlı Gaia'ya özel bir filtre kullanmaktadır. Kullandığı filtrenin özel olmasından dolayı, bu çalışmada Gaia kataloğunu kullanılmamaktadır.

3.1.3.b. USNO

USNO (United States Naval Observatory) kataloğu, B, V ve R filtrelerdeki parlaklıkları vermektedir. USNO kataloğunda, yaklaşık 1 milyar kaynağın özellikleri bulunmaktadır (Monet *et al.* 1996).

3.1.3.c. NOMAD

Nomad kataloğu, Zacharias *et al.* 2004 tarafından Hipparcos, Tycho-2, UCAC2 ve USNO-B gibi katalogların birleşmesinden oluşmaktadır. Nomad, birçok katalogun birleşiminden oluştuğundan dolayı, bu çalışmada kullanmak üzere seçilmiştir.

3.2. Metot

Aletsel parlaklığını gözlediğimiz cisimlerin, sönümleme ve standart sisteme dönüşüm katsayılarını bilmeksizin, katalog parlaklıkları hesaplanmıştır. Hesaplamalarımızda, kalabalık alan CCD verisinde kaynakların tamamının aynı ufuk yüksekliğinde (aynı CCD verisindeki kaynakların ufuk yüksekliğindeki değişim hesaba katılmayacak kadar küçüktür) olduğu kabul edilmiştir. Dolayısıyla, bir kalabalık alan CCD verisindeki bütün kaynakların aynı ufuk yüksekliğinde olduğu, sonuç olarak aynı hava kütlesine maruz kaldıkları varsayılmıştır.

3.2.1. Metot 1

Standart bir kaynağın o anki aletsel parlaklığı ile standart parlaklığı arada bir fark olduğu gözlenmektedir. İki parlaklık arasındaki fark, hava kütlesi, atmosferik sönümleme ve o anki bir çok etkeni (Ay'dan kaynaklanan yansıma, sistematik olmayan hataların tümü vb.) barındırmaktadır. Sözü edilen bu etkiler o anki veride bulunan bütün kaynakları etkilemektedir. Dolayısıyla bu etki hesaplanabilirse, bütün kaynaklardan çıkarılabilmektedir.

Dış etkileri sadece bir standart kaynaktan hesaplamak ise yetersiz kalabilmektedir. Kalabalık alan verisinde, parlaklığı hesaplanmak istenen kaynağa olabildiğince yakın (düz alan etkisini asgari duruma getirmek adına), bir kaç standart kaynağın parlaklığındaki değişim hesaplandıktan sonra bu değişimlerin hepsinden, herhangi bir istatistiki yöntem (ortalama, ortanca vb.) ile, daha hassas bir değişim değeri hesaplanmaktadır. Bu etki parlaklığını bilmek istediğimiz kaynağın parlaklığından çıkarılmaktadır.

Kaynağın katalog parlaklığındaki etki Eşitlik 3.1 ile hesaplanmıştır.

$$S = \frac{\sum_{n=1}^N M_a - M_k}{N} \quad (3.1)$$

Burada, M_k kaynağın katalog parlaklığı, M_a kaynağın aletsel parlaklığı, S aletsel parlaklık ile görünür parlaklık arasında fark ve N ise kaynak sayısını göstermektedir.

Aletsel parlaklıktan katalog parlaklığına geçiş, Eşitlik 3.2’de verilmiştir.

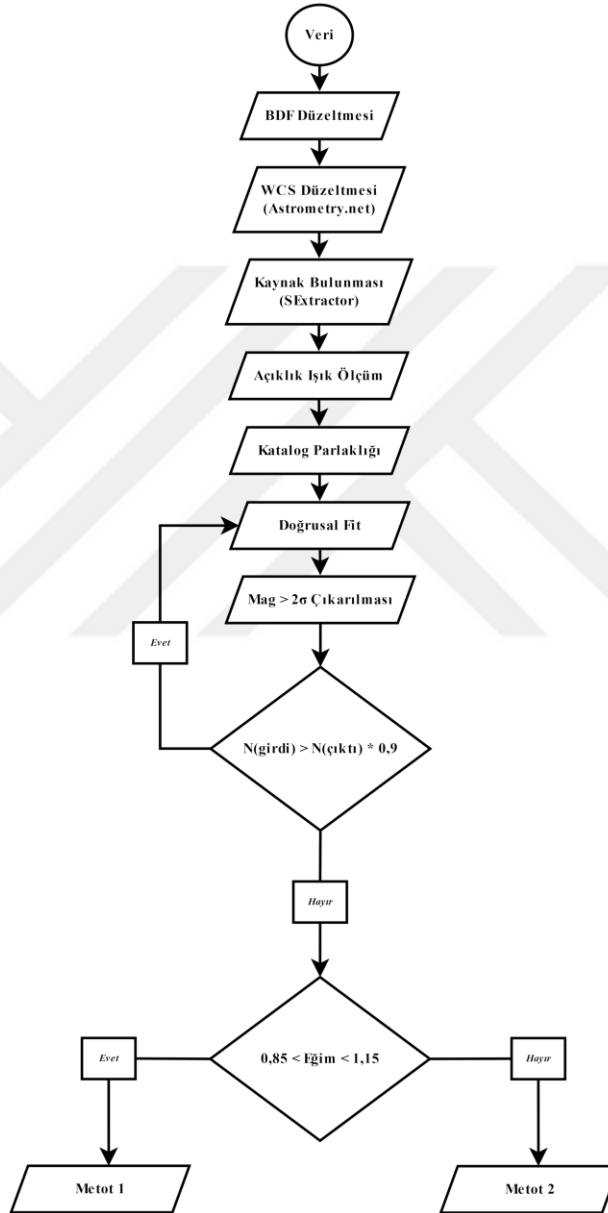
$$M'_k = M_a - S \quad (3.2)$$

Burada, M'_k kaynağın hesaplanan katalog parlaklığı, M_a kaynağın aletsel parlaklığı, S aletsel parlaklık ile görünür parlaklık arasında farkı göstermektedir.

3.2.2. Metot 2

CCD verisi üzerindeki bütün kaynakların, Metot 1’de standart-aletsel parlaklık farkının sabit olduğu düşünülmüştür. Metot 2’de kimi verilerde parlaklık farkının, parlaklığa bağımlılık göstermesi beklenmiştir. Parlaklık farkının parlaklığa bağımlılık gösterdiği durumda ise her bir CCD verisi üzerinde standart parlaklık ve aletsel parlaklık arasında bir bağıntı hesaplanmıştır. Bağıntının doğrusal olması beklenmiştir. Doyasıyla en küçük kareler yöntemi ve Theil–Sen yaklaşımı kullanarak, Theil 1950 tarafından, doğrusal fitler yapılmıştır. En küçük kareler yöntemi ile doğrusal fit yapıldığı zaman, sonuç saçılmış noktalardan etkilenmiş ve genel eğime uymadığı gözlenmiştir. Dolayısıyla, doğrusal fit yapmadan önce, genel eğimden ayrılan verilerin atılması gerekmektedir. Bunun için standart sapma kullanılmıştır. Doğrusal fitten, standart sapmanın belirli bir katı (2σ) kadar ayrılan veriler atılırsa genel eğime daha uygun doğrusal fit yapıldığı görülmüştür. Theil-Sen yaklaşımı, güçlü (Robust) verileri kullanarak ortanca fit yöntemini kullandığından saçılan verilerden etkilenmez ve doğrudan genel eğime uygun doğrusal fit denklemleri oluşturmaktadır.

Metot 1 ve Metot 2’de anlatılan yöntemler, Python betik dili ile, kullanıcı müdahalesine ihtiyaç duymadan, kodlanmıştır. Yazılan betiğe ait akış diyagramı Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Python ile yazılan betik için akış diyagramı

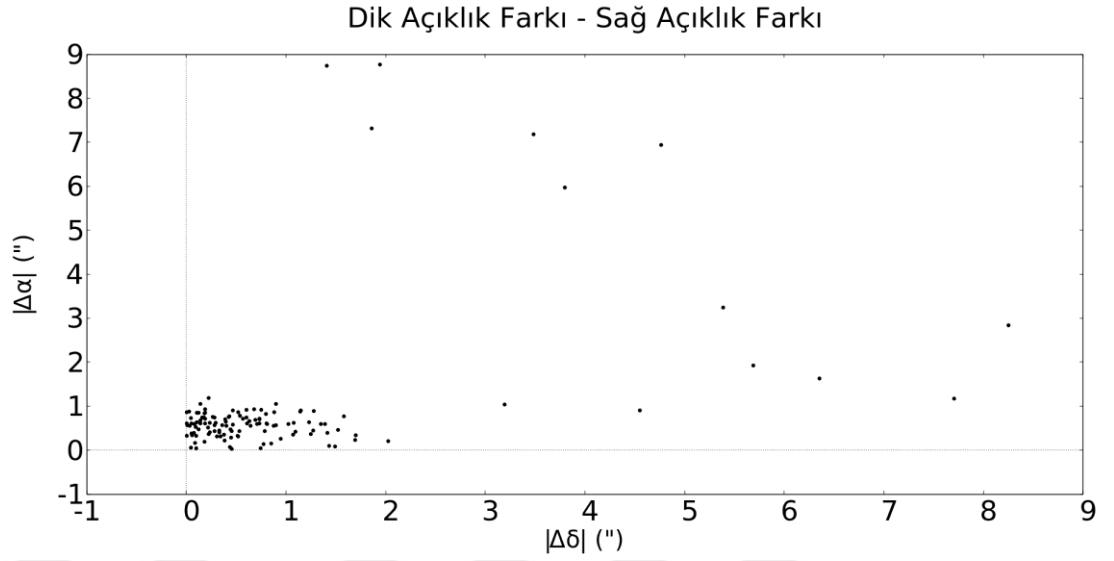
Şekil 3.1’de de görüldüğü gibi, herhangi bir kaynaktan alınan veriler öncelikle, Bias-Dark-Flat düzeltilmesinden geçirildikten sonra astrometry.net (çevrim dışı hizmeti)

kullanılarak WCS düzeltilmesi yapılmaktadır. Bu işlemlerden sonra, SExtractor kullanarak, görüntü üzerindeki bütün sağlıklı (bayrak değeri sıfır olan, herhangi bir kaynak ile veya kenarlar ile etkileşimde olmayan, doyuma ulaşmamış, düzgün gauss dağılımı gösteren) kaynaklar seçilerek söz konusu kaynaklar için açıklık ışıık ölçümü yapılmaktadır. Kaynakların parlaklık ve koordinat bilgileri, seçilen bir katalogdan alınarak, aletsel parlaklığına karşı, katalog parlaklığı grafiğı çizilerek, buna doğrusal fit yapılmaktadır. Bu fitin standart sapma değerinden iki kattan (2σ) fazla sapan bütün veriler ayıklanarak, bu işlem, girdi verisi ile çıktı verisi sayısı arasında %10'dan daha az fark oluncaya kadar tekrarlanmıştır. Saçılmış veriler ayıklandıktan sonra, yapılan doğrusal fitin eğimine (a) bakılarak hangi metodun kullanılacağına karar verilmektedir. Eğim değeri 0,85 ile 1,15 arasında olduğunda metot 1, bunun dışında ki eğim değerleri için metot 2 kullanılmaktadır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bir CCD verisi üzerinde sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılmıştır.

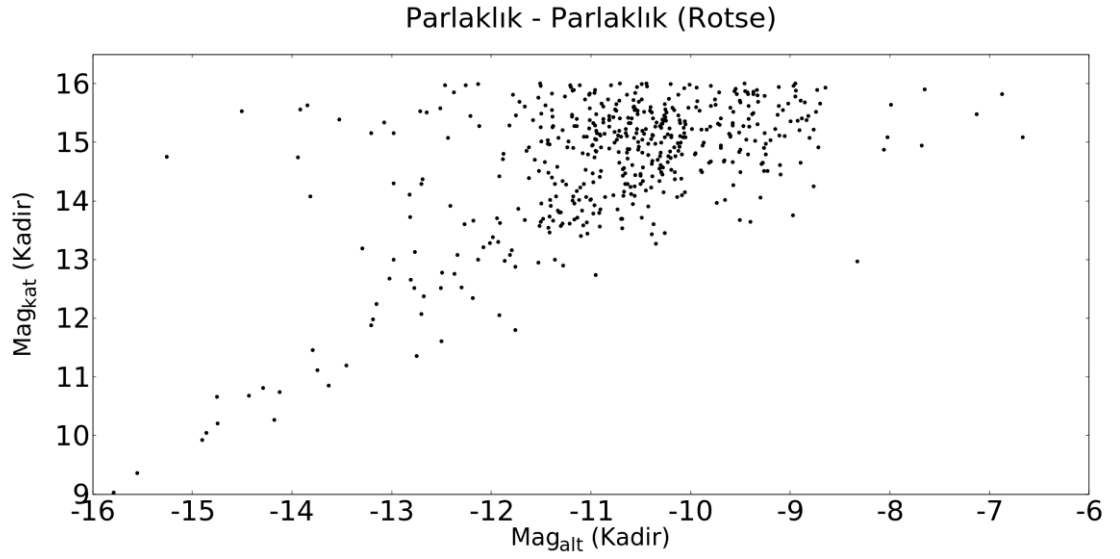
1. Veri üzerine Source Extractor (SExtractor)(Bertin and Arnouts 1996) çalıştırılmıştır. SExtractor'un çıktısındaki bayraklara bakılmıştır. Bayrak değeri sıfır olan kaynaklar seçilmiştir. Sıfır değeri, kaynağın başka bir kaynak, çerçeve kenarı vb. etkiler altında olmayan düzgün gauss dağılımı gösterdiği anlamına gelmektedir.
2. SExtractor'un çıktısındaki kaynak listesinde, birbirine ışık ölçümünde kullanılacak açıklık değerinden (10 piksel) daha yakın olan bütün kaynaklar ayıklanmıştır.
3. Bu kaynakların Word Coordinate System (WCS) başlıkları hesaplanmıştır. Böylece, fiziksel koordinatlardan (x,y) küresel koordinatlara (α, δ) geçiş yapılmıştır.
4. Kaynakların açıklık ışık ölçümü yapılmıştır ve bütün kaynakların aletsel parlaklıkları elde edilmiştir.
5. Elde ettiğimiz koordinatları kullanarak, kaynağın 10 yay saniyesi hata payı içinde katalog verisi alınmıştır. Kaynağın parlaklıklarına ek olarak, katalog koordinatları da alınmıştır. Katalogdan alınan verilerin doğruluğunu denetlemek için girdi olarak verilen koordinatlar ile çıktı olarak alınan koordinatlar karşılaştırılmıştır. Katalogdan alınan koordinatların WCS koordinatları arasındaki ilişki Şekil 4.1'de verilmiştir.



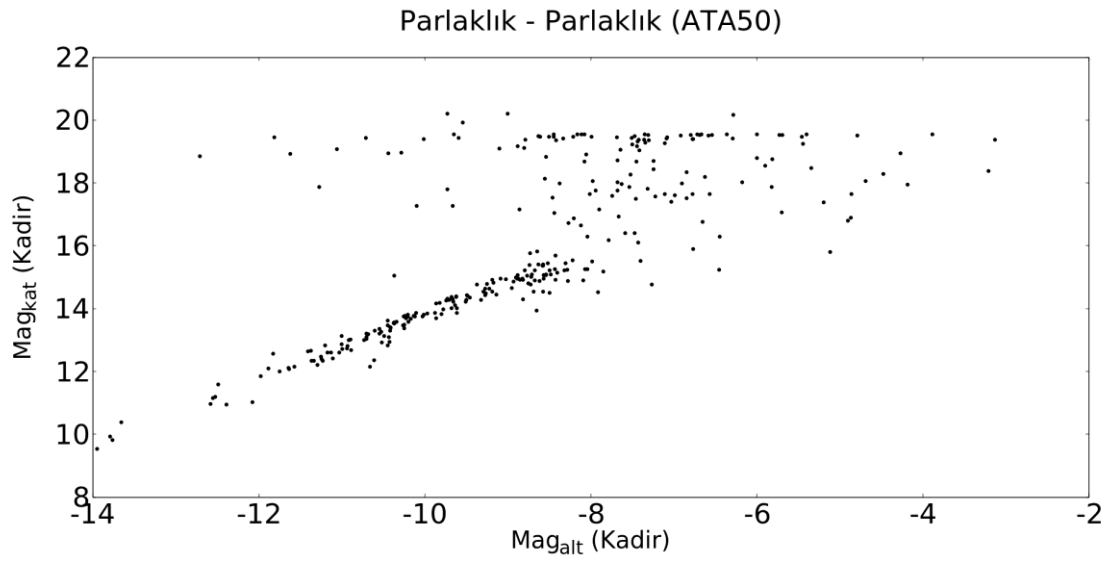
Şekil 4.1. Katalog sağ açıklık koordinatlarına karşılık WCS koordinatları arasındaki ilişki

Şekil 4.1’de sağ açıklık farkının mutlak değeri $\Delta\alpha$ ile dik açıklık farkının mutlak değeri $\Delta\delta$ orijin civarında toplanmıştır. Sorgulanan koordinat ile gelen veri koordinatı arasındaki fark 0 yay saniyesi civarında olduğundan verinin doğruluğu tespit edilmiştir.

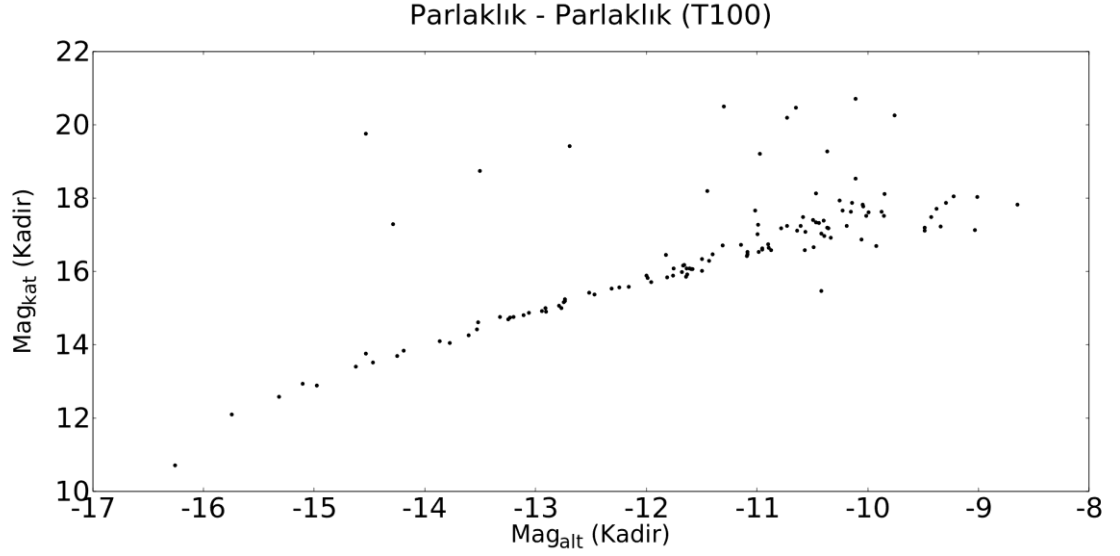
Aletsel parlaklık ile katalog parlaklığı arasındaki ilişki incelendiğinde, optik sistemin limit parlaklığının grafik üzerindeki etkisi farkedilmiştir. Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’te bu etki gösterilmiştir. Limit parlaklığından daha sönük kaynaklarda, bütün optik sistemler için, genel eğimden sapma görülmüştür.



Şekil 4.2. Rotse III-d teleskobunda yapılan bir gözlem için ailesel parlaklık – katalog parlaklığı grafiği



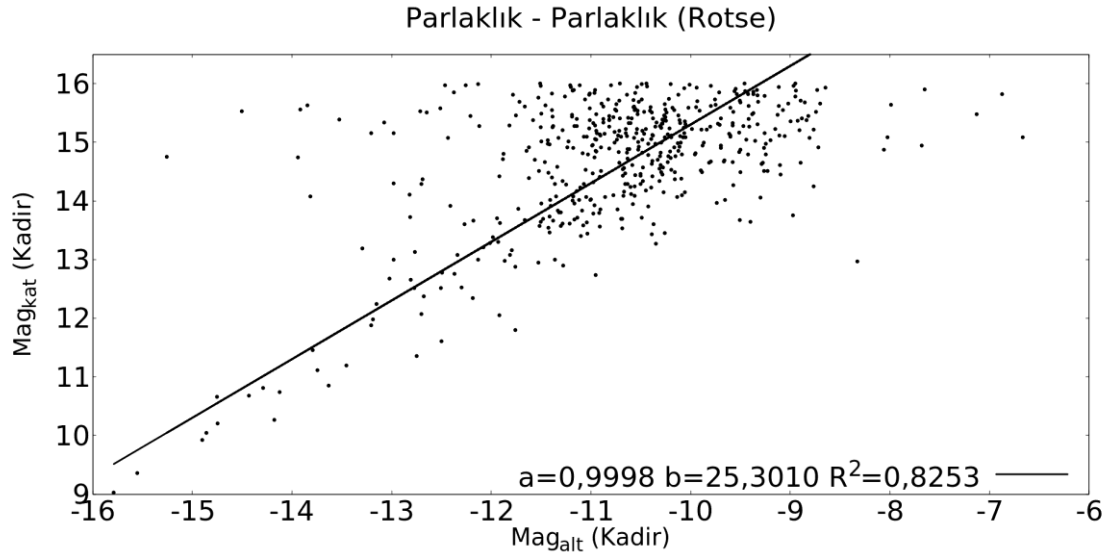
Şekil 4.3. ATA50 teleskobunda yapılan bir gözlem için ailesel parlaklık – katalog parlaklığı grafiği



Şekil 4.4. T100 teleskobunda yapılan bir gözlem için aletsel parlaklık – katalog parlaklığı grafiği

Grafiklerdeki saçılmadan (15 Kadir'den sönük) kurtulmak için, grafiğe doğrusal fit yapılmış ve standart sapma değerinin 2 katından (2σ) daha fazla sapan tüm veriler ayıklanmıştır. Ayıklama işlemi, girdi nokta sayısı ile çıktı nokta sayısı arasında %10'dan daha az fark olana kadar tekrarlanmıştır. Sonuç olarak, saçılan veriler ayıklanmış ve tekrar bir doğrusal fit yapılmıştır. Aletsel parlaklık değerlerinden, katalog parlaklık değerine geçişte aşağıdaki yöntemler izlenmiştir.

Parlaklık farkının (ΔM) parlaklığa bağlı olduğu gözlemler: Bu tür gözlemlerde daha parlak kaynakların ΔM değeri, daha sönük kaynakların ΔM değerinden farklılık göstermektedir. Bu durumda, aletsel parlaklık ile katalog parlaklığı arasında bir ilişki bulunarak hataların giderilmiştir. Şekil 4.5'te, aletsel parlaklığa karşılık katalog parlaklığı grafiği çizildikten sonra, veriye doğrusal fit yapılmıştır. Doğrusal fitin eğim değeri (a) 0,9998 olarak saptanmıştır. Eğimin birinci açıortay ($a=1$) civarında olması ΔM 'nin parlaklığa bağlı olmadığını göstermektedir. Bu nedenle, metot 1 yöntemi uygulanmıştır.

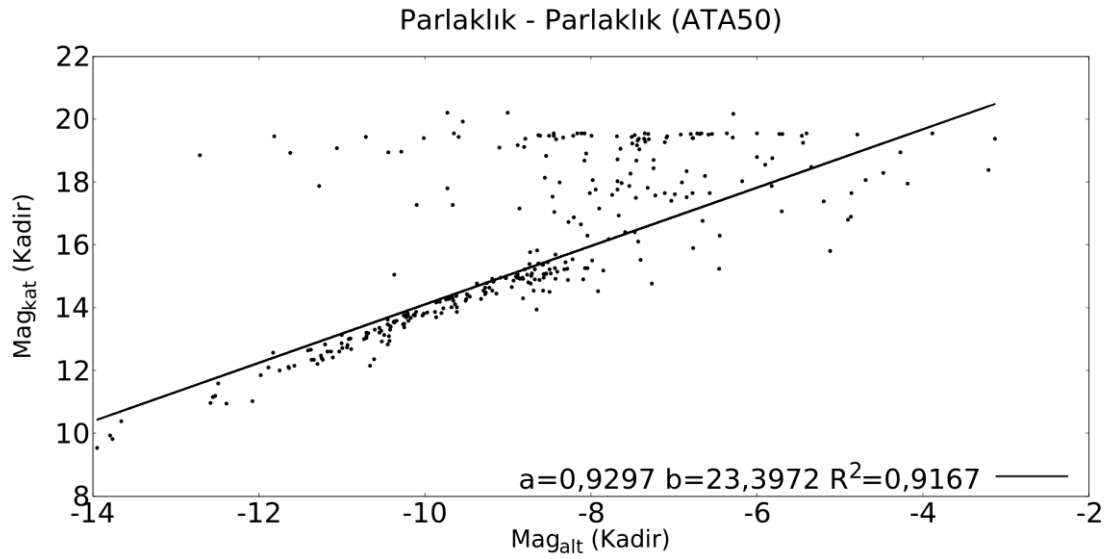


Şekil 4.5. Rotse III-d teleskobunda yapılan bir gözlem için aletsel parlaklık – katalog parlaklığı arasındaki ilişki

Rotse III-d teleskobunda yapılan bir gözlem için aletsel parlaklık – katalog parlaklığı arasındaki bağıntı Eşitlik 4.1’de verilmiştir.

$$M_{kat} = 0,9998M_{alt} + 25,3010 \quad (4.1)$$

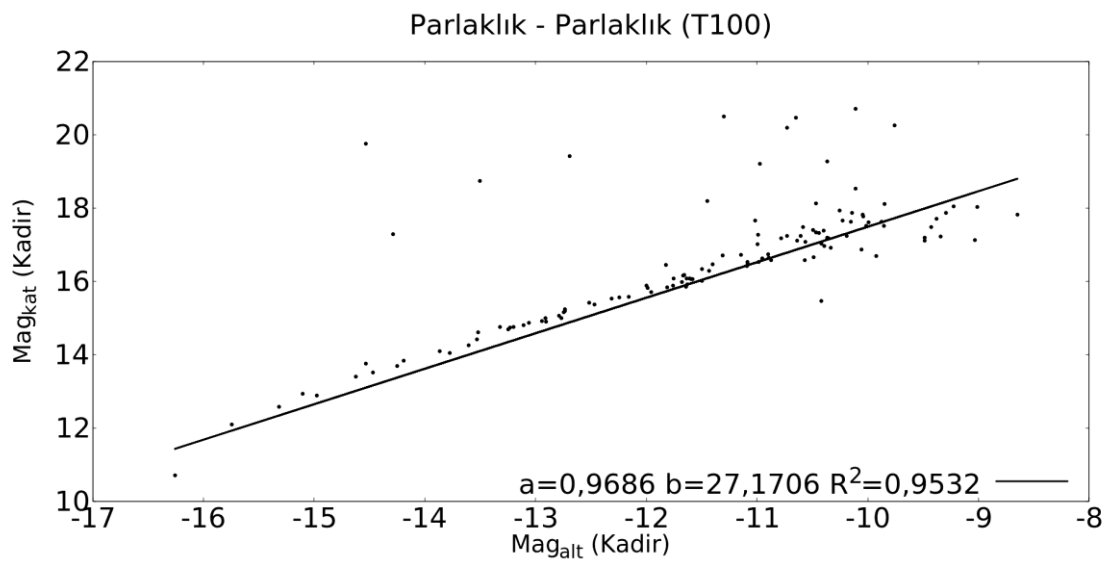
Parlaklık farkının (ΔM) parlaklığa bağlı olmadığı gözlemler: Bu tür gözlemlerde daha parlak kaynakların ΔM değeri, daha sönük kaynakların ΔM değerine benzerlik göstermektedir. Bu durumda, ortalama bir ΔM hesaplandıktan sonra bütün kaynakların hatası giderilmiştir. ATA50 teleskobundan alınan veride aletsel parlaklık – katalog parlaklığı bağıntısı, Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6. ATA50 teleskobunda yapılan bir gözlem için aletsel parlaklık – katalog parlaklığı arasındaki ilişki

ATA50 teleskobunda yapılan bir gözlem için aletsel parlaklık – katalog parlaklığı arasındaki bağıntı, Eşitlik 4.2’de verilmiştir.

$$M_{kat} = 0,9297M_{alt} + 23,3972 \quad (4.2)$$



Şekil 4.7. T100 teleskobunda yapılan bir gözlem için aletsel parlaklık – katalog parlaklığı arasındaki ilişki

T100 teleskobunda yapılan bir gözlem için aletsel parlaklık – katalog parlaklığı arasındaki bağıntı, Eşitlik 4.3’de verilmiştir.

$$M_{kat} = 0,9686M_{alt} + 27,1706 \quad (4.3)$$

Şekil 4.5’te, doğrusal fitin eğim değeri, Rotse III-d gözleminde, (a) 0,9998 olarak, Şekil 4.6’te, doğrusal fitin eğim değeri, ATA50 gözleminde, (a) 0,9297 olarak, Şekil 4.7’te, doğrusal fitin eğim değeri, T100 gözleminde, (a) 0,9686 olarak saptanmıştır. Bütün sistemlerin eğimi birinci açıortaydan (a=1) civarında olması ΔM ’nin parlaklığa bağlı olmadığını göstermektedir. Bu nedenle metot 1 yöntemi uygulanmıştır.

5. SONUÇ

Farklı optik sistemler ve farklı kaynaklardan alınan veriler Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Kullanılan gözlem verilerinin özellikleri

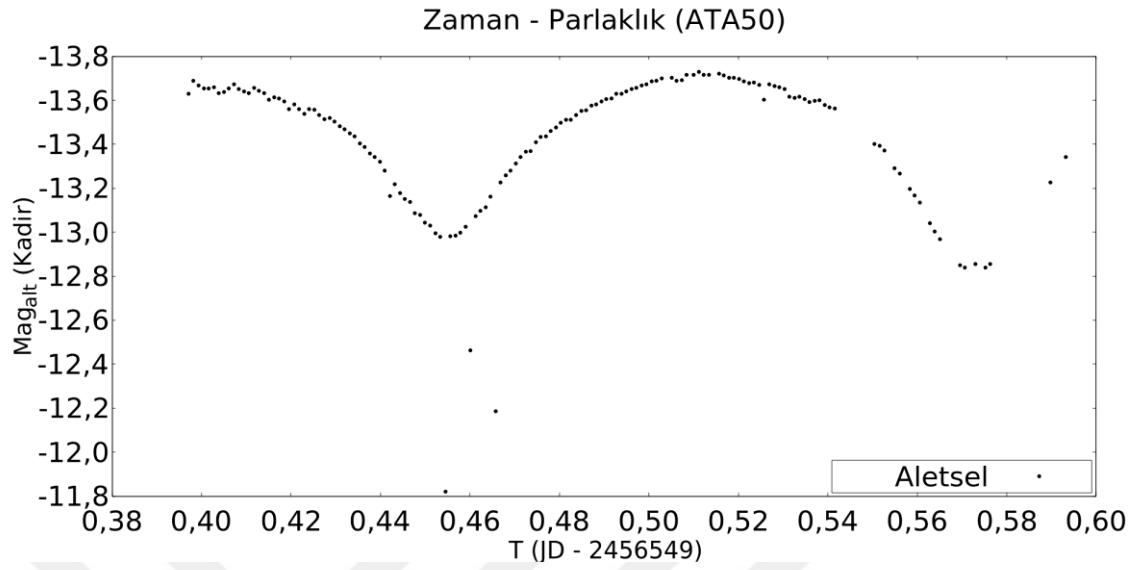
Gözlem adı	Optik Sistem	Koordinat	Zaman
V523 Cas	ATA50	00:40:06,27 +50:14:15,51	2456549
NSVS07825147	T100	15:33:49,44 +37:59:28,09	2457219
NSVS14256825 (1)	T100	20:20:00,45 +04:37:56,50	2457219
NSVS14256825 (2)	T100	20:20:00,45 +04:37:56,50	2457219
NSVS14256825 (3)	T100	20:20:00,45 +04:37:56,50	2457190

5.1. ATA50

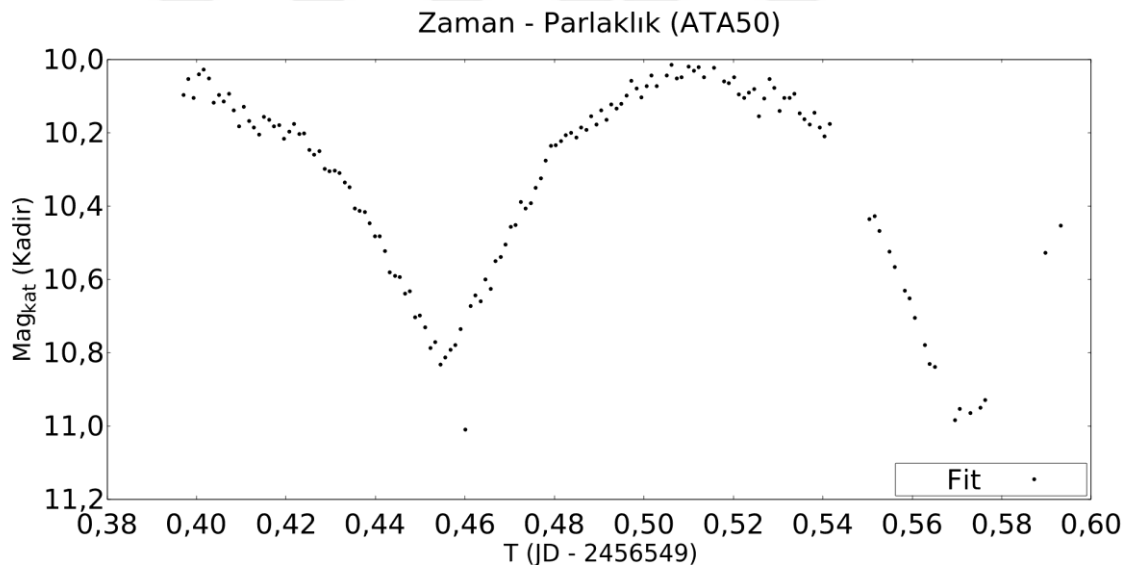
ATA50’de gözlemi yapılan V523 Cas yıldızından elde edilen sonuçlarda ortalama 568 kaynak tespit edilmiş olup bu kaynaklardan yaklaşık 313 tanesi doğrusal fit için kullanılmıştır. Tüm görüntülerdeki ortalama eğim 1,08 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, yazılımın daha seyrek alanlarda (kaynak sayısı < 500) da çalışabileceğini göstermiştir.

V523 Cas yıldızı için eğim ($a=1$) birinci açıortaya çok yakın olduğu göz önüne alındığında parlaklık değişiminin (ΔM) parlaklığa bağlı olmadığı söylenebilir ve metot 1 kullanılabilir.

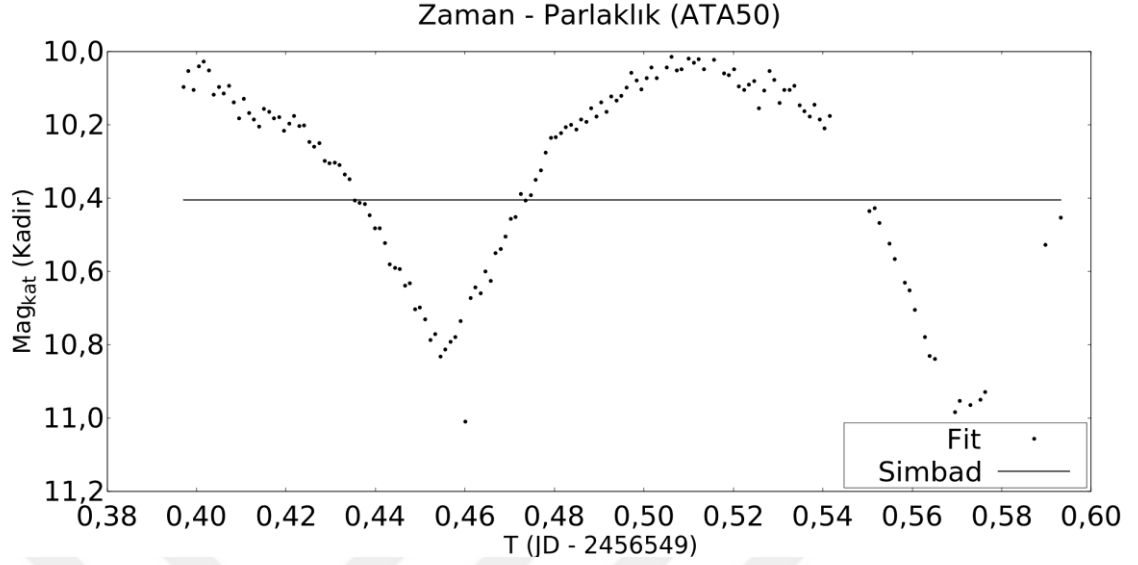
V523 Cas yıldızının aletsel parlaklığı dikkate alınarak oluşturulan ışık eğrisi Şekil 5.1’de, düzeltilmiş parlaklık için elde edilen ışık eğrisi Şekil 5.2’de ve düzeltilmiş ışık eğrisinin yanı sıra Simbad parlaklığı (10,405) da Şekil 5.3’de verilmiştir.



Şekil 5.1. ATA50 teleskobuyla yapılan V523 Cas yıldızının zamana bağlı aletsel parlaklık değişimi



Şekil 5.2. ATA50 teleskobuyla yapılan V523 Cas yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi



Şekil 5.3. ATA50 teleskobuyla yapılan V523 Cas yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi ile yıldızın Simbad veritabanındaki parlaklığı

5.2. T100

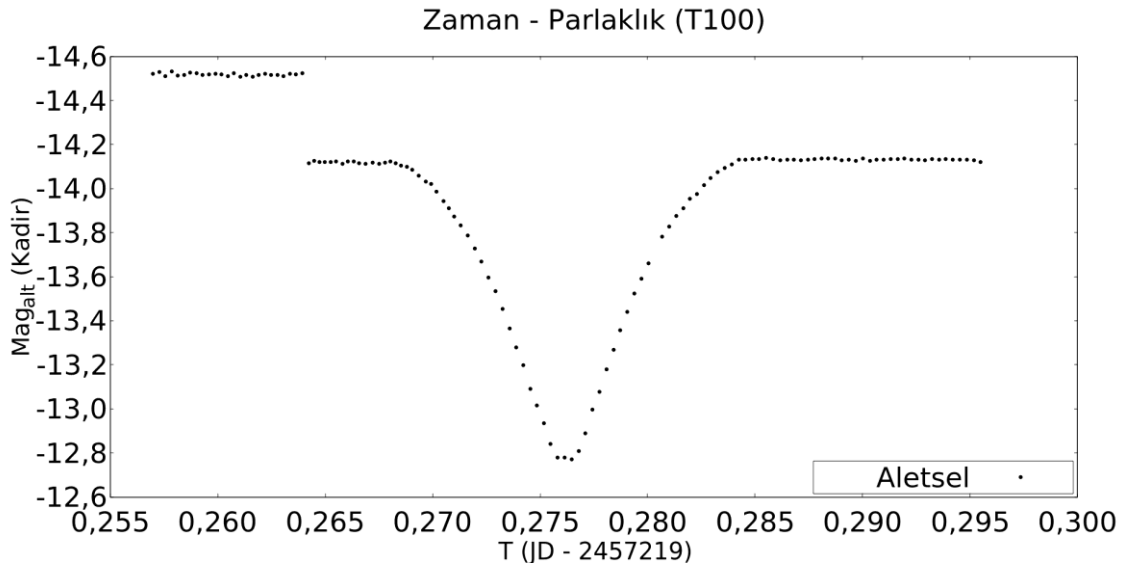
T100 teleskobu ile iki farklı kaynak Gozdziwski *et al.* 2017 tarafından gözlenmiş ve ışık eğrileri yayınlanmıştır. Gözlemler, bu çalışmada yazılımın doğruluğunun denetlenmesi için kullanılmıştır. Kullanılan teleskobun verileri filtresiz alınmıştır. Kullandığımız NOMAD kataloğunun filtresiz parlaklık değerleri olmadığından, filtresiz parlaklık değerlerine en yakın olacağı tahmin edilen R filtresi parlaklığı kullanılmıştır.

5.2.1. NSVS07825147

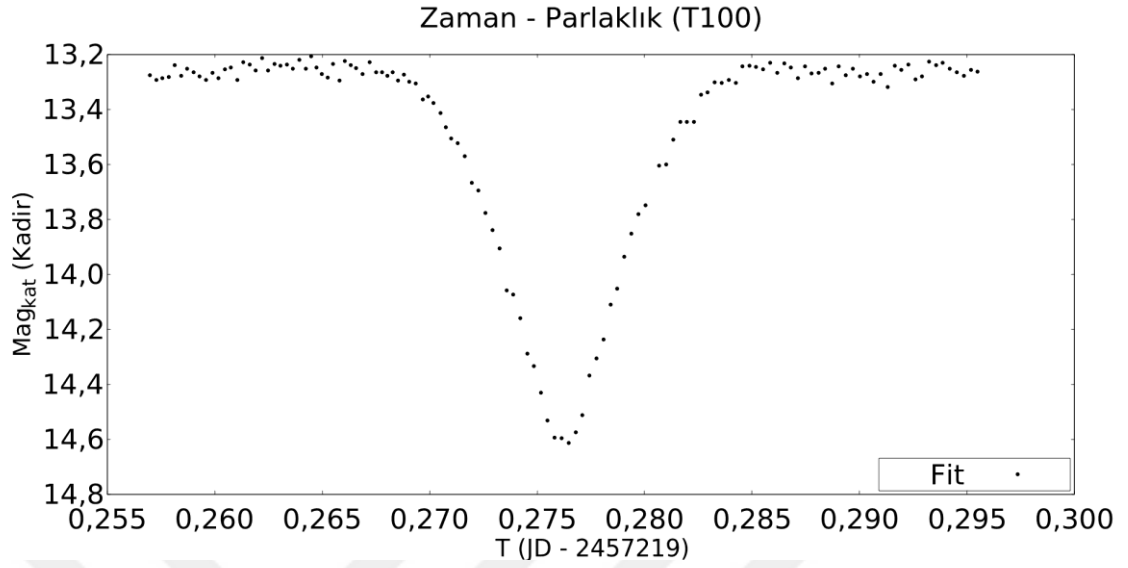
T100 teleskobunda gözlemi yapılan NSVS07825147 yıldızından elde edilen sonuçlarda ortalama 251 kaynak tespit edilmiş olup bu kaynaklardan yaklaşık 137 tanesi doğrusal fit için kullanılmıştır. Tüm görüntülerdeki ortalama eğim 0,98 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, yazılımın daha seyrek alanlarda (kaynak sayısı < 500) da çalışabileceğini göstermiştir.

NSVS07825147 yıldızı için eğim ($a=1$) birinci açıortaya çok yakın olduğu göz önüne alındığında parlaklık değişiminin (ΔM) parlaklığa bağlı olmadığı söylenebilir ve metot 1 kullanılabilir.

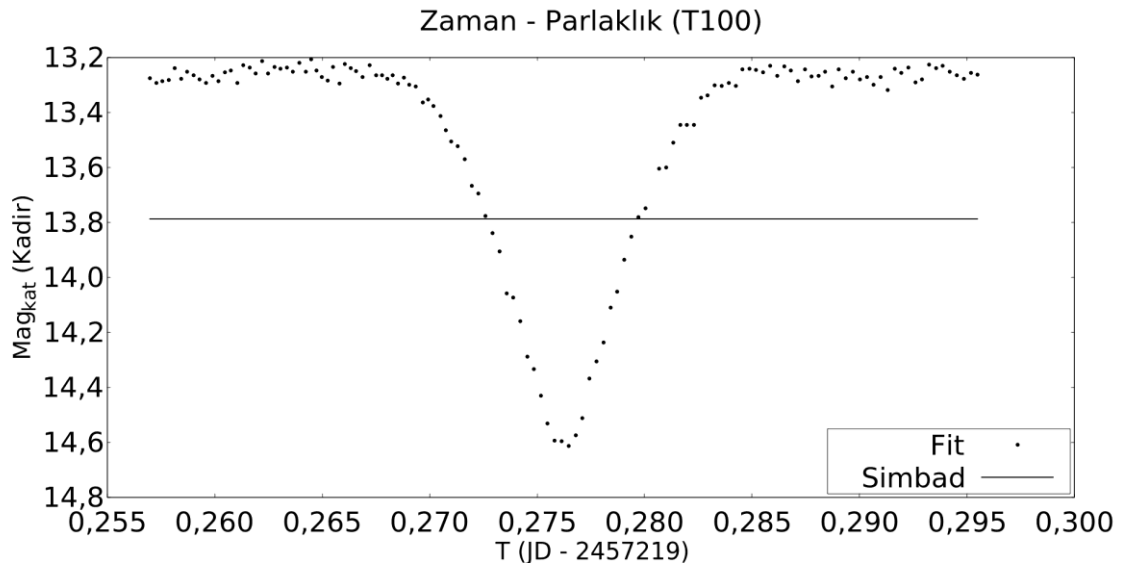
NSVS07826147 yıldızının aletsel parlaklığı dikkate alınarak oluşturulan ışık eğrisi Şekil 5.4'te, düzeltilmiş parlaklık için elde edilen ışık eğrisi Şekil 5.5'de ve düzeltilmiş ışık eğrisinin yanı sıra Simbad parlaklığı (13,787) da Şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.4. T100 teleskobuyla yapılan NSVS07826147 yıldızının zamana bağlı aletsel parlaklık değişimi



Şekil 5.5. T100 teleskobuyla yapılan NSVS07826147 yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi



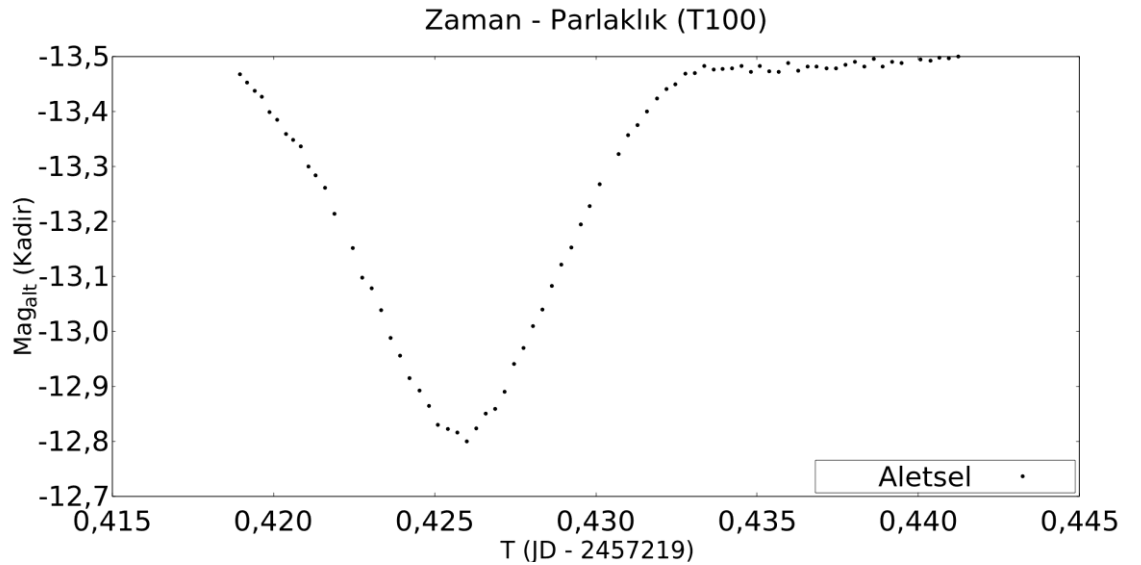
Şekil 5.6. T100 teleskobuyla yapılan NSVS07826147 yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi ile yıldızın Simbad veritabanındaki parlaklığı

5.2.2. NSVS14256825

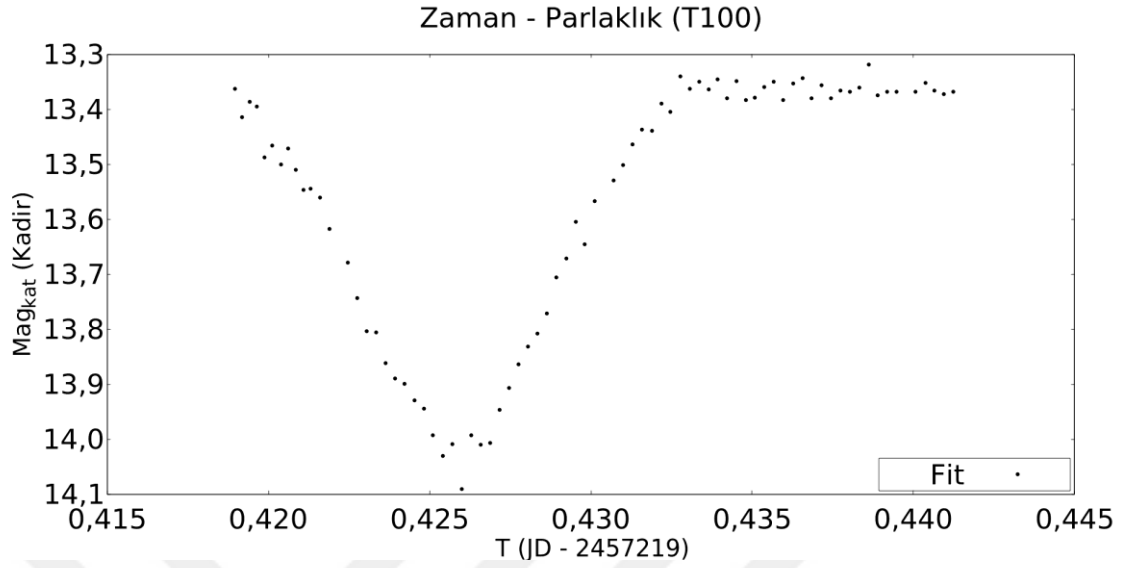
Gözlemi yapılan NSVS14256825 yıldızından elde edilen sonuçlarda ortalama 2186 kaynak tespit edilmiş olup bu kaynaklardan yaklaşık 299 tanesi doğrusal fit için kullanılmıştır. Tüm görüntülerdeki ortalama eğim 1,12 olarak tespit edilmiştir.

NSVS14256825 yıldızı için eğim ($a=1$) birinci açıortaya çok yakın olduğu göz önüne alındığında parlaklık değişiminin (ΔM) parlaklığa bağlı olmadığı söylenebilir ve metot 1 kullanılabilir.

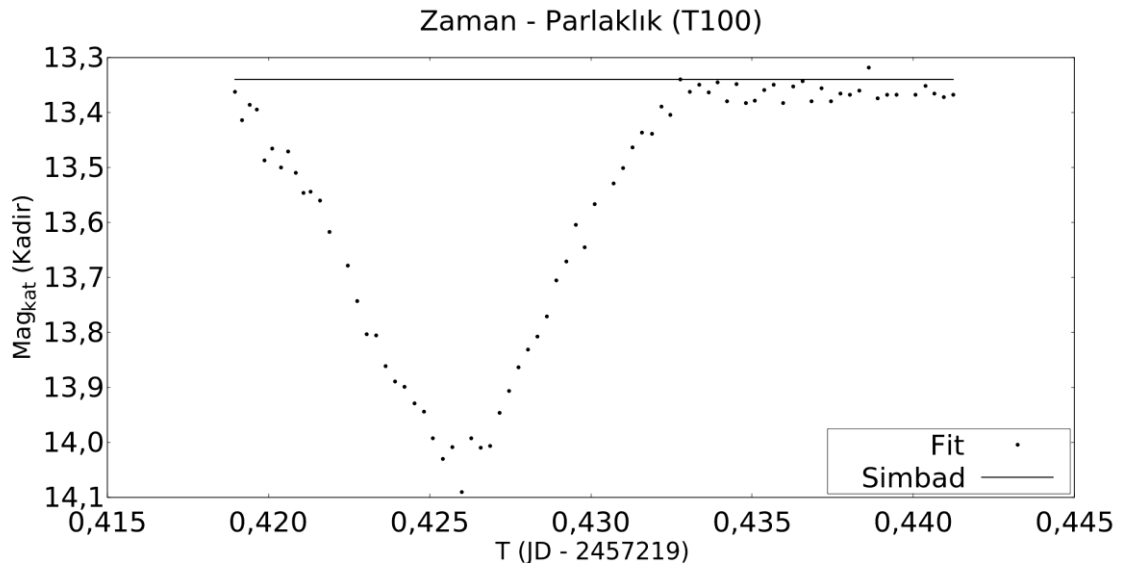
NSVS14256825 yıldızının aletsel parlaklığı dikkate alınarak oluşturulan ışık eğrisi Şekil 5.7’de, düzeltilmiş parlaklık için elde edilen ışık eğrisi Şekil 5.8’de ve düzeltilmiş ışık eğrisinin yanı sıra Simbad parlaklığı (13,340) da Şekil 5.9’da verilmiştir. Yıldız parlaklığının ışık eğrisinin maksimum eğimine denk gelmesi, gözlemin filtresiz ve katalog verisinin de R filtresinde olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.7. T100 teleskobuyla yapılan NSVS14256825 yıldızının zamana bağı aletsel parlaklık değışimi



Şekil 5.8. T100 teleskobuyla yapılan NSVS14256825 yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi

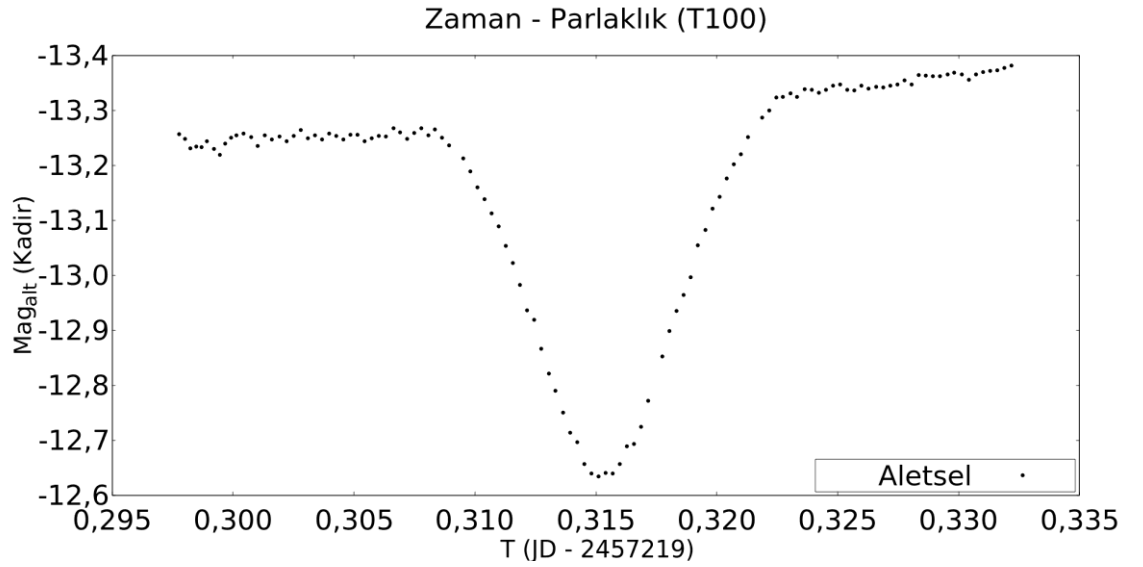


Şekil 5.9. T100 teleskobuyla yapılan NSVS14256825 yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi ile yıldızın Simbad veritabanındaki parlaklığı

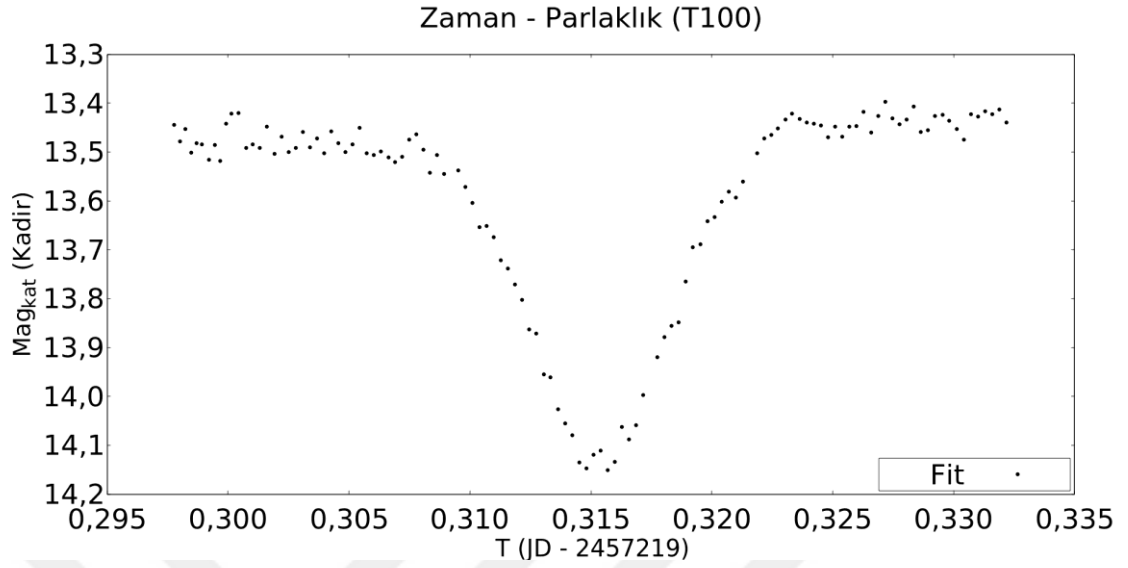
Gözlemi yapılan NSVS14256825 yıldızının aynı gecede ikinci gözleminden elde edilen sonuçlarda ortalama 1085 kaynak tespit edilmiş olup bu kaynaklardan yaklaşık 381 tanesi doğrusal fit için kullanılmıştır. Tüm görüntülerdeki ortalama eğim 1,00 olarak tespit edilmiştir.

NSVS14256825 yıldızı için eğim ($a=1$) birinci açıortaya çok yakın olduğu göz önüne alındığında parlaklık değişiminin (ΔM) parlaklığa bağlı olmadığı söylenebilir ve metot 1 kullanılabilir.

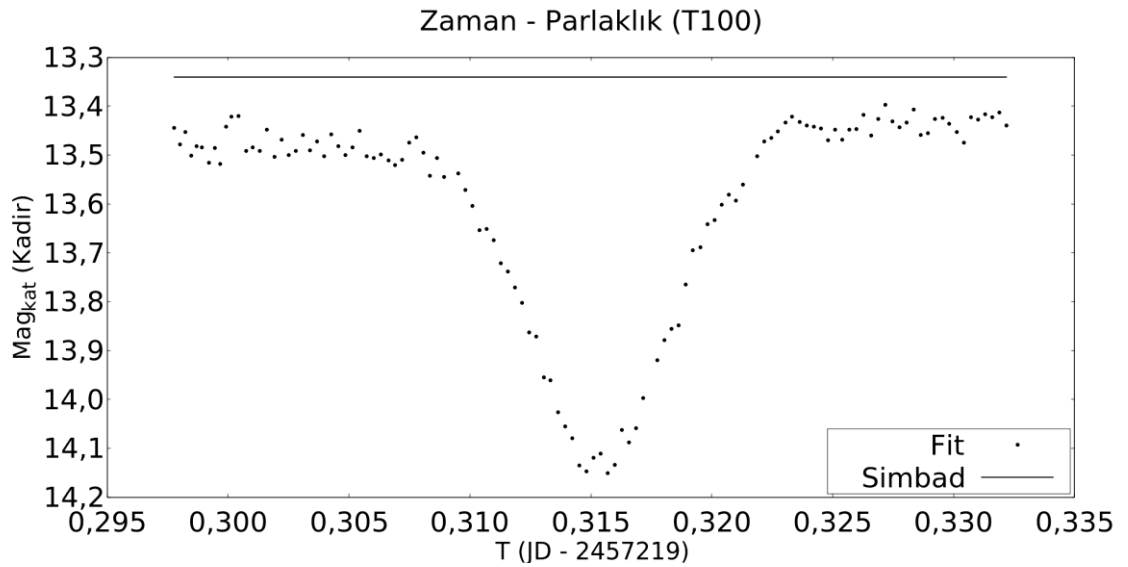
NSVS14256825 yıldızının aletsel parlaklığı dikkate alınarak oluşturulan ışık eğrisi Şekil 5.10'da, düzeltilmiş parlaklık için elde edilen ışık eğrisi Şekil 5.11'de ve düzeltilmiş ışık eğrisinin yanı sıra Simbad parlaklığı (13,340) da Şekil 5.12'de verilmiştir. Yıldız parlaklığının ışık eğrisinin maksimum eğiminden daha parlak olması, gözlemin filtresiz ve katalog verisinin de R filtresinde olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.10. T100 teleskobuyla yapılan NSVS14256825 yıldızının zamana bağlı aletsel parlaklık değişimi



Şekil 5.11. T100 teleskobuyla yapılan NSVS14256825 yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi

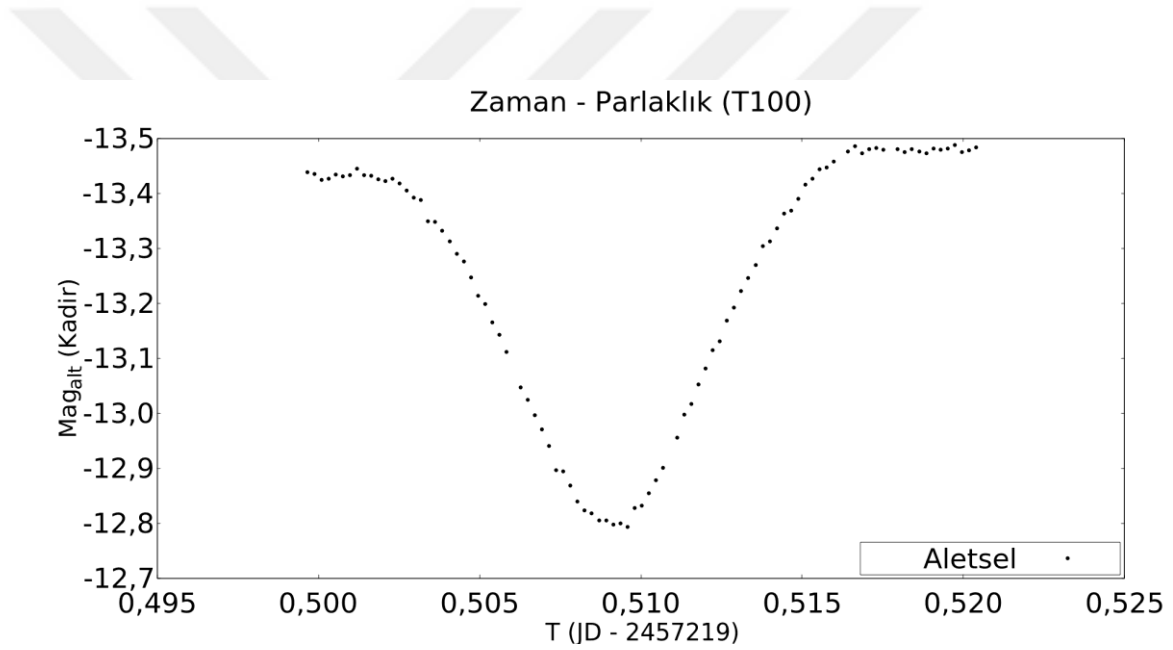


Şekil 5.12. T100 teleskobuyla yapılan NSVS14256825 yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi ile yıldızın Simbad veritabanındaki parlaklığı

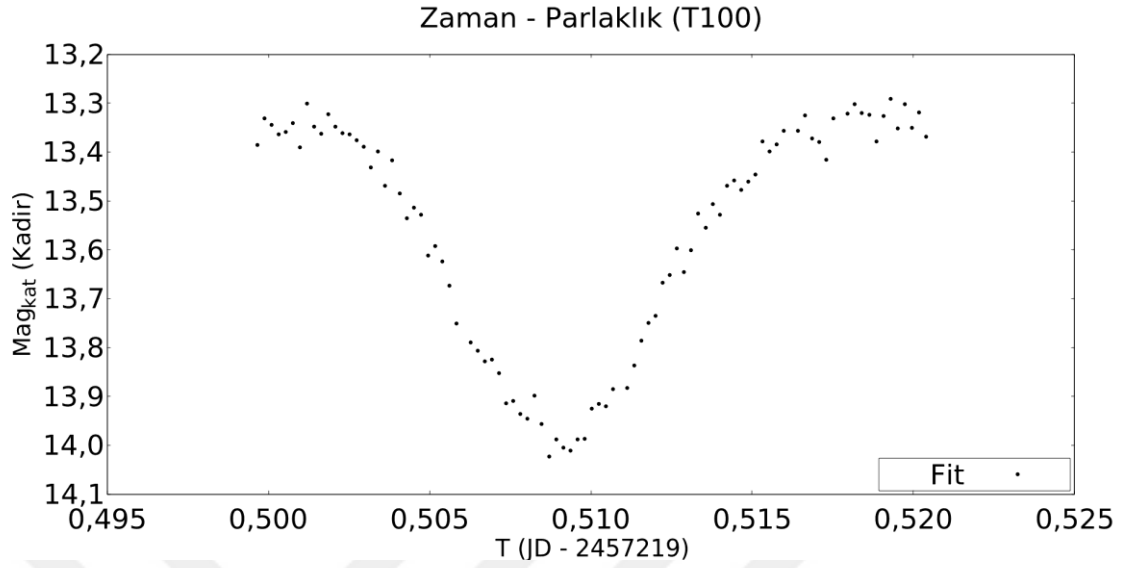
Gözlemi yapılan NSVS14256825 yıldızının farklı bir gecede gözleminden elde edilen sonuçlarda ortalama 2361 kaynak tespit edilmiş olup bu kaynaklardan yaklaşık 280 tanesi doğrusal fit için kullanılmıştır. Tüm görüntülerdeki ortalama eğim 1,03 olarak tespit edilmiştir.

NSVS14256825 yıldızı için eğim ($a=1$) birinci açıortaya çok yakın olduğu göz önüne alındığında parlaklık değişiminin (ΔM) parlaklığa bağlı olmadığı söylenebilir ve metot 1 kullanılabilir.

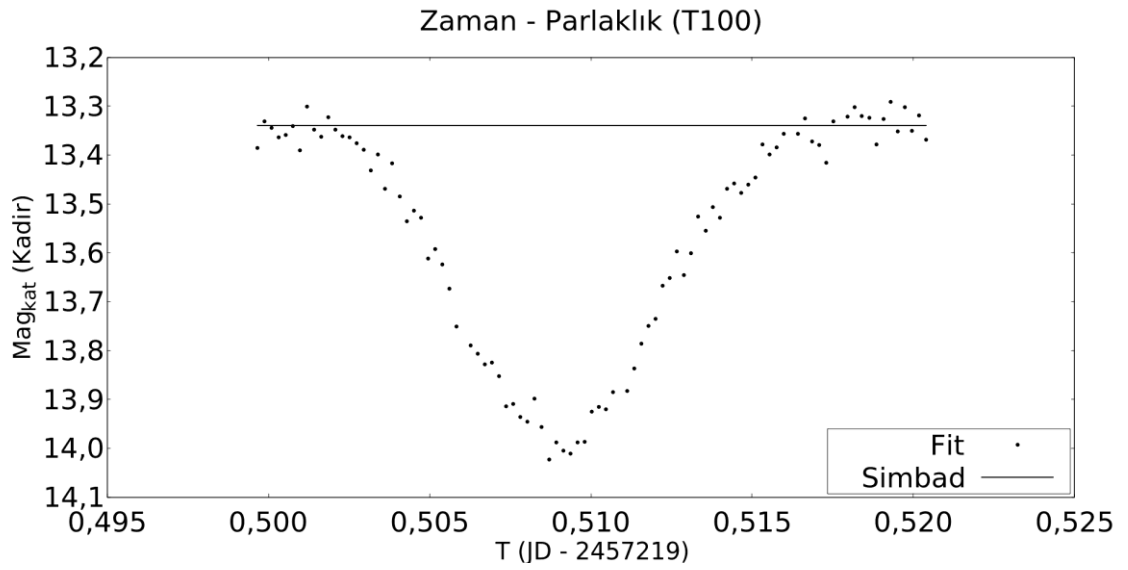
NSVS14256825 yıldızının aletsel parlaklığı dikkate alınarak oluşturulan ışık eğrisi Şekil 5.13'te, düzeltilmiş parlaklık için elde edilen ışık eğrisi Şekil 5.14'te ve düzeltilmiş ışık eğrisinin yanı sıra Simbad parlaklığı (13,340) da Şekil 5.15'te verilmiştir. Yıldız parlaklığının ışık eğrisinin maksimum eğiminden daha parlak olması, gözlemin filtresiz ve katalog verisinin de R filtresinde olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.13. T100 teleskobuyla yapılan NSVS14256825 yıldızının zamana bağlı aletsel parlaklık değişimi



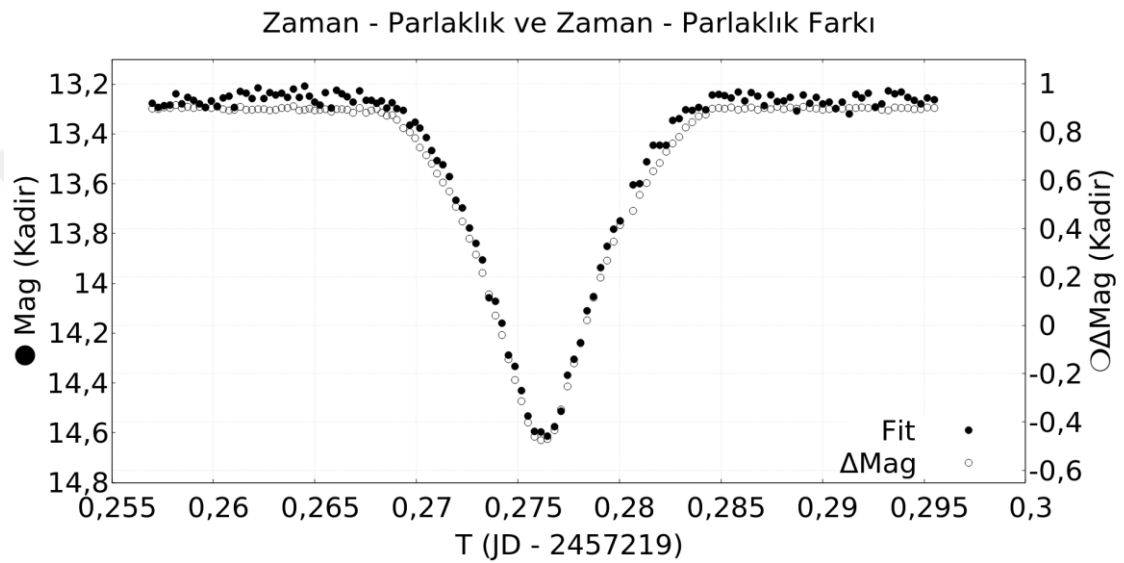
Şekil 5.14. T100 teleskobuyla yapılan NSVS14256825 yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi



Şekil 5.15. T100 teleskobuyla yapılan NSVS14256825 yıldızının zamana bağlı hesaplanmış katalog parlaklık değişimi ile yıldızın Simbad veritabanındaki parlaklığı

5.3. Karşılaştırma

Gozdziewski *et al.* 2017 tarafından yapılan çalışmada fark ışık ölçüm yöntemiyle elde edilen sonuçlar ile bu çalışmada elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında Şekil 5.16'da da görüldüğü gibi benzerlik göstermektedir.



Şekil 5.16. T100 teleskobuyla yapılan NSVS07825147 yıldız için fark ışık ölçüm ile metot 1 yönteminin karşılaştırılması

İçi dolu noktalar, bu çalışma sonucunda elde edilen ışık eğrisini göstermektedir. İçi boş noktalar ise Gozdziwski *et al.* 2017 tarafından elde edilen ışık eğrisini göstermektedir. Grafiğe bakıldığı zaman, ışık eğrilerinin benzerlik gösterdiği görülmüştür. Bu benzerliğin yanı sıra, bu çalışmada elde edilen parlaklık değerlerinin varyansı, Gozdziwski *et al.* 2017 tarafından elde edilen parlaklık değerlerinin varyansı ve aletsel parlaklıklarının varyansı karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırma sonucu, aletsel parlaklıkları varyansı 0,2077, bu çalışmada elde edilen parlaklıkların varyansı 0,1479 ve Gozdziwski *et al.* 2017 tarafından elde edilen parlaklıkların varyansı 0,1519 olarak elde edilmiştir. Gozdziwski *et al.* 2017 tarafından elde edilen sonuç teorik değer olarak ele alındığında, ışık eğrisindeki değişimin yüzde

hatası %2,64 olarak hesaplanmıştır. Hata hesabı dikkate alındığında, yöntemin bu yazılımın uygulabileceğini göstermiştir.

Yazılımın en büyük eksiği, görüntü üzerinde, konuma bağımlı (x ve y konumu), sistematik olmayan hataların (örneğin; fringe etkisi) tamamı olarak tanımlanabilir. Aynı görüntü üzerinde çalıştığımızda, bütün kaynakların aynı etkilere maruz kaldığı düşünüldüğünden, CCD verisi üzerindeki her noktada aynı etkiye neden olmayan hatalar sonuçları oldukça etkilemektedir. Sistematik olmayan hatalar, ortaya çıkan ışık eğrisinde kendini göstermektedir ve kolaylıkla tespit edilebilmektedir.

Gözlem süresince başlangıçta var olup gözlem ilerledikçe görüntüden kaçan veya görüntüye sonradan giren kaynaklar Source Extractor tarafından tespit edildikleri her görüntü için ışık eğrisi üzerinde bir noktaya sahip olacaklardır. Örneğin; 200 görüntüye sahip bir gözlemin 160 görüntüsünde bulunan bir kaynak, zamana bağlı ışık değişimi için 160 nokta elde edilir.

Akış diyagramı üzerindeki işlemler yapılırken (BDF hatası, WCS düzeltmesi yapılamaması vb. tahmin edilemeyen tüm sorunlar için) tüm dışlamalar sistem günlüğüne yazılır ve kullanıcıya sunulur. İşlem sonunda kullanıcıya ayrıntılı bilgi verilir.

Yazılım, kalabalık alanda çalıştırılmalıdır. Yapılan tüm incelemelerde, görüntü başına minimum 300 kaynak kullanılmalıdır. İşlemlerin tamamı istatistiksel yöntemlerle çalıştırıldığından örnek sayısı (görüntü üzerindeki kaynak sayısı) azaldıkça sonuçlar olumsuz yönde etkileneceği dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Anonymous 2018a. Minor Planet Observer: MPO Canopus – Ensemble Photometry. <http://www.minorplanetobserver.com/MPOSoftware/CanopusEnsemblePhotometry.htm> (01.01.2018).
- Anonymous, 2018b. <http://www.astro.wisc.edu/~dolan/constellations/extra/brightest.html>, (27.04.2018)
- Astroquery, 2018. <https://astroquery.readthedocs.io/en/latest/> (25.05.2018).
- Bertin, E. and Arnouts, S., 1996. Sextractor: Software for source extraction. *Astronomy & Astrophysics*, 117, 393-404.
- Burdanov, A.Y., Krushinsky, V.V., Popov, A.A., 2014. Astrokit-an Efficient program for high-precision differential CCD photometry and search for variable stars. *Astrophysical Bulletin*, 63(3), 1-7.
- Gozdziewski, K., Slowikowska, A., Dimitrov, D., Krzeszowski, K., Zejmo, M., Kanbach, G., Burwitz, V., Rau, A., Irawati, P., Richichi, A., Gawronski, M., Nowak, G., Nasiroglu, I., Kubicki, D., 2017. VizieR Online Data Catalog: HU Aqr planetary system mid-egress moments (Gozdziewski+,2015), VizieR On-line Data Catalog, 448,1118.
- GPL, 2017. <https://linux.org.tr/gpl/> (24.06.2017).
- Gün Merkezli Jülyen Günü, 2018. https://en.wikipedia.org/wiki/Heliocentric_Julian_Day (25.05.2018).
- IRAF, 2018. Image Reduction and Analysis Facility. <http://iraf.noao.edu/> (29.05.2018).
- Matplotlib, 2018. <https://matplotlib.org/> (20.05.2018).
- Monet, D.G., Levine, S.E., Canzian, B., Ables, H.D., Bird, A.R., Dahn, C.C., Guetter, H.H., Harris, H.C., Henden, A.A., Leggett, S.K., Levison, H.F., Luginbuhl, C.B., Martini, J., Monet, A.K.B., Munn, J.A., Pier, J.R., Rhodes, A.R., Rieke, B., Sell, S., Stone, R.C., Vrba, F.J., Walker, R.L., Westerhout, G., Brucato, R.J., Reid, I.N., Schoening, W., Hartley, M., Read, M.A., Tritton, S.B., 2003. The USNO-B Catalog, *The Astronomical Journal*, 125, 984-993.
- NumPy, 2018. <http://www.numpy.org/> (01.05.2018).
- Parlaklık, 2018. <http://spiff.rit.edu/classes/phys440/lectures/mag/mag.html> (25.05.2018).
- Pogson, N R, 1857. Magnitude of thirty-six of the minor planets for first day of each month of year. *Monthly Notice of the Royal Astronomical Society* 17, 12-15.
- PyRAF, 2018. http://www.stsci.edu/institute/software_hardware/pyraf (29.04.2018).
- Python, 2017. <https://www.python.org/> (23.06.2017).
- Reig, P. and Fabregat, J., 2015. Long-term variability of high-mass X-ray binaries. I. Photometry. *Astronomy & Astrophysics*, 574 (A33), 1-14.
- SEP, 2018. <https://sep.readthedocs.io/en/v1.0.x/> (29.04.2018).
- The Astropy Project, 2018. www.astropy.org (25.05.2018).
- Theil, H., 1950. A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis, *Nederl. Akad. Wetensch*, 52, 386-392.
- Zacharias, N., Monet, D.G., Levine, S.E., Urban, S.E., Gaume, R. Wycoff, G.L., 2004. The Naval Observatory Merged Astrometric Dataset (NOMAD), *Bulletin of the American Astronomical Society*, 36, 1418.

ÖZGEÇMİŞ

İran doğumlu Mohammad SHAMEONI NIAEI, Türkiye Cumhuriyeti'ne 2000 yılında gelmiştir. Orta öğretim ve Liseyi Ağrı'da okuyup, Ankara Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü'nü bitirdi. 2013 yılında ise Atatürk Üniversitesi Astrofizik ve Astronomi Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı. Aynı tarih itibariyle, Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) Projesinde uzman astronom sıfatıyla çalışmaya başladı.

