İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

W UMA TÜRÜ ÇİFTLER İÇİN YENİ MUTLAK PARLAKLIK KALİBRASYONLARI

Serkan EVCİL

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

Danışman

Doç. Dr. Selçuk BİLİR

Mayıs, 2013

İSTANBUL

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

W UMA TÜRÜ ÇİFTLER İÇİN YENİ MUTLAK PARLAKLIK KALİBRASYONLARI

Serkan EVCİL

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

Danışman

Doç. Dr. Selçuk BİLİR

Mayıs, 2013

İSTANBUL

Bu çalışma 25/06/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı Astronomi ve Uzay Bilimleri programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Selçuk BİLİR (Danışman)
İstanbul Üniversitesi

Prof. Dr. A. Talat SAYGAÇ
İstanbul Üniversitesi

Prof. Dr. Tansel AK
İstanbul Üniversitesi

Doç. Dr. Faruk SOYDUGAN
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Yard. Doç. Dr. Esma YAZ
İstanbul Üniversitesi

Bu çalışma TÜBİTAK 111T224 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Doç. Dr. Selçuk BİLİR'e, Araş. Gör. Özgecan ÖNAL TAŞ'a ve Talar YONTAN'a en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Tezin başlangıcından itibaren çalışmaya katkılarda bulunan İstanbul Üniversitesi Galaktik Yapı Grubuna en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma, aileme ve çalışmamın uygulama kısmını destekleyen İstanbul Üniversitesine teşekkürü borç bilirim.

Mayıs, 2013 **Serkan EVCİL**

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **i**

İÇİNDEKİLER ..... **ii**

ŞEKİL LİSTESİ ..... **iv**

TABLO LİSTESİ ..... **vii**

SEMBOL LİSTESİ ..... **viii**

ÖZET ..... **ix**

SUMMARY ..... **x**

1. GİRİŞ **1**

2. GENEL KISIMLAR **3**

2.1. ÇİFT YILDIZLARIN SINIFLANDIRILMASI 3

2.2. ÖRTEN ÇİFT YILDIZLAR 5

2.3. W URSAE MAJORİS TÜRÜ SİSTEMLER 8

2.4. ROCHE GEOMETRİSİ 10

2.5. ROCHE MODELİNE GÖRE SINIFLANDIRMA 12

2.6. *HİPPARCOS* VE YAKIN KIZILÖTESİ VERİLER 14

2.7. YÖRÜNGE DÖNEMİ – RENK – IŞIMA GÜCÜ KALİBRASYONLARI 16

2.8. DEĞEN ÇİFT SİSTEMLERDE BULUNAN ÜÇÜNCÜ BİLEŞENLER 20

3. MALZEME VE YÖNTEM **23**

3.1. VERİ 23

3.2. YILDIZLARARASI KIZARMA TAYİN…….....34

3.3. LUTZ-KELKER DÜZELTMESİ 36

3.4. YÖRÜNGE DÖNEMİ – RENK – IŞIMA GÜCÜ KALİBRASYONLARI..... 37

4. BULGULAR.....39

4.1. *HİPPARCOS* VERİLERİNİN ANALİZİ..... 39

4.2. KALİBRASYONLARDA KULLANILAN W UMA SİSTEMLERİ 42

4.3. YÖRÜNGE DÖNEMİ – RENK – IŞIMA GÜCÜ İLİŞKİLERİ 45

4.4. YÖRÜNGE DÖNEMİ – RENK – IŞIMA GÜCÜ KALİBRASYONLARI..... 51

5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....57

5.1. KALİBRASYONLARIN *HİPPARCOS* VERİLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI 57

5.2. AÇIK KÜMELERDEKİ W UMA SİSTEMLERİ İÇİN KARŞILAŞTIRMA 62

KAYNAKLAR 65

ÖZGEÇMİŞ.....71

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Örten bir çift sistemde tutulmalar sonucunda görülen tipik bir ışık eğrisi…..5

Şekil 2.2: Algol türü sistemlere bir örnek: RZ Cas'ın *B* ve *V* filtrelerindeki ışık eğrileri ve *B-V* rengine ait farkları (Soydugan ve diğ., 2006).....6

Şekil 2.3: Beta Lyrae türü sistemlere bir örnek: GSC 4232.02059'un filtresiz ışık eğrisi (Sokolovsky ve diğ., 2007) 7

Şekil 2.4: W UMa türü sisteme bir örnek: V1123 Tau'un *B*, *V*, *R*, *I* filtrelerindeki ışık eğrileri (Zhang ve diğ., 2011) 7

Şekil 2.5: İyi çalışılmış altı W UMa sisteminin şematik gösterimi 8

Şekil 2.6: Üç cisim probleminin çözümünün şematik gösterimi 11

Şekil 2.7: Bir çift yıldız sistemi için iki boyutlu Roche eşpotansiyel yüzeylerinin gösterimi 12

Şekil 2.8: Ayrık çiftler 14

Şekil 2.9: Yarı ayrık çiftler 14

Şekil 2.10: Değen çiftler 14

Şekil 2.11: Aşırı değen çiftler 14

Şekil 2.12: Normalize edilmiş Johnson-Cousins *BVI* (üst panel) ve 2MASS JHK_S filtrelerinin geçirgenlik eğrileri (alt panel) 16

Şekil 2.13: Uyarlamalı (adaptive) yöntemiyle üçüncü bileşeni belirlenen 16 W UMa türü sistemin görüntüleri. Her görüntü 7″ büyüklüğündedir 22

Şekil 4.1: 156 W UMa sisteminin ekvatoral (a) ve galaktik (b) koordinatlardaki dağılımları 40

Şekil 4.2: 156 W UMa sisteminin rölatif paralaks (σ_π/π) hatalarının kümülatif dağılımları (a) ve frekans dağılımları (b). Kesikli çizgi 0,15'lik rölatif paralaks hatası değerini göstermektedir 41

Şekil 4.3: Rölatif paralaks hatası $\sigma_\pi/\pi \leq 0{,}15$ olan 57 W UMa sistemi için LK düzeltmesi yapılmış ($d_{\mathrm{Hip+LK}}$) ve yapılmamış (d_{Hip}) uzaklıkların karşılaştırılması 41

Şekil 4.4: Bulundukları galaktik enleme göre sınıflanan 57 W UMa sisteminin uzaklıklarıyla *E(B-V)* renk artıkları arasındaki dağılım..... 43

Şekil 4.5: 57 W UMa sisteminin *V* filtresi için oluşturulmuş mutlak parlaklık - yörünge dönemi (a), mutlak parlaklık - renk grafikleri (b-c). Semboller: (o) çok bileşenli, (●) çift bileşenli ve (×) istatistik dışı bırakılan sistemler..... 46

Şekil 4.6: 57 W UMa sisteminin *I* filtresi için oluşturulmuş mutlak parlaklık - yörünge dönemi (a), mutlak parlaklık - renk grafikleri (b-c). Semboller: (o) çok bileşenli, (●) çift bileşenli ve (×) istatistik dışı bırakılan sistemler..... 47

Şekil 4.7: 57 W UMa sisteminin yakın kızılötesi bölge için oluşturulmuş mutlak parlaklık - yörünge dönemi (a), mutlak parlaklık - renk grafikleri (b-c). Semboller: (o) çok bileşenli, (●) çift bileşenli ve (×) istatistik dışı bırakılan sistemler..... 49

Şekil 4.8: 43 W UMa sisteminin optik (a-c) ve yakın kızılötesi (d-f) fotometrik verilerine ait hatalar..... 50

Şekil 4.9: 43 W UMa sisteminin optik bölge için elde edilen kalibrasyonlardan ve trigonometrik paralakslardan hesaplanan mutlak parlaklıkları (üst panel) ile farklarının (alt panel) karşılaştırılması. Sürekli çizgi 1-1 karşılaştırmayı ve kesikli çizgiler $\pm 1\sigma$ sınırlarını gösterirler. Panel (a) kalibrasyon (4.4), panel (b) kalibrasyon (4.5), panel (c) kalibrasyo (4.6) ve panel (d) kalibrasyon (4.7) için çizilmiştir..... 52

Şekil 4.10: 41 W UMa sisteminin yakın kızılötesi bölge için (4.8) bağıntısında verilen kalibrasyon ve trigonometrik paralakslardan hesaplanan mutlak parlaklıkları (üst panel) ile farklarının (alt panel) karşılaştırılması. Sürekli çizgi 1-1 karşılaştırmayı ve kesikli çizgiler $\pm 1\sigma$ sınırlarını gösterir..... 53

Şekil 4.11: 23 W UMa sisteminin yakın kızılötesi bölge için (4.11) bağıntısında verilen kalibrasyondan ve trigonometrik paralakslardan hesaplanan mutlak parlaklıkları (üst panel) ile bunların farklarının (alt panel) karşılaştırılması. Sürekli çizgi 1-1 karşılaştırmayı ve kesikli çizgiler $\pm 1\sigma$ sınırlarını gösterir..... 56

Şekil 5.1: Literatürde ve bu çalışmada elde edilen kalibrasyonlardan hesaplanan uzaklıkların *Hipparcos* uzaklıklarıyla karşılaştırılması (üst paneller) ve uzaklıkların *Hipparcos*'tan farkları (alt paneller). Sürekli çizgi 1-1 karşılaştırmayı, (o) literatür ve (•) bu çalışmada elde edilen kalibrasyon sonuçlarını göstermektedir. (a) (2.5) ve (4.4), (b) (2.3) ve (4.5), (c) (2.4) ve (4.7) ve (d) (2.6) ve (4.8) bağıntılarıyla hesaplanmış mutlak parlaklıklardan bulunan uzaklıklardır. 60

Şekil 5.2: Literatürde ve bu tez çalışmasında yakın kızılötesi fotometrik verileri içeren kalibrasyonlardan hesaplanan uzaklıkların *Hipparcos* uzaklıklarıyla karşılaştırılması (üst panel). Uzaklıkların *Hipparcos* uzaklıklarından farkları (alt panel). Sürekli çizgi 1-1 karşılaştırmayı, (o) Eker ve diğ.'ne (2009) ait kalibrasyonu ve (•) bu çalışmada elde edilen kalibrasyonun kullanılmasıyla hesaplanan uzaklıkları göstermektedir..... 61

Şekil 5.3: 10 açık kümedeki 54 W UMa sisteminin üç farklı yöntem ile tayin edilen uzaklıklarının karşılaştırılması. Sürekli çizgi 1-1 karşılaştırmayı, (o) bu çalışmayı ve (+) Rucinski ve Duerbeck'in (1997) kalibrasyonundan hesaplanan uzaklıkları göstermektedir 63

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: A ve W türü W UMa sistemlerinin özellikleri..... 10

Tablo 3.1: 156 W UMa sisteminin ekvatoral ve galaktik koordinatları, paralaks (mas), paralaks hataları (mas), rölatif paralaks hataları ve Schlafly ve Finkbeiner'den (2011) elde edilen *V* bandı sönükleşmeleri (kadir) 26

Tablo 3.2: 156 W UMa sisteminin yörünge dönemi, optik ve kızılötesi parlaklıkları ve renkleri. Sıra sütununda bulunan (*) simgesi sistemin üçlü olduğunu, *Q* sütunu ise kızılötesi fotometrik verilerin kalitesini ifade eder. Parlaklıklar ve renkler kadir biriminde verilmiş olup, parantez içindeki sayılar hataları göstermektedir 29

Tablo 3.3: Açık kümelerde bulunan 54 W UMa sisteminin bağlı bulundukları kümeler, sistem isimleri, yörünge dönemleri, *V* filtresindeki maksimum görünen parlaklıkları ve *B-V* renkleri. Parlaklık ve renk verileri kadir birimindedir. Sistemler Rucinski'den (1998) alınmıştır. 33

Tablo 3.4: W UMa yıldızları içeren açık kümelere ait temel bilgiler: Küme isimleri, galaktik kordinatları (*l*, *b*), *E(B-V)* renk artıkları, *V* bandındaki *m-M* uzaklık modülleri. *N* kümedeki W UMa yıldızı sayısını gösterir. Verilerin derlenmesinde yararlanılan kaynaklar son sütunda verilmiştir 34

Tablo 4.1: 57 W UMa sisteminin GCVS isimleri, LK düzeltmeli π_0 (mas) trigonometrik paralaksları, σ_π/π rölatif paralaks hataları, d (pc) uzaklıkları, optik ve yakın kızılötesi bölgelerdeki M_V, M_I ve M_J mutlak parlaklıkları ve bunların hataları (kadir). Durum sütunu sistemlerin kalibrasyonlarda kullanılıp kullanılmadığını (İst. dışı: istatistik dışı) göstermektedir.....44

Tablo 4.2: Yakın kızılötesi renkleri içeren kalibrasyonda kullanılan sistemlerin GCVS isimleri, *t, t₀*, *P* (gün), *E* ve evre değerleri 55

SEMBOL LİSTESİ

V	: Johnson sistemindeki parlaklık
$(B\text{-}V)_0$	: Johnson sisteminde kızarmadan arındırılmış renk
$(V\text{-}I)_0$	: Johnson sisteminde kızarmadan arındırılmış renk
M_V	: Johnson sisteminde V filtresindeki mutlak parlaklık
M_I	: Kron-Cousins sisteminde I filtresindeki mutlak parlaklık
$E_\infty(B\text{-}V)$	: Galaksi sınırlarında ölçülen renk artığı
$E_d(B\text{-}V)$	: Belli bir uzaklıktaki renk artığı
$A_{v\infty}$	: Galaksi sınırlarında ölçülen V filtresindeki sönükleşme
A_{Vd}	: Belli bir uzaklıktaki V filtresindeki sönükleşme
H	: Tozun yükseklik ölçeği
d	: Güneş'ten olan uzaklık
$m\text{-}M$	: Uzaklık modülü
J, H, K_s	: 2MASS taramasında kullanılan kızılötesi parlaklıklar
$(J\text{-}H)_0$	: 2MASS taramasında kızarmadan arındırılmış renk
$(H\text{-}K_s)_0$	: 2MASS taramasında kızarmadan arındırılmış renk
M_J	: 2MASS taramasında J filtresindeki mutlak parlaklık
Q	: 2MASS taramasında fotometrik kalite bilgisi
[Fe/H]	: Demir bolluğu
α	: Rektasansyon
δ	: Deklinasyon
l	: Galaktik boylam
b	: Galaktik enlem
d	: Uzaklık
π	: Paralaks
σ_π/π	: Rölatif paralaks hatası
π_0	: Lutz-Kelker düzeltmesi yapılmış paralaks
P	: Yörünge dönemi
L	: Işıma gücü
M	: Kütle
m_1	: Baş bileşenin kütlesi
m_2	: Yoldaş bileşenin kütlesi
q	: Kütle oranı
w	: Açısal hız
L_1, L_2, L_3, L_4, L_5	: Lagrange noktaları
S/N	: Sinyal gürültü oranı
t	: Sistemin gözlem yapılan tarihi
t_0	: Sistemin birinci minimumuna ait tarih
E	: Çevrim sayısı
φ	: Toplam kütlesel çekim kuvveti

ÖZET

W UMA TÜRÜ ÇİFTLER İÇİN YENİ MUTLAK PARLAKLIK KALİBRASYONLARI

Bu tez çalışmasında, trigonometrik paralaks verileri güncellenmiş W UMa sistemleri için optik ve yakın kızılötesi bölgede yörünge dönemi – renk – ışıma gücü kalibrasyonları elde edilmiştir. *Hipparcos* uydusuyla trigonometrik paralaks ölçümü yapılmış 156 W UMa sisteminin verilerine ulaşılmıştır. Rölatif paralaks hatası $\sigma_\pi/\pi \leq 0{,}15$ olan W UMa sistemlerine Lutz-Kelker düzeltmesi uygulanmış, fotometrik veriler *Hipparcos* ve 2MASS taramasından sağlanarak yıldızlararası ortamın neden olduğu kızarmadan arındırılmıştır. Optik ve yakın kızılötesi bölgeler için oluşturulan kalibrasyonlarda fotometrik hataları fazla olanların yanı sıra, parlak üçüncü bileşene sahip sistemler de istatistik dışı bırakılmıştır. Verileri duyarlı 43 W UMa sisteminden oluşturulan kalibrasyonlarda mutlak parlaklıklardaki belirsizlikler 0,27 kadiri geçmemektedir. Yeni elde edilen kalibasyonların açık kümelerde bulunan W UMa sistemlerinin uzaklıklarını büyük bir doğrulukla tayin edebildikleri gösterilmiştir. Böylece, kalibrasyonların özellikle bir yıldız kümesi doğrultusunda bulunan W UMa sistemlerinin kümeye üyeliklerinin araştırmasında önemli araçlardan biri olduğu bu çalışmada ortaya konulmuştur. Yeni üretilen kalibrasyonlar Güneş civarında bulunan ve yörünge dönemleri ile renkleri bilinen W UMa sistemlerinin uzay dağılımlarının, uzay yoğunluklarının ve ışıma gücü fonksiyonlarının belirlenmesinde kullanılabilir.

SUMMARY

NEW ABSOLUTE MAGNITUDE CALIBRATIONS FOR W UMA TYPE BINARIES

In this study, the orbital period – colour – luminosity calibrations in the optical and near– infrared regions were obtained for W UMa systems with updated trigonometric parallaxes data. There were found 156 W UMa systems with measured *Hipparcos* trigonometric parallaxes. Lutz-Kelker bias were applied to W UMa systems with relative parallax error $\sigma_\pi/\pi \leq 0{,}15$ and photometric data that obtained from *Hipparcos* and 2MASS surveys were dereddened from the interstellar medium. The systems with large photometric errors along with systems that have third companion were excluded from the statistics in calibrations. Absolute magnitude uncertainities in calibrations, that were obtained from 43 W UMa system with precise data, is less than 0,27 magnitudes. It was shown that this new calibration based on W UMa systems in open clusters can measure distances very precisely. Thus, it is proven in this study that these calibrations can be used as a tool to determine whether W UMa system is a member or not of the cluster that lies in the same direction with it. These new calibrations were also used to define spatial distribution, space densities and luminosity functions of W UMa systems with known orbital period and colours in the Solar neighbourhood.

1. GİRİŞ

Astronomi eski çağlardan beri Evreni anlamamıza yardımcı olan en önemli bilim dallarından biridir. Özellikle 20. yüzyıldan itibaren klasik mekaniğin yerini alan kuantum mekaniği mikro ve makro ölçekte Evren anlayışımızı kökten değiştirmiştir. Modern fiziğin gelişiminin astronomi için de yeni, kapsamlı bir değişimin ve gelişimin başlangıcı olduğu söylenebilir. Temel fizik yasalarının yıldızlara uygulanmasıyla uzaklık, kütle, sıcaklık, yarıçap ve kimyasal yapı gibi temel birçok karakteristik özelliğin belirlenmesinde önemli adımlar atılmıştır.

Gökcisimlerinin uzaklık tayinleri astronomi veya astrofizik ile uğraşan tüm araştırmacıların temel sorunlarından biridir. Uzaklık tayini en iyi şekilde trigonometrik paralaks yöntemiyle yapılabilir. Fakat bu yöntem ancak yakın yıldızlara uygulanabilir. Yer tabanlı gözlemler atmosfer şartlarından etkilendiği için ayırma gücü atmosfer koşullarına bağlıdır. Bu problemin üstesinden gelebilmek için Avrupa Uzay Ajansı (ESA) 1989 yılında Dünya çevresinde dört yıl boyunca dolaşacak ve bir gökyüzü parçasını en az 120 kere gözleyecek *Hipparcos* uydusunu uzaya gönderdi. *Hipparcos* uydusu görevi boyunca Güneş komşuluğunda bulunan yakın yıldızların astrometrik ve optik fotometrik gözlemlerini büyük bir duyarlılık ile yaptı. Bu uydudan elde edilen veriler kullanılarak yakın komşuluğumuzdaki yıldızlar için en hassas renk-parlaklık diyagramı elde edildi. Geniş bir tayf aralığı içeren bu renk-parlaklık diyagramı sayesinde standart anakol oluşturuldu ve sönük gök cisimlerinin uzaklıkları daha hassas şekilde ölçülebildi. Buradan elde edilen sonuçlar, o günkü şartlar altında hesaplanan yıldız yaşlarının yeni fiziği içerecek şekilde yeniden hesaplanmasına neden oldu. Uzaklık tayinindeki hassaslığın arttırılması Evren anlayışımızın biraz daha değişmesine yol açtı.

Trigonometrik paralaks yöntemiyle Güneş'ten itibaren 100 pc'lik yarıçap içinde yıldızların uzaklıkları hassas bir şekilde ölçülebilir. Daha uzaktaki gökcisimlerinin, bir başka deyiş ile sönük gökcisimlerinin uzaklıklarını tayin edebilmek için farklı yöntemlere ihtiyaç duyulur. Bu durumda gökcisimlerinin fotometrik ve taysal verileri

önem kazanır. Elektromanyetik tayfın farklı bölgelerindeki akıyı ölçmek üzere tasarlanan fotometrik çalışmalar yıldızların uzaklık tayininde sıkça kullanılır ve literatürde fotometrik paralaks yöntemi olarak bilinir. Tayfsal çalışmalarda ise genellikle incelenen yıldızın yüzey sıcaklığı ve ışıma gücü sınıfı duyarlı bir şekilde belirlenir. İki boyutlu Hertzsprung – Russell (H-R) diyagramı sayesinde incelenen yıldızın mutlak parlaklığı hesaplanabilir. İncelenen gökcismi bir çift sistem ise sistemin yörünge dönemiyle rengi arasında kurulacak bağıntılar sayesinde ışıma gücü ya da mutlak parlaklığı tayin edilebilir. Literatürde bu yöntem yörünge dönemi – renk – ışıma gücü ilişkisi olarak bilinir. Çift yıldız sistemindeki bileşen yıldızlar ortak bir kütle merkezi etrafında döndükleri için Kepler kanunlarına uygun hareket ederler. Bu da kütle merkezine olan uzaklık ile yörünge dönemi arasında bir bağıntı olduğunu gösterir ve yörünge döneminin sistemin uzaklığının tayininde önemli bir değişken olduğunu ifade eder. Benzer bir durum sistemin rengi için de geçerli olup, bileşen yıldızların toplam enerji dağılımları hakkında bilgi verir. Buradan sistemin mutlak parlaklığının, yörünge döneminin ve renginin bir fonksiyonu olduğu ortaya çıkar. Özellikle örten çift sistemlerde Roche loblarını dolduran aşırı değen sistemler için çok iyi bir uzaklık tayini yöntemi olan yörünge dönemi – renk – ışıma gücü ilişkisi (Rucinski, 2004), bu tür sistemlerin 100 pc'den ötede bulunan üyelerin uzaklıklarının belirlenmesinde önemlidir.

Bu tez çalışmasının amacı, aşırı değen çift sistemler için optik ve kızılötesi bölgede duyarlı yörünge dönemi – renk – ışıma gücü ilişkilerini elde etmektir. Özellikle, *Hipparcos* uydu verilerinin yeniden indirgenmiş olması, aşırı değen çift sistemler içinde yeni keşfedilmiş üçüncü bileşenlerin bulunması ve bu sistemlerin yeni yakın kızılötesi verilerinin astronomların kullanımına sunulması, literatürde daha önceden belirlenmiş bu tür uzaklık kalibrasyonlarının yeniden gözden geçirilmesine fırsat tanımıştır. Böylece, literatürde verilmiş bu kalibrasyonlar tez çalışmasında kullanılacak yeni veriler ile güncellenecektir.

2. GENEL KISIMLAR

Birbirine çekimsel olarak bağlı olan ve iki yıldızdan meydana gelen sisteme "çift yıldız" denir. Eğer bu sistem ikiden daha çok yıldız içerirse "çoklu sistem" olarak ifade edilir. Çift yıldız terimi ilk defa 1802 yılında William Herschel tarafından kullanılmıştır. Çekimsel olarak birbirlerine bağlı olan çift yıldız sistemleri Kepler yasalarına göre hareket ederler. Sistemdeki yıldızlar kütlelerinin büyüklüklerine göre baş ve yoldaş bileşen olarak isimlendirilir. Bileşen yıldızlar ortak bir kütle merkezi etrafında hareket ederler. Sistemdeki büyük kütleli bileşen ortak kütle merkezi etrafında küçük hızlarla, küçük kütleli bileşen ise büyük hızlarla hareket eder.

Çift yıldızlar astronomide en çok çalışılan konulardan biridir. Evrendeki yıldızların yarısından fazlası çift ya da çoklu sistemlerinin üyesidir. Heintz'e (1969) göre tüm yıldızların % 85'i çift yıldızdır. Yıldızların temel özelliklerinden olan kütle, yarıçap ve sıcaklık parametreleri bu tür sistemlerden çok büyük bir doğrulukla elde edilir. Özellikle kütleyle ışıma gücü arasındaki ilişki, anakol yıldızları için temel bağıntılardan biridir. Bu bağıntı yardımıyla tek yıldızların kütleleri, yarıçap ve sıcaklık parametrelerinden itibaren de ışıma güçleri tayin edilebilir. Yıldızların evrimleri neredeyse sadece kütlelerine bağlı olduğundan, çift yıldızlar yıldız evrimi konusunda da önemli ipuçları verirler. Ayrıca yakın galaksilerin ve yıldız topluluklarının uzaklıklarının belirlenmesinde X-ışın çiftleri, kataklismik değişenler, novalar, simbiyotik yıldızlar ve bazı tür süpernovalar gibi cisimlerin doğasının açıklanmasında önemli rol oynarlar.

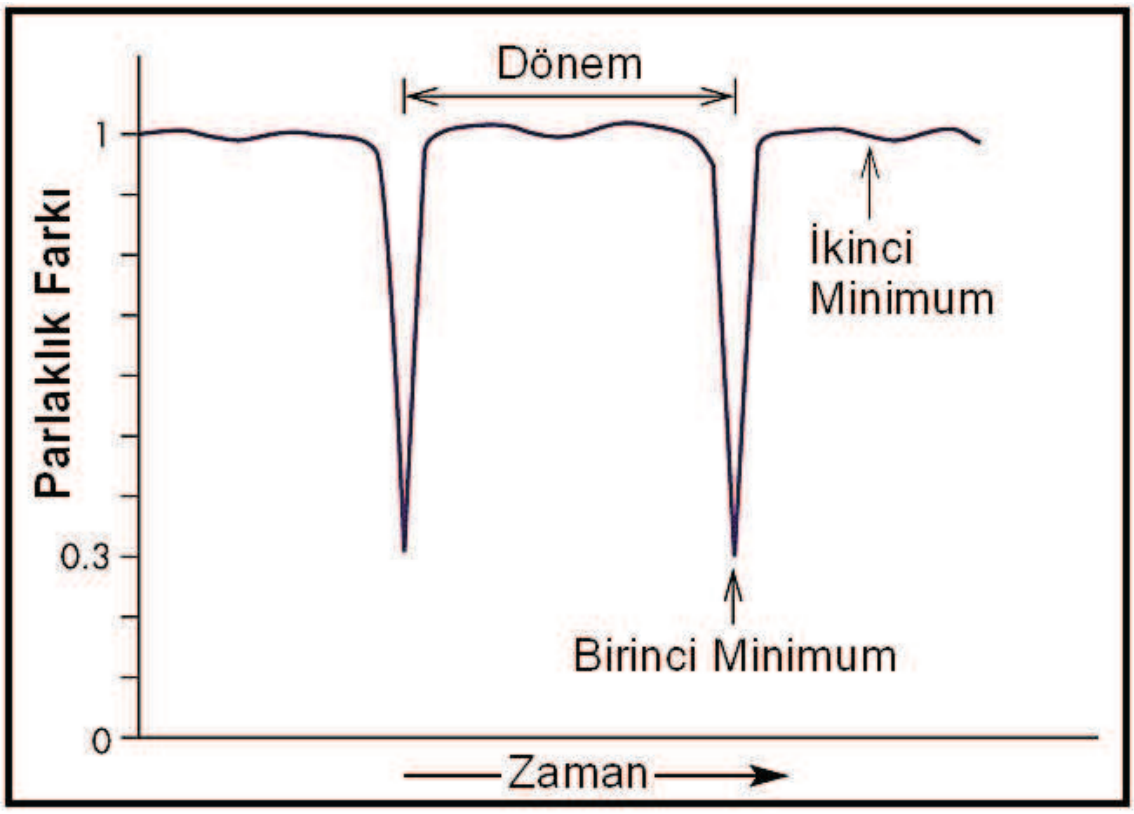
2.1 ÇİFT YILDIZLARIN SINIFLANDIRILMASI

Mekanik, optik ve elektronikteki gelişmeler gözlem verilerinin günümüzde daha duyarlı elde edilmesini sağlamıştır. Bu da gözlem verilerinin modeller ile sınanması sonucunda, fiziksel parametrelerin daha duyarlı şekilde elde edilmesine fırsat vermiştir. Böylelikle incelenen çift sistemler daha ayrıntılı şekilde sınıflandırılmıştır. Çift yıldızlar gözlem yöntemlerine göre üç ana sınıfa ayrılır:

i) Görsel Çift Yıldızlar: Bileşenleri göz ya da teleskop ile ayırt edilebilen sistemlerdir. Bileşenlerin ortak bir kütle merkezi etrafında dolanma dönemleri bir yıl ile binlerce yıl arasındadır.

ii) Tayfsal Çift Yıldızlar: Bileşenleri ayrı ayrı görülemeyen, sadece tayflarındaki emisyon ve absorbsiyon çizgilerinin yer değişimleriyle anlaşılabilen çift sistemlerdir. Tayfsal çiftlerdeki bileşenlerin parlaklık oranları farklı olabilir. Eğer baş ile yoldaş bileşen arasındaki görünen parlaklık farkı yaklaşık beş kadire ulaşırsa, sistemden alınan tayfta yalnızca parlak bileşenin çizgileri görülür. Bu tip çift yıldızlara tek-çizgili tayfsal çiftler denir. Bileşenler arasındaki parlaklık farkı çok büyük değilse, farklı zamanlarda alınan tayflarda bileşenlere ait çizgilerin farklı yönlerde hareket ettikleri görülür. Bu tip çift yıldızlara çift-çizgili tayfsal çiftler denir. Tayfsal çiftlerin yörünge dönemleri birkaç saat ile birkaç yıl aralığındadır.

iii) Örten Çift Yıldızlar: Bileşenleri dönemli olarak birbirini örten, bu nedenle ışık eğrilerinde tutulmaların görüldüğü, dönemli parlaklık değişimi gösteren çift sistemlerdir. Her dolanımda bir bileşen diğer bileşeni tamamen ya da kısmen diğer örter. Dolayısıyla sistemin parlaklığında dönemsel bir değişim görülür. Sistemin parlaklığında görülen bu değişim zamanın bir fonksiyonu olarak çizilirse elde edilen grafik "ışık eğrisi" olarak tanımlanır. Tutulma gösteren örten bir çift sistemin ışık eğrisi Şekil 2.1'de verilmiştir. Parlak bileşenin sönük bileşen tarafından örtülmesi sonucunda birinci minimum, sönük bileşenin parlak bileşen tarafından örtülmesiyle de ikinci minimum meydana gelir. Birinci minimumdan, bir sonraki birinci mimimuma kadar geçen süreye yörünge dönemi denir ve genellikle gün biriminde verilir.



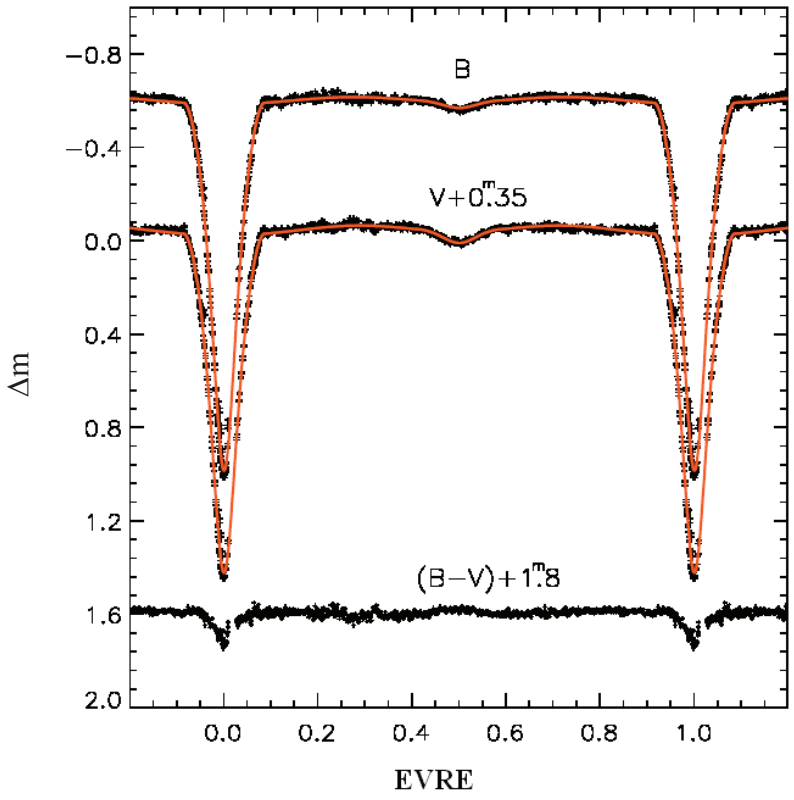
Şekil 2.1: Örten bir çift sistemde tutulmalar sonucunda görülen tipik bir ışık eğrisi.

2.2 ÖRTEN ÇİFT YILDIZLAR

Örten çift yıldızlar ışık eğrilerine göre üç ana sınıfa ayrılır:

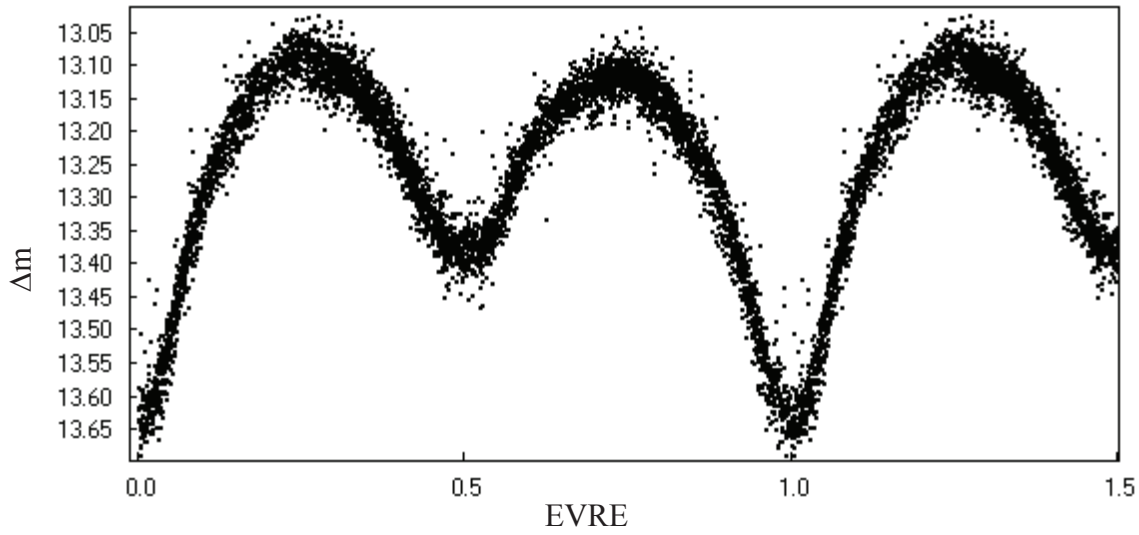
a) Algol Türü Sistemler: Tutulma başlangıç ve bitiş noktaları belirgindir. Tutulmalar dışında parlaklıkları sabittir (Şekil 2.2). Sistemdeki bileşen yıldızların ışıma güçlerinin farklı olması durumunda ikinci minimum çok sığ olabilir ya da görünmeyebilir. Buna karşın, bileşen yıldızların ışıma güçleri birbirine çok yakın ise sistemin ışık eğrisindeki iki minimum da belirgin bir şekilde görülür. Algol türü sistemler GCVS (General Catalogue of Variable Stars[1]) kataloğunda *EA* olarak ifade edilir.

[1] http://www.sai.msu.su/gcvs/gcvs/



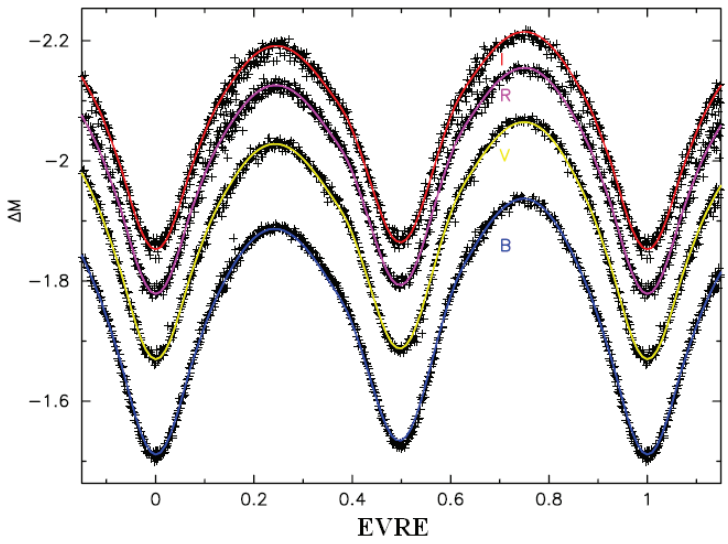
Şekil 2.2: Algol türü sistemlere bir örnek: RZ Cas'ın *B* ve *V* filtrelerindeki ışık eğrileri ve *B*-*V* rengine ait farkları (Soydugan ve diğ., 2006).

b) Beta Lyrae Türü Sistemler: Beta Lyrae türü sistemlerin birinci ve ikinci minimum derinliklerinin parlaklık farkı hemen hemen yarı yarıyadır (Şekil 2.3). Bu tür sistemlerde bileşenlerin birbirlerine çok yakın olmaları sebebiyle birbirlerine uyguladıkları çekim kuvveti ve bileşenlerin kendi eksenleri etrafında dönmeleri sonucu bileşen yıldızlarının biçimleri bozulur ve üç eksenli elipsoidal yapıda görünmelerine neden olur. Birinci ve ikinci minimumda ölçülen ışık değişimleri (tutulma derinlikleri) arasındaki fark, bileşen yıldızlar arasında sıcaklık farkı olduğunu göstermektedir. Beta Lyrae türü sistemler GCVS kataloğunda *EB* olarak ifade edilir.



Şekil 2.3: Beta Lyrae türü sistemlere bir örnek: GSC 4232.02059'un filtresiz ışık eğrisi (Sokolovsky ve diğ., 2007).

c) W Ursae Majoris Türü Sistemler: W UMa türü sistemlerin yörünge dönemleri bir günden daha kısadır ve ışık eğrilerindeki birinci ve ikinci minimum derinlikleri birbirine eşittir. Tutulmalar dışında da sürekli parlaklık değişimi gösterirler (Şekil 2.4). Bileşenler üzerinde büyük soğuk lekelerinden dolayı ışık eğrilerinde maksimum parlaklıklar arasında belirgin farklar görülebilir. Sistemi oluşturan bileşen yıldızlar ortak bir zarf ile çevrilidir. Tayf türleri A – K aralığında bulunan W UMa sistemleri anakol yıldızlarından oluşur. W UMa türü sistemler GCVS kataloğunda *EW* olarak ifade edilir.

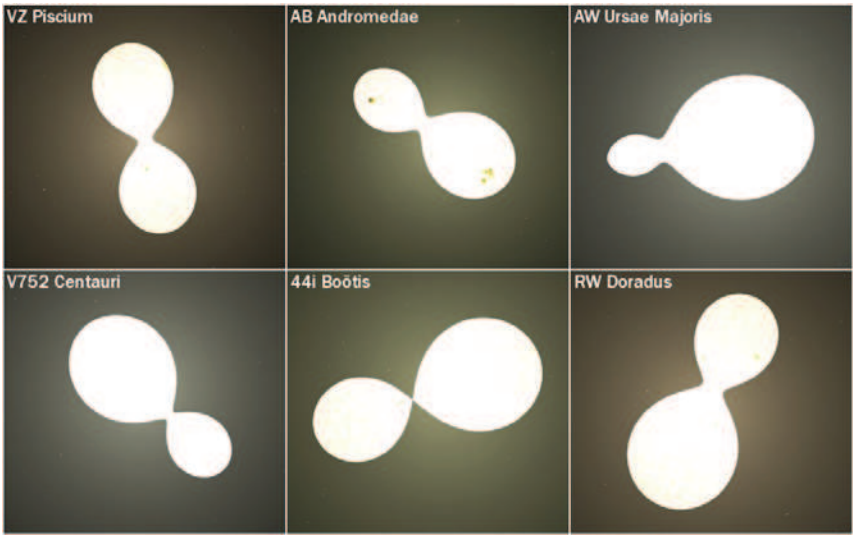


Şekil 2.4: W UMa türü sisteme bir örnek: V1123 Tau'un *B*, *V*, *R*, *I* filtrelerindeki ışık eğrileri (Zhang ve diğ., 2011).

2.3 W URSAE MAJORİS TÜRÜ SİSTEMLER

W Ursae Majoris (W UMa) sistemlerinin çift yıldız sistemleri oldukları ilk kez Müller ve Kemph (1903) tarafından keşfedilmiştir. Daha sonraları ise Lucy'nin (1968) ısısal denge varsayımına dayanan çalışmasıyla bu örten çift sistemlerin doğası daha detaylı şekilde ortaya konmuştur. Güncel GCVS kataloğunda (Cilt I-III sürüm 2012-04-15) "EW" olarak kayıtlı 1031 W UMa türü örten çift sistem bulunmaktadır. *Hipparcos* uydu gözlemlerinin çok sayıda W UMa türü sistemin keşfedilmesinde önemli rolü vardır.

Bu çift sistemlerdeki bileşen yıldızlar genellikle anakol aşamasında olup Güneş benzeri yıldızlardan oluşur. W UMa türü sistemlerin ışık eğrilerinde görülen birinci ve ikinci minimumların derinlikleri eşittir ve maksimum parlaklıklarındaki ışık değişimi evreden evreye farklılık gösterir. Işık eğrilerindeki minimum derinliklerin hemen hemen eşit olması bileşen yıldızların yüzey sıcaklıklarının birbirine yakın olduğunu gösterir. Ortak bir zarf içinde bulunan bileşenler birbirlerine çok yakın oldukları için "değen çiftler" olarak bilinirler (Şekil 2.5). Bu sistemlerin minimum derinliklerinin çok yakın olması sebebiyle ışıma güçlerinin neredeyse aynı olduğu söylenebilir. İki yıldızın Roche loblarının birbirine değmesi nedeniyle bir bileşenden diğerine kütle akışı olmaktadır. Kütle ve ışınım akışı sonucu W UMa sistemlerindeki yıldızlar neredeyse eşit sıcaklıkta görünürler (Lucy, 1968).



Şekil 2.5: İyi çalışılmış altı W UMa sisteminin şematik gösterimi.

W UMa sistemlerindeki bileşenlerin birbirlerine uyguladıkları çekim kuvvetlerinin etkisiyle yüzeyleri küresellikten önemli ölçüde sapar. Yörünge dönemlerinin kısa olması, bileşen yıldızların yörüngesel hareketlerinin hızlı olmasına neden olur. Bu sistemlerin ışık eğrileri kısa bir süre içinde gözlenebilir. Yörünge dönemleri yaklaşık 0,2 ile 1,2 gün arasındadır. Bu nedenlerden dolayı W UMa türü örten çift sistemler literatürde en çok çalışılan sistemlerdir.

Bileşen yıldızlar arasındaki madde aktarımından dolayı W UMa sistemleri anakol yıldızları için verilen kütle – ışıma gücü bağıntısına ($L \alpha M^{3.5}$) uymazlar, dolayısıyla bu sistemler için hesaplanan kütle oranları ($q = m_2/m_1$) daima $q = 1$'den farklıdır. Literatürde W UMa sistemleri için teorik kütle-ışıma gücü, kütle-yarıçap, ışıma gücü-sıcaklık bağıntıları elde edilmeye çalışılmıştır (Mochnacki, 1981; Van Hamme, 1982; Smith, 1984; Maceroni ve diğ., 1985; Awadalla ve diğ., 2005; Yakut ve Eggleton, 2005).

Ortak konvektif zarfa sahip değen çiftler olarak bilinen W UMa sistemlerinin bileşen yıldızları arasında kütle transferi olmasından dolayı bir enerji transferi gerçekleşir (Hazlehurst, 1970; Mochnacki, 1981; Kahler ve diğ., 1986; Kahler, 2002; Kahler, 2004). W UMa türü sistemlerin geç tayf türünden olmaları ve hızlı dönmeleri konvektif atmosfere sahip olduklarını gösterir. Bileşenlerin yüksek hızlarda dönmeleri ve konvektif atmosfere sahip olmaları sistemlerin manyetik aktivitesinin büyük olacağını ifade eder (Bilir ve diğ., 2005).

W UMa türü sistemlerde karşılaşılan en önemli problemlerden biri ışık eğrilerindeki birinci veya ikinci minimumlarda hangi bileşenin örtüldüğünün anlaşılmasıdır. Bu sistemler gösterdikleri belirgin fiziksel farklılıklarına göre W ve A türü olmak üzere iki alt gruba ayrılır (Binnendijk, 1970). Sistemin alt sınıfı radyal hız eğrisiyle ışık eğrisinin karşılaştırılmasından belirlenebilir. İki grup arasındaki temel farklılıklar Tablo 2.1'de verilmiştir. Birinci minimumda yüksek ışıma gücüne sahip bileşen, ışıma gücü düşük bileşen tarafından örtülür. Bir yıldızın ışıma gücü sıcaklık ve yarıçapa bağlı

olduğundan, bileşen yıldızların ışınım güçlerinin aynı olması sistemdeki yıldızların sıcaklık ve yarıçap bakımından benzer olmaları anlamına gelir.

Tablo 2.1: A ve W türü W UMa sistemlerinin özellikleri.

Özellik	A Türü	W Türü
Kütle	Büyük	Küçük
Sıcaklık	Baş bileşen sıcak	Yoldaş bileşen sıcak
Tayf Türü	A-G	F-K
Yörünge Dönemi	Ortalama 0,50 (gün)	Ortalama 0,30 (gün)
Değme	Daha fazla	Daha Az
Dönem Değişimi	Var	Yok
Ortak Zarf	Radyatif (kalın)	Konvektif (ince)
Işıma Gücü	Yüksek	Düşük
Geçiş	Birinci minimum transit	Birinci minimum örtme

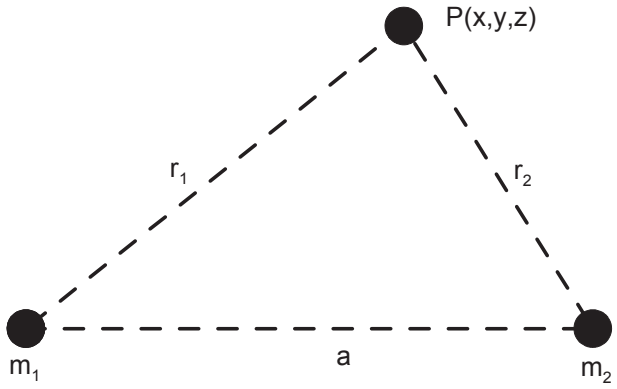
W UMa sistemlerinde bileşenler arasındaki sıcaklık farkı birkaç yüz kelvindir. W türünde bu sıcaklık farkı birinci bileşenin manyetik etkinliğinden kaynaklanmaktadır. W UMa sistemlerinin Güneş benzeri manyetik etkinlikler gösterdikleri gözlemlerle saptanmıştır (Rucinski, 1993a). Aralarında enerji aktarımı olan W UMa türü sistemlerin kütle ve açısal momentum kaybı sonucu evrimleşerek "mavi mücadeleciler (Blue Stragglers)" olarak adlandırılan büyük kütleli ve yaşlı anakol yıldızlarına ya da hızlı dönen çift çekirdekli FK Com türü dev yıldızlara evrimleşecekleri düşünülmektedir (Guinan ve Bradstreet, 1988; Bilir ve diğ., 2005).

2.4 ROCHE GEOMETRİSİ

Karşılıklı olarak uyguladıkları çekim kuvvetinden dolayı bileşenlerin yüzey yapıları küresellikten büyük ölçüde sapmış sistemlere "değen sistemler" denir. Çember yörüngelerde kütle merkezi etrafında dolanan iki noktasal kütlenin oluşturduğu sistemin toplam çekimsel potansiyeli Roche geometrisi olarak tanımlanır ve örten çift yıldız sistemlerinin sınıflanmasında kullanılır (Kopal, 1959). Roche geometrisinin çözümü üç cisim problemine dayanır. Kendi çekim alanlarının etkisi altındaki üç cisim için hareket denklemini çözmek zordur. Fakat ortak kütle merkezi etrafında çember yörüngelerde dolanan iki cisim ile bu ikili sistemin kütle çekim alanı içinde hareket eden üçüncü bir

cisimden oluşan sistem "üç cisim problemi" olarak bilinir ve bu problem ancak Roche geometrisi yardımıyla çözülebilir.

Ortak kütle merkezi etrafındaki çember yörüngelerde dolanan iki cismin üçüncü cisme etki ettiği toplam kütlesel çekim kuvveti φ sembolüyle gösterilsin. Yörüngenin çember olduğu varsayımı altında daha büyük kütleli m_1, ortak kütle merkezinde bulunan bir çift yıldız sistemi (m_2) ile birlikte ω açısal hızıyla döndüğü kabul edilsin. Ortak kütle merkezleri c olan m_1 ve m_2 cisimlerinin birbirlerine uzaklığı a olsun. m_1 kütleli cismin merkez alındığı koordinat sisteminde x-ekseni, m_2 kütlesi boyunca uzanmıştır. y ekseni ve z ekseni yörünge düzlemine diktir. $P(x, y, z)$ noktası m_1'den r_1; m_2'den de r_2 kadar uzaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Üç cisim probleminin çözümünün şematik gösterimi.

$P(x, y, z)$ noktasına etkiyen φ kütle çekim potansiyeli, iki noktasal kütlenin toplam potansiyeli ve dönme potansiyelinin toplamıdır.

Yani;

$$\varphi = -\frac{Gm_1}{r_1} - \frac{Gm_2}{r_2} - \frac{\omega^2}{2}\left[\left(x - \frac{m_2}{m_1+m_2}\right)^2 + y^2\right] \tag{2.1}$$

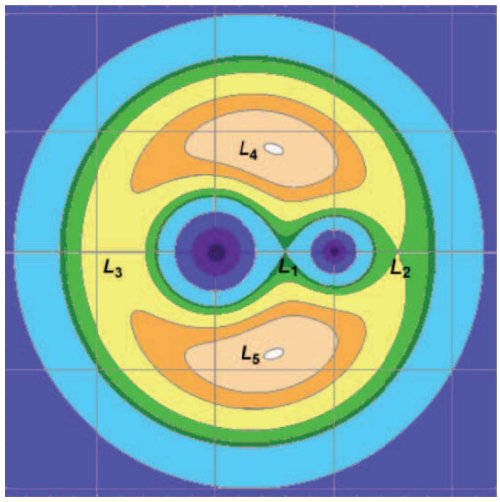
burada,

$$r_1 = (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2} \tag{2.2}$$

$$r_2 = [(x-1)^2 + y^2 + z^2]^{1/2} \tag{2.3}$$

Sistemde bileşenler küresel yapıdadır. İki kütleyi birleştiren merkez doğrultusu boyunca cisimlerin birbirlerine yaklaşmasıyla yüzeyler daha kararsız hale gelir. Bileşenlerin birbirlerine bakmayan kısımları ise küreselliklerini korur. Çekim etkilerinden dolayı

bileşenler, Roche geometrisinin bileşen yıldızlar için tanımlamış olduğu hacim içinde genişler, Roche loblarını doldurur ve bir noktada birbirlerine değerler. Bu noktaya L_1 "Lagrange noktası" ya da "iç Lagrange noktası" denir. Sistem eşpotansiyel bir yüzeye sahip olur (Şekil 2.7'deki yeşil renkli alanlar). L_1 noktasında birbirlerine değen iki yüzeyin oluşturduğu alan "Roche Limiti", sistemin üç boyutlu sınırı içinde kalan hacimleri de "Roche Lobları" olarak bilinir. Ayrıca sistem, ikincil bir eşpotansiyel yüzeye de sahiptir ve tüm yüzeyi sistemi sarar (Şekil 2.7'deki sarı renkli alan). Büyük potansiyele sahip olan bir maddenin sistemden ayrılacağı yer L_2 noktasıdır ve bu noktaya "dış Lagrange" noktası denir (Şekil 2.7'deki sarı renkli alan). L_2'nin zıt tarafında ve L_2'den daha yüksek potansiyeldeki maddenin kaçış noktası olarak bilinen L_3 noktası bulunur. İki kütleden daha da uzakta ve en büyük potansiyele sahip L_4 ve L_5 noktaları yer alır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Bir çift yıldız sistemi için iki boyutlu Roche eşpotansiyel yüzeylerinin gösterimi.

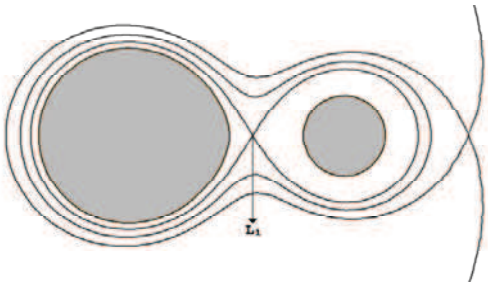
2.5. ROCHE MODELİNE GÖRE SINIFLANDIRMA

Bileşenlerin nükleer evrimlerinden dolayı genişleyen yarıçapları Roche loblarını doldurur ve L_1 noktasına ulaşan bileşen maddesi diğer bileşenin Roche lobuna akar. Bileşen yıldızların genişleyen yüzeyleri L_1 noktasında en büyük uzay hacmine eriştiğinden sistem, Roche limitine ulaşır. Daha ileri evrim aşamalarında sistemde bulunan bileşenler kendi Roche loblarını doldurabilir ve ortak bir zarf ile sarılabilirler. Bu durumda bileşen yıldızlar geriye kalan dört Lagrange noktasından madde kaybına uğrayabilir. Roche loblarını doldurma durumlarını dikkate alan Kopal (1959), çift yıldız sistemlerini buna göre üç grup altında toplamıştır:

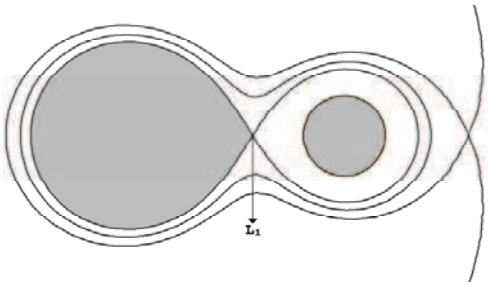
i) Ayrık Çiftler: Çift sistemi meydana getiren bileşenler Roche loblarını doldurmadıklarından birbirlerine değmezler (Şekil 2.8). Bileşenler arasında madde aktarımı gerçekleşmez. Bu tür çift yıldız sistemlerinde etkileşme fazla olmadığından, kütle ve yarıçap duyarlı şekilde hesaplanabilir. Sistemdeki yıldızların küreselliği fazla bozulmadığından toplam ışınım genellikle sabittir. Ayrık çiftlerde ortalama kütle oranları genelde birden küçük olduğundan baş bileşenin sıcaklığı yoldaşınkine göre daha fazladır ve bu nedenle ışık eğrilerinde görülen birinci ve ikinci minimumların derinlikleri birbirinden farklıdır.

ii) Yarı Ayrık Çiftler: Çift sistemi meydana getiren bileşenlerden biri nükleer evriminden dolayı Roche lobunu doldurmuşken diğeri doldurmamıştır (Şekil 2.9). Roche lobunu doldurmuş bileşen diğer bileşene L_1 noktasından madde aktarır. Roche lobunu dolduran bileşene "değen", diğer bileşene de "ayrık" denir. Roche lobunu doldurmuş bileşenden aktarılan madde diğer bileşenin etrafında bir yığılma diski oluşturur. Bileşenlerden biri çekim etkisi ve hızlı dönme nedeniyle küresellikten ayrıldığından, sistemin toplam ışınımında tutulmalar dışında da bir değişim görülür. Işık eğrisindeki ikinci minimumum derinliği birinci minimuma göre oldukça küçüktür.

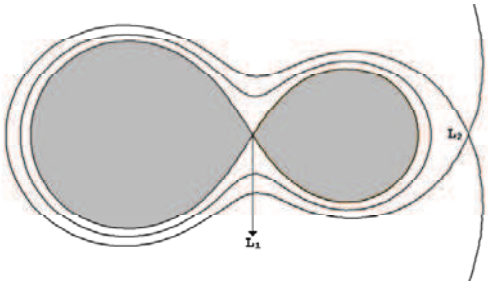
iii) Değen Çiftler: Her iki bileşeni de Roche lobunu doldurmuş olan sistemlerdir (Şekil 2.10). Yıldız maddeleri Roche loblarından taşarak iki yıldızın etrafını sarar ve sistem ortak bir zarfa sahip olursa böyle sistemlere "Aşırı Değen Çiftler" denir (Şekil 2.11). Bu tez çalışmasında incelenen W UMa sistemleri aşırı değen çiftlerdir. Sistemdeki bileşenler küresel olmadıklarından, tutulmalar dışında da sistemin toplam ışınımında değişim görülür. Işık eğrilerindeki birinci ve ikinci minimumların derinlikleri hemen hemen aynıdır.



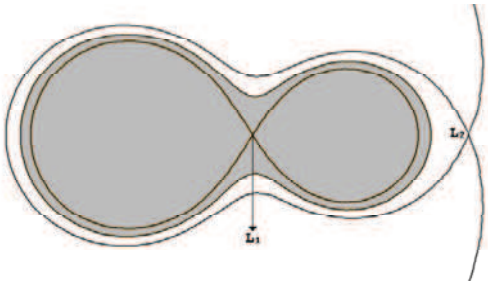
Şekil 2.8: Ayrık çiftler.



Şekil 2.9: Yarı ayrık çiftler.



Şekil 2.10: Değen çiftler.



Şekil 2.11: Aşırı değen çiftler.

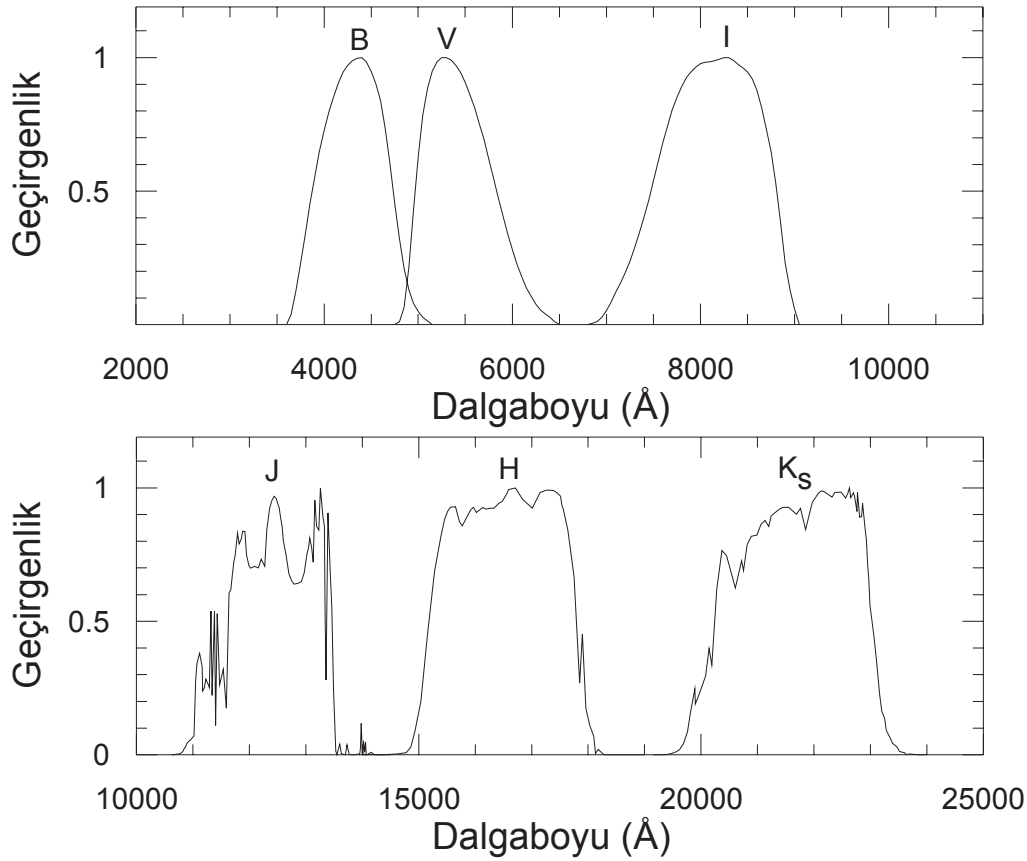
2.6. *HİPPARCOS* VE YAKIN KIZILÖTESİ VERİLER

Tez çalışmasında kullanılan optik ve trigonometrik veriler *Hipparcos* uydusundan gelmektedir (Perryman ve diğ., 1997). *Hipparcos* uydusu, 8 Ağustos 1989 tarihinde uzaya atılmış ve görevini Mayıs 1993'e kadar sürdürmüştür. *Hipparcos* uydusu, Güneş civarındaki 120000 yıldızın astronometrik ve fotometrik gözlemlerini yapmıştır. Uydu aktif görevini tamamladıktan sonra, veriler uzman bir yazılım grubu tarafından indirgenerek 1997 yılında 17 ciltten oluşan bir katalogta toplanmıştır (ESA, 1997). İndirgenen ve sayısal hale getirilen veriler internet ortamında astronomların kullanımına açılmıştır. Yakın Evren anlayışımızda önemli sıçrayışa neden olan *Hipparcos* uydusu, özellikle uzaklık kalibrasyonlarının geliştirilmesinde etkin rol oynamıştır. Avrupa Uzay Ajansı (ESA, 1997) tarafından yayımlanan *Hipparcos* kataloğunda zaman içinde bazı sistematik hatalara rastlanmış ve verilerin yeniden indirgenmesi gerekmiştir. Ham *Hipparcos* verileri van Leeuwen'in (2007) geliştirmiş olduğu yeni algoritmalarla yeniden indirgenerek, özellikle trigonometrik paralakslarda görülen hatalar düzeltilmiş ve yıldızların rölatif paralaks hataları azaltılmıştır. Yeni indirgenen katalogta Güneş civarında bulunan yaklaşık 117000 yıldızın astrometrik ve fotometrik verileri

güncellenmiştir. Kataloğun etkin limit görünen parlaklığı V = 8 kadirdir. Katalogta yıldızların ekvatoral koordinatları, öz hareket bileşenleri, trigonometrik paralaksları ve Johnson-Cousins sistemindeki V, B-V, V-I renkleri verilmiştir (van Leeuwen, 2007).

Hipparcos görevi boyunca gözlemesi planlanan her gökyüzü bölgesini en az 120 kez gözlemiştir. Bu gözlemler sonucunda tüm kaynakların ışık eğrileri analiz edilmiş ve bu yolla ışık eğrilerinde değişime rastlanan çok sayıda yeni çift yıldız keşfedilmiştir. Bu keşifler yer tabanlı gözlemlerle desteklenerek, sistemlerin daha hassas fotometrik ve tayfsal gözlemleriyle bileşen yıldızların temel parametreleri belirlenmiştir. Yer tabanlı gözlemler halen devam etmektedir.

Hipparcos verileri dışında tüm gökyüzünün yakın kızılötesi bölgede atlasını oluşturmak üzere tasarlanan İki Mikron Tüm Gökyüzü Taraması'ndan (Two Micron All Sky Survey (2MASS); Skrutskie ve diğ., 2006) elde edilen veriler de tez çalışmasında kullanılmıştır. Dünya'nın iki farklı yarıküresinde (Mt. Hopkins-Amerika Birleşik Devletleri ve Cerro Tololo Gözlemevi-Şili) sadece bu gökyüzü taraması için geliştirilen 1,3 m ayna çaplı iki tam otomatik teleskop ile gökyüzünün %99,998'i taranmıştır (Skrutskie ve diğ., 2006). Gözlemlerde yakın kızılötesi bölgede tanımlanmış üç geniş band (JHK_s) kullanılmıştır. 2MASS'de kullanılan J (1,25 μm), H (1,65 μm) ve K_s (2,17 μm) filtrelerinin limit parlaklıkları, sırasıyla, 15,8, 15,1 ve 14,3 kadirdir. Gözlemlerden elde edilen veriler 2003 yılında astronomların kullanımına sunulmuştur. Nokta kaynak kataloğu ismiyle yayımlanan bu veri tabanı yaklaşık 450 milyon kaynak içermektedir (Cutri ve diğ., 2003). Nokta kaynak kataloğu sığ parlaklıklar için tasarlanmasına rağmen $J < 5$ kadirden daha parlak kaynaklar fotometrik olarak doymuştur. Bu durum özellikle parlak kaynaklar üzerine araştırma yapan araştırmacılar için önemlidir ve dikkate alınmalıdır. Johnson-Cousins ve JHK_s filtrelerinin geçirgenlik fonksiyonları Şekil 2.12'de gösterilmiştir.



Şekil 2.12: Normalize edilmiş Johnson–Cousins *BVI* (üst panel) ve 2MASS JHK_s filtrelerinin geçirgenlik eğrileri (alt panel).

2.7. YÖRÜNGE DÖNEMİ – RENK – IŞIMA GÜCÜ KALİBRASYONLARI

İki bileşenden meydana gelen, ortak kütle merkezi etrafında dönen W UMa sistemleri tek bir cisim olarak kabul edilir ve yüzeyleri ortak eş potansiyeller ile tanımlanır. Bu nedenle W UMa sistemlerinin analizinde ayrık sistemlerin analizi için gerekenden daha az parametreye ihtiyaç duyulur: İki yarıçap yerine bir potansiyel ve iki yüzey sıcaklığı yerine ortak yüzey sıcaklığı yeterlidir (Rucinski, 1985; Rucinski, 1993b). Fakat ortak bir zarf içinde bulundukları için bileşen yıldızların iç yapıları hakkında detaylı bilgiye ulaşılamaz. Basit bir yüzeye sahip olmaları ve gözlemsel özelliklerinden dolayı W UMa türü sistemler anakol civarındadır. Mutlak parlaklık kalibrasyonlarının iki gözlemsel parametreye, yani yörünge dönemi (*P*) ile *B-V* ya da *V-I* rengine bağlı olduğu ortaya konmuştur (Rucinski, 1994; CAL1). Bu nedenle, Kepler'in üçüncü yasasından belirlenen yörünge dönemiyle yıldızların renklerinden hesaplanan mutlak parlaklık değerleri, örten çift sistemlerin uzaklıklarının tayin edilmesine yardımcı olabilir.

Değen çift sistemlerin yörünge dönemleriyle dinamik zaman ölçekleri arasındaki basit ilişki, ışınım yayan alanların dönem uzunluğuna bağlıdır. Örten çift sistemler için elde edilen yörünge dönemi – renk – ışıma gücü ilişkisi, genç zonklayan yıldızlar için hesaplanan kalibrasyonlara benzer ve literatürde şu şekilde verilir:

$$M_V = a_1 \times \log P + b_1 \times (B\text{-}V)_0 + c_1, \qquad (2.1)$$

burada M_V mutlak parlaklığı, P yörünge dönemini ve $(B\text{-}V)_0$ sistemin yıldızlararası ortamın neden olduğu kızarmadan arındırılmış rengini göstermektedir. Mutlak parlaklık kalibrasyonunda, ışık eğrisinde gözlenen minimum zamanlarında belirgin bir değişim olmadığı için sistemin yörünge dönemindeki belirsizlik çok küçüktür.

CAL1'deki kalibrasyonda kütle – ışıma gücü ilişkisi yerine yalnızca basit geometrik ilişkiler dikkate alınmıştır. Bu ilişkilerde kütle oranının (q) ihmal edilmesi dikkat çekicidir. Kütle oranı genellikle yeni keşfedilen ya da sönük sistemler için bilinmemektedir. Sönük sistemler söz konusu olduğunda bu oran büyük teleskoplarla yapılan tayf gözlemlerinden belirlenebilir. Dolayısıyla kütle oranının sönük ve çok kısa yörünge dönemli sistemler için elde edilmesi zordur. Ayrıca kütle oranı bilinen sistemler dikkate alındığında kütle oranı değerlerinin yörünge dönemi ve renk ile değişim göstermediği görülmüştür (Rucinski ve Duerbeck, 1997). Bu nedenle mutlak parlaklık kalibrasyonlarının oluşturulmasında kütle oranı ihmal edilir. Işıma gücü kalibrasyonu için bir başka kısıtlama ise aktif yıldızlarda görülen lekelerdir. Lekeler sistemin maksimum parlaklığını etkiler. Bu nedenle kalibrasyonlar oluşturulurken lekesiz sistemler dikkate alınır.

Rucinski (1994; CAL1) tarafından W UMa sistemleri için oluşturulan ilk dönem-renk ve ışıma gücü kalibrasyonunda çoğu yüksek enlemli tipik açık küme ve görsel çift yıldız üyesi olan 18 sistem ile trigonometrik paralaksları bilinen Güneş'e yakın üç sistem kullanılmıştır. Üç sistemin (44i Boo B, VW Cep, ε CrA) fotometrik ve trigonometrik paralaks verileri duyarlı değildir: 44i Boo B'nin rengi yakınındaki görünür bileşenin ışığından dolayı hassas ölçülememiştir. Literatürde ε CrA'nın trigonometrik paralaks

değerlerlerinde büyük farklılıklar vardır. Bu türden kalibrasyonların oluşturulması için çok sayıda W UMa sisteminin güvenilir trigonometrik paralakslarına ihtiyaç vardır.

Rucinski (1995), CAL1'in metal bolluğuna (*[Fe/H]*) bağlılığını göstermek için farklı metal bolluklarındaki kümelerde bulunan değen çift sistemleri dikkate alarak yörünge dönemi – renk – ışıma gücü bağıntısını elde etmiş ve geliştirmiştir. Ayrıca, CAL1'de verilen yörünge dönemi – renk – ışıma gücü bağıntısında kullanılan *B-V* rengi yerine *V-I* rengini kullanarak CAL2 kalibrasyonunu da oluşturmuştur. Bir diğer yörünge dönemi – renk – ışıma gücü bağıntısı ise *I* bandındaki ışıma gücü değeri dikkate alınarak *V-I* rengi kullanılarak üretilmiştir (Rucinski, 1995; CAL3).

CAL1, W UMa sistemleri için yörünge dönemine ve *B-V* rengine duyarlı olarak oluşturulmuştur (Rucinski, 1994). CAL2 metalce fakir kümelerdeki W UMa sistemlerinin yörünge dönemleriyle *(B-V)* ve *(V-I)* renkleri ve metal bollukları kullanılarak üretilmiştir (Rucinski, 1995). CAL3 ise OGLE (**O**ptical **G**ravitational **L**ensing **E**xperiment; Szymański ve diğ., 2000) mikro-mercek araştırmalarında keşfedilen sistemlerin galaktik dağılımlarından itibaren elde edilen $M_I = M_I(\log P,\ V\text{-}I)$ biçimindeki kalibrasyona dayanır (Rucinski, 1997). Bu çalışmalarda elde edilen ilişkiler şöyledir:

$$M_V = -2{,}38 \log P + 4{,}26\ (B\text{-}V)_0 + 0{,}28 - 0{,}30\ [Fe/H], \tag{2.2}$$

$$M_V = -4{,}43 \log P + 3{,}63\ (V\text{-}I)_0 - 0{,}31 - 0{,}12\ [Fe/H], \tag{2.3}$$

$$M_I = -4{,}60 \log P + 2{,}33\ (V\text{-}I)_0 - 0{,}20 - 0{,}12\ [Fe/H], \tag{2.4}$$

Bağıntılarda yörünge dönemi (*P)* gün, metal bolluğu değeri de (*[Fe/H]*) dex birimlerinde ifade edilir. Ayrıca, "0" indeksi renklerin yıldızlararası ortamın neden olduğu kızarmadan arındırıldığını gösterir. $(V\text{-}I)_0$ rengi Kron-Cousins sisteminde ölçülmüştür. Bağıntılardaki katsayılar değişkenler arasındaki güçlü korelasyonlardan dolayı yeterince büyüktür. Fakat parametrelerin hataları, Gauss eğrisine uymayan büyük değerler içerir. Buna karşın mutlak parlaklıklar son derece hassas bir şekilde öngörülebilir. M_I mutlak parlaklık kalibrasyonu (CAL 3) ile mutlak parlaklıklar, Monte Carlo simülasyonları kullanılarak bir standart sapma için ±0,25 kadirlik belirsizlikle

tayin edilir (Rucinski, 1996). Yukarıda verilen yörünge dönemi – renk – ışıma gücü ilişkileri, çoğu araştırmacı tarafından açık ve küresel kümelerde yeni keşfedilen değen çift sistemlerin kümelere üyelik testleri için kullanılmıştır (Yan ve Mateo, 1994; Edmonds ve diğ., 1996; Kaluzny ve diğ., 1996).

Hipparcos verilerinin indirgenmesiyle Güneş civarında bulunan 120000'e yakın yıldızın astrometrik verileri hesaplanmış ve çok sayıda yeni örten çift sistem keşfedilmiştir (ESA, 1997). Hem çok sayıda yeni değen örten çift sistemin keşfedilmesi hem de trigonometrik paralaksların yeterince duyarlı ölçülmesi, daha önce Rucinski (1995, 1997) tarafından üretilen yörünge dönemi – renk – ışıma gücü bağıntılarının yeniden hesaplanmasını gündeme getirmiştir. *Hipparcos* kataloğunda değen örten çift sistem olarak sınıflanan ve trigonometrik paralaksları bilinen 40 W UMa sistemini dikkate alan Rucinski ve Duerbeck (1997), W UMa sistemleri için yeni bir kalibrasyon bulmuşlardır. Rucinski ve Duerbeck (1997) mutlak parlaklıklarındaki belirsizlikleri ±0,2 kadirden küçük 20 sistem seçerek CAL4 kalibrasyonunu elde etmişlerdir. Örnek içindeki 44i Boo B en hassas trigonometrik paralaks değerine sahip olmasına rağmen, parlaklık ve renklerindeki hatalardan dolayı örnekten çıkarılmıştır. Bununla birlikte, yer tabanlı trigonometrik paralaksları bilinen (VW Cep ve ε Cra) ve CAL1'de kullanılan iki sistem CAL4 kalibrasyonunda da kullanılmıştır. Elde edilen yeni CAL4 kalibrasyonu şöyledir.

$$M_V = -4{,}30 \log P + 3{,}28\,(B\text{-}V)_0 - 0{,}04 \qquad (2.5)$$

20 sistemden elde edilen yörünge dönemi – renk – ışıma gücü ilişkisinin (CAL4) standart sapması $\sigma = 0{,}17$'dir. Bağıntıdaki katsayılar CAL1'dekine göre farklıdır fakat yeni elde edilen kalibrasyondan hesaplanan mutlak parlaklıklar CAL1'den elde edilen değerler ile uyumludur. Monte Carlo simülasyonlarına göre rastgele hatalar dikkate alındığında değen sistemlerin mutlak parlaklıkları ±0,1 kadirlik hassasiyetle belirlenebilmektedir. Öte yandan, yeni kalibrasyon CAL1'e göre daha geniş yörünge dönemi ($0{,}24 < P < 1{,}15$ gün) ve renk aralığındaki ($0{,}26 < (B\text{-}V)_0 < 1{,}14$) sistemlere uygulanabilir.

Hipparcos uydusundan sonra yer tabanlı gözlemler ile sürdürülen fotometrik ve tayfsal çalışmalar ile bilinen W UMa türü sistemlerin sayısı artmıştır. Ayrıca *Hipparcos*'un trigonometrik paralaks ölçümlerinde Lutz – Kelker yanlılığı (Lutz ve Kelker, 1973)

olarak bilinen sistematik hata birçok araştırmacı tarafından analiz edilmiş ve büyük rölatif paralaks hatasına sahip sistemlerin bu yanlılıktan etkilenebileceği gösterilmiştir (Örneğin; Oudmaijer ve diğ., 1998). Özellikle rölatif paralaks hatası σ_π/π = 0,1'den büyük sistemler için trigonometrik paralakslardan hesaplanan mutlak parlaklıklara bir düzeltme yapılması gerektiği belirtilmiştir (Jerzykiewicz, 2001). *Hipparcos* verileri yayımlandıktan sonra literatürde yapılan tartışmaları dikkate alan Eker ve diğ. (2009), *Hipparcos* kataloğunda (ESA, 1997) rölatif paralaks hatası $\sigma_\pi/\pi \leq 0{,}15$ olan W UMa türü sistemlere Lutz-Kelker düzeltmesi uygulamış ve Rucinski ve Duerbeck'in (1997) uzaklık kalibrasyonlarını güncellemiştir. Eker ve diğ.'nin (2009) örneklerinde bulunan 31 yıldızın Lutz-Kelker düzeltmesi Smith (1987) tarafından verilmiş formül ile yapılmıştır (Bakınız Bölüm 3.4). Eker ve diğ. (2009) W UMa türü örten çift sistemlerin optik ve yakın kızılötesi verileri için yörünge dönemi – renk – ışıma gücü bağıntılarını aşağıdaki gibi vermişlerdir:

$$M_V = -3{,}88(0{,}62)\log P + 3{,}36(0{,}34)\,(B\text{-}V)_0 + 0{,}0044(0{,}0014) \quad (2.6)$$

$$M_J = -3{,}17(0{,}62)\log P + 3{,}84(0{,}62)\,(J\text{-}H)_0 + 1{,}81(1{,}16)\,(H\text{-}K_s)_0 + 0{,}24(0{,}14) \quad (2.7)$$

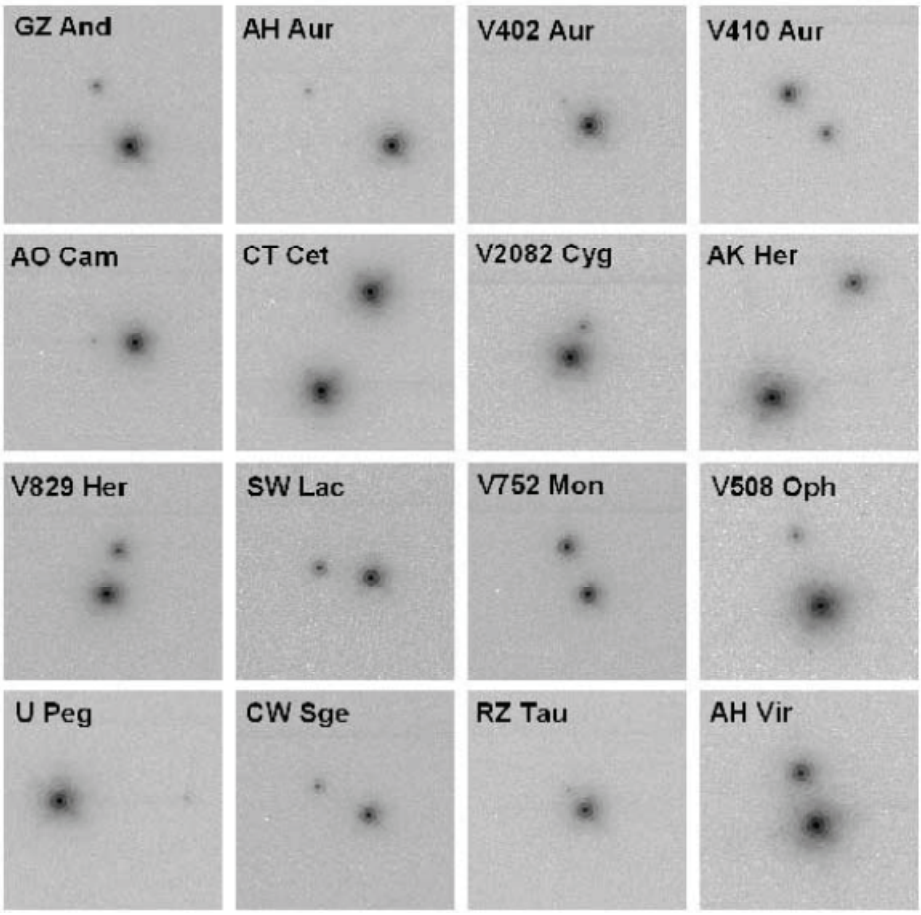
Optik bölgede tanımlı (2.6) kalibrasyonunda yörünge dönemi $0{,}26 < P < 0{,}87$ gün ve renk $0{,}04 < (B\text{-}V)_0 < 1{,}28$ kadir aralığındadır. Yakın kızılötesi bölgede tanımlı (2.7) kalibrasyonun geçerlilik sınırları ise şöyledir: $0{,}26 < P < 0{,}87$ (gün); renkler $-0{,}01 < (J\text{-}H)_0 < 0{,}58$ ve $-0{,}10 < (H\text{-}K_s)_0 < 0{,}18$ (kadir). Eker ve diğ. (2009) literatürde ilk kez yakın kızılötesi bölge için yörünge dönemi – renk – ışıma gücü ilişkisini vermişlerdir. Optik ve yakın kızılötesi için verilen kalibrasyonlar ile hesaplanan mutlak parlaklıklar, *Hippacos*'un trigonometrik paralakslarıyla uyumludur. İki kalibrasyon için mutlak parlaklıklardaki belirsizlik ±0,27 kadirden küçüktür (Eker ve diğ., 2009).

2.8. DEĞEN ÇİFT SİSTEMLERDE BULUNAN ÜÇÜNCÜ BİLEŞENLER

Diğer çift sistemlerde olduğu gibi W UMa türü yıldızlar da üçlü ya da çoklu sistemler olabilir. Sistemler bu bileşenlere sahip olarak doğabilirlerken, evrimlerinin ileri aşamalarında bu bileşenleri Galaksimizdeki çekimsel etkileşimlerden dolayı

yakalayarak üçlü ya da çoklu sistemlere dönüşebilirler (Eker ve diğ., 2006). Kuzey gökyüzündeki değen çift sistemler üzerine yürütülen bir projede bu sistemlerin %59±8'inin üçüncü bileşenlerinin olduğu gösterilmiştir (Pribulla ve Rucinski, 2006). Tez çalışmasında incelenen örnek içinde üç ya da daha çok bileşenli W UMa türü sistemler bulunursa, bu bileşenler sistemlerin daha parlak görünmesine yol açabilirler. Sistem içinde bulunan üçüncü bileşen diğer iki bileşen kadar kütleli ve sistemin kütle merkezine çok yakın olursa, sistemin maksimum parlaklığına önemli ölçüde katkıda bulunur. Aksi durumda ise üçüncü bileşen sistemin maksimum parlaklığına daha az katkıda bulunur.

Üçüncü bileşenin sistemin toplam maksimum ışınımına katkı oranı çalışmada elde edilmek istenen uzaklık kalibrasyonlarını etkileyebilir. Örneğimizdeki W UMa sistemlerinin çoklu bileşenlere sahip olup olmadıklarını belirleyebilmek için bu konuda araştırmaları bulunan D'angelo ve diğ. (2006), Pribulla ve Rucinski (2006) ve Rucinski ve diğ.'nin (2007) çalışmaları incelenmiştir. Pribulla ve Rucinski (2006) ve Rucinski ve diğ. (2007) görünen parlaklığı $V = 10$ kadirden daha parlak 151 değen çift sistem içinde üçüncü bileşenin varlığını araştırmışlardır. Analizlerinde Kanada-Fransa-Hawaii Teleskobu'nda bulunan uyarlamalı (adaptive) optik yöntemini kullanarak, üçüncü bileşenlerin kütle merkezine olan uzaklığını, yörünge dönemini ve Güneş kütlesi cinsinden kütlesini tayin etmişlerdir. Araştırma sonucunda üçüncü bileşene sahip olduğu belirlenen 16 W UMa türü sistemin örnek görüntüleri Şekil 2.13'te gösterilmiştir. D'angelo ve diğ. (2006), Pribulla ve Rucinski'nin (2006) çalışmasındaki 23 sistem içinde üçüncü bileşenli sistemlerin tayfsal analiziyle, üçüncü bileşenler için sıcaklık, kütle, kütle oranı ve mutlak parlaklık gibi temel fiziksel parametreleri tayin etmişlerdir. Analizler sonucunda dokuz sistem için üçüncü bileşenin kütlesinin, sistemdeki diğer iki bileşenin toplam kütlesinin %50'sinden büyük olduğu görülmüştür. Bu da üçüncü bileşenin sistemin toplam parlaklığını önemli ölçüde etkileyeceğini gösterir.



Şekil 2.13: Uyarlamalı (adaptive) yöntemiyle üçüncü bileşeni belirlenen 16 W UMa türü sistemin görüntüleri. Her görüntü 7″ büyüklüğündedir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. VERİ

Tez çalışmamızın ana veri kaynağını ışık eğrileri analiz edilmiş ve yeni indirgenmiş *Hipparcos* kataloğunda (van Leeuwen, 2007) yer alan W UMa türü örten çift sistemlerin fotometrik verileri ve paralaksları oluşturmaktadır. Bu verilere ulaşabilmek için SIMBAD[2] astronomik veri tabanında bulunan *sorgu* seçeneği kullanılmıştır. Bu seçenek içine "*maintype = 'WU*' & cat = 'HIP'*" kodu yazılarak W UMa türüne sınıflanan ve *Hipparcos* kataloğunda (van Leeuwen, 2007) yer alan sistemlerin listelenmesi istenmiştir. Sorgu sonucunda bu kriterleri sağlayan 157 W UMa sistemine ulaşılmıştır. Böylelikle, sistemlerin J2000 epoğundaki ekvatoral ve galaktik koordinatları, GCVS (General Catalogue of Variable Stars) isimleri ve *Hipparcos* numaraları, SIMBAD veri tabanında kayıtlı tayf türleri, *V* parlaklığı, *B-V* ve *V-I* renk indeksleri, trigonometrik paralaks ve hataları listelenmiştir. Sistemlerin yörünge dönemleri literatürde yayımlanan bilimsel çalışmalardan ya da W UMa türleri için derlenmiş veri tabanlarından[3,4] alınarak ana listeye işlenmiştir. Bu sistemlerin yakın kızılötesindeki JHK_s parlaklıkları ve fotometrik kalite bilgileri, İki Mikron Tüm Gökyüzü Taraması (*2MASS*, Two Micron All Sky Survey; Skrutskie ve diğ., 2006) sonucunda nokta kaynaklar için oluşturulan katalogdan (Cutri ve diğ., 2003) elde edilmiştir. *Hipparcos* kataloğunda kayıtlı olan W UMa sistemlerinin koordinat verileri Cutri ve diğ.'nin (2003) kataloğundan sorgulanarak program yıldızlarının yakın kızılötesi fotometrik verilerine ulaşılmıştır. Yakın kızılötesi veriler, VizieR[5] veri tabanında yer alan II/246 numaralı kataloğun elektronik ortamda sorgulanmasıyla elde edilmiştir. Sorgu sonunda örneğimizde bulunan W UMa sistemlerinin *J*, *H*, K_s parlaklıkları ve bunların gözlemsel hatalarıyla fotometrik kalite bilgilerine ulaşılmıştır.

[2] http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/

[3] http://www.as.up.krakow.pl/o-c/

[4] http://www.as.up.krakow.pl/wuma/wuma.html

[5] http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR

Sistemlerin V filtresindeki fotometrik sönükleşmeleri (A_V), NASA'ın Galaksi-dışı Veritabanı (NED[6]) sayfasında yer alan *koordinat dönüşümleri ve galaktik kızarma hesaplayıcısına* sistemlerin galaktik koordinatları girilerek elde edilmiştir. Söz konusu veri tabanı Schlafly ve Finkbeiner'in (2011) verilerini kullanır. Fakat bu sönükleşme değerleri ($A_{V\infty}$) Güneş ile Galaksinin sınır bölgelerine kadar tüm soğurmayı verdiğinden, Bölüm 3.2'de verilen sönükleşme, Güneş ile incelenen sistem arasındaki *Hipparcos* uzaklığı için Bahcall ve Soneria'nın (1980) indirgeme yöntemiyle elde edilmiştir. İndirgenen A_V sönükleşmesi $E_d(B\text{-}V) = A_V/3{,}1$ eşitliği kullanılarak indirgenmiş $E_d(B\text{-}V)$ renk artığı değerine çevrilmiştir. Sistemlerin kızarmadan arındırılmasında indirgenen $E_d(B\text{-}V)$ değerlerinden faydalanılmıştır. Fotometrik verilerin kızarmadan arındırılmasında kullanılan formüller Bölüm 3.2'de verilmiştir. Bölüm 2'de bahsedildiği gibi değen çift sistemlerde üçüncü bileşenlerin varlığı bir çok çalışmada gösterilmiştir (D'angelo ve diğ., 2006; Pribulla ve Rucinski, 2006; Rucinski ve diğ., 2007). Yörünge dönemi – renk – mutlak parlaklık kalibrasyonları hazırlanırken üçüncü bileşen içeren sistemlerin etkilerini görebilmek için D'angelo ve diğ. (2006), Pribulla ve Rucinski (2006) ve Rucinski ve diğ.'nin (2007) çalışmalarındaki sistemler dikkate alınmış ve çalışmamızdaki nesne listesinin yanında yer alan sıra numarasına yıldız sembolüyle eklenmiştir.

Tez çalışmasında W UMa türü sistemlere ait çok sayıda astrometrik ve fotometrik veri kullanıldığı için, veriler kendi içlerinde düzenlenerek iki alt grupta toplanmıştır. Buna göre ilk grupta sistemlerin astrometrik verileri dikkate alınmış olup, W UMa sistemlerinin sıra numarası, GCVS veya HD ve *Hipparcos* (Hip) isimleri, J2000 epoğu için ekvatoral (α, δ) ve galaktik koordinatları (l, b), *Hipparcos* trigonometrik paralaksları (π) ve hataları (σ_π), rölatif paralaks hatası (σ_π/π), Schlafly ve Finkbeiner'den (2011) alınan $A_{V\infty}$ sönükleşme değerleri Tablo 3.1'de verilmiştir. İkinci grupta ise optik ve kızılötesi fotometrik veriler listelenmiştir. Buna göre Tablo 3.2, bir önceki tabloda (Tablo 3.1) verilen sıra numaralarıyla üçüncü bileşeni bilinen sistemleri gösteren yıldız sembolü (*), GCVS veya HD numarası, yörünge dönemi (P), V, V_{hata}, $B\text{-}V$, $(B\text{-}V)_{hata}$, $V\text{-}I$, $(V\text{-}I)_{hata}$, J, J_{hata}, $J\text{-}H$, $(J\text{-}H)_{hata}$, $H\text{-}K_s$, $(H\text{-}K_s)_{hata}$ ve kalite bilgilerini (Q) içermektedir. Q sütununda verilen üç harf J, H ve K_s filtrelerindeki fotometrik

[6] http://ned.ipac.caltech.edu/forms/calculator.html

verilerin kalitesini gösterir: (A) ve (D) harfleri, sırasıyla, sinyal/gürültü oranı (S/N) = 20'den büyük ve 5'ten küçük veriyi; (F) harfi ise parlaklığı belirlenemeyen kaynağı ifade eder. Her harf, sırasıyla, *J*, *H* ve K_s için kalite bilgisini verir. En kaliteli fotometrik veriler "AAA" kalite kodu ile işaretlenmiştir. Örnekteki 156 W UMa sistemi içinde ikisinin (44i Boo ve ε Cra) yakın kızılötesi verileri doymuş (DDD), birisinin (DN Boo) ise K_s filtresindeki parlaklığına ulaşılamamıştır (AAU).

Tablo 3.1: 156 W UMa sisteminin ekvatoral ve galaktik koordinatları, paralaks (mas), paralaks hataları (mas), rölatif paralaks hataları ve Schlafly ve Finkbeiner'den (2011) elde edilen *V* bandı sönükleşmeleri (kadir).

Sıra	GCVS/HD	Hip	α (J2000)	δ (J2000)	*l* (º)	*b* (º)	π	σ_π	σ_π/π	$A_{V\infty}$
1	AQ Tuc	1387	00 17 21,51	-71 54 56,84	306,6587	-44,9650	5,39	1,24	0,23	0,083
2	BM Phe	1507	00 18 45,86	-39 40 38,13	329,2758	-75,7338	7,11	1,15	0,16	0,036
3	V745 Cas	1805	00 22 53,40	+62 14 29,00	119,6144	-0,4462	4,75	1,91	0,40	3,751
4	CT Cet	5452	01 09 45,77	-20 12 59,40	155,1424	-81,9166	17,35	0,66	0,04	0,049
5	AD Phe	5955	01 16 38,06	-39 42 31,32	281,9353	-76,3748	1,48	0,91	0,61	0,040
6	AQ Psc	6307	01 21 03,55	+07 36 21,62	135,6512	-54,5326	5,97	1,71	0,29	0,133
7	BE Scl	6350	01 21 32,95	-29 07 52,69	231,4751	-83,0674	5,32	1,10	0,21	0,046
8	AE Phe	7183	01 32 32,93	-49 31 41,30	286,2242	-66,2452	4,33	1,41	0,33	0,041
9	TT Cet	8294	01 46 56,50	-09 45 09,74	162,5501	-68,2440	7,47	0,70	0,09	0,082
10	TW Cet	8447	01 48 54,14	-20 53 34,60	190,5851	-75,4855	6,86	2,56	0,37	0,030
11	V776 Cas	8821	01 53 23,43	+70 02 33,44	128,2105	7,8084	9,55	0,76	0,08	2,192
12	AA Cet	9258	01 59 00,72	-22 55 11,27	201,2661	-74,1394	9,61	4,56	0,47	0,035
13	XZ For	9443	02 01 18,74	-37 04 52,14	251,3033	-72,2142	12,39	1,10	0,09	0,048
14	GZ And	10270	02 12 14,28	+44 39 39,60	137,7259	-15,8773	11,18	1,27	0,11	0,243
15	WY Hor	11934	02 34 01,11	-65 36 34,38	287,3479	-48,2973	8,78	2,09	0,24	0,086
16	V376 And	12039	02 35 11,63	+49 51 37,20	139,5514	-9,6336	10,01	1,57	0,16	0,789
17	DY Cet	12311	02 38 33,18	-14 17 56,72	191,1281	-61,9509	2,33	1,91	0,82	0,065
18	CN Hyi	12884	02 45 36,97	-71 14 09,42	290,7802	-43,0969	0,92	1,26	1,37	0,065
19	FP Eri	13475	02 53 34,81	-09 12 28,81	186,8712	-56,0625	4,04	0,79	0,20	0,149
20	CP Hyi	13999	03 00 13,73	-81 05 18,53	297,1801	-34,5514	19,74	0,90	0,05	0,217
21	SZ Hor	14488	03 07 01,23	-56 08 04,44	272,4563	-52,2120	7,53	1,08	0,14	0,036
22	UX Eri	14699	03 09 52,74	-06 53 33,56	187,6965	-51,4367	0,23	2,47	10,74	0,185
23	FX Eri	16864	03 37 01,43	-41 31 39,52	246,9363	-53,3328	3,73	1,81	0,49	0,031
24	V1128 Tau	17878	03 49 27,77	+12 54 43,83	175,8799	-31,1161	5,22	0,42	0,08	1,158
25	BV Eri	18080	03 51 53,34	-10 31 49,44	200,4870	-44,4939	7,11	0,95	0,13	0,151
26	UX Ret	18517	03 57 33,97	-54 21 26,57	264,8884	-46,6645	3,87	0,82	0,21	0,043
27	YY Eri	19610	04 12 08,84	-10 28 09,96	203,5020	-40,0405	6,60	1,09	0,17	0,166
28	RT Cae	20665	04 25 38,72	-38 03 34,12	240,8331	-44,2201	12,65	3,28	0,26	0,087
29	CT Eri	20943	04 29 24,79	-33 34 34,33	234,7528	-43,0654	6,47	1,19	0,18	0,068
30	HN Eri	21241	04 33 24,85	-23 56 19,72	222,3573	-40,2273	8,74	0,53	0,06	0,137
31	RZ Tau	21467	04 36 37,66	+18 45 17,79	179,2136	-18,7239	13,24	4,75	0,36	1,103
32	DN Cam	21913	04 42 46,24	+72 58 41,85	137,9744	17,2959	2,46	1,77	0,72	0,407
33	UZ Oct	21989	04 43 35,98	-84 48 39,93	297,8598	-29,7833	8,87	0,95	0,11	0,541
34	BC Eri	22234	04 46 59,00	-14 37 23,30	212,7034	-34,0634	9,78	0,44	0,04	0,226
35	VW Pic	23196	04 59 29,66	-49 27 29,16	256,0379	-38,1686	6,16	1,27	0,21	0,029
36	V410 Aur	23337	05 01 10,83	+34 30 26,58	170,0644	-4,6492	7,26	1,85	0,25	2,369
37	V402 Aur	23433	05 02 14,74	+31 15 49,28	172,7877	-6,4450	8,55	0,78	0,09	1,962
38	AP Dor	23793	05 06 45,09	-59 03 03,46	267,9598	-36,3657	6,25	0,83	0,13	0,060
39	V1363 Ori	23809	05 07 02,10	-00 47 32,71	201,0895	-23,4419	5,87	0,92	0,16	0,302
40	ER Ori	24156	05 11 14,50	-08 33 24,69	209,1965	-26,1337	11,84	0,40	0,03	0,303
41	RW Dor	24763	05 18 32,54	-68 13 32,76	278,7678	-33,6167	0,03	1,93	64,33	0,206
42	XY Pic	27170	05 45 30,59	-55 34 40,84	263,5791	-31,2568	3,81	1,92	0,50	0,257
43	V781 Tau	27562	05 50 13,12	+26 57 43,36	182,2149	-0,1512	11,55	1,09	0,09	3,918
44	AN Men	28440	06 00 19,49	-80 35 53,15	292,4555	-28,8171	8,36	2,19	0,26	0,358
45	IS CMa	30174	06 20 56,40	-29 40 15,12	237,1846	-19,1668	4,37	1,76	0,40	0,122
46	AH Aur	30618	06 26 04,93	+27 59 56,40	185,1534	7,3137	7,70	0,97	0,13	0,873
47	QW Gem	32845	06 50 46,06	+29 27 11,34	186,1881	12,8234	18,62	0,90	0,05	0,257
48	V880 Mon	33303	06 55 37,67	-09 29 22,99	221,8619	-3,3889	9,07	1,12	0,12	2,360
49	V361 Pup	34396	07 07 53,04	-34 50 00,24	246,1047	-12,0097	5,43	1,22	0,22	0,502
50	V753 Mon	34684	07 10 57,85	-03 52 43,18	218,6144	2,5630	15,97	0,96	0,06	0,836
51	V454 Car	36682	07 32 46,14	-53 33 18,87	265,5369	-15,7820	1,99	1,99	1,00	0,422
52	TY Pup	36683	07 32 46,23	-20 47 31,07	236,0370	-0,7232	2,66	0,92	0,35	3,266
53	HI Pup	36762	07 33 38,21	-50 07 25,04	262,3761	-14,2093	2,76	1,06	0,38	0,686
54	CC Lyn	36965	07 35 55,97	+43 01 51,45	175,8034	25,8918	6,78	0,47	0,07	0,134
55	V405 Pup	38866	07 57 14,79	-14 31 06,57	233,4863	7,4521	5,31	1,59	0,30	0,328

Tablo 3.1. (devam)

Sıra	GCVS/HD	Hip	α (J2000)	δ (J2000)	*l* (º)	*b* (º)	π	σ_π	σ_π/π	$A_{V\infty}$
56	FH Cam	38900	07 57 39,75	+77 34 35,12	136,7023	29,9912	1,02	0,33	0,32	0,129
57	FG Hya	41437	08 27 03,94	+03 30 52,33	221,0330	22,8266	9,88	2,24	0,23	0,075
58	TZ Pyx	42619	08 41 08,26	-32 12 03,01	253,8915	5,9624	15,87	0,62	0,04	0,781
59	UV Lyn	44455	09 03 24,12	+38 05 54,60	184,7437	41,5069	7,99	1,36	0,17	0,067
60	FN Cam	46005	09 22 58,04	+77 13 10,95	135,1546	34,4424	15,21	2,18	0,14	0,055
61	S Ant	46810	09 32 18,38	-28 37 39,97	258,5486	16,6146	4,38	0,96	0,22	0,248
62	W UMa	47727	09 43 45,46	+55 57 09,07	158,9224	45,9024	13,79	1,80	0,13	0,036
63	XY Leo	49136	10 01 40,42	+17 24 32,71	217,7973	49,7407	10,60	2,07	0,20	0,077
64	XZ Leo	49204	10 02 34,19	+17 02 47,15	218,4419	49,8041	4,89	1,83	0,37	0,082
65	Y Sex	49217	10 02 47,95	+01 05 40,33	238,4918	41,9374	6,96	1,29	0,19	0,067
66	ET Leo	51677	10 33 25,78	+17 34 27,41	222,3442	56,8134	11,65	1,06	0,09	0,100
67	UZ Leo	52249	10 40 33,18	+13 34 00,85	230,2797	56,5980	11,84	1,93	0,16	0,101
68	EX Leo	52580	10 45 06,77	+16 20 15,68	226,6215	58,5817	18,72	1,47	0,08	0,074
69	AM Leo	53937	11 02 10,88	+09 53 42,67	241,5039	59,0207	16,65	0,41	0,02	0,082
70	VW LMi	54003	11 02 51,90	+30 24 54,70	198,5828	66,0399	10,09	1,73	0,17	0,050
71	V362 Vel	54112	11 04 20,98	-46 03 30,53	284,2297	12,8884	11,17	1,64	0,15	0,322
72	AP Leo	54188	11 05 05,02	+05 09 06,41	249,1270	56,4699	4,73	1,12	0,24	0,131
73	V901 Cen	54865	11 14 03,34	-51 32 55,72	287,9111	8,4603	8,37	1,53	0,18	0,898
74	HN UMa	55030	11 15 56,37	+37 38 35,31	179,2751	67,3549	11,73	1,53	0,13	0,040
75	AW UMa	56109	11 30 04,31	+29 57 52,68	199,1051	71,9325	2,19	1,19	0,54	0,063
76	V752 Cen	57129	11 42 48,08	-35 48 57,51	287,6253	25,0073	13,09	2,54	0,19	0,292
77	AG Vir	58605	12 01 03,50	+13 00 30,01	260,6038	71,6081	7,69	2,30	0,30	0,075
78	AH Vir	59683	12 14 20,99	+11 49 09,38	271,5151	72,3894	5,00	0,68	0,14	0,074
79	HD107468	60233	12 21 04,80	+25 43 11,96	222,9304	83,0604	16,45	1,55	0,09	0,068
80	II UMa	61237	12 32 54,84	+54 47 42,90	128,6547	62,1270	4,92	2,58	0,52	0,037
81	RW Com	61243	12 33 00,28	+26 42 58,37	217,6116	85,8708	10,94	1,18	0,11	0,044
82	RZ Com	61414	12 35 05,05	+23 20 14,02	257,7516	84,7047	1,22	2,35	1,93	0,040
83	SX Crv	61825	12 40 15,04	-18 48 00,93	299,2508	43,9915	6,15	0,77	0,13	0,125
84	V839 Cen	63347	12 58 49,71	-36 58 32,96	304,5724	25,8724	1,54	1,63	1,06	0,146
85	BI CVn	63701	13 03 16,40	+36 37 00,59	108,8640	80,1860	79,65	1,56	0,02	0,037
86	KZ Vir	64433	13 12 22,87	+02 39 13,79	315,3966	65,0175	9,57	2,06	0,22	0,075
87	LV Vir	66078	13 32 46,13	-17 45 32,67	316,6706	44,0073	13,38	1,65	0,12	0,193
88	HT Vir	67186	13 46 06,76	+05 06 56,16	335,9668	64,4216	11,42	2,73	0,24	0,064
89	XY Boo	67431	13 49 11,56	+20 11 24,59	8,3045	75,0818	3,97	0,95	0,24	0,064
90	DN Boo	67657	13 51 42,04	+14 18 05,94	353,5421	70,9799	6,65	1,34	0,20	0,061
91	V757 Cen	67682	13 51 55,74	-36 37 24,82	316,2542	24,6784	21,56	3,36	0,16	0,237
92	V758 Cen	67746	13 52 42,93	-55 32 27,80	311,5818	6,2982	4,58	1,45	0,32	1,248
93	MS Vir	68881	14 06 14,34	-17 41 18,60	327,0619	41,6519	6,87	1,84	0,27	0,254
94	V759 Cen	69256	14 10 41,26	-47 46 08,38	316,4536	13,0113	5,89	4,20	0,71	0,357
95	RR Cen	69779	14 16 57,22	-57 51 15,65	314,1329	3,1456	11,71	2,47	0,21	4,527
96	VW Boo	69826	14 17 26,03	+12 34 03,44	1,2880	65,1545	1,75	1,92	1,10	0,057
97	MW Vir	69828	14 17 27,67	-19 57 49,58	329,0557	38,5052	5,34	0,76	0,14	0,248
98	EF Boo	71107	14 32 30,53	+50 49 40,69	90,8133	59,5282	33,13	0,33	0,01	0,031
99	CK Boo	71319	14 35 03,75	+09 06 49,37	1,4645	59,6180	2,30	1,69	0,73	0,080
100	NT Aps	71929	14 42 42,57	-74 18 41,57	310,3752	-13,0705	4,98	1,16	0,23	0,452
101	HD 129490	72033	14 44 04,34	-40 59 22,26	324,8073	17,0490	6,00	1,55	0,26	0,274
102	GR Vir	72138	14 45 20,26	-06 44 04,12	346,2334	46,3402	9,51	0,93	0,10	0,196
103	AC Boo	73103	14 56 28,33	+46 21 44,14	79,2613	58,7623	6,64	1,54	0,23	0,046
104	44i Boo	73695	15 03 47,29	+47 39 14,62	80,3697	57,0660	3,03	1,58	0,52	0,097
105	TZ Boo	74061	15 08 09,13	+39 58 12,86	66,2144	59,0022	3,74	0,70	0,19	0,034
106	BW Dra	74368	15 11 50,09	+61 51 41,16	98,9250	48,2013	13,90	1,33	0,10	0,044
107	BV Dra	74370	15 11 50,35	+61 51 25,24	98,9194	48,2037	1,04	4,00	3,85	0,044
108	FI Boo	75203	15 22 05,96	+51 10 55,29	83,5830	52,8347	-2,42	5,41	-2,24	0,046
109	OU Ser	75269	15 22 43,47	+16 15 40,73	23,6158	53,3773	2,67	1,95	0,73	0,085
110	IR Lib	75839	15 29 26,87	-28 50 52,25	339,9995	22,4259	10,83	0,82	0,08	1,101

Tablo 3.1. (devam)

Sıra	GCVS/HD	Hip	α (J2000)	δ (J2000)	l (°)	b (°)	π	σ_π	σ_π/π	$A_{V\infty}$
111	VZ Lib	76050	15 31 51,75	-15 41 10,18	350,0291	32,1457	8,05	0,70	0,09	0,281
112	FU Dra	76272	15 34 45,20	+62 16 44,27	97,0684	45,7930	0,90	1,13	1,26	0,049
113	FP Boo	76970	15 43 00,25	+43 15 55,32	69,4301	51,9368	5,81	1,04	0,18	0,049
114	YY CrB	77598	15 50 32,43	+37 50 07,56	60,4886	51,1380	8,27	1,18	0,14	0,034
115	V1055 Sco	80603	16 27 26,18	-37 28 37,28	343,3385	7,9154	11,01	1,05	0,10	2,152
116	V899 Her	81191	16 35 01,95	+33 12 47,76	54,4833	41,8539	19,57	0,93	0,05	0,067
117	V502 Oph	81703	16 41 20,86	+00 30 27,37	17,2156	28,8492	12,03	2,19	0,18	0,293
118	V610 Ara	82531	16 52 11,29	-57 15 41,95	331,2387	-8,2945	7,17	2,62	0,37	0,541
119	V2357 Oph	82967	16 57 16,76	+10 59 51,38	30,0063	30,2905	9,41	1,88	0,20	0,180
120	AK Her	84293	17 13 57,82	+16 21 00,60	37,5110	28,7322	4,02	0,71	0,18	0,233
121	GM Dra	84837	17 20 21,88	+57 58 27,00	86,4378	34,6972	14,51	0,86	0,06	0,084
122	V701 Sco	85985	17 34 24,51	-32 30 15,98	355,6973	0,1442	-0,32	1,74	-5,44	81,172
123	V1084 Sco	86294	17 37 57,40	-39 11 22,68	350,4431	-4,0564	15,86	0,34	0,02	2,728
124	V535 Ara	86306	17 38 05,55	-56 49 17,29	335,1789	-13,2042	1,96	1,61	0,82	0,241
125	V867 Ara	86658	17 42 21,17	-46 17 55,95	344,7678	-8,4587	4,17	1,72	0,41	0,804
126	HD 162059	87236	17 49 27,31	-07 47 05,62	18,7511	10,0099	4,78	0,96	0,20	2,487
127	V566 Oph	87860	17 56 52,41	+04 59 15,32	31,1714	14,4031	0,72	1,41	1,96	0,510
128	V972 Her	87958	17 58 05,00	+32 38 53,01	58,4759	24,7637	10,16	0,61	0,06	0,106
129	V508 Oph	88028	17 58 48,61	+13 29 46,27	39,3662	17,6620	13,23	0,74	0,06	0,391
130	V870 Ara	88853	18 08 22,67	-56 46 01,80	337,1697	-16,8762	4,75	0,87	0,18	0,277
131	V839 Oph	88946	18 09 21,26	+09 09 03,62	36,4303	13,4712	7,09	1,31	0,18	0,540
132	QW Tel	90026	18 22 09,90	-55 33 51,11	339,1130	-18,1780	13,83	2,17	0,16	0,329
133	ε CrA	93174	18 58 43,37	-37 06 26,48	359,5425	-17,3170	2,44	2,64	1,08	1,603
134	V4197 Sgr	93785	19 05 57,85	-19 28 52,63	16,9435	-11,8421	36,25	0,58	0,02	0,592
135	V337 Tel	95578	19 26 27,69	-45 45 26,72	352,4220	-24,9095	3,81	2,00	0,52	0,214
136	V401 Cyg	95816	19 29 20,27	+30 24 28,50	64,1328	5,9951	14,18	2,94	0,21	0,789
137	V417 Aql	96349	19 35 24,12	+05 50 17,65	43,2059	-7,0317	6,64	0,78	0,12	0,767
138	CW Sge	98430	19 59 58,03	+19 10 44,69	57,8467	-5,6137	6,95	1,24	0,18	1,374
139	VW Cep	101750	20 37 21,54	+75 36 01,46	109,2244	20,0581	6,42	1,37	0,21	1,136
140	BO Ind	102353	20 44 16,48	-53 50 40,33	344,2495	-38,0514	4,77	1,94	0,41	0,133
141	MW Pav	102508	20 46 27,74	-71 56 58,47	322,1738	-34,4863	5,81	1,23	0,21	0,164
142	V386 Pav	198736	20 55 57,90	-65 25 58,48	329,5084	-37,3015	13,15	0,98	0,07	0,107
143	SV Equ	103431	20 57 18,89	+05 48 52,37	54,0060	-24,5838	8,99	3,63	0,40	0,302
144	ER Vul	103833	21 02 25,90	+27 48 26,43	73,3420	-12,3057	8,48	0,65	0,08	0,675
145	V2150 Cyg	105162	21 18 10,88	+30 35 21,59	77,8105	-13,0422	4,54	1,77	0,39	0,370
146	V1073 Cyg	105739	21 25 00,35	+33 41 14,94	81,1267	-11,9457	0,89	1,09	1,22	0,403
147	DK Cyg	106574	21 35 02,66	+34 35 45,40	83,2944	-12,7554	-0,22	2,41	-10,95	0,527
148	BB Peg	110493	22 22 56,88	+16 19 27,83	78,8987	-33,5632	0,07	1,61	23,00	0,151
149	SW Lac	113052	22 53 41,65	+37 56 18,63	98,6807	-19,3264	19,23	0,60	0,03	0,521
150	AB And	114508	23 11 32,08	+36 53 35,11	101,6036	-21,8067	18,60	0,81	0,04	0,311
151	VZ Psc	115819	23 27 48,39	+04 51 23,97	87,5007	-52,1666	3,47	0,71	0,20	0,209
152	V395 And	117111	23 44 32,14	+46 22 48,57	111,0739	-14,9455	6,75	0,94	0,14	0,315
153	V357 Peg	117185	23 45 35,06	+25 28 18,93	104,7178	-35,0598	9,47	1,29	0,14	0,135
154	EL Aqr	117317	23 47 18,34	-08 05 12,08	81,3970	-65,6451	6,72	1,04	0,15	0,080
155	DX Tuc	118096	23 57 21,52	-64 14 35,60	312,4039	-51,8790	3,96	0,80	0,20	0,048
156	U Peg	118149	23 57 58,47	+15 57 10,07	104,6087	-45,0084	4,16	1,49	0,36	0,128

Tablo 3.2: 156 W UMa sisteminin yörünge dönemi, optik ve kızılötesi parlaklıkları ve renkleri. Sıra sütununda bulunan (*) simgesi sistemin üçlü olduğunu, *Q* sütunu ise kızılötesi fotometrik verilerin kalitesini ifade eder. Parlaklıklar ve renkler kadir biriminde verilmiş olup, parantez içindeki sayılar hataları göstermektedir.

Sıra	GCVS/HD	*P* (gün)	*V*	*B-V*	*V-I*	*J*	*J-H*	$H-K_s$	*Q*
1	AQ Tuc	0,59487655	10,07 (0,033)	0,349 (0,042)	0,41 (0,06)	9,352 (0,024)	0,164 (0,001)	0,053 (0,001)	AAA
2	BM Phe	0,413627	9,26 (0,017)	0,448 (0,015)	0,52 (0,02)	8,388 (0,019)	0,195 (0,001)	0,028 (0,001)	AAA
3	V745 Cas	0,7053424	8,17 (0,014)	0,060 (0,014)	0,07 (0,01)	7,933 (0,021)	-0,061 (0,004)	0,019 (0,004)	AAA
4*	CT Cet	0,2564863	9,34 (0,041)			8,214 (0,023)	0,364 (0,003)	0,181 (0,003)	AAA
5	AD Phe	0,37992352	10,38 (0,041)	0,769 (0,053)	0,81 (0,04)	9,271 (0,024)	0,327 (0,001)	0,073 (0,001)	AAA
6*	AQ Psc	0,4756056	8,66 (0,017)	0,537 (0,022)	0,61 (0,02)	7,941 (0,018)	0,170 (0,002)	0,085 (0,002)	AAA
7*	BE Scl	0,422901	10,38 (0,039)	0,630 (0,020)	0,70 (0,02)	9,292 (0,024)	0,308 (0,001)	0,118 (0,001)	AAA
8	AE Phe	0,36237274	7,78 (0,008)	0,641 (0,010)	0,71 (0,01)	6,577 (0,029)	0,289 (0,002)	0,107 (0,002)	AAA
9	TT Cet	0,2429965	10,95 (0,080)	0,492 (0,102)	0,56 (0,11)	10,707 (0,022)	0,217 (0,001)	0,033 (0,001)	AAA
10*	TW Cet	0,31685122	10,43 (0,072)	0,670 (0,290)	0,73 (0,24)	9,449 (0,027)	0,412 (0,001)	0,080 (0,001)	AAA
11*	V776 Cas	0,440413	8,89 (0,018)	0,525 (0,023)	0,60 (0,02)	8,292 (0,023)	0,201 (0,001)	0,053 (0,001)	AAA
12*	AA Cet	0,53616976	6,62 (0,013)	0,478 (0,015)	0,55 (0,02)	6,614 (0,021)	0,184 (0,001)	0,050 (0,001)	AAA
13	XZ For	0,308128	9,91 (0,029)	0,734 (0,008)	0,78 (0,01)	8,428 (0,027)	0,366 (0,002)	0,113 (0,002)	AAA
14*	GZ And	0,3050067	10,83 (0,098)	0,740	0,80	9,459 (0,023)	0,345 (0,001)	0,129 (0,001)	AAA
15	WY Hor	0,39894	9,49 (0,023)	0,733 (0,029)	0,78 (0,02)	8,335 (0,026)	0,321 (0,002)	0,105 (0,002)	AAA
16	V376 And	0,79866451	7,79 (0,012)	0,256 (0,015)	0,29 (0,02)	7,016 (0,026)	0,106 (0,001)	0,027 (0,002)	AAA
17	DY Cet	0,440794	9,55 (0,034)	0,474 (0,100)	0,55 (0,11)	8,750 (0,027)	0,257 (0,002)	0,001 (0,001)	AAA
18*	CN Hyi	0,456107	6,67 (0,012)	0,449 (0,016)	0,54 (0,02)	5,742 (0,020)	0,206 (0,001)	0,078 (0,002)	AAA
19	FP Eri	0,1676486	9,64 (0,029)	0,527 (0,038)	0,60 (0,04)	8,675 (0,026)	0,271 (0,002)	0,040 (0,002)	AAA
20	CP Hyi	0,479406	7,84 (0,012)	0,347 (0,014)	0,41 (0,02)	7,187 (0,023)	0,105 (0,002)	0,099 (0,002)	AAA
21	SZ Hor	0,312536	11,05 (0,093)	0,531 (0,114)	0,60 (0,12)	10,465 (0,021)	0,177 (0,001)	0,040 (0,001)	AAA
22*	UX Eri	0,44528714	10,63 (0,112)			9,746 (0,024)	0,290 (0,001)	0,084 (0,001)	AAA
23	FX Eri	0,292345	9,67 (0,024)	0,773 (0,004)	0,82 (0,00)	8,152 (0,023)	0,407 (0,004)	0,108 (0,004)	AAA
24*	V1128 Tau	0,305383	9,64 (0,037)	0,682 (0,004)	0,74 (0,00)	8,848 (0,024)	0,373 (0,001)	0,081 (0,001)	AAA
25	BV Eri	0,5076546	8,31 (0,018)	0,412 (0,023)	0,48 (0,03)	7,322 (0,026)	0,123 (0,003)	0,098 (0,003)	AAA
26	UX Ret	0,4901	8,44 (0,011)	0,453 (0,012)	0,52 (0,01)	7,360 (0,021)	0,146 (0,002)	0,100 (0,002)	AAA
27	YY Eri	0,32150003	8,40 (0,014)	0,674 (0,017)	0,73 (0,01)	7,031 (0,027)	0,337 (0,002)	0,106 (0,002)	AAA
28	RT Cae	0,3203318	9,95 (0,030)	0,474 (0,032)	0,55 (0,03)	9,166 (0,024)	0,160 (0,001)	0,071 (0,001)	AAA
29	CT Eri	0,6341983	10,07 (0,043)			9,444 (0,026)	0,167 (0,001)	0,048 (0,001)	AAA
30	HN Eri	0,3118172	8,66 (0,012)	0,258 (0,017)	0,29 (0,02)	8,122 (0,020)	0,155 (0,002)	0,072 (0,002)	AAA
31*	RZ Tau	0,4156763	10,31 (0,065)	0,585 (0,073)	0,66 (0,07)	8,895 (0,024)	0,216 (0,001)	0,092 (0,001)	AAA
32*	DN Cam	0,4983092	8,35 (0,008)	0,340 (0,011)	0,40 (0,01)	7,548 (0,026)	0,154 (0,001)	0,036 (0,001)	AAA
33	UZ Oct	1,1493802	9,20 (0,019)	0,564 (0,025)	0,64 (0,02)	8,094 (0,027)	0,196 (0,002)	0,038 (0,003)	AAA
34	BC Eri	0,52724395	10,91 (0,069)	0,497 (0,091)	0,57 (0,10)	10,292 (0,023)	0,128 (0,001)	0,077 (0,001)	AAA
35	VW Pic	0,4257631	6,99 (0,007)	0,375 (0,015)	0,44 (0,02)	6,462 (0,019)	0,131 (0,002)	0,065 (0,001)	AAA
36*	V410 Aur	0,36634	10,08 (0,086)	0,643 (0,155)	0,71 (0,14)	8,627 (0,021)	0,304 (0,001)	-0,034 (0,002)	AAA
37	V402 Aur	0,603499	8,91 (0,025)	0,395 (0,032)	0,46 (0,04)	7,904 (0,029)	0,130 (0,004)	0,089 (0,004)	AAA
38	AP Dor	0,427187	9,38 (0,022)	0,446 (0,018)	0,52 (0,02)	8,594 (0,024)	0,185 (0,001)	0,089 (0,001)	AAA
39	V1363 Ori	0,431921	10,35 (0,070)	0,585 (0,072)	0,66 (0,07)	9,246 (0,023)	0,223 (0,001)	0,071 (0,001)	AAA
40*	ER Ori	0,42340085	9,40 (0,041)	0,486 (0,044)	0,56 (0,05)	8,290 (0,020)	0,258 (0,002)	0,059 (0,003)	AAA
41	RW Dor	0,28546381	11,09 (0,083)			9,282 (0,023)	0,501 (0,001)	0,072 (0,001)	AAA
42	XY Pic	0,2972608	7,55 (0,010)	0,387 (0,007)	0,45 (0,01)	6,811 (0,029)	0,167 (0,002)	0,086 (0,002)	AAA
43*	V781 Tau	0,34490852	8,66 (0,026)	0,574 (0,033)	0,65 (0,03)	7,436 (0,021)	0,286 (0,001)	0,058 (0,001)	AAA
44	AN Men	0,461972	9,33 (0,022)	0,463 (0,024)	0,53 (0,03)	8,395 (0,030)	0,252 (0,001)	0,017 (0,002)	AAA
45	IS CMa	0,61698	6,99 (0,018)	0,372 (0,015)	0,43 (0,02)	6,619 (0,024)	0,151 (0,001)	0,071 (0,001)	AAA
46*	AH Aur	0,4941083	10,22 (0,062)	0,550 (0,081)	0,62 (0,07)	9,323 (0,021)	0,255 (0,001)	0,074 (0,001)	AAA
47	QW Gem	0,358127	10,28 (0,091)	0,657 (0,126)	0,72 (0,11)	9,730 (0,023)	0,313 (0,001)	0,035 (0,001)	AAA
48	V880 Mon	0,372457	8,64 (0,022)	0,555 (0,020)	0,63 (0,02)	7,646 (0,026)	0,264 (0,004)	0,074 (0,003)	AAA
49	V361 Pup	0,367365	8,03 (0,010)	0,606 (0,015)	0,68 (0,01)	7,057 (0,021)	0,277 (0,001)	0,072 (0,001)	AAA
50	V753 Mon	0,677049	8,33 (0,015)	0,363 (0,015)	0,42 (0,02)	7,542 (0,026)	0,118 (0,002)	0,085 (0,002)	AAA
51	V454 Car	0,4902301	6,98 (0,008)	-0,085 (0,002)	-0,07 (0,00)	7,105 (0,018)	-0,054 (0,001)	-0,003 (0,002)	AAA
52	TY Pup	0,8192416	8,61 (0,013)	0,412 (0,015)	0,48 (0,02)	7,662 (0,054)	0,169 (0,005)	0,088 (0,003)	AAA
53	HI Pup	0,432567	10,49 (0,057)	0,454 (0,070)	0,52 (0,07)	9,416 (0,022)	0,246 (0,001)	0,103 (0,001)	AAA
54	CC Lyn	0,1772964	6,37 (0,017)	0,364 (0,009)	0,43 (0,01)	5,718 (0,052)	0,147 (0,006)	0,082 (0,004)	AAA
55	V405 Pup	1,56711	8,73 (0,016)	0,068 (0,019)	0,08 (0,02)	8,532 (0,023)	-0,036 (0,003)	0,048 (0,003)	AAA

Tablo 3.2. (devam)

Sıra	GCVS/HD	*P* (gün)	*V*	*B-V*	*V-I*	*J*	*J-H*	$H\text{-}K_s$	*Q*
56	FH Cam	0,1362385	6,87 (0,006)	0,235 (0,008)	0,26 (0,01)	6,292 (0,019)	0,094 (0,001)	0,031 (0,001)	AAA
57	FG Hya	0,3278278	10,02 (0,051)	0,645 (0,063)	0,71 (0,06)	8,877 (0,029)	0,309 (0,005)	0,041 (0,004)	AAA
58	TZ Pyx	1,1593111	10,68 (0,049)	0,357 (0,060)	0,42 (0,07)	10,564 (0,024)	0,067 (0,001)	0,016 (0,001)	AAA
59	UV Lyn	0,4149846	9,58 (0,029)	0,636 (0,036)	0,70 (0,03)	8,528 (0,023)	0,251 (0,001)	0,073 (0,001)	AAA
60	FN Cam	0,6771318	8,64 (0,011)	0,379 (0,014)	0,44 (0,01)	7,908 (0,024)	0,123 (0,001)	0,077 (0,001)	AAA
61	S Ant	0,6483455	6,43 (0,019)	0,358 (0,024)	0,42 (0,03)	6,087 (0,030)	0,127 (0,003)	0,095 (0,002)	AAA
62*	W UMa	0,3336355	7,85 (0,008)	0,620 (0,010)	0,69 (0,01)	6,573 (0,029)	0,350 (0,002)	0,039 (0,001)	AAA
63*	XY Leo	0,28409761	9,63 (0,032)	1,035 (0,052)	1,01 (0,04)	7,691 (0,023)	0,542 (0,002)	0,159 (0,002)	AAA
64*	XZ Leo	0,48773748	10,37 (0,053)	0,381 (0,066)	0,45 (0,07)	9,716 (0,024)	0,126 (0,002)	0,045 (0,001)	AAA
65*	Y Sex	0,41981633	9,88 (0,057)	0,479 (0,072)	0,55 (0,08)	9,120 (0,024)	0,175 (0,001)	0,103 (0,001)	AAA
66	ET Leo	0,34650349	9,44 (0,032)	0,624 (0,040)	0,69 (0,04)	8,158 (0,018)	0,355 (0,001)	0,097 (0,001)	AAA
67	UZ Leo	0,6180525	9,75 (0,033)	0,388 (0,041)	0,45 (0,04)	9,321 (0,023)	0,164 (0,001)	0,044 (0,001)	AAA
68	EX Leo	0,4086025	8,24 (0,013)	0,529 (0,015)	0,60 (0,02)	7,332 (0,017)	0,217 (0,001)	0,068 (0,001)	AAA
69*	AM Leo	0,36579735	9,25 (0,022)	0,560 (0,024)	0,63 (0,02)	8,691 (0,020)	0,255 (0,005)	0,073 (0,005)	AAA
70*	VW LMi	0,4775492	8,07 (0,011)	0,410 (0,015)	0,48 (0,02)	7,411 (0,024)	0,159 (0,001)	0,049 (0,001)	AAA
71	V362 Vel	0,445177	9,06 (0,012)	0,439 (0,013)	0,51 (0,01)	8,150 (0,023)	0,126 (0,001)	0,090 (0,001)	AAA
72	AP Leo	0,43035477	9,43 (0,050)	0,499 (0,054)	0,57 (0,06)	8,501 (0,021)	0,234 (0,001)	0,134 (0,002)	AAA
73	V901 Cen	0,354229	11,94 (0,184)			10,677 (0,024)	0,254 (0,001)	0,084 (0,001)	AAA
74	HN UMa	0,382608	9,82 (0,031)	0,594 (0,039)	0,66 (0,04)	8,866 (0,024)	0,203 (0,001)	0,095 (0,001)	AAA
75*	AW UMa	0,4387259	6,90 (0,013)	0,371 (0,017)	0,43 (0,02)	6,279 (0,021)	0,139 (0,001)	0,032 (0,001)	AAA
76	V752 Cen	0,37022484	9,32 (0,028)	0,577 (0,031)	0,65 (0,03)	8,083 (0,020)	0,260 (0,001)	0,134 (0,001)	AAA
77*	AG Vir	0,64265069	8,51 (0,012)	0,289 (0,017)	0,33 (0,02)	7,881 (0,018)	0,074 (0,001)	0,071 (0,001)	AAA
78*	AH Vir	0,40752757	9,18 (0,027)	0,810 (0,250)	0,82 (0,07)	8,157 (0,023)	0,391 (0,002)	0,175 (0,002)	AAA
79	HD 107468		8,06 (0,013)	1,057 (0,019)	1,02 (0,02)	6,207 (0,021)	0,496 (0,001)	0,138 (0,001)	AAA
80*	II UMa	0,82522	8,16 (0,009)	0,455 (0,015)	0,52 (0,02)	7,496 (0,020)	0,189 (0,001)	0,022 (0,001)	AAA
81	RW Com	0,23734498	11,30 (0,093)	0,620 (0,280)	0,69 (0,25)	9,795 (0,028)	0,546 (0,002)	0,072 (0,002)	AAA
82	RZ Com	0,33850768	10,56 (0,061)	0,517 (0,066)	0,59 (0,07)	9,326 (0,022)	0,224 (0,001)	0,100 (0,001)	AAA
83	SX Crv	0,3166209	9,05 (0,027)	0,560 (0,030)	0,63 (0,03)	7,927 (0,032)	0,267 (0,003)	0,075 (0,002)	AAA
84	V839 Cen	0,330934	9,51 (0,024)	0,649 (0,028)	0,71 (0,03)	8,315 (0,018)	0,268 (0,001)	0,146 (0,002)	AAA
85	BI CVn	0,38420639	10,45 (0,041)	0,623 (0,051)	0,69 (0,04)	9,192 (0,022)	0,273 (0,001)	0,082 (0,001)	AAA
86	KZ Vir	1,1318305	8,36 (0,013)	0,467 (0,017)	0,54 (0,02)	7,456 (0,019)	0,194 (0,001)	0,056 (0,002)	AAA
87	LV Vir	0,2047387	8,44 (0,020)	0,617 (0,023)	0,69 (0,02)	7,338 (0,018)	0,211 (0,001)	0,071 (0,001)	AAA
88*	HT Vir	0,4076721	7,21 (0,019)	0,563 (0,018)	0,64 (0,02)	6,113 (0,021)	0,267 (0,001)	0,057 (0,001)	AAA
89	XY Boo	0,37056752	10,48 (0,071)	0,311 (0,102)	0,36 (0,14)	9,488 (0,021)	0,224 (0,001)	0,065 (0,001)	AAA
90	DN Boo	0,223769	11,14 (0,174)	0,620 (0,126)	0,69 (0,11)	10,417 (0,032)	0,191 (0,002)		AAU
91	V757 Cen	0,34316916	8,53 (0,015)	0,644 (0,019)	0,71 (0,02)	7,336 (0,018)	0,304 (0,002)	0,109 (0,003)	AAA
92	V758 Cen	0,580785	9,70 (0,026)	0,031 (0,030)	0,05 (0,02)	9,383 (0,024)	0,063 (0,001)	0,022 (0,001)	AAA
93	MS Vir	0,31244	9,32 (0,031)	0,792 (0,004)	0,83 (0,00)	7,943 (0,024)	0,383 (0,002)	0,168 (0,002)	AAA
94	V759 Cen	0,39399912	7,54 (0,013)	0,594 (0,015)	0,66 (0,01)	6,530 (0,024)	0,242 (0,002)	0,063 (0,002)	AAA
95	RR Cen	0,605692	7,44 (0,018)	0,406 (0,022)	0,47 (0,02)	6,765 (0,020)	0,113 (0,002)	0,078 (0,002)	AAA
96	VW Boo	0,3423181	10,57 (0,064)	0,808 (0,085)	0,83 (0,06)	9,155 (0,021)	0,374 (0,001)	0,093 (0,001)	AAA
97	MW Vir	0,2465472	6,95 (0,006)	0,244 (0,009)	0,27 (0,01)	6,386 (0,018)	0,119 (0,001)	0,067 (0,002)	AAA
98	EF Boo	0,42051308	9,41 (0,025)	0,504 (0,031)	0,58 (0,03)	8,707 (0,026)	0,229 (0,001)	0,068 (0,001)	AAA
99*	CK Boo	0,35515697	9,10 (0,021)	0,544 (0,028)	0,62 (0,03)	7,944 (0,029)	0,240 (0,003)	0,055 (0,003)	AAA
100	NT Aps	0,294768	8,45 (0,011)	0,630 (0,013)	0,70 (0,01)	7,268 (0,024)	0,265 (0,002)	0,151 (0,002)	AAA
101	HD 129490	0,50383	9,17 (0,027)	0,635 (0,035)	0,70 (0,03)	8,024 (0,035)	0,281 (0,003)	0,165 (0,002)	AAA
102	GR Vir	0,3469695	7,99 (0,014)	0,576 (0,019)	0,65 (0,02)	7,048 (0,026)	0,242 (0,001)	0,044 (0,002)	AAA
103	AC Boo	0,3524411	10,10 (0,042)	0,592 (0,048)	0,66 (0,04)	9,004 (0,023)	0,260 (0,001)	0,067 (0,001)	AAA
104	44i Boo	0,26781916	6,12 (0,017)	0,940 (0,002)	0,97 (0,00)	3,416 (0,282)	0,291 (0,132)	0,114 (0,124)	DDD
105*	TZ Boo	0,2971655	10,58 (0,055)	0,633 (0,064)	0,70 (0,06)	9,462 (0,021)	0,364 (0,001)	0,090 (0,001)	AAA
106*	BW Dra	0,292166	8,83 (0,015)	0,693 (0,018)	0,75 (0,01)	7,725 (0,026)	0,339 (0,001)	0,111 (0,001)	AAA
107*	BV Dra	0,35006656	8,04 (0,010)	0,555 (0,011)	0,63 (0,01)	7,265 (0,020)	0,226 (0,001)	0,106 (0,001)	AAA
108*	FI Boo	0,3899978	9,53 (0,027)	0,719 (0,033)	0,77 (0,02)	8,209 (0,026)	0,307 (0,001)	0,031 (0,001)	AAA
109	OU Ser	0,2967645	8,18 (0,009)	0,635 (0,011)	0,70 (0,01)	6,946 (0,024)	0,264 (0,003)	0,112 (0,002)	AAA
110	IR Lib	0,2743688	8,64 (0,017)	0,736 (0,021)	0,78 (0,01)	7,287 (0,027)	0,352 (0,004)	0,175 (0,004)	AAA

Tablo 3.2. (devam)

Sıra	GCVS/HD	*P* (gün)	*V*	*B-V*	*V-I*	*J*	*J-H*	$H\text{-}K_s$	*Q*
111*	VZ Lib	0,35827814	10,32 (0,072)	0,636 (0,087)	0,70 (0,08)	8,943 (0,027)	0,278 (0,003)	0,101 (0,003)	AAA
112	FU Dra	0,3067168	10,52 (0,051)	0,592 (0,065)	0,66 (0,06)	9,684 (0,021)	0,369 (0,001)	0,099 (0,001)	AAA
113	FP Boo	0,320258	10,14 (0,046)	0,354 (0,058)	0,42 (0,06)	9,241 (0,022)	0,161 (0,001)	0,046 (0,001)	AAA
114	YY CrB	0,376564	8,69 (0,014)	0,622 (0,017)	0,69 (0,01)	7,640 (0,018)	0,234 (0,002)	0,097 (0,002)	AAA
115	V1055 Sco	0,363673	8,60 (0,014)	0,654 (0,017)	0,72 (0,01)	7,332 (0,020)	0,277 (0,003)	0,074 (0,003)	AAA
116*	V899 Her	0,4211722	7,88 (0,009)	0,449 (0,012)	0,52 (0,01)	7,016 (0,019)	0,158 (0,001)	0,065 (0,001)	AAA
117*	V502 Oph	0,453387	8,52 (0,012)	0,649 (0,015)	0,71 (0,01)	7,342 (0,017)	0,230 (0,001)	0,115 (0,001)	AAA
118	V610 Ara	0,2715814	9,02 (0,020)	0,425 (0,023)	0,49 (0,02)	8,297 (0,019)	0,107 (0,001)	0,101 (0,002)	AAA
119	V2357 Oph	0,415568	10,56 (0,058)	0,856 (0,080)	0,87 (0,06)	9,227 (0,022)	0,278 (0,002)	0,148 (0,002)	AAA
120	AK Her	0,42152272	8,50 (0,013)	0,549 (0,015)	0,62 (0,01)	7,473 (0,027)	0,254 (0,001)	0,059 (0,001)	AAA
121	GM Dra	0,3387412	8,80 (0,020)	0,509 (0,026)	0,58 (0,03)	7,736 (0,030)	0,252 (0,001)	0,043 (0,001)	AAA
122	V701 Sco	0,76187639	8,80 (0,023)	0,097 (0,027)	0,11 (0,03)	8,249 (0,041)	0,024 (0,003)	0,016 (0,002)	AAA
123*	V1084 Sco	0,303312	8,98 (0,029)	0,763 (0,036)	0,80 (0,03)	7,607 (0,026)	0,383 (0,001)	0,090 (0,001)	AAA
124	V535 Ara	0,62930107	7,34 (0,024)	0,335 (0,030)	0,39 (0,04)	6,989 (0,030)	0,149 (0,003)	0,021 (0,003)	AAA
125*	V867 Ara	0,4937123	7,47 (0,015)	0,098 (0,017)	0,11 (0,02)	7,143 (0,021)	0,060 (0,002)	0,025 (0,002)	AAA
126	HD162059		8,97 (0,022)	1,237 (0,038)	1,20 (0,04)	6,281 (0,018)	0,650 (0,001)	0,148 (0,001)	AAA
127*	V566 Oph	0,40965107	7,59 (0,020)	0,449 (0,025)	0,52 (0,03)	6,563 (0,019)	0,164 (0,001)	0,046 (0,001)	AAA
128	V972 Her	0,456107	6,66 (0,004)	0,466 (0,001)	0,54 (0,00)	5,785 (0,026)	0,149 (0,001)	0,103 (0,001)	AAA
129	V508 Oph	0,34479261	10,44 (0,051)	0,671 (0,063)	0,73 (0,05)	8,943 (0,021)	0,311 (0,001)	0,064 (0,001)	AAA
130	V870 Ara	0,39978	8,92 (0,021)	0,716 (0,026)	0,77 (0,02)	7,741 (0,021)	0,264 (0,001)	0,089 (0,002)	AAA
131*	V839 Oph	0,4090056	9,04 (0,023)	0,624 (0,027)	0,69 (0,02)	7,910 (0,019)	0,244 (0,001)	0,100 (0,002)	AAA
132	QW Tel	0,411928	8,04 (0,018)	0,461 (0,015)	0,53 (0,02)	7,224 (0,018)	0,173 (0,001)	0,036 (0,001)	AAA
133	ε CrA	0,5914407	4,83 (0,016)	0,396 (0,020)	0,44 (0,02)	4,052 (0,286)	0,264 (0,134)	-0,090 (0,148)	DDD
134	V4197 Sgr	0,3574374	8,23 (0,013)	0,010 (0,000)	0,03 (0,00)	8,496 (0,027)	-0,084 (0,004)	0,007 (0,004)	AAA
135	V337 Tel	0,2116898	9,97 (0,038)	0,541 (0,020)	0,61 (0,02)	9,017 (0,025)	0,222 (0,001)	0,069 (0,001)	AAA
136	V401 Cyg	0,5827244	10,74 (0,082)	0,378 (0,101)	0,44 (0,11)	9,805 (0,021)	0,131 (0,001)	0,062 (0,001)	AAA
137	V417 Aql	0,37031172	10,67 (0,059)			9,851 (0,023)	0,309 (0,001)	0,045 (0,001)	AAA
138*	CW Sge	0,6603637	11,13 (0,124)			10,515 (0,029)	0,117 (0,002)	0,122 (0,002)	AAA
139*	VW Cep	0,27831149	7,46 (0,007)	0,859 (0,009)	0,87 (0,01)	5,962 (0,050)	0,537 (0,003)	0,113 (0,001)	AAA
140	BO Ind	0,40502	8,36 (0,013)	0,423 (0,015)	0,49 (0,02)	7,615 (0,027)	0,184 (0,001)	0,042 (0,001)	AAA
141	MW Pav	0,7949882	8,80 (0,013)	0,359 (0,016)	0,42 (0,02)	7,954 (0,019)	0,178 (0,001)	0,051 (0,002)	AAA
142	V386 Pav	0,551841	8,35 (0,007)	0,310 (0,011)	0,36 (0,01)	7,759 (0,020)	0,101 (0,005)	0,091 (0,005)	AAA
143	SV Equ	0,4404534	9,34 (0,025)	0,283 (0,032)	0,32 (0,04)	8,717 (0,024)	0,080 (0,002)	0,007 (0,002)	AAA
144	ER Vul	0,3490599	7,33 (0,007)	0,614 (0,010)	0,68 (0,01)	6,082 (0,019)	0,294 (0,001)	0,070 (0,001)	AAA
145*	V2150 Cyg	0,5918609	8,07 (0,008)	0,400 (0,495)	0,23 (0,02)	7,576 (0,023)	0,093 (0,001)	0,023 (0,001)	AAA
146	V1073 Cyg	0,7858506	8,38 (0,008)	0,453 (0,009)	0,52 (0,01)	7,462 (0,029)	0,159 (0,002)	0,052 (0,001)	AAA
147	DK Cyg	0,47069316	10,54 (0,042)	0,394 (0,046)	0,46 (0,05)	9,649 (0,021)	0,149 (0,001)	0,052 (0,001)	AAA
148*	BB Peg	0,36150245	11,20 (0,196)			10,215 (0,022)	0,315 (0,001)	0,073 (0,001)	AAA
149*	SW Lac	0,3207151	8,90 (0,015)	0,752 (0,019)	0,80 (0,01)	7,209 (0,023)	0,386 (0,001)	0,120 (0,001)	AAA
150*	AB And	0,33189106	9,70 (0,034)	0,870 (0,046)	0,88 (0,03)	8,172 (0,037)	0,367 (0,002)	0,140 (0,002)	AAA
151	VZ Psc	0,26125918	10,32 (0,068)	1,270 (0,150)	1,23 (0,15)	8,158 (0,026)	0,576 (0,003)	0,176 (0,003)	AAA
152	V395 And	0,684656	7,57 (0,007)	0,006 (0,002)	0,03 (0,00)	7,636 (0,018)	-0,090 (0,001)	-0,026 (0,001)	AAA
153	V357 Peg	0,578447	9,06 (0,022)	0,359 (0,029)	0,42 (0,03)	8,395 (0,018)	0,131 (0,001)	0,047 (0,001)	AAA
154	EL Aqr	0,4814063	10,53 (0,066)	0,495 (0,087)	0,57 (0,09)	9,803 (0,023)	0,215 (0,001)	0,034 (0,001)	AAA
155	DX Tuc	0,377111	9,62 (0,051)	0,539 (0,066)	0,61 (0,07)	8,696 (0,024)	0,215 (0,003)	0,053 (0,003)	AAA
156*	U Peg	0,37477718	9,59 (0,028)	0,648 (0,033)	0,71 (0,03)	8,416 (0,026)	0,241 (0,001)	0,112 (0,002)	AAA

Tez çalışmasında oluşturulacak kalibrasyonlardan hesaplanacak uzaklıkların kontrolü için, bu uzaklıkların literatürde farklı yöntemler kullanılarak bulunanlar ile karşılaştırılması planlanmıştır. Trigonometrik paralaks yönteminin uygulanabildiği nesneler dışında, en duyarlı uzaklık tayini yapılabilen nesnelerden biri de açık kümelerdir. Açık kümeler, Galaksimizin spiral kollarında yer alan, onlarca ya da binlerde yıldız içeren genç yıldızlardan meydana gelir. Kümedeki yıldızlar aynı buluttan aynı zamanda meydana geldikleri için kimyasal bollukları ve Güneş'e uzaklıkları hemen hemen aynıdır. Eğer küme doğrultusunda görülen yıldızların kümeye üyelikleri farklı yöntemler ile belirlenebilirse, küme yıldızlarının Güneş'ten uzaklıkları "anakol çakıştırma" yöntemi kullanılarak hassas bir şekilde hesaplanabilir. Benzer bir çalışma Rucinski (1998) tarafından gerçekleştirilmiştir. Rucinski (1998), açık kümeler doğrultusunda bulunan 98 W UMa sistemini belirleyerek, sistemlerin yörünge dönemlerini, *V* görünen parlaklıklarını ve *B-V* renk indekslerini listelemiş; küme doğrultusunda bulunan W UMa sistemlerinin kümelere üyeliklerini araştırırken ise CAL4 kalibrasyonunu kullanmıştır. Rucinski (1998) tarafından kümelere üyelikleri belirlenmiş ve bu çalışmada elde edilen kalibrasyonlar ile uzaklıkları tayin edilebilecek 54 W UMa sisteminin üye bulundukları küme bilgileri, yörünge dönemleri, maksimum *V* parlaklıkları ve *B-V* renkleri Tablo 3.3'te listelenmiştir. Program dâhilinde dikkate aldığımız 10 açık kümenin temel verileri Tablo 3.4'te gösterilmiştir. Bu tabloda, incelenen açık kümelerin galaktik koordinatları, *E(B-V)* renk artıkları, *V* bandında verilen *m-M* uzaklık modülü, kümelerde gözlenen W UMa sistemlerinin sayıları ve kümelerin temel parametreleri verilmiştir.

Tablo 3.3: Açık kümelerde bulunan 54 W UMa sisteminin bağlı bulundukları kümeler, sistem isimleri, yörünge dönemleri, *V* filtresindeki maksimum görünen parlaklıkları ve *B-V* renkleri. Parlaklık ve renk verileri kadir birimindedir. Sistemler Rucinski'den (1998) alınmıştır.

Sıra	Küme	Sistem	*P* (gün)	V_{max}	*B-V*
1	NGC 6791	V513 Lyr	0,3935	17,69	0,87
2	NGC 6791	V525 Lyr	0,3180	18,61	1,01
3	Cr 261	GV Mus	0,4320	16,82	0,98
4	Cr 261	GW Mus	0,2630	17,74	1,20
5	Cr 261	GX Mus	0,3817	16,81	0,96
6	Cr 261	GY Mus	0,3550	16,74	1,04
7	Cr 261	GZ Mus	0,3513	17,02	0,86
8	Cr 261	HK Mus	0,3808	17,70	1,34
9	Cr 261	HL Mus	0,4613	15,55	0,72
10	Cr 261	HM Mus	0,3431	17,42	1,12
11	Cr 261	HO Mus	0,4571	15,85	0,78
12	Cr 261	HU Mus	0,5190	15,52	0,64
13	Cr 261	HV Mus	0,3820	16,70	0,99
14	Cr 261	HZ Mus	0,4295	15,97	0,82
15	Cr 261	II Mus	0,3845	17,30	1,02
16	Cr 261	IK Mus	0,3749	17,29	1,00
17	Cr 261	IL Mus	0,2900	18,24	1,09
18	Cr 261	IO Mus	0,4009	16,38	0,88
19	Cr 261	IR Mus	0,3158	18,04	1,22
20	Cr 261	IS Mus	0,3454	17,46	1,39
21	Cr 261	IU Mus	0,2638	19,40	1,41
22	Cr 261	IW Mus	0,3544	16,84	1,02
23	Cr 261	IX Mus	0,3780	16,88	0,94
24	Cr 261	IZ Mus	0,3916	16,93	1,15
25	Cr 261	KL Mus	0,3730	16,48	0,83
26	Cr 261	KM Mus	0,4307	16,20	0,82
27	NGC 188	EP Cep	0,2897	16,60	0,95
28	NGC 188	EQ Cep	0,3069	16,42	0,92
29	NGC 188	ER Cep	0,2857	15,81	0,83
30	NGC 188	ES Cep	0,3424	15,60	0,85
31	NGC 188	V369 Cep	0,3282	16,00	0,82
32	NGC 188	V370 Cep	0,3304	16,08	0,83
33	Be 39	V701 Mon	0,5460	15,94	0,50
34	Be 39	V704 Mon	0,2780	18,34	0,90
35	Be 39	V705 Mon	0,3810	16,82	0,58
36	Be 39	V706 Mon	0,4865	16,16	0,70
37	Be 39	V709 Mon	0,3813	17,10	0,69
38	Be 39	V711 Mon	0,2656	18,04	0,88
39	Be 39	V712 Mon	0,2844	18,11	0,85
40	M67	AH Cnc	0,3604	13,31	0,54
41	M67	ET Cnc	0,2704	15,79	1,14
42	M67	EV Cnc	0,4412	12,74	0,45
43	NGC 2243	V2	0,2853	17,82	0,78
44	NGC 2243	V3	0,3564	16,66	0,55
45	NGC 7789	V733 Cas	0,4567	15,96	0,93
46	NGC 7789	V737 Cas	0,3375	16,73	1,01
47	NGC 7789	V20	0,2790	17,40	1,07
48	NGC 7789	V22	0,3063	16,98	1,00
49	NGC 752	QX And	0,4118	11,28	0,44
50	Tom 2	V2	0,3278	20,19	1,02
51	Tom 2	V3	0,4712	18,79	0,84
52	Tom 2	V4	0,3105	19,80	0,71
53	Tom 2	V5	0,3533	19,32	0,79
54	Praesepe	TX Cnc	0,3829	10,02	0,62

Tablo 3.4: W UMa yıldızları içeren açık kümelere ait temel bilgiler: Küme isimleri, galaktik kordinatları (*l*, *b*), *E(B-V)* renk artıkları, *V* bandındaki *m-M* uzaklık modülleri. *N* kümedeki W UMa yıldızı sayısını göstermektedir. Verilerin derlenmesinde yararlanılan kaynaklar son sütunda verilmiştir.

Küme	*l* (º)	*b* (º)	*E(B-V)* (kadir)	*m-M* (kadir)	*N*	Kaynak
NGC 6791	69,958	10,904	0,15	13,40	2	1, 2
NGC 7789	115,532	-5,385	0,28	11,90	4	3
NGC 188	122,865	22,384	0,09±0,02	11,24±0,09	6	4, 5
NGC 752	137,125	-23,254	0,04±0,005	8,25±0,10	1	6
Praesepe	205,920	32,484	0,03	6,34±0,05	1	7
M67	215,696	31,896	0,04	8,25±0,08	3	8, 9
Be 39	223,461	10,094	0,11±0,09	12,78±0,20	7	10
Tom 2	232,832	-6,880	0,23	15,01±0,12	4	11
NGC 2243	239,478	-18,014	0,11±0,04	12,78±0,10	2	12
Cr 261	301,684	-5,528	0,30	12,00	24	13

Kaynaklar: (1) Kaluzny ve Rucinski (1993); (2) Rucinski ve diğ. (1996); (3) Gim ve diğ. (1998); (4) Meibom ve diğ. (2009); (5) Sarajedini ve diğ. (1999); (6) Daniel ve diğ. (1994); (7) Zhang ve diğ. (2009); (8) Gilliland ve diğ. (1991); (9) Yakut ve diğ. (2009); (10) Kassis ve diğ. (1997); (11) Villanova ve diğ. (2010); (12) Jacobson ve diğ. (2011); (13) Gozzoli ve diğ. (1996).

3.2 YILDIZLARARASI KIZARMA TAYİNİ

Yakın kızılötesi gözlemlerde görülen yaygın emisyon, Güneş Sistemi'ndeki zodyak ışınımından, yıldızlararası ortamdaki tozdan, moleküllerden ve galaksiler arasındaki ortamda bulunan yaygın maddeden kaynaklanır. Bu bileşenlerin ayrımında birçok zorluk bulunmaktadır (Hauser, 1996). Zodyak emisyonu özellikle ekliptik kuşağında, 12 ve 25 μm dalgaboylarında baskınken, 100 μm'de oluşturulan kızarma atlasındaki katkısı azdır. Yıldızlararası ortamdaki maddenin neden olduğu yaygın emisyon, özellikle 100 μm dalgaboyunda etkindir. Yıldızlararası tozun kolon yoğunluğu, kızılötesi bölgede görülen yaygın emisyonun ana kaynağıdır. Tüm gökyüzünden elde edilen bu emisyondan oluşturulacak kızarma atlası galaksi dışında bulunan gökcisimleri için fotometrik sönükleşmelerin tayininde kullanır (Burstein ve Heiles, 1978; 1982; Schlegel ve diğ., 1998). Burstein ve Heiles (1982), *E(B-V)* renk artıklarını, Galaksimizdeki nötral hidrojenin kolon yoğunluğu ölçümünden, galaktik koordinatların bir fonksiyonu olarak vermiştir. Schlegel ve diğ. (SFD; 1998), *COBE/DIRBE* (COsmic Background Explorer/Diffuse Infrared Background Experiment) ve *IRAS* (Infrared Astronomy Satellite) uydu verilerinden 100μm dalgaboyunda elde edilen emisyonu kullanarak, tüm

gökyüzü için bir kızarma haritası hazırlamıştır. Toz sıcaklığından hesaplanan kolon yoğunluğu *V* bandındaki sönükleşmeye çevrilmiş ve galaktik koordinatların (*l*, *b*) fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Bu kızarma haritası Burstein ve Heiles'in (1982) haritasına göre daha iyi bir çözünürlüğe sahip olduğundan sonuçları daha hassastır. Arce ve Goodman'ın (1999) yaptıkları analizlerde, SFD'nin kızarma haritalarında verilen değerlerin olması gerektiğinden fazla tayin edildiği gösterilmiştir. Bu durumun düzeltilmesi için *E(B-V)* = 0,15'den büyük değerlere *E(B-V)* = 0,10 + 0,65 [*E(B-V)*-0,10)] düzeltmesinin uygulanması gerektiği vurgulanmıştır. Schlafly ve Finkbeiner (2011) Sloan Dijital Gökyüzü Taraması'nda (SDSS) tayfsal verisi bulunan yıldızların renklerini kullanarak tozun neden olduğu kızarma değerlerini ölçmüşlerdir. Analizleri sonucunda belirli bir doğrultuda SFD'nin elde ettikleri kızarma değerlerinin, kendi çalışmalarında bulduklarına göre %14 fazla olduğunu göstermişlerdir. Farklı doğrultular için elde edilebilen bu kızarma değerlerine NASA'nın Galaksi-dışı Veri Tabanı'ndan (NED[7]) kolaylıkla ulaşılabilir.

Programımızda bulunan W UMa sistemlerinin *V* bandındaki sönükleşme miktarlarının belirlenmesinde Schlafly ve Finkbeiner'in (2011) verileri dikkate alınmıştır. Program yıldızlarının A_V sönükleşmeleri, NED sayfasında yer alan *koordinat dönüşümleri ve Galaktik kızarma hesaplayıcısına* sistemlerin galaktik koordinatları girilerek elde edilmiştir. Fakat bu değerler Güneş'ten Galaksi'nin sınır bölgelerine kadar geçerli olduğundan, Güneş ile incelenen sistem arasındaki uzaklık için indirgenmeleri gerekir. İndirgemede Bahcall ve Soneira'nın (1980) aşağıdaki bağıntısı kullanılmıştır:

$$A\mathrm{v_d} = A\mathrm{v}_\infty \left[1 - \exp\left(\frac{-d\,\sin|b|}{H}\right)\right]. \qquad (3.1)$$

Burada $A_{V\infty}$ yıldız doğrultusunda Galaksi sınırına kadar *V* bandındaki sönükleşme değerini (Schlafly ve Finkbeiner, 2011); *d* yıldızın uzaklığını, *b* yıldızın galaktik enlemini ve *H* tozun yükseklik ölçeğini temsil eder. Bu çalışmada tozun yükseklik ölçeği *H* = 125 pc kullanılmıştır (Marshall ve diğ., 2006). A_{Vd} ise *d* uzaklığına indirgenmiş *V* bandındaki sönükleşmedir. İndirgenen A_V sönükleşmesi $E(B\text{-}V) = A_V/3{,}1$ eşitliği kullanılarak *E(B-V)* renk artığı şekline çevrilmiştir. Sistemlerin optik ve kızılötesi bölgede gözlenmiş parlaklık ve renklerinin kızarmadan arındırılmasında aşağıdaki bağıntılardan faydalanılmıştır (Fiorucci ve Munari, 2003; Bilir ve diğ., 2008):

[7] http://ned.ipac.caltech.edu/forms/calculator.html

$V_0 = V - 3.1 \times E_d(B\text{-}V)$, $(B\text{-}V)_0 = (B\text{-}V) - E_d(B\text{-}V)$, $(V\text{-}I)_0 = (V\text{-}I) - 1.25 \times E_d(B\text{-}V)$,

$J_0 = J - 0.887 \times E_d(B\text{-}V)$, $(J\text{-}H)_0 = (J\text{-}H) - 0.322 \times E_d(B\text{-}V)$,

$(H\text{-}K_s)_0 = (H\text{-}K_s) - 0.183 \times E_d(B\text{-}V)$

3.3 LUTZ-KELKER DÜZELTMESİ

Bir yıldızın "en olası uzaklığının" belirlenmesinde kullanılan paralaks ölçümü rölatif hatalardan etkilenir. Rölatif paralaks hatası %2,5 gibi küçük bir değerde ölçülmüş olsa bile incelenen yıldızın en olası uzaklığıyla uzaklık modülünden tayin edilen uzaklığı arasında sistematik olarak 0,01 kadirlik bir değişim meydana gelir (van Leeuwen, 2007). Bu değişim Lutz – Kelker yanlılığı olarak bilinir (LK; Lutz ve Kelker, 1973). Trigonometrik paralaksın LK yanlılığından dolayı büyük ölçülmesi, uzaklığın beklenenden daha az hesaplanmasına neden olur. Böylece, incelenen cismin görünür parlaklığından bulunan ışıma gücü değeri de bu yanlılıktan dolayı beklenen değerden küçük hesaplanır. LK yanlılığı *Hipparcos* uydusunun hassas trigonometrik paralaks ölçümlerinde dikkate alınmalı ve düzeltme yapılmalıdır (Binney ve Merrifield, 1998).

Yıldızın trigonometrik paralaksı ve hatası, sırasıyla, π ve σ_π simgeleriyle gösterilsin. Seçilen hacimdeki yıldızlar d ortalama uzaklığı içinde saçılırlar. Bu durumda uzaklığı belirlerken bir alt ($d_{\pi-\sigma(\pi)}$) ve üst limit ($d_{\pi+\sigma(\pi)}$) elde edilir. (d, $d_{\pi-\sigma(\pi)}$) uzaklığı içindeki yıldızların sayısı, (d, $d_{\pi+\sigma(\pi)}$) uzaklığındaki yıldızların sayısından fazla olduğundan, (d, $d_{\pi-\sigma(\pi)}$) uzaklık aralığında bulunan yıldızlar (d, $d_{\pi+\sigma(\pi)}$) uzaklık aralığındaki yıldızlara göre daha çok saçılırlar. Bu sebeple trigonometrik paralaks ölçümlerinde yıldız uzaklıkları daha az hesaplanır. Paralaks değerlerinin gerçek dağılımı yalnızca rölatif paralaks hatasına bağlıdır (Oudmaijer ve diğ., 1998). Sistematik olarak gerçekleşen bu yanlılık analitik olarak hesaplanabilir. Rölatif paralaks hatası 0,175 değerine ulaştığında yıldızın mutlak parlaklığında 0,43 kadirlik bir düzeltmenin yapılması gerekir (Lutz ve Kelker, 1973). Yanlılığın giderilmesi için düzeltmenin %90 güvenilirlikle çözümünü dikkate alan Koen (1992), elde ettiği değerlerin LK'nin sonuçlarıyla uyumlu olduğunu

göstermiştir. LK düzeltmesi zamanla Smith (1987) tarafından geliştirilmiş ve aşağıdaki biçimde tanımlanmıştır:

$$\pi_0 = \pi\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{1 - 16\left(\frac{\sigma_\pi}{\pi}\right)^2}\right) \tag{3.2}$$

Burada π_o, LK düzeltmesi yapılmış paralaksı, π gözlemsel paralaksı, σ_π ise paralaks hatasını göstermektedir. Lutz ve Kelker'e (1973) göre σ_π/π değerleri son derece kısıtlayıcıdır. Özellikle $\sigma_\pi/\pi = 0{,}175$'in ötesinde elde edilen sonuçlar güvenilir değildir.

3.4. YÖRÜNGE DÖNEMİ – RENK – IŞIMA GÜCÜ KALİBRASYONLARI

Değen çift sistemlerin optik ve kızılötesi bölgede duyarlı yörünge dönemi – renk – ışıma gücü bağıntılarını elde etmeyi hedefleyen bu tez çalışmasında, yeni indirgenen *Hipparcos* verileri ile (van Leeuwen, 2007) fotometrik parlaklık ve renkler (Cutri ve diğ., 2003; van Leeuwen, 2007) bir araya getirilmiştir. Rölatif paralaks hataları yeterince duyarlı bir W UMa örneğinden için yapılacak kalibrasyonların duyarlı mutlak parlaklık değerlerini verebilmesi için duyarlı fotometrik veriler kullanılmalıdır. Ayrıca kalibrasyonlarda kullanılacak trigonometrik paralaks, parlaklık ve renk gibi değişkenlerin bilinen hata ya da yanlılıklardan arındırılması gerekir. Bu konu hakkındaki bilgiler Bölüm 3.2 ve 3.3'te verilmiştir.

Çalışmamızda elde edeceğimiz kalibrasyonların diğer çalışmalarda verilen kalibrasyonlar ile uyumunu görebilmek için, Bölüm 2.3'te ayrıntılı şekilde tartışılan bağıntıların yeni trigonometrik ve fotometrik verilerden itibaren yeniden elde edilerek güncellenmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle, Bölüm 2.3'te optik ve kızılötesi bölgelerde tanımlanmış yörünge dönemi – renk – ışıma gücü bağıntılarının mevcut biçimleri kabul edilerek, değişkenlerin katsayıları belirlenecektir. Seçilen örnekteki W UMa sistemlerinin metal bolluğu verileri bulunmadığından, kalibrasyonların oluşturulmasında bu değişken göz ardı edilmiştir. Ayrıca, kalibrasyonlarda optik bölge için yörünge dönemi ve tek renk, yakın kızılötesi bölge için yörünge dönemiyle beraber iki renk kullanılması tercih edilmiştir. Optik ve yakın kızılötesi dalgaboyu bölgelerinde hassas kalibrasyonlar elde edebilmek için planladığımız bağıntılar aşağıda verilmiştir:

$$M_V = a_1 \times \log P + b_1 \times (B\text{-}V)_0 + c_1, \quad (3.3)$$

$$M_V = a_2 \times \log P + b_2 \times (V\text{-}I)_0 + c_2, \quad (3.4)$$

$$M_I = a_3 \times \log P + b_3 \times (B\text{-}V)_0 + c_3, \quad (3.5)$$

$$M_I = a_4 \times \log P + b_4 \times (V\text{-}I)_0 + c_4, \quad (3.6)$$

$$M_J = a_5 \times \log P + b_5 \times (J\text{-}H)_0 + c_5 \times (H\text{-}K_s)_0 + d_5 \quad (3.7)$$

Bağıntılardaki katsayılar (a_i, b_i, c_i ve d_i; i = 1, 2, 3, 4, 5) ve hataları, kalibrasyon örneğinden itibaren regrasyon analizi kullanılarak tayin edilecektir. Regrasyon analizi için MINITAB[8] yazılımı kullanılacaktır. Üretilecek olan kalibrasyonların duyarlılıklarının ölçümünde, orijinal mutlak parlaklıklar ile kalibrasyonlardan hesaplanacak mutlak parlaklıkların farklarının aritmetik ortalaması ve bu farkların standart sapmaları dikkate alınacaktır.

[8] http://www.minitab.com/

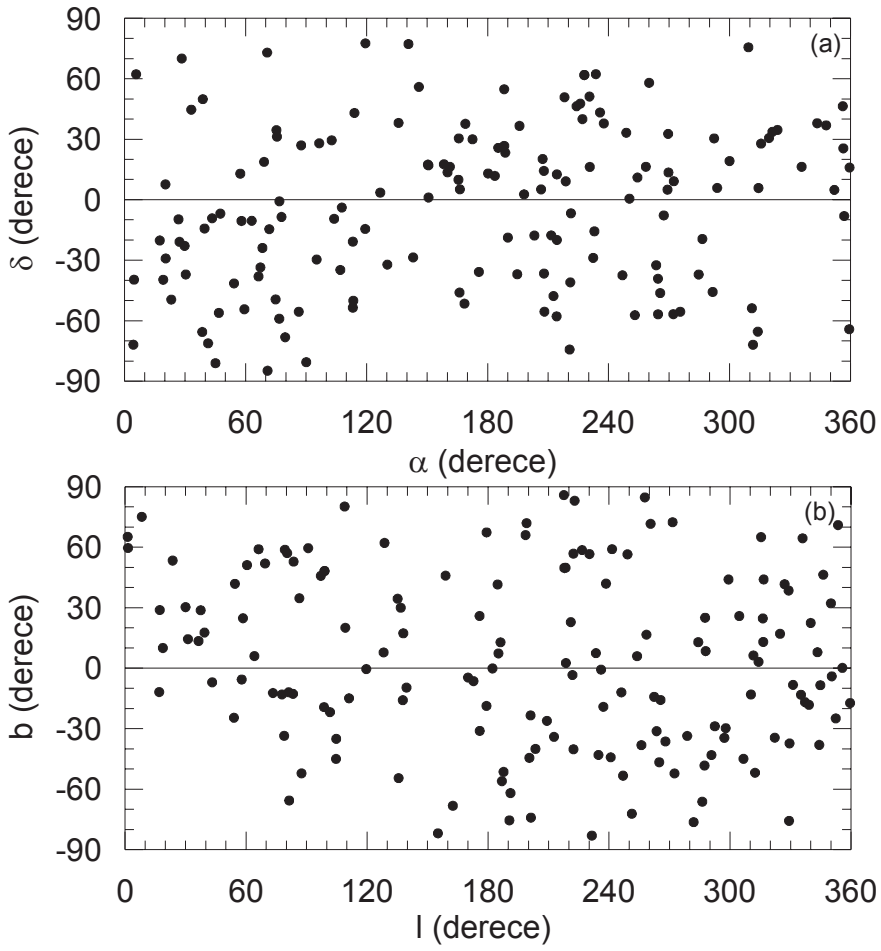
4. BULGULAR

4.1. *HİPPARCOS* VERİLERİNİN ANALİZİ

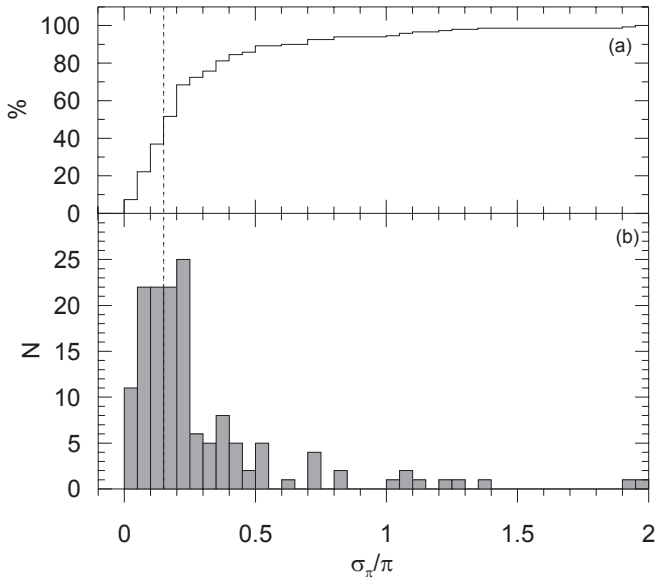
Bölüm 3.1'de sözü edilen kriterlerin uygulanmasıyla seçilmiş 156 W UMa sisteminden oluşan örneğin J2000 epoğundaki ekvatoral ve galaktik koordinatlarının dağılımları Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Her iki koordinat sisteminde de genel olarak homojen bir dağılım görüldüğünden, örneğin seçiminde herhangi bir yanlılığın olmadığı söylenebilir.

Bu çalışmanın en önemli verisi incelenen sistemlerin trigonometrik paralaksları ve bunlara ait hatalardır. 156 W UMa sisteminin trigonometrik paralaks değerleri $-2{,}42 \leq \pi \leq 79{,}15$ mas aralığındadır. Örnekte trigonometrik paralaksı negatif olan üç sistem bulunmaktadır. Bunlar V410 Cyg (π = -2,42 mas), V401 Cyg (π = -0,32 mas) ve CW Sge (π = -0,22 mas) olup paralakslarındaki büyük hatalardan dolayı istatistik dışı bırakılmışlardır. Örnekteki Güneş'e en yakın ve en uzak W UMa sistemleri, sırasıyla, 44i Boo (π = 79,65 mas) ve XZ Leo (π = 0,03 mas)'dur. Trigonometrik paralakslardaki hatalardan kaynaklanan belirsizliklerin hesaplanmasında rölatif paralaks hataları (σ_π/π) dikkate alınır. Örnekteki rölatif paralaks hatalarına ait frekans dağılımı Şekil 4.2'de verilmiştir. 153 W UMa sisteminin rölatif paralaks hataları $0 < \sigma_\pi/\pi < 2$ aralığındadır. Duyarlı bir uzaklık kalibrasyonunun elde edilmesi için kullanılacak örneğin rölatif paralaks hatalarının yeterince küçük olması istenir. Örneğimizin medyan rölatif paralaks hatası 0,19'dur. Bölüm 3.3'te bahsedildiği gibi, gözlenen paralakslarda bilinen Lutz-Kelker (LK, 1973) düzeltmesi ancak rölatif paralaks hatası σ_π/π = 0,175 değerinden küçük sistemlere uygulanabildiğinden, daha duyarlı bir örnek elde edebilmek için çalışmamızda bu sınır σ_π/π = 0,15 olarak kabul edilmiştir. Böylece duyarlı trigonometrik paralakslara sahip 57 W UMa sistemi dikkate alınmıştır. Oluşturulan son örnek için trigonometrik paralaks aralığı $5 \leq \pi \leq 79{,}65$ mas'dır. Bu sistemlerin görünen paralakslarındaki yanlılık Smith (1987) tarafından verilen denklem ile *Lutz-Kelker düzeltmesi* yapılarak giderilmiş ve örneğin paralaks aralığı $4{,}57 \leq \pi \leq 79{,}52$ mas

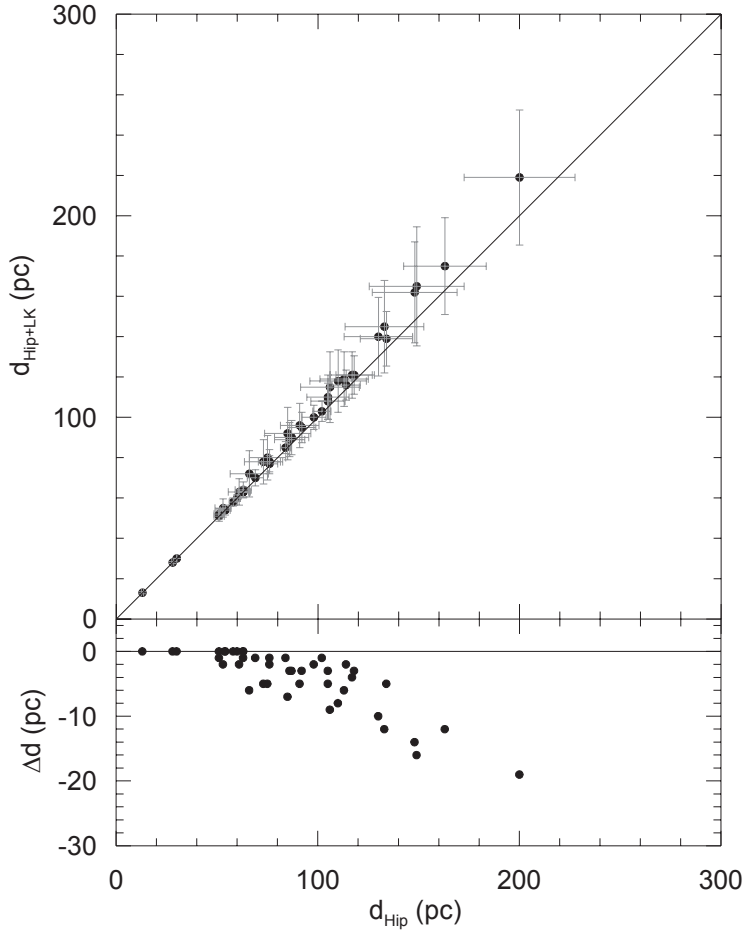
olmuştur. Tez çalışmasındaki sistemlere LK düzeltmesi uygulandıktan sonra hesaplanan uzaklıklarındaki değişim Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Sistemlerin trigonometrik paralaks değerleri, örneğimizdeki W UMa'ların Güneş'ten 13 ile 219 pc uzaklık aralığında yer aldıklarını gösterir (Şekil 4.3). Şekilden görüleceği gibi, Güneş'ten itibaren 60 pc'ten daha büyük uzaklıklar için LK düzeltmesi önemli hale gelmektedir. Örneğimizdeki en uzak sistem olan V376 And'ın *Hipparcos* uzaklığı 200 pc iken, LK düzeltmesinden sonra bu uzaklık 219 pc olmaktadır. Bu da LK düzeltmesinin sistemin uzaklığında yaklaşık %10'luk bir düzeltmeye neden olduğunu gösterir.



Şekil 4.1: 156 W UMa sisteminin ekvatoral (a) ve galaktik (b) koordinatlardaki dağılımları.



Şekil 4.2: 156 W UMa sisteminin rölatif paralaks hatalarının (σ_π/π) kümülatif dağılımları (a) ve frekans dağılımları (b). Kesikli çizgi 0,15'lik rölatif paralaks hatası değerini göstermektedir.



Şekil 4.3: Rölatif paralaks hatası $\sigma_\pi/\pi \leq 0{,}15$ olan 57 W UMa sistemi için LK düzeltmesi yapılmış ($d_{\mathrm{Hip+LK}}$) ve yapılmamış (d_{Hip}) uzaklıkların karşılaştırılması.

4.2. KALİBRASYONLARDA KULLANILAN W UMA SİSTEMLERİ

Rölatif paralaks hataları σ_π/π = 0,15'den küçük olan 57 W UMa sistemi Güneş civarında bulunsalar bile, oluşturulacak uzaklık kalibrasyonlarındaki parlaklık ve renklerin yıldızlararası ortamın neden olduğu etkilerden arındırılması gerekir. Seçilen W UMa sistemleri için *V* filtresindeki sönükleşme değerlerinin hesaplanmasında Schlafly ve Finkbeiner'in (2011) verileri dikkate alınmıştır. Schlafly ve Finkbeiner'in (2011) verileri Güneş'ten Galaksi'nin sınır bölgelerine kadar geçerli olduğundan, Güneş ile incelenen sistem arasındaki uzaklık için indirgenmeleri gerekir. Sistemlerin uzaklıkları LK düzeltmesi yapılmış *Hipparcos* trigonometrik paralakslarından (d = 1000/π_0(mas)) itibaren hesaplanmıştır (d = 1000/π_0 (mas)). *V* filtresindeki sönükleşme değeri için Bahcall ve Soneria'nın (1980) (3.1)'de verilen bağıntısı kullanılmıştır. Elde edilen indirgenmiş sönükleşme değerleri 3,1 değerine bölünmek suretiyle *E(B-V)* renk artıkları hesaplanmıştır. W UMa sistemleri için elde edilen *E(B-V)* renk artıklarının Güneş'ten uzaklıkla değişimleri galaktik enlemin bir fonksiyonu olarak Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Örnek içinde en büyük renk artığına sahip sistem *E(B-V)* = 0,094 kadir değeriyle IR Lib iken, en düşük renk artıklı sistem ise *E(B-V)* = 0,010 kadir değeriyle ε Cra'dır. Şekil 4.4'te W UMa sistemleri $0^o < |b| \leq 25^o$, $25^o < |b| \leq 50^o$, $|b| > 50^o$ olmak üzere üç farklı galaktik enlem aralığına ayrılmıştır. Galaktik enlem aralıklarında, sırasıyla, 24, 20 ve 13 sistem vardır. Bu sistemler için hesaplanan medyan *E(B-V)* değerleri ise, yine sırasıyla 0,023, 0,017 ve 0,009 kadirdir. Şekil 4.4'ten görüleceği gibi, düşük galaktik enlemlerdeki sistemler için hesaplanan medyan *E(B-V)* renk artığı değerleri yüksek galaktik enlemlerdeki sistemler için bulunandan biraz daha büyüktür. İndirgenmiş *E(B-V)* renk artıkları, programdaki sistemlerin optik dalga boylarında ölçülmüş parlaklık ve renklerinin kızarmadan arındırılmasında kullanılmıştır. Kızarmadan arındırmada Bölüm 3.2'de verilen bağıntılar dikkate alınmıştır. Sistemlerin optik ve yakın kızılötesi mutlak parlaklıklarının hesabında Pogson bağıntısı kullanılmıştır:

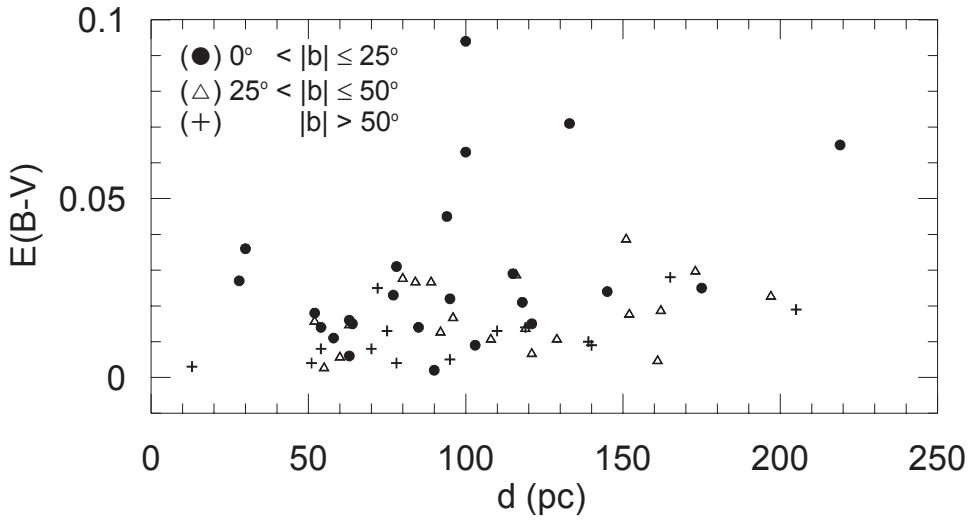
$$V - M_V = 5 \times \log d - 5 + A_V \tag{4.1}$$

$$I - M_I = 5 \times \log d - 5 + A_I \tag{4.2}$$

$$J - M_J = 5 \times \log d - 5 + A_J \tag{4.3}$$

Burada V, I ve J sistemin görünen parlaklığı; A_V, A_I ve A_J optik ve kızılötesi bölgelerdeki sönükleşme miktarları, d (=1000/π_0 (mas)) sistemin LK düzeltmesi yapılmış trigonometrik paralaks değerinden hesaplanan uzaklığı (pc), M_V, M_I ve M_J ise sistemin optik ve yakın kızılötesi bölgeler için hesaplanan mutlak parlaklıklarıdır.

Örneğimizdeki 57 W UMa sistemi için LK düzeltmesi yapılmış trigonometrik paralakslar, rölatif paralaks hatası, uzaklık ve hesaplanan mutlak parlaklıklar (M_V, M_I ve M_J), hatalarıyla birlikte Tablo 4.1'de verilmiştir. Tablonun son sütununda her sistem için açıklama bilgisi yer almaktadır. Mutlak parlaklık hatalarının hesabında $M_{hata} = 2{,}17\times\sigma_\pi/\pi + m_{hata}$ formülü kullanılmıştır. Burada σ_π/π sistemin rölatif paralaks hatası, m_{hata} görünen parlaklıktaki hata ve M_{hata} ise mutlak parlaklıktaki hatayı göstermektedir.



Şekil 4.4: Bulundukları galaktik enleme göre sınıflanan 57 W UMa sisteminin uzaklıklarıyla *E(B-V)* renk artıkları arasındaki dağılım.

Tablo 4.1: 57 W UMa sisteminin GCVS isimleri, LK düzeltmeli π_0 (mas) trigonometrik paralaksları, σ_π/π rölatif paralaks hataları, *d* (pc) uzaklıkları, optik ve yakın kızılötesi bölgelerdeki M_V, M_I ve M_J mutlak parlaklıkları ve bunların hataları (kadir). Durum sütunu sistemlerin kalibrasyonlarda kullanılıp kullanılmadığını (İst. dışı: istatistik dışı) göstermektedir.

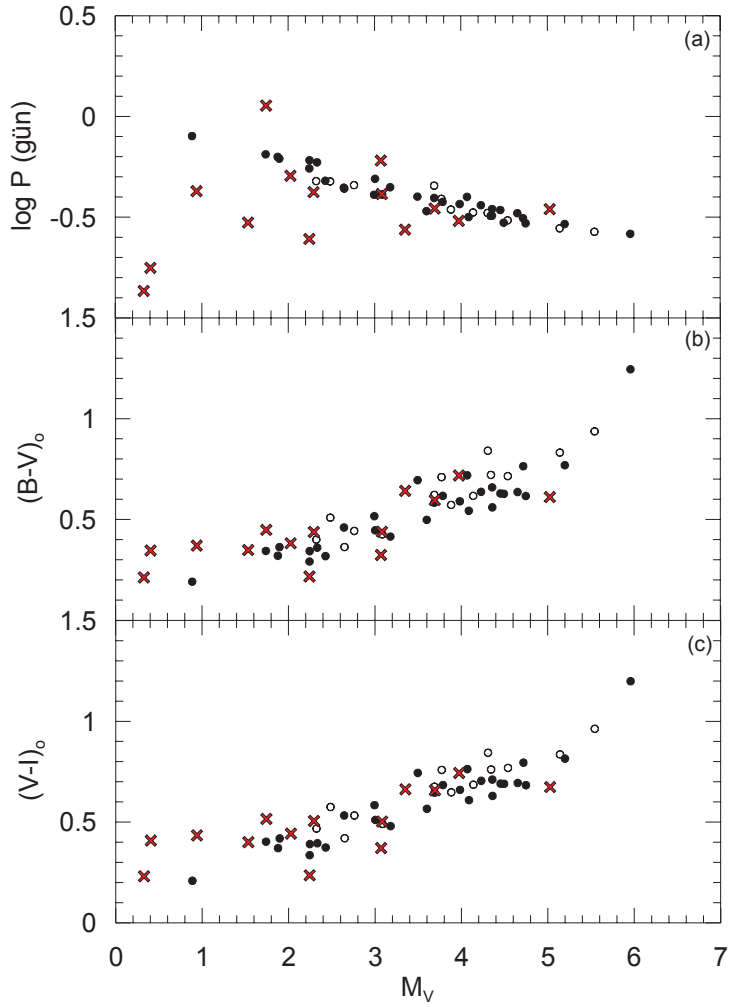
Sıra	GCVS	π_0	σ_π/π	*d*	M_V	M_I	M_J	Durum
1	AQ Psc	6,05	0,15	165	2,485 (0,343)	1,906 (0,346)	1,825 (0,344)	Kullanıldı
2	AE Phe	19,54	0,05	51	4,229 (0,117)	3,517 (0,119)	3,028 (0,138)	Kullanıldı
3	GZ And	5,70	0,13	175	4,538 (0,380)	3,763 (0,282)	3,216 (0,305)	Kullanıldı
4	WY Hor	8,42	0,11	119	4,068 (0,262)	3,310 (0,259)	2,950 (0,265)	Kullanıldı
5	V376 And	4,57	0,14	219	0,887 (0,316)	0,680 (0,324)	0,258 (0,330)	Kullanıldı
6	CN Hyi	16,62	0,02	60	2,761 (0,055)	2,222 (0,063)	1,840 (0,063)	Kullanıldı
7	CP Hyi	8,61	0,06	116	2,429 (0,142)	2,052 (0,150)	1,836 (0,153)	Kullanıldı
8	FX Eri	12,89	0,07	78	5,198 (0,176)	4,394 (0,152)	3,699 (0,175)	Kullanıldı
9	BV Eri	5,79	0,13	173	2,026 (0,300)	1,586 (0,312)	1,108 (0,308)	İst. dışı
10	UX Ret	8,26	0,08	121	3,004 (0,185)	2,492 (0,184)	1,939 (0,195)	Kullanıldı
11	YY Eri	15,90	0,09	63	4,357 (0,209)	3,650 (0,205)	3,025 (0,222)	Kullanıldı
12	VW Pic	6,23	0,12	161	0,940 (0,267)	0,512 (0,280)	0,430 (0,279)	İst. dışı
13	V402 Aur	7,53	0,14	133	3,070 (0,335)	2,702 (0,350)	2,225 (0,339)	İst. dışı
14	XY Pic	6,64	0,07	151	1,535 (0,162)	1,140 (0,162)	0,887 (0,181)	İst. dışı
15	V781 Tau	11,16	0,09	90	3,882 (0,221)	3,243 (0,225)	2,672 (0,216)	Kullanıldı
16	IS CMa	9,72	0,04	103	1,897 (0,105)	1,480 (0,107)	1,549 (0,111)	Kullanıldı
17	V361 Pup	15,77	0,04	63	3,983 (0,097)	3,309 (0,097)	3,032 (0,108)	Kullanıldı
18	CC Lyn	6,59	0,13	152	0,406 (0,299)	0,001 (0,292)	-0,204 (0,334)	İst. dışı
19	FH Cam	5,08	0,08	197	0,328 (0,180)	0,098 (0,184)	-0,199 (0,193)	İst. dışı
20	S Ant	11,80	0,03	85	1,739 (0,084)	1,342 (0,095)	1,434 (0,095)	Kullanıldı
21	W UMa	18,23	0,08	55	4,138 (0,182)	3,458 (0,184)		Kullanıldı
22	ET Leo	13,32	0,10	75	5,026 (0,249)	4,350 (0,257)	3,769 (0,235)	İst. dışı
23	EX Leo	9,11	0,10	110	2,994 (0,230)	2,415 (0,237)	2,118 (0,234)	Kullanıldı
24	VW LMi	7,22	0,09	139	2,323 (0,206)	1,863 (0,215)	1,695 (0,219)	Kullanıldı
25	V362 Vel	6,88	0,14	145	3,180 (0,316)	2,695 (0,314)	2,317 (0,327)	Kullanıldı
26	AW UMa	14,30	0,06	70	2,649 (0,143)	2,231 (0,150)	2,049 (0,151)	Kullanıldı
27	SX Crv	10,38	0,11	96	4,087 (0,266)	3,470 (0,269)	2,993 (0,271)	Kullanıldı
28	V839 Cen	10,87	0,13	92	4,651 (0,306)	3,957 (0,312)	3,484 (0,300)	Kullanıldı
29	KZ Vir	4,88	0,14	205	1,743 (0,317)	1,228 (0,324)	0,881 (0,323)	İst. dışı
30	V757 Cen	15,74	0,06	64	4,453 (0,145)	3,778 (0,150)	3,308 (0,148)	Kullanıldı
31	MS Vir	12,56	0,12	80	4,717 (0,291)	3,932 (0,260)	3,413 (0,284)	Kullanıldı
32	V759 Cen	17,24	0,04	58	3,688 (0,100)	3,042 (0,097)	2,703 (0,111)	Kullanıldı
33	RR Cen	10,01	0,06	100	2,246 (0,148)	1,857 (0,150)	1,711 (0,150)	Kullanıldı
34	MW Vir	11,97	0,09	84	2,244 (0,201)	2,019 (0,205)	1,752 (0,213)	İst. dışı
35	NT Aps	18,43	0,05	54	4,746 (0,120)	4,053 (0,119)	3,584 (0,133)	Kullanıldı
36	GR Vir	19,37	0,05	52	4,359 (0,123)	3,745 (0,129)	3,470 (0,135)	Kullanıldı
37	44i Boo	79,52	0,02	13	5,542 (0,060)	4,651 (0,043)		Kullanıldı
38	FI Boo	7,14	0,13	140	3,772 (0,309)	3,012 (0,302)	2,469 (0,308)	Kullanıldı
39	OU Ser	18,48	0,04	54	4,493 (0,096)	3,799 (0,097)		Kullanıldı
40	IR Lib	10,05	0,15	100	3,350 (0,343)	2,698 (0,336)	2,215 (0,353)	İst. dışı
41	YY CrB	10,55	0,08	95	3,786 (0,188)	3,107 (0,184)	2,752 (0,192)	Kullanıldı
42	V899 Her	7,78	0,09	129	2,294 (0,204)	1,796 (0,205)	1,461 (0,214)	İst. dışı
43	V502 Oph	11,26	0,09	89	3,688 (0,207)	3,017 (0,205)	2,576 (0,212)	Kullanıldı
44	GM Dra	9,30	0,08	108	3,600 (0,194)	3,043 (0,204)	2,568 (0,204)	Kullanıldı
45	V1084 Sco	10,61	0,11	94	3,973 (0,268)	3,224 (0,269)	2,696 (0,265)	İst. dışı
46	V535 Ara	8,26	0,09	121	1,878 (0,219)	1,506 (0,235)	1,561 (0,225)	Kullanıldı
47	V566 Oph	13,04	0,06	77	3,086 (0,150)	2,603 (0,160)	2,119 (0,149)	Kullanıldı
48	V972 Her	15,83	0,02	63	2,643 (0,047)	2,104 (0,043)	1,777 (0,069)	Kullanıldı
49	V870 Ara	8,51	0,12	118	3,495 (0,281)	2,760 (0,280)	2,372 (0,281)	Kullanıldı
50	QW Tel	10,55	0,10	95	3,082 (0,235)	2,584 (0,237)	2,320 (0,235)	İst. dışı

Tablo 4.1 (devam)

Sıra	GCVS	π_0	σ_π/π	d	M_V	M_I	M_J	Durum
51	ε CrA	33,12	0,01	30	2,333 (0,038)	1,924 (0,042)	1,620 (0,308)	Kullanıldı
52	VW Cep	36,19	0,02	28	5,140 (0,050)	4,333 (0,053)	3,731 (0,043)	Kullanıldı
53	V386 Pav	6,17	0,14	162	2,244 (0,311)	1,907 (0,314)	1,693 (0,324)	Kullanıldı
54	ER Vul	19,16	0,03	52	3,693 (0,072)	3,027 (0,075)	2,478 (0,084)	İst. dışı
55	SW Lac	12,78	0,13	78	4,343 (0,297)	3,575 (0,292)	2,715 (0,305)	Kullanıldı
56	AB And	8,66	0,14	115	4,307 (0,338)	3,454 (0,334)	2,834 (0,341)	Kullanıldı
57	VZ Psc	13,91	0,14	72	5,957 (0,372)	4,762 (0,454)		Kullanıldı

4.3. YÖRÜNGE DÖNEMİ – RENK – IŞIMA GÜCÜ İLİŞKİLERİ

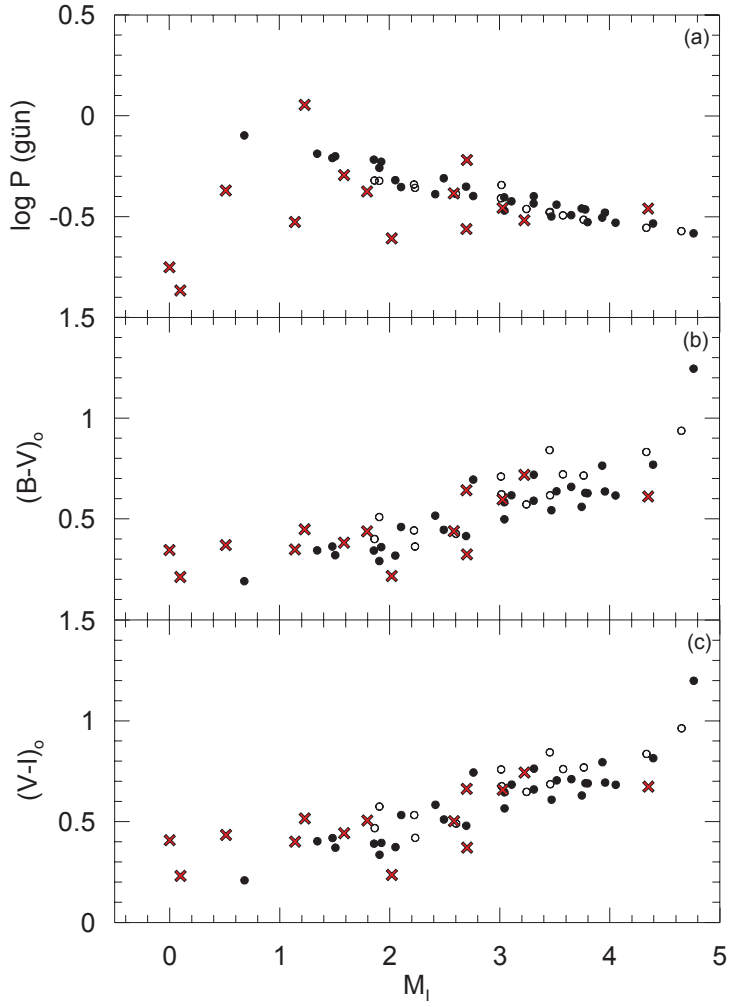
Tez çalışmasında trigonometrik paralaksları duyarlı şekilde ölçülmüş 57 W UMa sisteminin optik ve yakın kızılötesi fotometrik verileri kullanılarak, yörünge dönemi ve rengi bağımsız değişken olarak içeren ışıma gücü (mutlak parlaklık) kalibrasyonlarının elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle kalibrasyonlarda yer alacak renk, yörünge dönemi ve mutlak parlaklık verilerinin yeterince hassas ve geniş bir aralıkta seçilmesi gereklidir. Bu kalibrasyonlar oluşturulmadan önce mutlak parlaklık – yörünge dönemi ve mutlak parlaklık – renk ilişkilerinde saçılan yıldızların olup olmadığı kontrol edilmelidir. Eğer bağıntılarda saçılan nesneler varsa, bunun fiziksel nedenleri ortaya çıkartılmalıdır. Şekil 4.5'te optik filtrelerle gözlenmiş W UMa sistemlerinin $(B\text{-}V)_0$, $(V\text{-}I)_0$ renkleri ile P yörünge döneminin M_V mutlak parlaklıklığıyla değişimi gösterilmiştir. Bu grafikte yörünge döneminin kendisi yerine logaritması kullanılmış olup, üç veya daha çok bileşenli sistemler (○) sembolüyle gösterilmiştir. Sistemlerin yörünge dönemlerinin mutlak parlaklıkla değişimi incelendiğinde, örnekteki çoğu sistemin yörünge dönemiyle mutlak parlaklıkları arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu görülmektedir (Şekil 4.5a). Bazı sistemler ise bu ilişkiye uymayıp büyük bir saçılma göstermektedir. $(B\text{-}V)_0$ ve $(V\text{-}I)_0$ renkleriyle M_V mutlak parlaklıklarının değişimlerine bakıldığında (Şekil 4.5b-c), mutlak parlaklığın artan renk değerleriyle parabolik olarak değiştiği görülmektedir. Bu diyagramlarda bazı sistemlerin çok saçılması dikkat çekicidir. Tüm sistemlerin yörünge dönemleri $-0{,}58 < \log P \text{ (gün)} < -0{,}09$; $(B\text{-}V)_0$ ve $(V\text{-}I)_0$ renkleri ise, sırasıyla, $0{,}19 < (B\text{-}V)_0 < 1{,}25$ ve $0{,}20 < (V\text{-}I)_0 < 1{,}20$ kadir aralığındadır. Sistemlerin LK düzeltmesi yapılmış trigonometrik paralakslarından hesaplanan M_V mutlak parlaklık aralığı ise $0 < M_V < 6$ kadirdir. Örnekteki W UMa



Şekil 4.5: 57 W UMa sisteminin *V* filtresi için oluşturulmuş mutlak parlaklık - yörünge dönemi (a), mutlak parlaklık - renk grafikleri (b-c). Semboller: (o) çok bileşenli, (●) çift bileşenli ve (×) istatistik dışı bırakılan sistemler.

sistemlerinin renk ve mutlak parlaklık aralıkları dikkate alındığında, bu sistemlerin A-K tayf türünden oldukları görülmektedir (Cox, 2000).

Benzer ilişkiler *I* filtresindeki mutlak parlaklıklar için de incelenmiştir. Şekil 4.6'da W UMa sistemlerinin $(B\text{-}V)_0$, $(V\text{-}I)_0$ renkleri ve yörünge dönemlerinin (log *P)* M_I mutlak parlaklığıyla değişimi gösterilmiştir. Grafikte kullanılan simgeler Şekil 4.5'teki gibidir. Şekil 4.6a artan yörünge dönemiyle *I* filtresindeki mutlak parlaklık değerlerinin azaldığını göstermektedir. Örnekteki W UMa sistemlerinin renklerinin mutlak parlaklıkla değişimi ise Şekil 4.6b-c'de gösterilmiştir. $(B\text{-}V)_0$ ve $(V\text{-}I)_0$ renk değerleri artıkça *I* bandındaki mutlak parlaklık değeri de artmakta olup, aralarındaki ilişkinin parabolik olduğu söylenebilir. Ayrıca, Şekil 4.5'te görülen saçılmalar Şekil 4.6'da da görülmektedir.

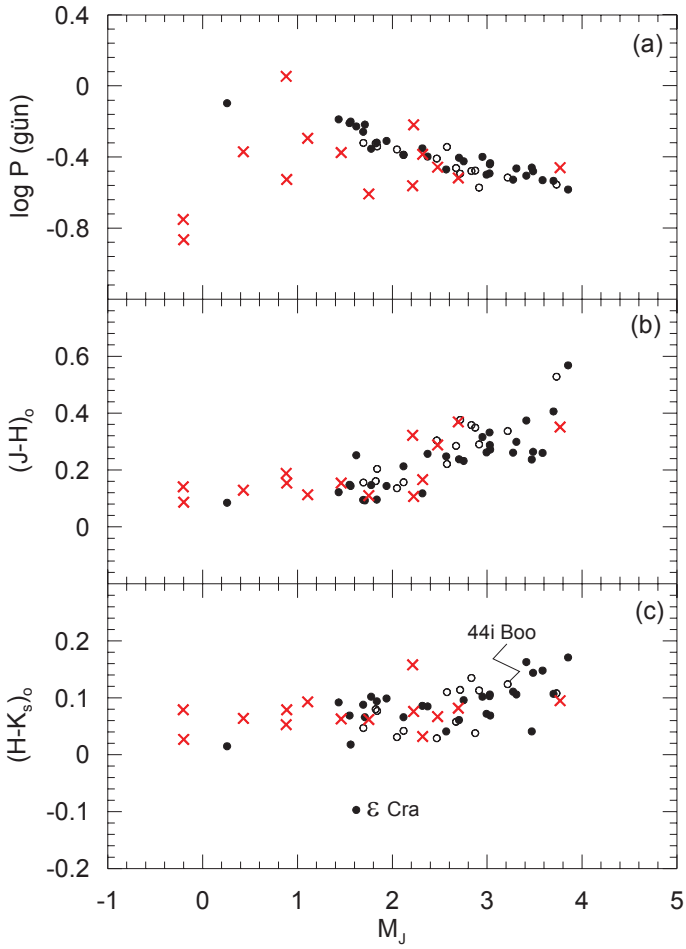


Şekil 4.6: 57 W UMa sisteminin *I* filtresi için oluşturulmuş mutlak parlaklık - yörünge dönemi (a), mutlak parlaklık - renk grafikleri (b-c). Semboller: (o) çok bileşenli, (●) çift bileşenli ve (×) istatistik dışı bırakılan sistemler.

Şekil 4.5 ve 4.6'da saçılma gösteren sistemler listelenmiş ve bu sistemler için ayrıntılı bir literatür taraması yapılmıştır. Listedeki sistemlerden V1084 Sco, V899 Her ve ET Leo üçüncü bileşenlere sahiptir (Pribulla ve Rucinski, 2006; Rucinski ve diğ., 2007). Bu sistemlerdeki üçüncü bileşenler, bulundukları yıldız sistemlerinin toplam parlaklıklarını etkilediğinden ve renk - mutlak parlaklık diyagramlarında saçılmaya yol açtıklarından, bu sistemler istatistik dışı bırakılmıştır. KZ Vir bir günden büyük yörünge dönemine sahip olmasına rağmen *V* filtresindeki mutlak parlaklığı M_V = 1,743 kadirdir. KZ Vir'in diyagramlardaki konumu diğer sistemlerle uyumlu değildir ve bu yıldız diyagramda görülen genel ilişkiyi bozmaktadır. Benzer bir durum V402 Aur için de görülmektedir.

Sistemin rengi $(B\text{-}V)_0$ = 0,324 kadir ve mutlak parlaklılığı M_V = 3,070'dir. Renk – mutlak parlaklık ilişkisinde V402 Aur'un *B-V* rengi diğer sistemlere göre yaklaşık 0,15 kadir daha kırmızıdır ve literatürde sistemin bileşen yıldızlarının üzerinde büyük lekeler olabileceği vurgulanmıştır (Zola ve diğ., 2004). İkinci kez indirgenen *Hipparcos* kataloğunda yer alan MW Vir'in ışık eğrisi analiz edilmiş ve yörünge döneminin P = 0,2465472 gün olduğu bulunmuştur (Dubath ve diğ., 2011). Fakat MW Vir sisteminin ışık eğrisi yeterince duyarlı olmadığı için hesaplanan yörünge dönemi de muhtemelen yeterince hassas değildir ve bu nedenle sistem, yörünge dönemi – mutlak parlaklık diyagramında saçılmaya uğramaktadır. Yukarıda sıralanan nedenlerden dolayı KZ Vir, V402 Aur ve MW Vir sistemleri kalibrasyon çalışmasında dikkate alınmamıştır. Ayrıca listede yer alan ve yukarıda sözü edilen diyagramlarda saçılma gösteren sekiz W UMa sisteminin (FH Cam, CC Lyn, BV Eri, XY Pic, IR Lib, QW Tel, VW Pic ve ER Vul) literatürdeki detaylı çalışmalarında bu sistemlerin W UMa türü çift sistemler olmadıkları anlaşılmış ve bu sebeple kalibrasyon çalışmasında istatistik dışı bırakılmıştır.

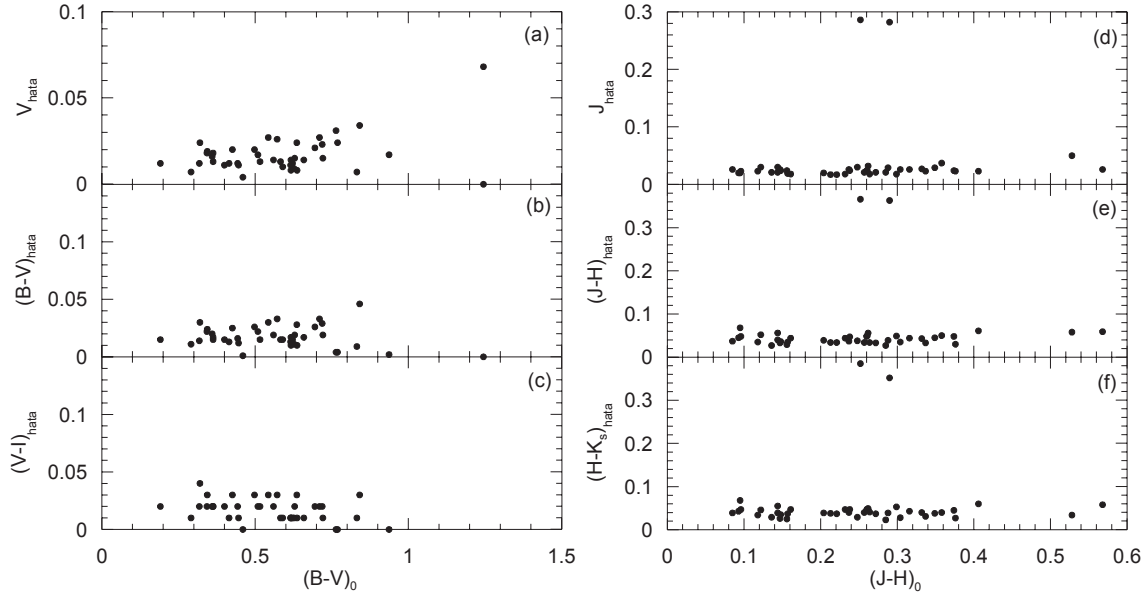
Tez çalışmasında üretilmesi hedeflenen bir başka yörünge dönemi – renk – ışıma gücü kalibrasyonu yakın kızılötesi bölgedeki 2MASS fotometrik verilerine dayanmaktadır. Bu nedenle 2MASS fotometrik verilerinden itibaren oluşturulacak yörünge dönemi – renk – ışıma gücü kalibrasyonlarında kullanılacak değişkenlerin arasındaki ilişkiler de incelenmelidir. Optik filtreler için Şekil 4.5 ve 4.6'da çizilen diyagramların benzerleri 2MASS verileri için çizilmiş ve Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7: 57 W UMa sisteminin yakın kızılötesi bölge için oluşturulmuş mutlak parlaklık-yörünge dönemi (a), mutlak parlaklık - renk grafikleri (b-c). Semboller: (o) çok bileşenli, (●) çift bileşenli ve (×) istatistik dışı bırakılan sistemler.

Sistemlerin yakın kızılötesindeki renkleri $0{,}08 < (J\text{-}H)_0 < 0{,}57$; $-0{,}10 < (H\text{-}K_S)_0 < 0{,}18$ kadir, J bandındaki mutlak parlaklıkları ise $-0{,}21 < M_J < 3{,}86$ kadir aralığındadır. Semboller Şekil 4.5 ve 4.6'daki gibi tanımlanmıştır. Optik filtreler için çizilen diyagramlarda saçılma gösteren sistemler 2MASS verilerinde de belirgin bir saçılma göstermektedir. W UMa sistemlerinin $P - M_J$ dağılımı Şekil 4.7a'da verilmiştir. Şekil 4.5 ve 4.6'nın (a) panellerinde gösterilen yörünge dönemi – mutlak parlaklık dağılımlarına benzer saçılma, yakın kızılötesi bölge için çizilen diyagramda da görülmüştür (Şekil 4.7a). Şekil 4.7b ve c panellerinde gösterilen renk – mutlak parlaklık diyagramlarında saçılan sistemler yine dikkat çekicidir. Şekil 4.7c'de 2MASS parlaklıkları doymuş iki W UMa sistemi, 44i Boo ve ε Cra, diyagram üzerinde gösterilmiştir. Sistemlerin parlaklık hataları büyük olduğundan istatistik dışı bırakılmışlardır.

Optik bölgedeki kalibrasyonların oluşturulması için, bir kısmının istatistik dışı bırakılmasıyla örnekten kalan 43 W UMa sisteminin fotometrik verilerinin hata dağılımları Şekil 4.8'de verilmiştir. *V* filtresindeki parlaklık hatalarının medyan değeri 0,015, *B-V* ve *V-I* renklerinin medyan hataları ise, sırasıyla, 0,017 ve 0,020 kadirdir (Şekil 4.8a-c). Kalibrasyon çalışmasında kullanılacak yakın kızılötesi fotometrik verilerin parlaklık ve renklerinin medyan hata değerleri, sırasıyla, 0,240, 0,043 ve 0,040 kadirdir. Yakın kızılötesi fotometrik verilerde iki sistemin parlaklık ve renk hatalarının oldukça büyük olduğu Şekil 4.8d-f'den görülmektedir. 44i Boo ve ε Cra sistemlerinin 2MASS gözlemlerinde doyma olduğu için verileri kaliteli değildir.



Şekil 4.8: 43 W UMa sisteminin optik (a-c) ve yakın kızılötesi (d-f) fotometrik verilerine ait hatalar.

Optik ve yakın kızılötesi bölgede yörünge dönemi – renk – ışıma gücü kalibrasyonlarının oluşturulması için rölatif paralaks hatalarına göre seçilen 57 W UMa sistemi içinde 14 tanesi, yukarıda sıralanan nedenlerden dolayı istatistik dışı bırakılmıştır. Ayrıca yakın kızılötesi gözlemlerinde doyma olan 44i Boo ve ε Cra sistemleri de yakın kızılötesinde oluşturulacak kalibrasyonlarda istatistiğe katılmamıştır. Sonuç olarak; optik ve yakın kızılötesi fotometrik verilerle oluşturulacak kalibrasyonlarda, rölatif paralaks hataları $\sigma_\pi/\pi \leq 0{,}15$ olan ve yörünge dönemleri hassas şekilde belirlenmiş, sırasıyla, 43 ve 41'er adet W UMa sistemi kullanılmıştır (Tablo 4.1).

4.4. YÖRÜNGE DÖNEMİ – RENK – IŞIMA GÜCÜ KALİBRASYONLARI

Optik ve yakın kızılötesi parlaklıkları ve renkleri iyi bilinen, duyarlı yörünge dönemi ve trigonometrik paralaksları bulunan yıldızlardan oluşturduğumuz örnek (Tablo 4.1) için Bölüm 3.4'te verilen (3.3), (3.4), (3.5), (3.6) ve (3.7) numaralı kalibrasyonların katsayıları, katsayıların hataları, korelasyon katsayıları ve dağılımların standart sapmaları MINITAB yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Regresyon analiziyle hesaplanan bu katsayılar ve hataları (4.4), (4.5), (4.6), (4.7) ve (4.8) bağıntılarıyla verilmiştir.

$$M_V = -6{,}5395(\pm 0{,}5913) \times \log P + 1{,}9748(\pm 0{,}3457) \times (B\text{-}V)_0 - 0{,}1576(\pm 0{,}1358), \quad (4.4)$$

$$R^2 = 0{,}955 \quad <\Delta M> = -0^m{,}002 \quad s = 0^m{,}245$$

$$M_V = -6{,}1979(\pm 0{,}6570) \times \log P + 2{,}2730(\pm 0{,}4088) \times (V\text{-}I)_0 - 0{,}3100(\pm 0{,}1400), \quad (4.5)$$

$$R^2 = 0{,}954 \quad <\Delta M> = -0^m{,}002 \quad s = 0^m{,}248$$

$$M_I = -6{,}3555(\pm 0{,}5968) \times \log P + 1{,}537(\pm 0{,}3490) \times (B\text{-}V)_0 - 0{,}2351(\pm 0{,}1371), \quad (4.6)$$

$$R^2 = 0{,}938 \quad <\Delta M> = -0^m{,}001 \quad s = 0^m{,}247$$

$$M_I = -6{,}1986(\pm 0{,}6619) \times \log P - 1{,}2972(\pm 0{,}4118) \times (V\text{-}I)_0 - 0{,}3221(\pm 0{,}1410), \quad (4.7)$$

$$R^2 = 0{,}936 \quad <\Delta M> = -0^m{,}004 \quad s = 0^m{,}250$$

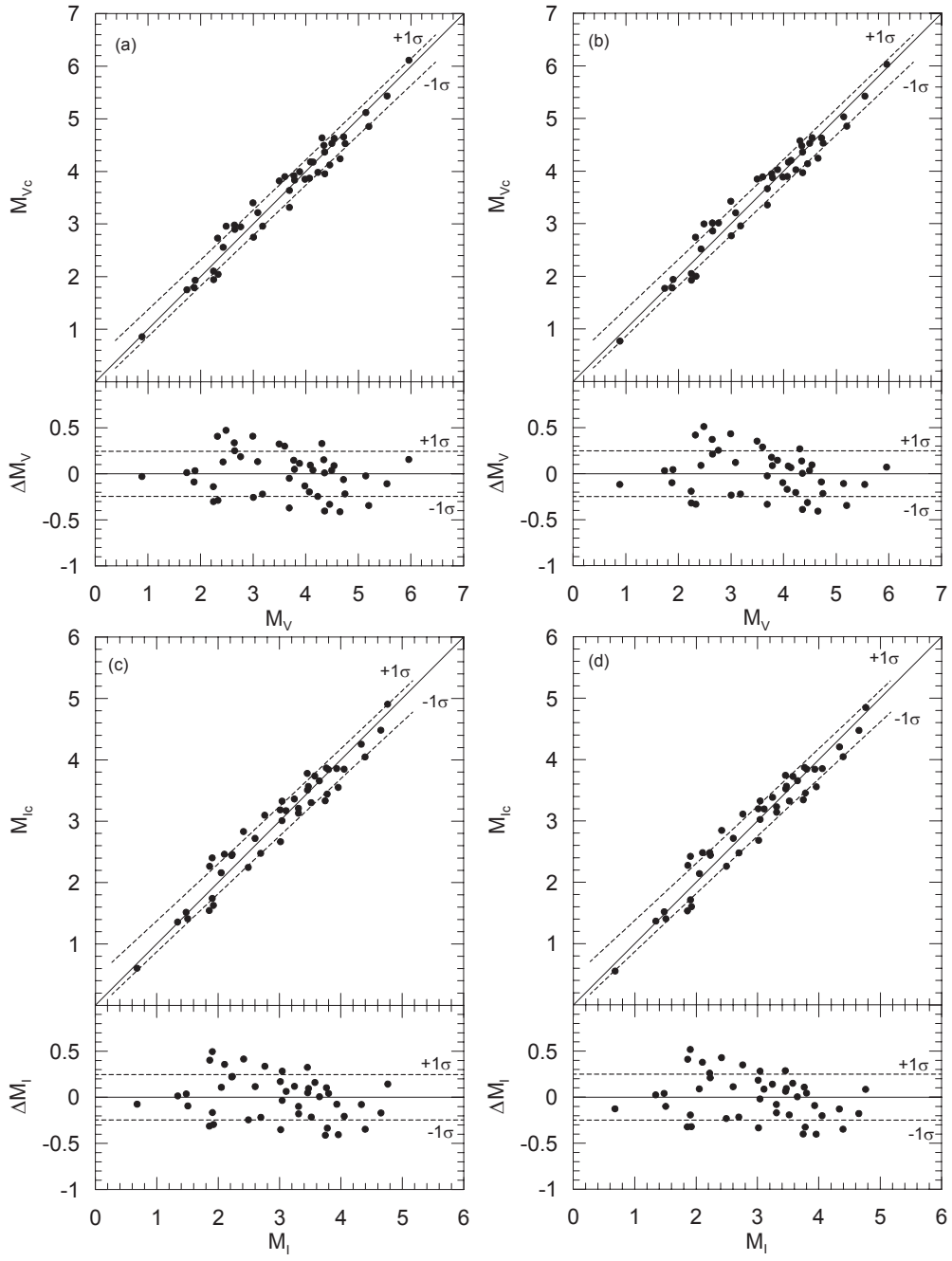
$$M_J = -5{,}5186(\pm 0{,}7009) \times \log P + 0{,}6847(\pm 0{,}7004) \times (J\text{-}H)_0 + \quad (4.8)$$

$$2{,}5040(\pm 1{,}3420) \times (H\text{-}K_s)_0 - 0{,}0459(\pm 0{,}1712)$$

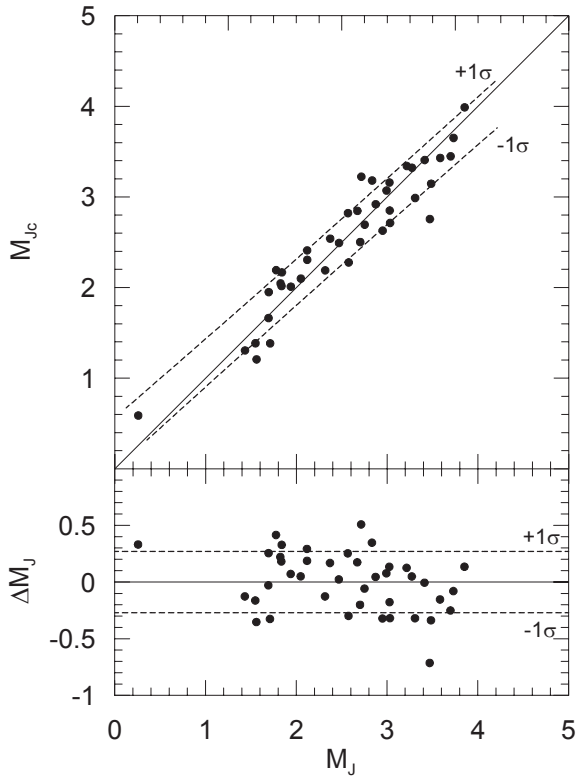
$$R^2 = 0{,}890 \quad <\Delta M> = +0^m{,}004 \quad s = 0^m{,}270$$

Kalibrasyon hesaplarında kullanılan değişkenlerin geçerli oldukları aralıklar $0{,}08 < \log P < 1{,}20$; $0{,}19 < (B\text{-}V)_0 < 1{,}25$; $0{,}20 < (V\text{-}I)_0 < 1{,}20$; $0{,}08 < (J\text{-}H)_0 < 0{,}57$ ve $-0{,}10 < (H\text{-}K_S)_0 < 0{,}18$ kadirdir. Kalibrasyonlardan tayin edilen mutlak parlaklıklar (M_{Vc}, M_{Ic} ve M_{Jc}) ile W UMa sistemlerinin Tablo 4.1'de verilen trigonometrik paralakslarından

hesaplananlar (M_V, M_I ve M_J) arasındaki farklar optik ve yakın kızılötesi fotometrik veriler için, sırasıyla, Şekil 4.9a-d ve Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9: 43 W UMa sisteminin optik bölge için elde edilen kalibrasyonlardan ve trigonometrik paralakslardan hesaplanan mutlak parlaklıkları (üst panel) ile farklarının (alt panel) karşılaştırılması. Sürekli çizgi 1-1 karşılaştırmayı ve kesikli çizgiler $\pm 1\sigma$ sınırlarını gösterir. Panel (a) kalibrasyon (4.4), panel (b) kalibrasyon (4.5), panel (c) kalibrasyon (4.6) ve panel (d) kalibrasyon (4.7) için çizilmiştir.



Şekil 4.10: 41 W UMa sisteminin yakın kızılötesi bölge için (4.8) bağıntısında verilen kalibrasyon ve trigonometrik paralakslardan hesaplanan mutlak parlaklıkları (üst panel) ile farklarının (alt panel) karşılaştırılması. Sürekli çizgi 1-1 karşılaştırmayı ve kesikli çizgiler $\pm 1\sigma$ sınırlarını gösterir.

Optik ve yakın kızılötesi bölge için elde edilen kalibrasyonlardan hesaplanan mutlak parlaklıklar ile trigonometrik paralakslardan bulunan mutlak parlaklıklar arasında uyum olduğu Şekil 4.9 ve 4.10'da görülmektedir. W UMa sistemlerinin büyük çoğunluğu bir standart sapma değerleri ($\pm 1\sigma$) içinde kalmaktadır. Kalibrasyonlardan hesaplanan mutlak parlaklıklar ile trigonometrik paralakslardan bulunanlar arasındaki farkların ortalama değerleri 0,004 kadirden daha küçüktür. Ayrıca kalibrasyonlardaki farkların standart sapma değerleri de 0,248 ile 0,270 kadir aralığındadır. Bu standart sapma değerleri fotometrik yöntemler ile bulunan mutlak parlaklıklar için kabul edilen 0,25 kadir değeriyle uyumludur.

Tez çalışmasında W UMa sistemlerinin yakın kızılötesi fotometrik verileri 2MASS nokta yıldız kataloğundan alınmıştır (Cutri ve diğ., 2003). Bu katalogdaki fotometrik veriler tek bir gözlem zamanına aittir. Bu nedenle program dâhilindeki W UMa sistemlerinin mutlak parlaklıkları hesaplanırken, Cutri ve diğ.'nin (2003) kataloğundaki verilerin maksimum parlaklığa denk gelip gelmediği bilinmemektedir. Bağıntı

(4.8)'deki yakın kızılötesi fotometrik verilere duyarlı kalibrasyonun hesaplanmasında bu durum dikkate alınmamıştır. Sistemlerin 2MASS gözlemlerine karşılık gelen yörünge evresini kontrol edebilmek için 2MASS verilerinin gözlem zamanları Cutri ve diğ.'nin (2003) kataloğundan alınmış ve aşağıda verilen (4.9) bağıntısıyla sistemlerin gözlendikleri çevrim numarası hesaplanmıştır.

$$E = \frac{t - t_o}{P} \tag{4.9}$$

Burada t sistemin 2MASS'de gözlendiği tarih, t_0 sistemin başlangıç minimum tarihi, P sistemin gün biriminden yörünge dönemi ve E sistemin çevrim sayısıdır. Kalibrasyon çalışmasında kullanılan sistemlerin t_0 değerleri Kreiner tarafından hazırlanan web sitesinden (Up-to-Date Linear Elements of Eclipsing Binaries)[9] alınmıştır (Kreiner, 2004). 2MASS gözlemlerinin sistemlerin hangi evresine denk geldiğini belirlemek için bağıntı (4.10) kullanılmıştır.

$$Evre = E - tamsayı(E) \tag{4.10}$$

Burada sistemin 0 ile 1 arasındaki evre değerini belirlemek için çevrim değerinden çevrimin tamsayı kısmı çıkartılmıştır. Kalibrasyonda kullanılan sistemlerin GCVS isimleri, t, t_0, P, E ve evre değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir. Sistemlerin maksimumdaki parlaklık değerlerine ulaşmak için minimum değerlere karşılık gelen evrelerden uzak durulmuştur. Bu şartlar altında evre değeri 0,1 ile 0,4 ve 0,6 ile 0,9 olan sistemlerin maksimum parlaklıkta oldukları kabul edilmiştir. Yakın kızılötesi verileri duyarlı olan ve evre aralıkları yukarıda verilen şartlara uygun 23 W UMa sistemi belirlenmiştir. Oluşturulan yeni örnek için (4.8) bağıntısıyla verilen kalibrasyon yeniden elde edilmiştir. Regresyon analizi sonucunda yakın kızılötesi verileri içeren yörünge dönemi – renk – ışıma gücü bağıntısı (4.11)'de verilmiştir.

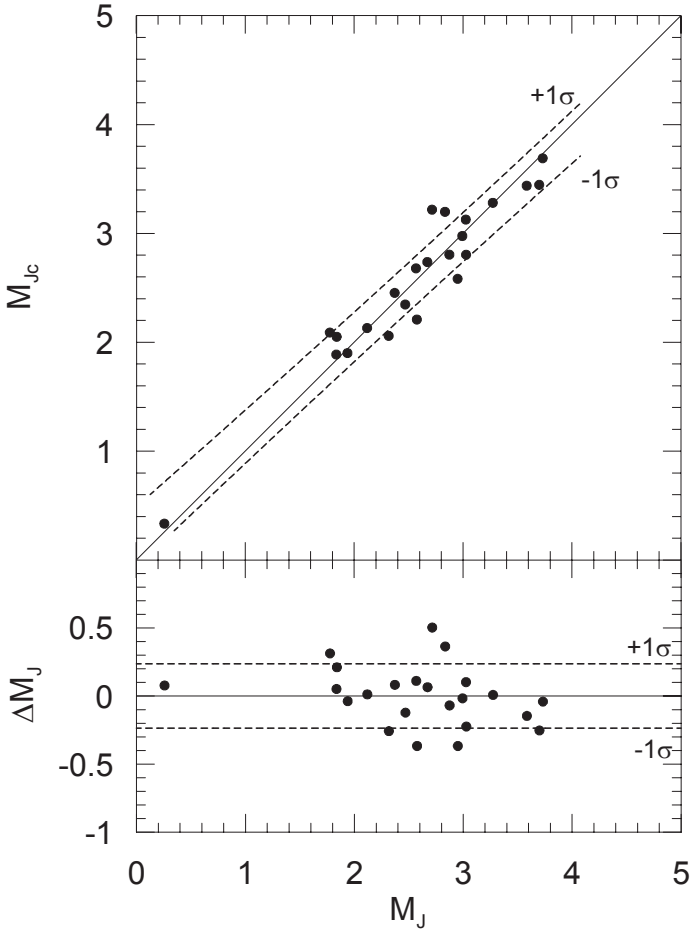
$$\begin{aligned} M_J = {} & -5{,}5592(\pm 0{,}8398) \times \log P + 0{,}9913(\pm 0{,}7606) \times (J\text{-}H)_0 + \\ & 3{,}8240(\pm 1{,}6310) \times (H\text{-}K_s)_0 - 0{,}3521(\pm 0{,}2231) \\ & R^2 = 0{,}917 \qquad \langle \Delta M \rangle = +0^m{,}002 \qquad s = 0^m{,}237 \end{aligned} \tag{4.11}$$

[9] http://www.as.up.krakow.pl/ephem/

Tablo 4.2: Yakın kızılötesi renkleri içeren kalibrasyonda kullanılan sistemlerin GCVS isimleri, t, t_0, P (gün), E ve evre değerleri.

Sıra	GCVS	t	t_o	P	E	Evre
1	AB And	2451434,81160	2452500,0578	0,33189213	-3209,61573	0,62
2	AE Phe	2451479,56080	2452500,1440	0,36237520	-2816,37154	0,37
3	AQ Psc	2451811,68830	2452500,3638	0,47561168	-1447,97853	0,98
4	AW UMa	2450882,86930	2452500,0325	0,43872498	-3686,05225	0,05
5	CN Hyi	2451506,59100	2448500,0950	0,45610700	6591,64626	0,65
6	CP Hyi	2451531,55940	2448500,2256	0,47940600	6323,10359	0,10
7	EX Leo	2451652,53360	2452500,2255	0,40860520	-2074,59890	0,60
8	FI Boo	2450981,79300	2452500,3410	0,38999910	-3893,72181	0,72
9	FX Eri	2451407,85860	2452500,0100	0,29234580	-3735,82039	0,82
10	GM Dra	2451305,92760	2452500,0493	0,33874750	-3525,10852	0,11
11	GR Vir	2451254,78470	2452500,2490	0,34696730	-3589,57256	0,57
12	GZ And	2451114,82110	2452500,1215	0,30500298	-4541,92415	0,92
13	IS CMa	2451201,53220	2448500,3590	0,61698200	4378,04215	0,04
14	MS Vir	2450899,85960	2452500,0160	0,31243820	-5121,51331	0,51
15	NT Aps	2451621,74960	2452500,1790	0,29476380	-2980,11289	0,11
16	OU Ser	2451660,77280	2452500,0710	0,29675900	-2828,21481	0,21
17	RR Cen	2451597,76950	2452500,5230	0,60569220	-1490,44927	0,45
18	S Ant	2451240,67720	2452500,0710	0,64835210	-1942,45349	0,45
19	SW Lac	2451096,77850	2452500,1435	0,32071580	-4375,72767	0,73
20	SX Crv	2450928,73520	2452724,3831	0,31659920	-5671,67542	0,68
21	UX Ret	2451484,86260	2452500,0155	0,49010500	-2071,29676	0,30
22	V361 Pup	2451209,66680	2448500,1820	0,36736500	7375,45711	0,46
23	V362 Vel	2451284,53670	2448500,2560	0,44517700	6254,32289	0,32
24	V376 And	2451157,67640	2452500,4900	0,79867500	-1681,30166	0,30
25	V386 Pav	2451717,73650	2448500,2722	0,55184100	5830,41909	0,42
26	V502 Oph	2451672,84100	2452500,3522	0,45338640	-1825,17870	0,18
27	V535 Ara	2451386,54570	2452500,1030	0,62930357	-1769,50736	0,51
28	V566 Oph	2451692,91900	2452500,2470	0,40965670	-1970,74282	0,74
29	V757 Cen	2451283,78110	2452500,1170	0,34316854	-3544,42718	0,43
30	V759 Cen	2451313,65160	2452500,3680	0,39399990	-3011,97132	0,97
31	V781 Tau	2450799,91490	2452500,0730	0,34490980	-4929,28325	0,28
32	V839 Cen	2451284,58760	2452500,5895	0,33093660	-3674,42555	0,43
33	V870 Ara	2451392,48650	2452500,1490	0,39975700	-2770,83954	0,84
34	V972 Her	2450919,92040	2448500,0950	0,45610700	5305,38974	0,39
35	VW Cep	2451451,63450	2452500,0480	0,27830780	-3767,10067	0,10
36	VW LMi	2450894,84500	2452500,1410	0,47755310	-3361,50263	0,50
37	VZ Psc	2451783,72700	2452500,1140	0,26125920	-2742,05463	0,05
38	W UMa	2451579,74690	2452500,1683	0,33363499	-2758,76760	0,77
39	WY Hor	2451587,53440	2448500,2210	0,39894000	7738,79130	0,79
40	YY CrB	2450930,79560	2452500,1584	0,37656400	-4167,58586	0,59
41	YY Eri	2451132,69140	2452500,3097	0,32149821	-4253,89087	0,89

(4.11) bağıntısıyla hesaplanan mutlak parlaklıkların trigonometrik paralakslardan bulunanlarla karşılaştırılması ve aralarındaki farklar Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Kalibrasyonlardan hesaplanan mutlak parlaklıklar ile trigonometrik paralakslardan bulunan mutlak parlaklıklar arasındaki farkların ortalama ve standart sapma değerleri, sırasıyla, +0,002 ve 0,237 kadirdir.



Şekil 4.11: 23 W UMa sisteminin yakın kızılötesi bölge için (4.11) bağıntısında verilen kalibrasyondan ve trigonometrik paralakslardan hesaplanan mutlak parlaklıkları (üst panel) ile bunların farklarının (alt panel) karşılaştırılması. Sürekli çizgi 1-1 karşılaştırmayı ve kesikli sınırları $\pm 1\sigma$ sapmaları gösterir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında W UMa sistemleri için yeni astrometrik veriler dikkate alınarak yörünge dönemi – renk – ışıma gücü kalibrasyonları oluşturulmuştur. Yeni uzaklık kalibrasyonlarının geçerliliklerinin sınanmasında iki farklı veri seti kullanılmıştır. İlk veri seti, rölatif paralaks hataları $\sigma_\pi/\pi \leq 0{,}5$ olan W UMa sistemlerini, ikincisi ise açık yıldız kümelerinde bulunan W UMa sistemlerini içermektedir. İki veri setinde de bulunan W UMa'ların Güneş'ten olan uzaklıkları, sırasıyla, trigonometrik paralaks ve anakol çakıştırma yöntemleri kullanılarak tayin edilmiştir. İki farklı veri setindeki uzaklıklar hem bu çalışmada elde edilen hem de literatürde (Rucinski, 1995; Rucinski ve Duerbeck, 1997; Eker ve diğ., 2009) verilen yörünge dönemi – renk – ışıma gücü kalibrasyonlarından tayin edilen uzaklıklar ile karşılaştırılmıştır.

5.1. KALİBRASYONLARIN *HİPPARCOS* VERİLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI

İlk veri seti *Hipparcos* kataloğunda rölatif paralaks hatası $\sigma_\pi/\pi < 0{,}5$ olan 129 W UMa sistemini içermektedir (bakınız Tablo 3.1). Kalibrasyonlarda kullanılan parametrelerin geçerli oldukları aralıklar dikkate alındığında, örnekteki W UMa sistemlerinin sayısı 107'ye düşmüştür. Bu sistemlerin uzaklıkları $d = 1000/\pi$(mas) formülüyle tayin edilmiştir. Rölatif paralaks hatası $\sigma_\pi/\pi < 0{,}5$ olan sistemler seçildiği ve LK düzeltmesi de rölatif paralaks hatası $\sigma_\pi/\pi < 0{,}175$ olan yıldızlara uygulanabildiği için örnekteki tüm sistemlere LK düzeltmesi uygulanmamıştır. Bu aşamadan sonra W UMa sistemleri için literatürde verilen optik ve yakın kızılötesi kalibrasyonlar ile mutlak parlaklıklar, Pogson bağıntısıyla da uzaklıklar tayin edilmiştir. Söz konusu kaynaklar ve kalibrasyonlar şu şekildedir:

- Rucinski ve Duerbeck (1997) → M_V (log$P$, $(B\text{-}V)_0$) (bakınız 2.5)
- Rucinski (1995) → M_I (log$P$, $(B\text{-}V)_0$, [Fe/H]) (bakınız 2.3)
- Rucinski (1995) → M_I (log$P$, $(V\text{-}I)_0$,[Fe/H]) (bakınız 2.4)
- Eker ve diğ. (2009) → M_V (log$P$, $(B\text{-}V)_0$) (bakınız 2.6)

(2.3) ve (2.4) bağıntıları metal bolluğuna duyarlıdır. Karşılaştırmadaki 107 W UMa sisteminin metal bolluğu bilinmemektedir. Fakat bu sistemler Güneş komşuluğunda bulunduklarından mutlak parlaklıkları, metal bolluğu değerleri [*Fe/H*] = 0 dex kabul edilerek hesaplanmıştır. Literatürde W UMa sistemlerinin yakın kızılötesindeki mutlak parlaklıkları bağıntı (3.6)'da Eker ve diğ. (2009) tarafından verilmiştir.

Literatürden alınan bağıntıların benzer biçimleri daha duyarlı astrometrik verilerden itibaren hesaplanarak Bulgular bölümünde (4.4) – (4.8) bağıntılarıyla güncellenmiştir. İlk veri setindeki 107 W UMa sisteminin mutlak parlaklıkları hem literatürde verilen hem de bu tez çalışmasında elde edilen güncel kalibrasyonlar ile, uzaklıkları ise Pogson bağıntısıyla hesaplanmıştır. Literatürde ve bu çalışmada hesaplanan uzaklıklar *Hipparcos* uzaklıklarıyla karşılaştırılmıştır (Şekil 5.1). Şekil 5.1a'da Rucinski ve Duerbeck'in (1997) optik bölgede tanımlı (3.4) ve (4.4) kalibrasyonlarından hesaplanan uzaklıklar ile *Hipparcos* uzaklıklarının karşılaştırılması gösterilmiştir. Örnekteki 107 W UMa sisteminin *Hipparcos* uzaklıklarına bakıldığında, en uzak sistemin Güneş'ten 290 pc uzaklıkta olduğu görülmektedir. İlk bakışta, (3.4) bağıntısıyla (Rucinski ve Duerbeck, 1997) hesaplanan uzaklıkların, bu çalışmada elde edilenlere göre daha çok saçıldığı görülmektedir. Şekil 5.1a'nın alt panelinde kalibrasyonlardan hesaplanan uzaklıkların *Hipparcos* uzaklıklarından farkları gösterilmiştir. Her iki kalibrasyondan bulunan uzaklık farkları 80 pc'e kadar yaklaşık 20 pc'lik bir saçılma gösterirken, bu uzaklığın ötesinde farklar 200 pc'e kadar ulaşmaktadır. Rucinski ve Duerbeck'in (1997) kalibrasyonundan hesaplanan uzaklıklar ile *Hipparcos* uzaklıkları arasındaki farkların ortalaması ve standart sapması, sırasıyla, -8 ve 42 pc'tir. (4.4) bağıntısından hesaplanan uzaklıklar ile *Hipparcos* uzaklıkları arasındaki farkların ortalaması ve standart sapması ise, -6 ve 39 pc'tir. İstatistiksel sonuçlar kalibrasyonlar arasında çok ciddi bir farkın bulunmadığını göstermekle beraber, bu çalışmada elde edilen kalibrasyonun *Hipparcos* verilerinden elde edilenlere daha yakın olduğunu göstermektedir.

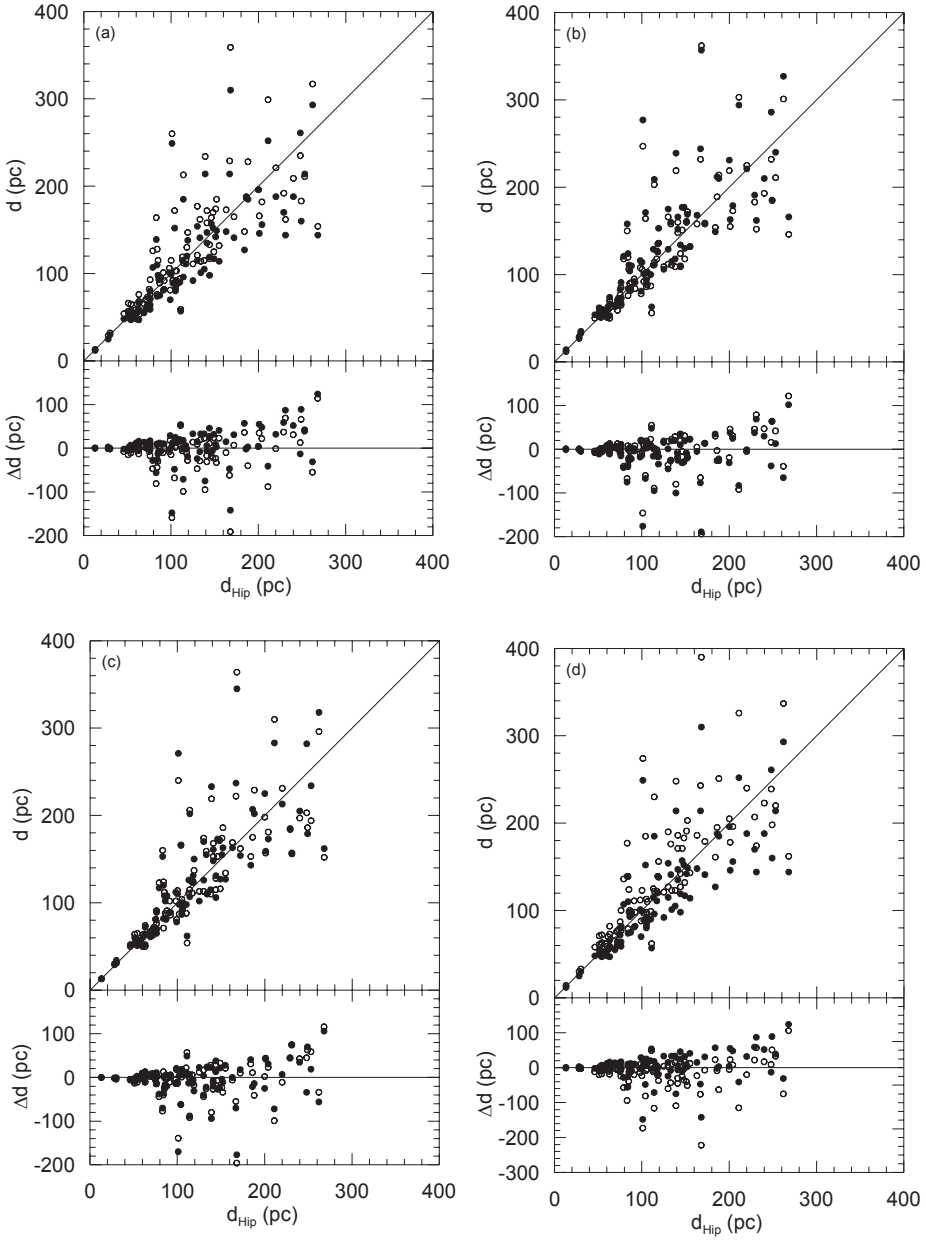
Şekil 5.1b'de Rucinski'nin (1995) optik bölgede tanımlı (2.3) ve (4.5) kalibrasyonlarından hesaplanan uzaklıklar ile *Hipparcos* uzaklıklarının karşılaştırılması gösterilmiştir. Her iki kalibrasyondan bulunan uzaklık farkları 80 pc'e kadar yaklaşık 15 pc'lik bir saçılma gösterirken, bu uzaklığın ötesinde farklar 200 pc'e kadar

ulaşmaktadır. Rucinski'nin (1995) kalibrasyonundan hesaplanan uzaklıklar ile *Hipparcos* uzaklıkları arasındaki farkların ortalaması ve standart sapması, sırasıyla, -3 ve 42 pc'tir. (4.5) bağıntısıyla hesaplanan uzaklıklar ile *Hipparcos* uzaklıkları arasındaki farkların ortalaması ve standart sapması ise, sırasıyla, -10 ve 42 pc'tir. İstatistiksel sonuçlar kalibrasyonlar arasında çok ciddi bir farkın olmadığını göstermekle beraber, Rucinski'in (1995) bağıntısından hesaplanan uzaklıkları *Hipparcos* verilerinden elde edilenlere daha yakındır.

Şekil 5.1c'de Rucinski'nin (1995) optik bölgede tanımlı (2.4) ve (4.7) kalibrasyonlarından hesaplanan uzaklıklar ile *Hipparcos* uzaklıklarının karşılaştırılması gösterilmiştir. Her iki kalibrasyondan bulunan uzaklık farkları 80 pc'e kadar yaklaşık 15 pc'lik bir saçılma gösterirken, bu uzaklığın ötesinde farklar 200 pc'e kadar ulaşmaktadır. Rucinski'nin (1995) kalibrasyonundan hesaplanan uzaklıklar ile *Hipparcos* uzaklıkları arasındaki farkların ortalaması ve standart sapması, sırasıyla, -4 ve 42 pc'tir. (4.7) bağıntısıyla hesaplanan uzaklıklar ile *Hipparcos* uzaklıkları arasındaki farkların ortalaması ve standart sapması ise, sırasıyla, -6 ve 41 pc'tir. İstatistiksel sonuçlar karşılaştırıldığında, kalibrasyonlardan elde edilen uzaklıkların *Hipparcos* uzaklıklarından olan farklarıyla saçılmaları arasında ciddi bir farkın olmadığı görülmektedir.

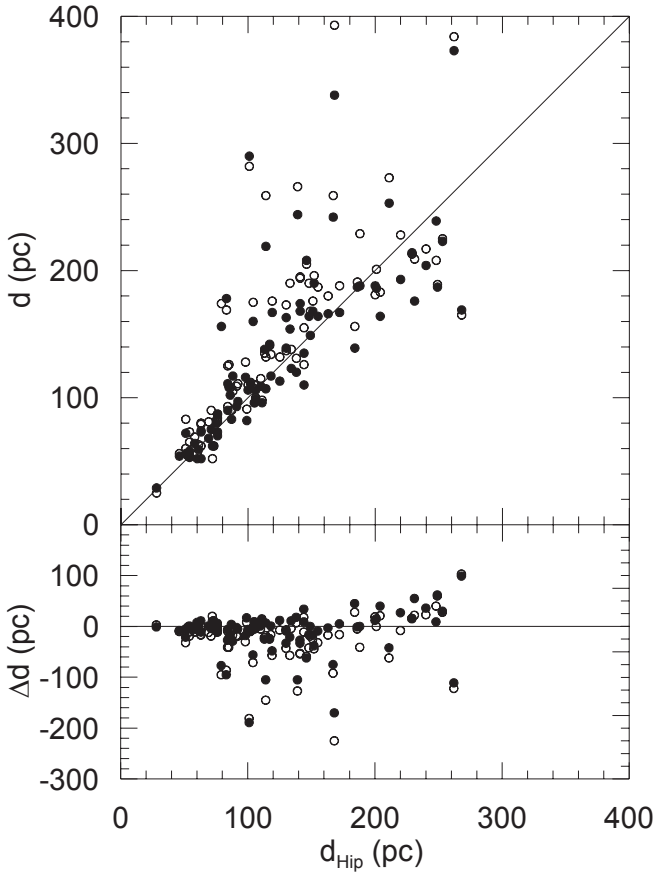
Şekil 5.1d'de Eker ve diğ.'nin (2009) optik bölgede tanımlı (3.5) ve (4.4) kalibrasyonlarının *Hipparcos* uzaklıklarıyla karşılaştırılması gösterilmiştir. Her iki kalibrasyonun uzaklık farkları 80 pc'e kadar yaklaşık 20 pc'lik bir saçılma gösterirken, bu uzaklığın ötesinde farklar 200 pc'e kadar ulaşmaktadır. Eker ve diğ.'nin (2009) optik bölgedeki kalibrasyonundan hesaplanan uzaklıklar ile *Hipparcos* uzaklıkları arasındaki farkların ortalaması ve standart sapması, sırasıyla, -17 ve 45 pc'tir. (4.4) bağıntısıyla hesaplanan uzaklıklar ile *Hipparcos* uzaklıkları arasındaki farkların ortalaması ve standart sapması ise, sırasıyla, +6 ve 39 pc'tir. İstatistiksel sonuçlar, kalibrasyonlar arasında önemli bir farkın olmadığı göstermekle beraber, bu çalışmadaki kalibrasyondan hesaplanan uzaklıkların *Hipparcos* verileriyle daha uyumlu olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasında W UMa sistemleri için kızılötesi bölgede iki mutlak parlaklık kalibrasyonu üretilmiştir (bakınız; 4.8 ve 4.11). İlk kalibrasyon (4.8), Tablo 4.1'de verilen 41 W UMa sistemi kullanılarak elde edilmiştir. (4.11)'de verilen kalibrasyon ise *J* filtresindeki maksimum parlaklıklar (tutulma dışı evreler) dikkate alınarak oluşturulmuştur. Yakın kızılötesi bölge için oluşturulan (4.11) kalibrasyonu literatürde ilk kez bu tez çalışmasında elde edilmiştir.



Şekil 5.1: Literatürde ve bu çalışmada elde edilen kalibrasyonlardan hesaplanan uzaklıkların *Hipparcos* uzaklıklarıyla karşılaştırılması (üst paneller) ve uzaklıkların *Hipparcos*'tan farkları (alt paneller). Sürekli çizgi 1-1 karşılaştırmayı, (o) literatür ve (•) bu çalışmada elde edilen kalibrasyon sonuçlarını göstermektedir. (a) (2.5) ve (4.4), (b) (2.3) ve (4.5), (c) (2.4) ve (4.7) ve (d) (2.6) ve (4.8) bağıntılarıyla hesaplanmış mutlak parlaklıklardan bulunan uzaklıklardır.

Literatürde W UMa sistemlerinin yakın kızılötesi mutlak parlaklıklarını tayin eden sadece bir çalışma bulunmaktadır (Eker ve diğ. 2009). Eker ve diğ.'nin (2009) (3.6)'da verilen yakın kızılötesine duyarlı mutlak parlaklık kalibrasyonunda sistemlerin maksimum parlaklıkları dikkate alınmadığından, bu çalışmada elde edilen ve (4.8)'de verilen kalibrasyon ile karşılaştırılmıştır. Tablo 3.1'deki 107 W UMa sisteminin (3.6) ve (4.8)'de verilen kalibrasyonlardan tayin edilen uzaklıklarının *Hipparcos* uzaklıklarıyla karşılaştırılması Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Örnekteki sistemlerin *Hipparcos* uzaklıkları 300 pc'e, her iki kalibrasyondan tayin edilen uzaklıklar ise 400 pc'e ulaşmaktadır. Şekilden de görüleceği gibi her iki kalibrasyonun uzaklık farkları 80 pc'e kadar yaklaşık 20 pc'lik bir saçılma gösterirken, bu uzaklığın ötesinde farklar 200 pc'e kadar ulaşmaktadır.



Şekil 5.2: Literatürde ve bu tez çalışmasında yakın kızılötesi fotometrik verileri içeren kalibrasyonlardan hesaplanan uzaklıkların *Hipparcos* uzaklıklarıyla karşılaştırılması (üst panel). Uzaklıkların *Hipparcos* uzaklıklarından farkları (alt panel). Sürekli çizgi 1-1 karşılaştırmayı, (o) Eker ve diğ.'ne (2009) ait kalibrasyonu ve (•) bu çalışmada elde edilen kalibrasyonun kullanılmasıyla hesaplanan uzaklıkları göstermektedir.

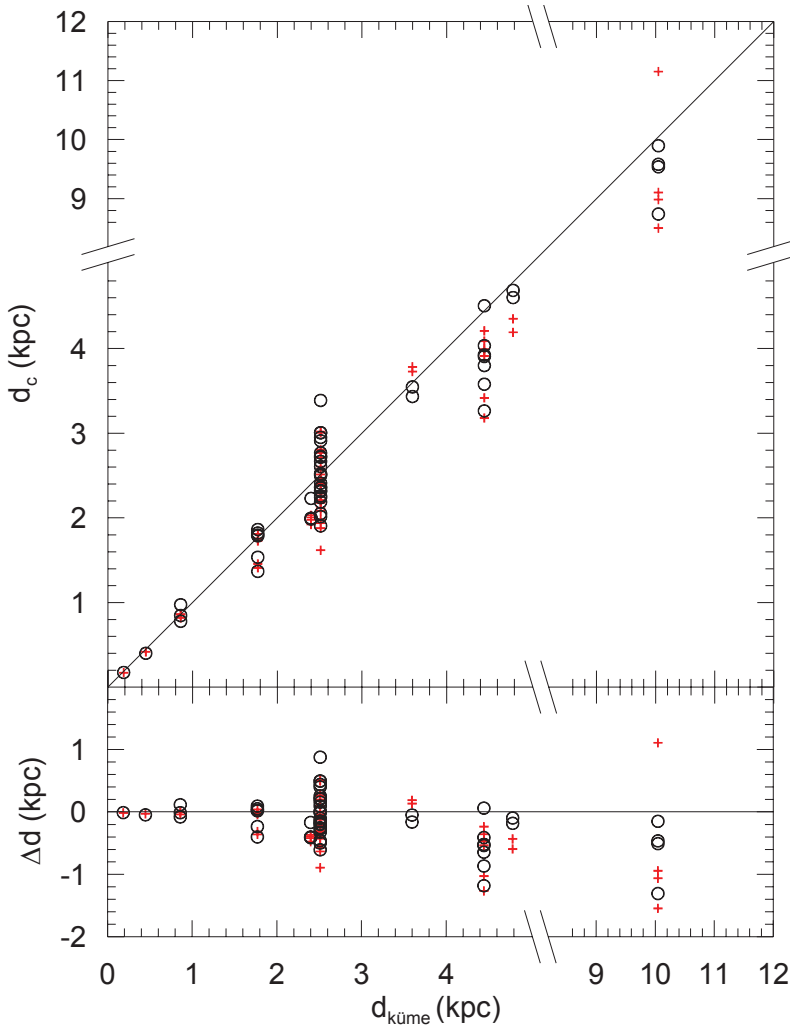
Eker ve diğ.'nin (2009) yakın kızılötesi bölgedeki kalibrasyonundan hesaplanan uzaklıklar ile *Hipparcos* uzaklıkları arasındaki farkların ortalaması ve standart sapması, sırasıyla, -22 ve 47 pc'tir. Bu çalışmada (4.8) bağıntısıyla hesaplanan uzaklıklar ile *Hipparcos* uzaklıkları arasındaki farkların ortalaması ve standart sapması ise, sırasıyla, -11 ve 43 pc'tir. İstatistiksel sonuçlar, kalibrasyonlar arasında önemli bir farkın bulunmadığını göstermiştir. Fakat sonuçlar, bu çalışmada elde edilen kalibrasyondan hesaplanan uzaklıkların *Hipparcos* verileriyle daha uyumlu olduğunu da göstermektedir.

5.2. AÇIK KÜMELERDEKİ W UMA SİSTEMLERİ İÇİN KARŞILAŞTIRMA

Tez çalışmasında üretilen yeni kalibrasyonların duyarlılıklarını test etmek için açık kümelerde keşfedilmiş W UMa sistemlerinin yörünge dönemleri ve renkleri dikkate alınarak yeni kalibrasyonlar ile uzaklık tayinleri yapılmıştır. İncelenen 54 W UMa sisteminin yörünge dönemleri, maksimum parlaklıkları ve renk değerleri Tablo 3.3'te, sistemlerin içinde bulundukları 10 açık kümenin temel parametreleri de Tablo 3.4'te verilmiştir. Sistemlerin V filtresindeki parlaklıkları ve B-V renkleri bulundukları kümelerin renk artığı değerleri kullanılarak kızarmadan arındırılmış ve (4.4) kalibrasyonuyla mutlak parlaklıkları, (4.1) bağıntısı yardımıyla da sistemlerin Güneş'ten uzaklıkları hesaplanmıştır. Benzer hesaplar Tablo 3.3'te bulunan 54 W UMa sistemi için (3.4) kalibrasyonu (Rucinski ve Duerbeck, 1997) kullanılarak da yapılmıştır. İncelenen açık kümelerin uzaklıkları anakol çakıştırma yöntemiyle hesaplanmış olup, uzaklık modülleri ve ilgili çalışmalar Tablo 3.3'te verilmiştir.

10 açık kümede yer alan 54 W UMa sisteminin Rucinski ve Duerbeck (1997) tarafından verilen kalibrasyonla ve bu çalışmadaki (4.1) kalibrasyonuyla hesaplanan uzaklıklarının, anakol çakıştırma yöntemiyle bulunan uzaklıklarıyla karşılaştırılması Şekil 5.3'te gösterilmiştir. Açık kümelerin anakol çakıştırma yöntemiyle hesaplanan uzaklıkları dikkate alındığında, Güneş'e en yakın kümenin yaklaşık 180 pc uzaklık ile Praesepe, en uzak olanın ise 10 kpc ile Tom 2 olduğu görülmektedir. Şekil 5.3 dikkatle

incelendiğinde, iki kalibrasyondan hesaplanan uzaklıkların Güneş'ten 1 kpc uzaklık içinde bulunan küme uzaklıklarıyla iyi bir uyum sağladıkları görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen kalibrasyondan hesaplanan 1 kpc'in ötesindeki uzaklıkların açık kümelerin uzaklıklarıyla daha uyumlu olduğu görülmektedir. İstatistiksel sonuçlar da bu durumu desteklemektedir. Rucinski ve Duerbeck (1997) tarafından ve bu çalışmada verilen kalibrasyonlardan hesaplanan uzaklıkların açık kümelerin uzaklıklarıyla karşılaştırılması sonucunda bulunan ortalama uzaklık farkları ve bu farkların standart sapmaları, sırasıyla, $(<\Delta d>;\ \sigma_{<\Delta d>})_{RD1997}$ = (-0,24; 0,45) kpc ve $(<\Delta d>;\ \sigma_{<\Delta d>})_{\text{Bu çalışma}}$ = (-0,16; 0,39) kpc'dir.



Şekil 5.3: 10 açık kümedeki 54 W UMa sisteminin üç farklı yöntem ile tayin edilen uzaklıklarının karşılaştırılması. Sürekli çizgi 1-1 karşılaştırmayı, (o) bu çalışmayı ve (+) Rucinski ve Duerbeck'in (1997) kalibrasyonundan hesaplanan uzaklıkları göstermektedir.

W UMa sistemlerinin bu çalışmadaki (4.1) bağıntısı kullanılarak hesaplanan uzaklıkları açık kümelerin uzaklıklarıyla daha uyumludur. Rucinski ve Duerbeck (1997) W UMa sistemleri için oluşturdukları yörünge dönemi – renk – ışıma gücü bağıntısını *Hipparcos* kataloğunun ilk sürümünden (ESA, 1997) elde ettikleri için, örneklerindeki W UMa sistemlerinin paralakslarına LK düzeltmesi (Lutz ve Kelker, 1973) uygulanmamıştır. Bu çalışmada ise kalibrasyonun değişkenleri Rucinski ve Duerbeck'in (1997) tanımladığı gibi alınmış olmasına rağmen, örnek seçiminde yeni indirgenmiş *Hipparcos* verileri (van Leeuwen, 2007) tercih edilmiş, örnekteki sistemlerin paralakslarına rölatif paralaks hatalarına göre LK düzeltmesi uygulanmış ve büyük kütleli üçüncü bileşene sahip sistemlerin istatistik dışı bırakılmasına özen gösterilmiştir. Kalibrasyonların yakın uzay içinde seçilen W UMa sistemlerine uygulanması söz konusu olduğunda, literatürdeki uzaklıklar ile literatürde ve bu çalışmada elde edilen kalibrasyonlardan hesaplananlar uyuşmaktadır. Fakat, incelenen sistemler daha uzakta olduğunda, bu çalışmada elde edilen kalibrasyonlardan hesaplanan uzaklıklar literatürdekiler ile daha iyi uyuşmaktadır.

Optik ve yakın kızılötesi bölgede mutlak parlaklıkların tayini için oluşturulan yeni kalibrasyonlar yörünge dönemi ve renkleri iyi bilinen W UMa sistemlerinin uzaklıklarının hesaplanmasında etkin bir şekilde kullanılabileceği gibi, açık ya da küresel kümeler doğrultusunda yer alan W UMa sistemlerinin kümelere üyeliklerinin araştırılmasında da kullanılabilir. Ayrıca güncel gökyüzü tarama programlarıyla keşfedilen W UMa sistemlerinin uzaklıkları bu çalışmada elde edilen kalibrasyonlar ile tayin edilebilir. Buradan da incelenen W UMa sistemleri için uzay dağılımları, uzay yoğunlukları ve ışıma gücü fonksiyonları tayin edilebilir. Elde edilecek bu sonuçlar, değen çift sistemlerin evrimleri konusunda çalışan bilim insanlarının kuramsal sonuçlarını sınamaları açısından da önemli olacaktır.

KAYNAKLAR

ARCE, H. G., GOODMAN, A. A., 1999, Measuring Galactic Extinction: A Test, *The Astrophysical Journal*, 512, L135-L138.

AWADALLA, N. S., HANNA, M. A., 2005, Absolute Parameters and Mass-Radius-Luminosity Relations for the Sub-Types of W UMa Binaries, *Journal of the Korean Astronomical Society*, 38, 43-57.

BAHCALL, J. N., SONEIRA, R. M., 1980, Star Counts as an Indicator of Galactic Structure and Quasar Evolution, *Astrophysical Journal*, 238, L17-L20.

BİLİR, S., KARATAŞ, Y., DEMİRCAN, O., EKER, Z., 2005, Kinematics of W Ursae Majoris Type Binaries and Evidence of the Two Types of Formation, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 357, 497-517.

BINNENDIJK, L., 1970, The Orbital Elements of W Ursae Majoris Systems, *Vistas in Astronomy*, 12, 217-256.

BINNEY, J., MERRIFIELD, M., 1998, *Galactic Astronomy*, Galactic astronomy / James Binney and Michael Merrifield, Princeton University Press.

BURSTEIN, D., HEILES, C., 1978, A New Method for Determining the Reddenings of Extragalactic Objects, *Astrophysical Letters*, 19, 69-73.

BURSTEIN, D., HEILES, C., 1982, Reddenings Derived from H I and Galaxy Counts - Accuracy and Maps, *Astronomical Journal*, 87, 1165-1189.

COX, A. N., 2000, Book Review: *Allen's astrophysical quantities*, 4th ed. Publisher: New York: AIP Press; Springer, 2000. Editedy by Arthur N. Cox. ISBN: 0387987460.

CUTRI, R.M., ve diğ, 2003, 2MASS All-Sky Catalog of Point Sources, *VizieR On-line Data Catalog: II/246*. Originally Published in: University of Massachusetts and Infrared Processing and Analysis Center.

D'ANGELO, C., VAN KERKWIJK, M. H.; RUCINSKI, S. M., 2006, Contact Binaries with Additional Components. II. A Spectroscopic Search for Faint Tertiaries, *The Astronomical Journal*, 132, 650-662.

DANIEL, S. A., LATHAM, D. W., MATHIEU, R. D., TWAROG, B. A., 1994, A Photometric and Radial-Velocity Analysis of the Intermediate-Age Open Cluster NGC 752, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 106, 281-308.

DUBATH, P., ve diğ., 2011, Random Forest Automated Supervised Classification of Hipparcos Periodic Variable Stars, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 414, 2602-2617.

EDMONDS, P. D., GILLILAND, R. L., GUHATHAKURTA, P., PETRO, L. D., SAHA, A., SHARA, M. M., 1996, Stellar Variability in the Central Populations of 47 Tucanae from WF/PC Observations with the Hubble Space Telescope. II. Binary Systems, *Astrophysical Journal* 468, 241-260.

EKER, Z., DEMİRCAN, O., BİLİR, S., KARATAŞ, Y., 2006, Dynamical Evolution of Active Detached Binaries on the log J_o-log M Diagram and Contact Binary Formation, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 373, 1483-1494.

EKER, Z., BİLİR, S., YAZ, E., DEMİRCAN, O., HELVACI, M., 2009, New Absolute Magnitude Calibrations for W Ursa Majoris Type Binaries, *Astronomische Nachrichten*, 330, 68-76.

ESA, 1997, The Hipparcos and Tycho Catalogues (ESA 1997), *VizieR On-line Data Catalog: I/239*.

FIORUCCI, M., MUNARI, U., 2003, The Asiago Database on Photometric Systems (ADPS). II. Band and Reddening Parameters, *Astronomy and Astrophysics*, 401, 781-796.

GILLILAND, R. L., ve diğ, 1991, Time-resolved CCD Photometry of an Ensemble of Stars in the Open Cluster M67, *Astronomical Journal*, 101, 541-561.

GIM, M., VANDENBERG, D. A., STETSON, P. B., HESSER, J. E., ZUREK, D. R., 1998, The Open Cluster NGC 7789. II. CCD VI Photometry, *The Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 110, 1318-1335.

GOZZOLI, E., TOSI, M., MARCONI, G., BRAGAGLIA, A., 1996, CCD Photometry of the Old Open Cluster Collinder 261, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 283, 66-76.

GUINAN E. F., BRADSTREET, D. H., 1988, Kinematic Clues to the Origin and Evolution of Low Mass Contact Binaries, *Formation and Evolution of Low Mass Stars*, Proceedings of a NATO Advanced Study Institute, held at Viana do Castelo, Portugal, September 21 - October 2, 1987, Dordrecht: Kluwer, 1988, edited by A.K. Dupree and M.T.V.T. Lago, 241, 345

HAUSER, M. G., 1996, COBE Observations of Zodiacal Emission, *Physics; chemistry; and dynamics of interplanetary dust*, Astronomical Society of the Pacific Conference Series; edited by Bo A. S. Gustafson and Martha S. Hanner, 309.

HAZLEHURST, J., 1970, The Nature of Contact Binaries, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 149, 129-146.

HEINTZ, W. D., 1969, A Statistical Study Of Binary Stars, *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 63, 275-298.

JERZYKIEWICZ, M., 2001, Eclipsing Binaries and the Lutz-Kelker Bias, *Acta Astronomica*, 51, 151-158.

JACOBSON, H. R., FRIEL, E. D., PILACHOWSKI, C. A., 2011, A Chemical Abundance Study of Red Giants in Open Clusters NGC 2204 and NGC 2243, *The Astronomical Journal*, 141, article id. 58, 16.

KAHLER, H., MATRAKA, B., WEIGERT, A., 1986, Contact Binaries. I - A Computational Scheme, Thermal Stability, and Linear Series, *Astronomy and Astrophysics*, 159, 317-327.

KAHLER, H., 2002, On the Structure of Contact Binaries, *Astronomy and Astrophysics*, 395, 907-913.

KAHLER, H., 2004, The Structure of Contact Binaries, *Astronomy and Astrophysics*, 414, 317-333.

KOPAL, Z., 1959, *Close Binary Systems*, The International Astrophysics Series, London: Chapman & Hall.

KALUZNY, J., RUCINSKI, S. M., 1993, Discovery of 17 Variable Stars in the Old Open Cluster NGC 6791, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 265, 34-42.

KALUZNY, J., KUBIAK, M., SZYMANSKI, M., UDALSKI, A., KRZEMINSKI, W., MATEO, M., 1996, The Optical Gravitational Lensing Experiment. Variable Stars in Globular Clusters. I. Fields 5139A-C in ω Centauri, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 120, 139-152.

KASSIS, M., JANES, K. A., FRIEL, E. D., PHELPS, R. L., 1997, Deep CCD Photometry of Old Open Clusters, *Astronomical Journal*, 113, 1723-1732.

KOEN, C., 1992, Confidence Intervals for the Lutz-Kelker Correction, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 256, 65-68.

KREINER, J. M., 2004, Up-to-Date Linear Elements of Eclipsing Binaries, *Acta Astronomica*, 54, 207-210.

LUCY, L. B., 1968, The Structure of Contact Binaries, *Astrophysical Journal*, 151, 1123-1135.

LUTZ, T. E., KELKER, D. H., 1973, On the Use of Trigonometric Parallaxes for the Calibration of Luminosity Systems: Theory, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 85, 573-578.

MACERONI, C., MILANO, L., RUSSO, G., 1985, General Properties of W Ursae Majoris Systems, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 217, 843-866.

MARSHALL, D. J., ROBIN, A. C., REYLÉ, C., SCHULTHEIS, M., PICAUD, S., 2006, Modelling the Galactic Interstellar Extinction Distribution in Three Dimensions, *Astronomy and Astrophysics*, 453, 635-651.

MEIBOM, S., GRUNDAHL, F., CLAUSEN, J. V., MATHIEU, R. D., FRANDSEN, S., PIGULSKI, A., NARWID, A., STESLICKI, M., LEFEVER, K., 2009, Age and Distance for the Old Open Cluster NGC 188 from the Eclipsing Binary Member V12, *The Astronomical Journal*, 137, 5086-5098.

MOCHNACKI, S. W., 1981, Contact Binary Stars, *Astrophysical Journal*, 245, 650-670.

MULLER, G., KEMPF, P., 1903, A New Variable Star Unusually Short Period, *Astrophysical Journal*, 17, 201-211.

OUDMAIJER, R. D., GROENEWEGEN, M. A. T., SCHRIJVER, H., 1998, The Lutz-Kelker Bias in Trigonometric Parallaxes, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 294, L41-L46.

PERRYMAN, M. A. C, ve diğ., 1997, The HIPPARCOS Catalogue, *Astronomy and Astrophysics*, 323, L49-L52.

PRIBULLA, T., RUCINSKI, S. M., 2006, Contact Binaries with Additional Components. I. The Extant Data, *The Astronomical Journal*, 131, 2986-3007.

RUCINSKI, S. M., 1985, Contact Binaries: Observational Properties, *Interacting Binary Stars*, Edited by J.E. Pringle and R.A. Wade. Cambridge Astrophysics Series, Cambridge: Cambridge University Press, p.85.

RUCINSKI, S. M., 1993a, A Simple Description of Light Curves of W UMa Systems, *Publications of Astronomical Society of the Pacific*, 105, 1433-1440.

RUCINSKI, S. M., 1993b, Contact Binaries of the W UMa Type, *The Realm of İnteracting Binary Stars*, 111-142.

RUCINSKI, S. M., 1994, $M_V = M_V(\log P, \log Te)$ Calibrations for W Ursae Majoris Systems, *Astronomical Society of the Pacific*, 106, 462-471.

RUCINSKI, S. M., 1995, Absolute-Magnitude Calibration for W UMa-type Systems. II. Influence of Metallicity, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 107, 648-652.

RUCINSKI, S. M., 1996, Contact Binary Stars as Standard Candles, *The Origins, Evolution, and Destinies of Binary Stars in Clusters*, Astronomical Society of the Pacific Conference Series, Volume 90, An international symposium held at the

University of Calgary, 18-23 June 1995, San Francisco: Astronomical Society of the Pacific (ASP), edited by E. F. Milone and J.-C. Mermilliod, p.270-279.

RUCINSKI, S. M., KALUZNY, J., HILDITCH, R. W., 1996, A Search for Detached Eclipsing Binary Systems in the Oldest Known Open Cluster NGC 6791, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 282, 705-712.

RUCINSKI, S. M., 1997, Eclipsing Binaries in the OGLE Variable Star Catalog I.W UMa-Type Systems as Distance and Population Tracers in Baade's Window, *Astronomical Journal,* 113, 407-424.

RUCINSKI, S. M., DUERBECK, H. W., 1997, Absolute Magnitude Calibration for the W UMa-Type Systems Based on HIPPARCOS Data, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 109, 1340-1350.

RUCINSKI, S. M., 1998, Contact Binaries of the Galactic Disk: Comparison of the Baade's Window and Open Cluster Samples, *The Astronomical Journal*, 116, 2998-3017.

RUCINSKI, S. M., PRIBULLA, T., VAN KERKWIJK, M. H., 2007, Contact Binaries with Additional Components. III. A Search Using Adaptive Optics, *The Astronomical Journal*, 134, 2353-2365.

SARAJEDINI, A., VON HIPPEL, T., KOZHURINA-PLATAIS, V., DEMARQUE, P., 1999, WIYN Open Cluster Study. II. UBVRI CCD Photometry of the Open Cluster NGC 188, *The Astronomical Journal*, 118, 2894-2907.

SCHLAFLY, E. F., FINKBEINER, D. P., 2011, Measuring Reddening with Sloan Digital Sky Survey Stellar Spectra and Recalibrating SFD, *The Astrophysical Journal*, 737, article id. 103, 13.

SCHLEGEL, D. J., FINKBEINER, D. P., DAVIS, M., 1998, Maps of Dust Infrared Emission for Use in Estimation of Reddening and Cosmic Microwave Background Radiation Foregrounds, *Astrophysical Journal*, 500, 525-553.

SKRUTSKIE, M. F., ve diğ., 2006, The Two Micron All Sky Survey (2MASS), *The Astronomical Journal*, 131, 1163-1183.

SMITH, R. C., 1984, The Theory of Contact Binaries, *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 25, 405-420.

SMITH, H. JR., 1987, The Calibration Problem. I - Estimation of Mean Absolute Magnitude Using Trigonometric Parallaxes. II - Trigonometric Parallaxes Selected According to Proper Motion and the Problem of Statistical Parallaxes, *Astronomy and Astrophysics*, 171, 336-347.

SOYDUGAN, E., SOYDUGAN, F., İBANOĞLU, C., FRASCA, A., DEMİRCAN, O., AKAN, M. C., 2006, An Algol Type Binary with a δ Scuti Component: RZ Cassiopeiae Revisited, *Astronomische Nachrichten*, 327, 905-911.

SOKOLOVSKY, K. V., CHEKHOVICH, D. O., KOROTKIY, S. A., 2007, GSC 4232-02515 - a New Eclipsing Binary Star, *Peremennye Zvezdy Prilozhenie*, 7, 26.

SZYMAŃSKI, M., UDALSKI, A., KUBIAK, M., PIETRZYŃSKI, G., SOSZYŃSKI, I.; WOŹNIAK, P., ZEBRUŃ, K., 2000, OGLE Survey - Microlensing in the Milky Way, *Astronomische Gesellschaft Meeting Abstracts*, Abstracts of Talks and Posters presented at the International Conference of the Astronomische Gesellschaft at Heidelberg.

VILLANOVA, S., RANDICH, S., GEISLER, D., CARRARO, G., COSTA, E., 2011, The Metallicity of the Open Cluster Tombaugh 2, *Astronomy and Astrophysics*, 509, id.A102.

VAN HAMME, W., 1982, On the Evolutionary State of the W Ursae Majoris Contact Binaries, *Astronomy and Astrophysics*, 105, 389-394.

VAN LEEUWEN, F., 2007, Validation of the New Hipparcos Reduction, *Astronomy and Astrophysics*, 474, 653-664.

YAKUT, K., EGGLETON, P., 2005, Evolution of Close Binary Systems, *The Astrophysical Journal*, 629, 1055-1074.

YAKUT, K., ve diğ., 2009, Close Binary and Other Variable Stars in the Solar-Age Galactic Open Cluster M 67, *Astronomy and Astrophysics*, 503, 165-176.

YAN, L., MATEO, M., 1994, Primordial Main Sequence Binary Stars in the Globular Cluster M71, *The Astronomical Journal*, 108, 1810-1827.

ZHANG, X., REN, A., LUO, C., LUO, Y., 2011, Absolute Parameters and Physical Nature of Two W-UMa Type Binaries: V1123 Tau and V1128 Tau, *Research in Astronomy and Astrophysics*, 11, 583-593.

ZHANG, X. B., DENG, L., LU, P., 2009, TX Cnc as a Member of the Praesepe Open Cluster, The *Astronomical Journal*, 138, 680-685.

ZOLA, S., RUCINSKI, S. M., BARAN, A., OGLOZA, W., PYCH, W., KREINER, J. M., STACHOWSKI, G., GAZEAS, K., NIARCHOS, P., SIWAK, M., 2004, Physical Parameters of Components in Close Binary Systems: III, *Acta Astronomica*, 54, 299-312.

ÖZGEÇMİŞ

Adı : Serkan
Soyadı : EVCİL
Doğum Tarihi : 19.07.1987
Doğum Yeri : İSTANBUL
E-posta : serkanevcil87@gmail.com

ÖĞRENİM

Üniversite : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü (2005 – 2009)
Yabancı Dil : İngilizce

KATILDIĞI TOPLANTILAR, ÇALIŞTAYLAR, ETKİNLİKLER

1) Turkish Physics Society 27th International Physics Congress, 1-17 September 2010, Istanbul University, İstanbul
2) Turkish Physics Society 28th International Physics Congress, 6-9 September 2011, Bodrum Municipality Nurol Culture Center, Bodrum, Muğla
3) Ulusal Fizik Öğrencileri Konferansı, 6-10 Temmuz 2010, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

ASTRONOMİK GÖZLEMLER

1) Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Astrofizik Araştırma Merkezi ve Ulupınar Gözlemevinde Fotometrik Gözlemler (2007-2009)

2) İstanbul Üniversitesi, Gözlemevi Araştırma ve Uygulama Merkezinde Bazı Seçilmiş Ayrık Çift Yıldızların Fotometrik Gözlemi (2011-2011)