T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ

OB BİLEŞENLİ ERKEN TÜR ÇİFT YILDIZLARIN IŞIK EĞRİSİ ANALİZİ VE FİZİKSEL PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Proje No: FBA-09-788

Normal Araştırma Projesi (NAP)

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü:
Doç.Dr. Mehmet TANRIVER
Fen Fakültesi / Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

Yrd.Doç.Dr. Hasan AK
Fen Fakültesi / Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

Yrd.Doç.Dr. Nurten FİLİZ AK
Fen Fakültesi / Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

Yrd.Doç.Dr. İnci AKKAYA ORALHAN
Fen Fakültesi / Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

Yrd.Doç.Dr. Mikail SARIKAYA
Kurum Dışı

Ocak 2017

KAYSERİ

TEŞEKKÜR

"OB BİLEŞENLİ ERKEN TÜR ÇİFT YILDIZLARIN IŞIK EĞRİSİ ANALİZİ VE FİZİKSEL PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ" başlıklı FBA-09-788 numaralı Normal Araştırma Projesi (NAP) Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	5
ABSTRACT	6
1. GİRİŞ / GENEL BİLGİLER	7
2. GEREÇ VE YÖNTEM	11
3. BULGULAR	15
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	16
5. KAYNAKLAR	17
6. EKLER	23
EK.1.	23
EK.2.	39
EK.3.	40
EK.4.	41
EK.5.	42
EK.6.	43
EK.7.	44

OB BİLEŞENLİ ERKEN TÜR ÇİFT YILDIZLARIN IŞIK EĞRİSİ ANALİZİ VE FİZİKSEL PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

OB yıldızları yaydıkları güçlü ışınım enerjisi ve rüzgarla galaksinin kimyasal evrimini ve dinamiğini etkiler. Kataloglarda 300 kadar büyük kütleli OB yıldızı, etkileşen çift yıldız bileşeni durumundadır. OB bileşenli çift yıldız sistemlerinde ışık eğrisini bozan çevresel etkiler vardır. Bu çevresel etkiler ışık eğrisinde kendini minimumlarda asimetri ve minimum genişliklerinin eşit olmaması şeklinde gösterir. Bu tür sistemlerde (değen ve yarı-değen türlerde) aşırı kütle kaybı ve izotropik olmayan yıldız rüzgarı ile sistemi terkeden madde, sistem etrafında homojen olmayan birikim bölgeleri, sistemi saran bir zarf oluşturur. Bu birikim maddesi ışık eğrisi üzerinde bozucu etkiler yapmaktadır. Işık eğrisinin bu düşünce ile analiz edilmesi, sistem etrafındaki maddenin modellenebilmesini sağlar. Bu, ışık eğrisi analizinden sistemin çevredeki madde ile beraber modellenmesi demektir. Bu çift yıldızların tayfsal ve fotometrik gözlemlerinden çevrelerinde yoğun, sıcak ve homojen olmayan rüzgar maddesinin varlığı anlaşılmaktadır. Bu sistemlerde büyük olasılıkla bileşenler arası madde aktarımı yoktur. Işınım basıncı ve karşılıklı rüzgar, maddenin bir bileşenden diğerine akmasını engellemekte, sistem uzaya rüzgarla madde kaybetmekte ama kütle oranı değişmemektedir. Bu durumda OB bileşenli sistemler için Roche modeli de geçerli olmayabilir. Sistem kütle oranı fazla değişmeden uzaya büyük oranda kütle kaybederse bu kütle, sistemi sarar ve sistem ortak zarf evresi geçirir. Ortak zarf evresinde yörünge döneminin hızla küçülmesi, yıldızların biribirine yaklaşması beklenir. Sonuçta bileşen yıldızlar birbirine değebilir. Büyük kütleli çift yıldızlarla ilgili tüm bu öngörüler sistemde oluşan rüzgar yapısına bağlıdır. Bu nedenle böyle sistemlerin çevresindeki rüzgar yapının incelenmesi oldukça önemlidir. Hipparcos ve ASAS kataloğundan seçilen büyük kütleli OB yıldızlarının gözlemleri yapılarak, büyük kütleli bileşene sahip OB bileşenli çift yıldızların, rüzgar etkinliklerinin galaksi dinamiğini nasıl etkilediği araştırılmıştır.

THE DETERMINATION OF THE LIGHT CURVES ANALYSIS AND THE PHYSICAL PARAMETERS OF THE EARLY TYPE BINARY STARS WITH OB COMPONENTS

ABSTRACT

OB stars influence the chemical evolution and dynamics of the galaxy with the strong radiation energy and the wind. In the catalogs, the OB star with a massive of about 300 is the situation that the component of the interacting binary star. There are environmental effects that disrupt the light curve in binary star systems with OB-components. These environmental effects show that it is not equal asymmetry at the minima and minimum widths in the light curve. In such systems (detached and semi-detached types), the material leaving the system with excessive mass loss and non-isotropic star winds form an envelope that surrounds the system and the non-homogeneous accumulation zones around the system. This accumulation material has disruptive effects on the light curve. The analysis of the light curve with this in mind allows modeling of the material around the system. This means that the system is modeling with the surrounding matter together from the light curve analysis. Their environments are understood the existence of the intense hot and inhomogeneous wind materials from spectral and photometric observations of this binary stars. There is probably no material transfer between the components in these systems. The radiation pressure and the reciprocal wind prevent flowing from one component to another of the material, the system is losing material to space with wind, but the mass ratio does not change. In this case, the Roche model may not be valid for OB-based systems. If the system loses mass largely without changing the mass ratio too much, this mass surrounds the system and the system passes the common envelope phase. It is expected that the orbital period shrinks rapidly and the stars approach each other in the common envelope. As a result, the component stars may be detached each other. All of these predictions about massive binary stars depend on the wind structure that forms in the system. Therefore, it is very important to examine the wind structure around such systems. Observing massive OB stars selected from the Hipparcos and ASAS catalogs, it has been investigate how the wind effects in the massive OB component binary stars influences galactic dynamics.

1. **GİRİŞ / GENEL BİLGİLER**

Büyük kütleli OB yıldızları güçlü rüzgar ve ışınım enerjisiyle çevrelerini en çok etkileyen kısa ömürlü sıcak yıldızlardır. Yaydıkları güçlü ışınım enerjisi ve rüzgarla galaksinin kimyasal evrimini ve dinamiğini etkilerler. OB yıldızları OB oymaklarının üyeleri olarak dev molekül bulutlarının yoğun bölgelerinde oluşurlar. OB yıldızları kısa ömürlerinin sadece % 15'ini yoğun molekül bulutu içinde geçirirler ve molekül bulutunun dışına çıkamazlar. O yıldızları sayı olarak çok azdırlar ve galaktik düzlemde dağılmışlardır. Büyük kütleli yıldızların çoğu galaktik düzleme yakın enlemlerde bulunurlar. Işınımları yoğun gaz ve toz bulutları içinden geçerek bize ulaşır ve yıldızlararası ortamdan etkilenir.

Bileşenleri OB türü olan büyük kütleli çift yıldız sistemlerinde her bir yıldızın evrimleşme süreci, tek yıldız evriminden farklı olabilir. Bunun nedeni yıldızların ortak sistem içinde birbirlerini çekimsel ve ışınımsal olarak etkilemeleridir. Bu, esasında tüm etkileşen çift yıldızlarda gerçekleşen bir durumdur. UV tayflarından artık bütün O yıldızlarının kütle kaybettikleri bilinmektedir. Fotometrik ve taysal gözlemler kütle kaybı ve ışınım gücü arasında ilişki olduğunu göstermektedir.

Eğer OB yıldızları etkileşen çift yıldız sistemlerinin birer üyeleri ise, bu durumda bu yıldızların evrimi o zaman daha karmaşık bir hal alır. Bileşenler birbirine yeterince yakınsa (R1+R2 =0.1a), evrim sürecinde tek yıldızların evrim sorunlarına ek olarak madde aktarımı sorunu ortaya çıkar. Bu durumda;

(i) kütle oranı değişir,

(ii) bileşenler arası uzaklık ve yörünge dönemi değişir,

(iii) bileşenler etrafında disk veya zarf oluşur,

(iv) aktarılan maddenin önemli bir kısmı (% 80 kadarı) sistemi terkedebilir,

(v) sistemin, bileşenler etrafında oluşan zarf içindeki hareketi, yörüngenin hızla küçülmesine ve hatta iki yıldızın iç içe girmesine neden olabilir,

(vi) akan maddenin kırbaç etkisiyle karşı bileşenin dönme hızı artar.

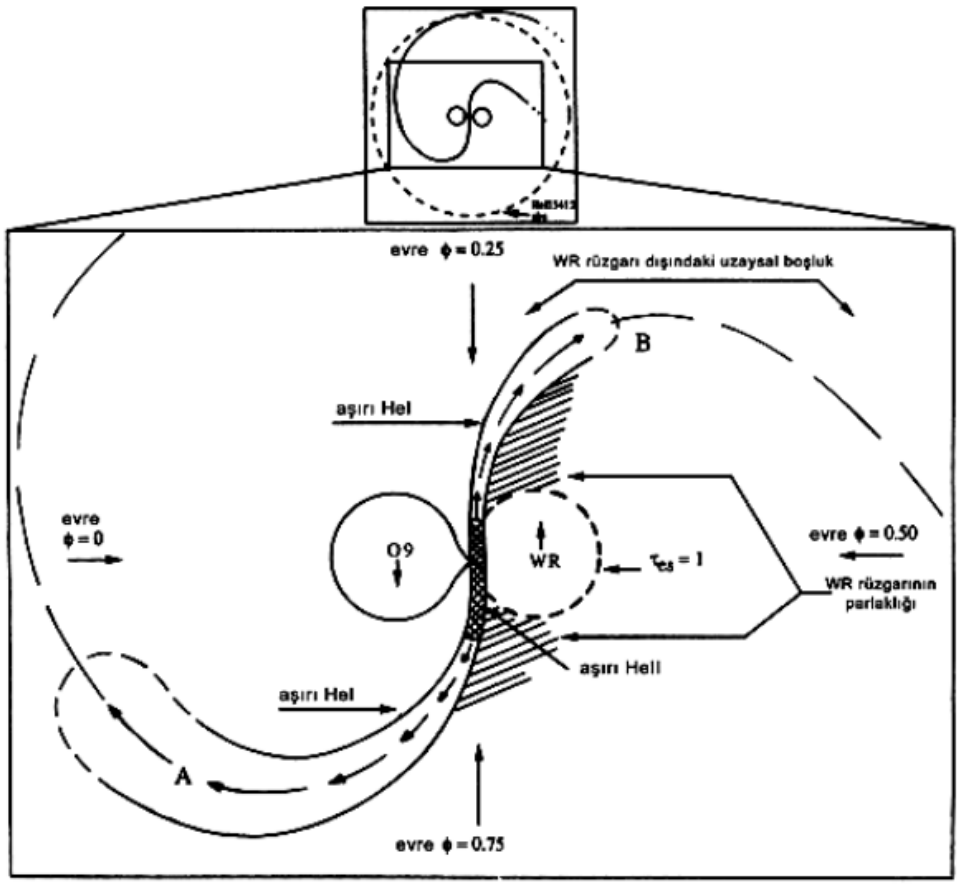
Bu durumlar gözönüne alındığında OB bileşenli etkileşen çift yıldız sistemlerinin önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Bütün OB yıldızları aşırı iyonlaşmış yıldız rüzgarlarına sahiptirler, bunun gözlemsel kanıtı da yıldız tayflarındaki CIV, NV ve SiIV rezonans çizgilerinin P Cygni profili göstermesidir (Morton 1967)

Büyük kütleli çift yıldızlarda aşırı kütle kaybı söz konusudur. Yaklaşık yılda ortalama 10^(-4) Mgüneş'lik bir kütle rüzgar yolu ile kaybedilmektedir. Tek yıldız durumunda rüzgar

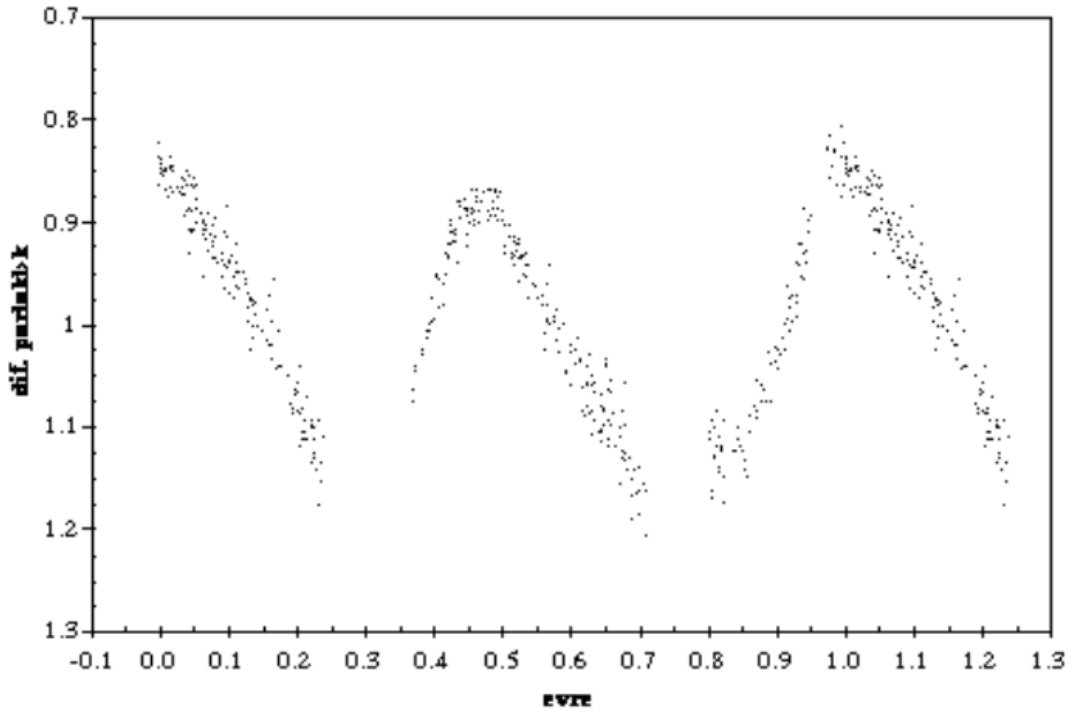
muhtemelen küresel olacak ve yıldızdan çok uzaklara taşınacaktır. Ancak, her iki bileşeni de erken tür OB yıldızlarından oluşan bir sistemde, bu yolla sistemi terkeden madde sistem etrafında küresel olarak bir zarf oluşturmayacaktır. Dolayısıyla her iki büyük kütleli bileşenden de rüzgarla kütle kaybı olacaktır. Karşılıklı rüzgar kaybı olduğundan dolayı bileşenler arası karşılıklı rüzgar etkileşimi söz konusu olacaktır. Bu karşılıklı rüzgar etkileşimi birinci Lagrange noktasında (L1) karşılıklı rüzgar maddesinin çarpışmasına neden olacaktır. Rüzgar etkileşimi sonucu çarpışan bu rüzgar maddeleri karşı bileşene düşmeyecek, L1 noktasından sistemi terkederek, sistem etrafında birikim diski oluşturacaktır. Bu birikim diskinin yapısınıda bileşenlerin yörünge hareketinden kaynaklı coriolis kuvvetleri belirleyecektir. Bu yapıda bipolar bir yapı şeklinde olacaktır. Bu yapıyı oluşturan yıldız rüzgarı maddesidir. Bu yapı, sistem etrafında 0.25 - 0.5 evreleri doğrultusunda kendini şekillendirecektir. Bunun en güzel örneği CQ Cep çift sistemi etrafındaki rüzgar yapısını ortaya çıkaran Marchenko ve ark. (1995)'nın çalışmasıdır. CQ Cep sistemindeki rüzgar yapısı, tayfsal çalışma sonucunda ortaya çıkarılmıştır (Marchenko ve ark., 1995). CQ Cep deki rüzgar – rüzgar etkileşimi, UV ve optik bölgedeki tayf çizgilerinin profil değişimleri kulanılarak bulunmuştur. HeI ve HeII çizgilerindeki aşırı salma güçlü rüzgar – rüzgar etkileşimi için bir delil oluşturmaktadır. Böylelikle sistemin WR + O olarak ortaya çıktığını ve sisteme ait rüzgar yapısının iki kollu olacağını belirtmişlerdir. Sisteme ait rüzgar – rüzgar etkileşimini gösteren temsili resim Şekil 1.'de gösterilmektedir. Bir diğer kanıt da, HeII (λ4686 Å) salma çizgisinin evreye göre değişim göstermesidir. Bu değişim Şekil 2.'de gösterilmektedir (Hiltner, W. A. 1951). Normal ışık eğrisi gibi minimum ve maksimumlar gösteren bu eğrinin evreleri zarf yapısına uygunluk göstermektedir. Üstelik minimum ve maksimumlar tam 0, 0.25, 0.50 ve 0.75 evrelerinde değil belli bir evre kaymasıyla gerçekleşmektedir ve bu da zarfın geometrik yapısıyla ve coriolis kuvvetleri ile açıklanabilir.

Sonuç olarak HeII (λ4686 Å) salma çizgisi esas olarak zarf maddesinden gelmektedir ve bu da zarfın yüksek derecede iyonize, sıcak ortamdan oluştuğunu göstermektedir.

Eğer sistem rüzgar etkinliği gösteriyorsa, dolayısıyla gözlenen ışık eğrisinde bir soğurmaya neden olacaktır ve fotometride kendini gösterecektir. Böylelikle, fotometrik olarak erken tür çift sistemler için böyle bir rüzgar geometrisi ortaya konulabilir. CQ Cep gibi büyük kütleli OB bile enli çift yıldız sistemlerine benzeri bir çalışma uygulanabilir.



Şekil 1. CQ Cep sistemindeki rüzgar- rüzgar etkileşimini gösteren temsili bir şekil (Marchenko ve ark., 1995)



Şekil 2. HeII (4686 Å) salma çizgisinin evre bağımlılığı. Gözlemler (Hiltner, W. A. 1951) CQ Cep sisteminin dönem ve ışık elemanına göre evrelendirilmiştir

Dolayısıyla benzer yapılar diğer tüm OB bileşenli etkileşen çift yıldızlarda da görülmesi gerekir. Böyle bipolar yıldız rüzgarı yapısı sitem etrafında bazı evrelerde soğurucu etkiye sahip olacaktır. Bu soğurucu etki evreden evreye farklılıklar gösterecektir. Bu da ışık eğrilerinde minimumlarda asimetrilere, maksimumların farklı düzeylerde olmasına neden olacaktır. Dolayısıyla bu soğurucu etki ile beraber ışık eğrileri gözlenmektedir. Bu rüzgar yapısını ışık eğrilerinde modelleyebilirsek, fotometrik olarak sistem etrafındaki rüzgar yapısını ortaya çıkarmış olacağız. Bu tür sistemlerde rüzgar yapısından kaynaklı soğurucu ve ışık eğrisini bozucu etkiler olmasaydı, maksimum parlaklık daha üst parlaklık değerlerine karşılık gelecektir. Dolayısıyla bu şekilde sistemi temsil eden bir teorik eğri elde edilir. Bu teorik ışık eğrisi ile gözlenen ışık eğrisi arasında bazı evrelerde farklılıklar olacaktır. Bu fark rüzgar yapısının soğurucu özelliğinden kaynaklıdır. Bu fark aynı zamanda rüzgar yapısının optik derinliği ile de ilişkilidir. Buradan rüzgar yapısının optik derinliği (□); $I = Io.e^{-\square}$ □işlemi ile kolaylıkla hesaplanabilir. Rüzgar maddesinin tamamen iyonize olduğunu, ortamda soğurmanın elektron saçılmasından kaynaklandığını kabul ederek, her evreye karşılık gelen sönümleme miktarı ve rüzgar maddesinin sistem etrafında nereye kadar uzandığı hesaplanabilir. Daha sonra optik derinliğin evreye göre değişimini radar grafik olarak çizildiğinde, sistem etrafında bipolar rüzgar maddesinin yapısı elde edilmiş olur (Tanrıver, M. 2005). Hipparcos kataloğundan seçilen Büyük kütleli 3 OB yıldızının gözlemleri yapılarak, büyük kütleli bileşene sahip OB bileşenli çift yıldızların, rüzgar etkinliklerinin galaksi dinaminiğini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Görülüyor ki, bu tür sistemlerin ışık eğrilerinin analizleri önem taşımaktadır ve güncel bilgilerine ihtiyaç vardır. Böylelikle bu tür yıldızların CCD fotometre ile yeni gözlemlerini optik bir teleskop ile yapmayı ve gerçekçi, güncel fiziksel parametrelerini elde etmek amaçlanmıştır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Biz bu projedeki hedefimize ulaşmak için açıklığı en az 40 cm olan tam otomatik ya da yarı otomatik bir optik teleskop ve buna bağlı CCD fotometre araçları ile yıldızlarımızın optik gözlemlerinin yapılması planlanmıştır.

Bunun yanında farklı dalgaboylarında gözlem yapma imkanı veren filtre takımları (UBVRI) kullanılmıştır. Gözlem esnasında CCD algılayıcısının kontrol edilmesini, verinin depolanması ve kaydedilmesi, filtre takımını ve teleskobu kontrol edecek yüksek hızlı bir bilgisayar kullanılmıştır.

Hipparcos kataloğundan seçilen yıldızlarımız OB bileşenli yıldızlar olduğu için değişen yıldızımızın ışık değişiminin karşılaştırılmasının yapıldığı mukayese ve denet yıldızları CCD görüş alanı içinde yer almıyacaktır. Bu nedenle değişenin yakınlığında mukayese ve denet bulmak çok zordur. Ancak OB oymakları içinde ve yakınında OB yıldızlarını fazlasıyla bulabiliriz. Diğer bölgelerde değişen yakınında, civarında OB yıldızı bulmak çok güçtür. Bu nedenle CCD frame'i içinde değişen, mukayese ve denet yıldızları aynı anda yer alamıyacağı için fotoelektrik fotometre gözlemi yapılırken izlenen yol bu sistemlerin gözlemleri için de kullanılabilinir. Yani, değişen, mukayese ve denet yıldızları ayrı ayrı gözlemlenerek, değişen yıldızın ışık değişimi elde edilebilir. Tek kanallı fotoelektrik fotometre kullanılarak yapılan gözlemlerde şöyle bir sıra izleniyordu. Mukayese yıldızına M, değişen yıldıza V, Denet yıldızına da C2 diyecek olursak,

M1 V V V V V M2 V V V V V M3 V V V V V M4 V V V V V M5 C2 V V V V M6 …….

şeklinde bir sıra ile CCD fotometre gözlemi yapılabilir. Burada kısa dönemli bir değişimden bahsedildiği için iki mukayese arası gözlenecek değişen sayısı artırılabilinir. Yukarıdaki sırada 5 olarak gösterilmiştir. Denet gözlemi ise 5 mukayese de bir yapılabilinir. Yukarıdaki gözlem sırasında 5 mukayese gözleminden sonra ki gelecek değişen gözlemi yerine denet gözlemi yapılacağı gösterilmiştir. Bu şekilde bir gözlem tekniği ile projemizdeki yıldızların gözlemi yapılabilir.

Bu yıldızların CCD fotometre çalışması sonucunda gözlemsel olarak bipolar rüzgar yapısı ortaya çıkarılacaktır. Böylelikle sistemin fiziksel yapısını daha gerçekçi olarak ortaya koymuş olacağız. Sistemin yıldız rüzgarından arındırılmış gerçek mutlak parametrelerini elde etmiş olacağız

Elde edilen ham veriler indirgeme programları ile (MaxIm DL, CMUNIPACK) anlamlı hale getirilip, Wilson-Devinney (Wilson ve Devinney 1971), FOTEL (Hadrava 1992), ya da binary-maker (Bradstreet ve Steelman 2004) analiz programları kullanılarak fiziksel parametrelerin elde edilmesi ve uluslararası dergilerde yayınlanması planlanmıştır. Ayrıca, tutulma gösteren çift sistemlerin minimum ışık değişimine karşılık gelen zamanı ifade eden minimum zamanları düzenli bir şekilde gözlenerek, uluslararası dergilerde yayınlanması planlanmıştır.

Erken Tür Çift Sistemlerin Yıldız Rüzgarları Yapısını Belirleyen Yöntemin Uygulanması

Burada bahsedilen yöntem, tayfsal ve fotometrik gözlemsel verilere dayanmaktadır ve erken tür OB bileşenli çift sistemlerden yıldız rüzgarlarının yapısı (geometrisi)ni ortaya çıkarmak için literatürde verilen yöntemler haricinde yeni bir yaklaşımı sunmaktadır. yöntemin detayları aşağıda anlatılmıştır. Her şeyden önce, ışık eğrilerinde görülen asimetrilerin, sistem etrafını saran küresel olarak homojen olmayan zarf maddesinin soğurmasından kaynaklandığı kabul edilmiştir. Bunun, asimetri oluşturan etkiler (eliptik yörünge, manyetik aktivite (leke), kütle transferi, vb.) dikkate alındığında doğru olduğu gösterilebilir. Küçük döneme sahip çift yıldız ışık eğrilerinde asimetri oluşturan süreçler olarak, eliptik yörünge ve manyetik aktivite (sıcak-soğuk lekeler) (sıcak yıldızlarda bu etki görülmez) sürecinin olmayacağı açıktır. Fiziksel olarak, yıldız rüzgarları ve kütle transferi sırasında L1 (1. Lagrange) noktasından sistemden kaçan maddenin sistem etrafını sarması ile oluşan zarf maddesinin soğurma etkisinin böyle bir asimetri oluşturduğunu düşünmek mümkündür. Zarf maddesinin soğurucu etkisinin ışık eğrisi üzerinde asimetri oluşturması, zarfın sistem etrafında küresel olarak dağılmadığını ve soğurmanın her yerde aynı olmaması da zarf maddesinin optik derinliğinin değiştiğini gösterir.

Burada, çift yıldız sistemlerinin teorik ışık eğrisi ve gözlemsel ışık eğrisi arasındaki soğurma farkları (şiddet olarak) dikkate alınarak soğurucu ortamın optik derinliği hesaplanmıştır. Teorik ışık eğrisi oluşturulurken, gözlemsel ışık eğrisinin minimum çukurları ve bozulmamış birinci minimum iniş koluna uygunluğu dikkate alınmıştır. Sistemlerin elde edilmiş ışık eğrilerinde normalizasyon yaparken, teorik fitin minimum çukurlarına uygunluğu dikkate alındığından maksimumlar farklı normalize değerlerine gelebilmektedir. Bu, ışık eğrilerindeki soğurucu etkinin göreceli olarak değişimini vermektedir.

Gözlemsel ışık şiddetini (soğrulmadan sonraki akı) I, teorik şiddeti de (yıldızlardan çıkan akı) Io ile gösterirsek;

$I = I_o.e^{-\tau}$ τ; optik derinlik

eşitliğinden soğurucu ortamın (zarf) optik derinliğini bulabiliriz:

$\tau = \ln (I_o / I)$

Işık eğrisi üzerinde her gözlemsel nokta ile teorik eğrinin şiddet değerleri ölçülerek evreye göre τ değerleri çıkarılmıştır. Bulunan bu τ değerleri evreye göre özel bir grafik gösterimi ile çizildiğinde (polar diagram), zarf maddesinin sistem etrafındaki geometrik yapısı ortaya çıkmaktadır. Bu geometrik yapıların üç boyutlu düşünülmesi halinde, sistemin yörünge düzleminde yayılmış, bileşen yıldızlardan farklı başka bir ikili sistem gibi olduğu görülür ve bu yapı da örtme örtülme gösterir. Böyle yeni bir yöntem konuya yepyeni bir bakış acısı getirecek ve bundan sonraki modellerin test edilebileceği önemli bir referans kaynağı oluşturacaktır.

• Soğurucu Ortamın Zaman Bağımlılığı ve Mutlak Boyutlarının Bulunulması

Sistemi saran zarf, aşırı değen durumdaki yıldızların L1 noktasından kaybettiği kütle ve yıldız rüzgarları ile atılan madde tarafından beslenmektedir. Zarf, küresel bir hacim içinde dağılmaktan ziyade coriolis kuvvetlerinin etkisinde yörünge düzleminde uzanacak şekilde yıldızlararası ortamı doldurmaktadır.

Zarfın kapladığı uzayın mutlak boyutlarını tahmin etmek için;

$\tau = \int K_\nu \rho \, dx = K_\nu \rho x$ (zarf boyunca ρ sabit kabul ediliyor)

$K_\nu = a\nu N / \rho$ Buradan;

$\tau = a.N.x$

olur.

Ortamda baskın olan soğurmanın elektron saçılması olduğu düşünülürse N yerine elektron yoğunluğu yazılarak (Bhatia and Underhill 1986) τ optik derinlik ve x geometrik kalınlık bulunmuş olur. Buradan sistemin etrafını saran rüzgar maddesinin, zarf maddesinin kalınlığı hesaplanabilir. Bu türden bir çalışma dünyada ilk kez yapılacaktır ve bilim insanlarına iyi bir referans olacaktır.

• **Sistem etrafındaki rüzgar maddesinin yapısını şematik olarak ortaya koyan polar diagramların oluşturulması**

Sistemi saran bipolar rüzgar yapısı, aşırı değen durumdaki çift sistemler durumunda L_1 noktasından kaybedilen kütle ve yıldız rüzgarları ile atılan madde tarafından beslenmektedir. Sistemi saran zarf, küresel bir hacim içinde dağılmamakta ve coriolis kuvvetlerinin etkisinde çift sistemin yörünge düzleminde uzanacak şekilde yıldızlararası ortamı doldurmaktadır. Sistemlerin ışık eğrisindeki değişimlerde bu zarfın da rolü olmalıdır. Farklı zamanlarda elde edilmiş ışık eğrilerinin gözlenmiş bantlardaki soğrulma oranlarının grafiği, zarfın τ optik derinliği cinsinden evreye göre karşılaştırmalı olarak polar diagram şeklinde verilebilir ve böylelikle sistem etrafındaki rüzgar geometrisi grafiksel olarak elde edilmiş olacaktır. Bu şekilde bir çalışma sonucunda elde edilecek olan polar diagramlar literatür de ilk defa bu anlamda kullanılmaktadır.

3. BULGULAR

FBA-09-770 projesi ile birlikte ortak olarak alınan 40cm çaplı teleskop ile birlikte bu proje kapsamında alınan makine ve teçhizat (CCD kamera, UBVRI Filtreleri ve filtre tekerleği) bütçe kaynaklarından 08.10.2009 tarihinde alınmıştır. Ancak Optik teleskopları ve Radyo teleskopları içinde barındıran gözlemevi, 2009 yılı sonunda 05.11.2009 tarihli 27397 sayılı resmi gazetede yönetmeliği yayınlanan Erciyes Üniversitesi Rektörlüğü'ne bağlı bir araştırma merkezi haline dönüşmüştür. Astronomi ve Uzay Bilimleri Gözlemevi Uygulama ve Araştırma Merkezi (UZAYBİMER) ismini almıştır. Dolayısıyla UZAYBİMER'in ilk kurulumundan itibaren gözlemevinde ciddi sıkıntılar vardır. Teleskopların kullanılabilmesi için bir teleskop binasına ve kubbeye (dome) ihtiyaç vardır. Ancak daha yakın bir zamanda teleskop binaları UZAYBİMER yerleşkesi içine yapılmıştır. Ama bina üzerini ve teleskop'u kaplayan kubbe (dome) henüz temin edilememiştir. Bina ile birlikte teleskop kubbesi (dome) tamamlanmadan temin edilen 40cm lik teleskop binaya yerleştirilememektedir. Dolayısıyla proje kapsamında yapılacak olan çift yıldız gözlemleri gerçekleştirilememiştir. Proje amacına uygun analizler gerçekleştirilememiştir.

Amacımıa uygun gözlemler yapılamadığı için ASAS kataloğunda yer alan benzeri yıldızların ışık eğrisi verileri kullanılarak ışık eğrisi analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucunda elde edilen bilgiler yurtiçi ve yurtdışı çeşitli kongrelerde, sempozyumlarda, çalıştaylarda ve toplantılarda bildiri olarak sunulmuştur. Bu bildiriler, sonuç raporu sonunda ekler kısmında verilmiştir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Projemizde OB Bileşenli Erken Tür Çift Yıldızların Işık Eğrisi Analizi ve Fiziksel Parametrelerinin Belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun yanında bu tür sistemlerde görülen bipolar rüzgar yapının geometrik modelinin yapılması planlanmıştır. Amacımıza uygun kataloglardan yıldızların seçimi yapılmıştır. Ancak gözlemlerimize planladığımız şekilde başlayamadık. Erciyes Üniversitesi Rektörlüğü'ne bağlı bir araştırma merkezi olan Astronomi ve Uzay Bilimleri Gözlemevi Uygulama ve Araştırma Merkezi (UZAYBİMER) de projemiz için öngörülen makine ve teçhizat temin edilmiş, ancak UZAYBİMER de 40 cm lik optik teleskobumuzu sabit bir şekilde konuşlandırılacak bir bina ve kubbe (dome) donanımı sağlanamamıştır. Bu nedenle bu zamana kadar yıldızlarımızın optik gözlemleri yapılamamıştır ve amacımıza uygun analizler gerçekleştirilememiştir. Ancak ASAS kataloğunda yer alan benzeri yıldızların halka açık verileri kullanılarak ışık eğrisi analizi yapılmıştır ve sistemin astrofiziksel parametreleri belirlenmiştir. Bunun yanında benzeri farklı çalışmalarda yapılarak yurtiçi ve yurtdışı sempozyumlarda sözlü ve poster bildiri olarak verilmiştir. Bu bildiriler Sonuç Raporunun Ekler kısmında verilmiştir.

5. KAYNAKLAR

Abt, H. A.; Corbally, C. J., The Maximum Age of Trapezium Systems, The Astrophysical Journal (ApJ), Volume 541, Issue 2, pp. 841-848, (2000)

Abt, H. A.; Levato, H.; Grosso, M., Rotational Velocities of B Stars, The Astrophysical Journal (ApJ), Volume 573, Issue 1, pp. 359-365. (2002)

Adelman, S. J.; Mayer, M. R.; Rosidivito, M. A., On the Variability of O4-B5 Luminosity Class III-V Stars, Information Bulletin on Variable Stars (IBVS), 5008, 1. (2000)

Aitken, R. G., The binary stars, New York [D. C. McMurtie], (1918)

Ak, H.; Demircan, O., The Wind Material around the Binary Systems l Tau and TU Hor: A Photometric Study, New Directions for Close Binary Studies: The Royal Road to the Stars. Çannakkale Astrophysics Workshop, 2002. Edited by Osman Demircan and Edwin Budding. ISBN 975-8100-33-5., p.241, (2003)

Bradstreet, D. H.; Steelman, D. P., Binary Maker 3.0 - An Interactive Graphics-Based Light Curve Synthesis Program Written in Java, American Astronomical Society, 201st AAS Meeting; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 34, p.1224, (2002)

Buscombe, W., 14th General Catalogue of MK Spectral Classification (Buscombe 1999), VizieR On-line Data Catalog: III/222., (2001)

Crossley, E., A handbook of double stars, London, Macmillan & co., (1879).

De Cat, P.; Briquet, M.; Aerts, C.; Goossens, K.; Saesen, S.; Cuypers, J.; Yakut, K.; Scuflaire, R.; Dupret, M.-A., Analysis of MERCATOR data - Part I: variable B stars, Communications in Asteroseismology, vol. 147, p. 48-51 (2006)

De Cat, P.; Briquet, M.; Aerts, C.; Goossens, K.; Saesen, S.; Cuypers, J.; Yakut, K.; Scuflaire, R.; Dupret, M.-A.; Uytterhoeven, K.; and 30 co., Long term photometric monitoring with the Mercator telescope. Frequencies and mode identification of variable O-B stars, Astronomy and Astrophysics (A&A), Vol. 463, 1, pp.243 (2007)

Demircan, O.; Ak, H.; Ozdemir, S.; Tanriver, M.; Albayrak, B., UBV photometry of the WR binary CQ Cephei, Astronomische Nachrichten (AN), vol. 318, no. 5, p. 267., (1997a)

Demircan, O.; Özdemir, S.; Albayrak, B.; Ak, H.; Tanriver, M.; Değirmenci, Ö. L.; Erdem, A.; Sezer, C., A Model of the Early Type Binary System BF Aurigae, The Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica (RMxAA), 33, p. 131-135 (1997b)

Djurašević, G.; Demircan, O.; Özdemir, S.; Tanriver, M.; Müyesseroglu, Z.; Ak, H.; Albayrak, B., An Analysis of the Light Curves of the Early-Type Binary BF Aurigae, Astrophysics and Space Science (Ap&SS), Volume 253, Issue 2, pp.265-274, (1997)

Djurašević, G.; Demircan, O.; Özdemir, S.; Tanriver, M.; Müyesseroglu, Z.; Ak, H.; Albayrak, B., A Photometric Study of the Early-type Binary BF Aurigae, Proceedings of the 20th Stellar Conference of the Czech and Slovak Astronomical Institutes. Brno, Czech Republic. editor J. Dusek. ISBN 80-85882-08-6. Brno, 1998, p.58, (1998)

Eritsian, M. A., Circular Polarization of Starlight, Astrophysics (English translation of Astrofizika), v. 47, Issue 3, p. 305-312 (2004).

Evans, C. J.; Smartt, S. J.; Lee, J.-K.; Lennon, D. J.; Kaufer, A.; Dufton, P. L.; Trundle, C.; Herrero, A.; Simón-Díaz, S.; de Koter, A.; and 16 co., The VLT-FLAMES survey of massive stars: Observations in the Galactic clusters NGC 3293, NGC 4755 and NGC 6611, Astronomy and Astrophysics (A&A), Vol. 437, Issue 2, 2005, pp.467-482 (2005)

Fabricius, C.; Makarov, V. V., Two-colour photometry for 9473 components of close Hipparcos double and multiple stars, Astronomy and Astrophysics (A&A), v.356, p.141-145 (2000)

Fracassini, M.; Pasinetti-Fracassini, L. E.; Pastori, L.; Pironi, R., Catalogue of Apparent Diameters and Absolute Radii of Stars - Cadars - ed., Bull. D'inf. Cent. Donnees Stellaires no. 35, p.121, (1988)

Gontcharov, G. A., Pulkovo compilation of radial velocities for 35495 stars in a common system., Astron. Lett., 32, 759-771 (2006)

Hadrava, P., Radiative transfer in rotating stars, Astronomy and Astrophysics (A&A) (ISSN 0004-6361), vol. 256, no. 2, p. 519-524., (1992a)

Hadrava, P., Reflection with limb darkening, Astronomy and Astrophysics (A&A) (ISSN 0004-6361), vol. 257, no. 1, p. 218., (1992b)

Hanson, R. B.; Klemola, A. R.; Jones, B. F.; Monet, D. G., Lick NPM2 Catalog (Hanson+ 2003), VizieR On-line Data Catalog: I/283A. (2003)

Hanson, R. B.; Klemola, A. R.; Jones, B. F.; Monet, D. G, Lick Northern Proper Motion Program. III. Lick NPM2 Catalog, The Astronomical Journal, Vol. 128, Issue 3, pp. 1430-1445. (2004)

Hilditch, R. W.; Bell, S. A., On OB-type close binary stars, Royal Astronomical Society, Monthly Notices (MNRAS) (ISSN 0035-8711), vol. 229, p. 529-538. (1987)

Hoffleit, D.; Jaschek, C., The Bright Star Catalogue, The Bright Star Catalogue, New Haven: Yale University Observatory (4th edition), (1982)

Hoffleit, D.; Jaschek, C. V., The Bright star catalogue, New Haven, Conn.: Yale University Observatory, edited by Hoffleit, D.; Jaschek, C. V. (1991)

Hog, E.; Kuzmin, A.; Bastian, U.; Fabricius, C.; Kuimov, K.; Lindegren, L.; Makarov, V. V.; Roeser, S., The Tycho Reference Catalogue (Hog+ 1998), VizieR On-line Data Catalog: I/250., (1998a)

Hog, E.; Kuzmin, A.; Bastian, U.; Fabricius, C.; Kuimov, K.; Lindegren, L.; Makarov, V. V.; Roeser, S., The TYCHO Reference Catalogue, Astronomy and Astrophysics (A&A), v.335, p.L65-L68 (1998b)

Hubrig, S.; Briquet, M.; Schöller, M.; De Cat, P.; Mathys, G.; Aerts, C., Discovery of magnetic fields in the βCephei star ξ1 CMa and in several slowly pulsating B stars, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (MNRAS): Vol. 369, 1, pp. 61-65. (2006)

Humphreys, R. M., The Most Luminous Stars - Ejections; Eruptions; and Explosions, Massive Stars: Their Lives in the Interstellar Medium, ASP Conference Series; Vol. 35; J.P. Cassinelli and E.B. Churchwell; Eds., p.179 (1993)

Kallinger, T.; Reegen, P.; Weiss, W. W., The MAIA candidate star HD 208727, Astronomy and Astrophysics (A&A), v.388, p.L37-L39 (2002)

Kazarovets, E. V.; Samus, N. N.; Durlevich, O. V.; Frolov, M. S.; Antipin, S. V.; Kireeva, N. N.; Pastukhova, E. N., The 74th Special Name-list of Variable Stars, Information Bulletin on Variable Stars (IBVS), 4659, 1 (1999)

Kharchenko, N. V., All-sky compiled catalogue of 2.5 million stars, Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel, vol. 17, no. 5, p. 409-423 (2001)

Kopal, Z., Close binary systems, The International Astrophysics Series, London: Chapman & Hall, (1959)

Kopal, Z., Semi-detached Binaries and Stellar Evolution, Astronomical Society of the Pacific Leaflets, Vol. 8, p.81 (1959)

Lamers, H. J. G. L. M.; Leitherer, C., What are the mass-loss rates of O stars?, Astrophysical Journal (ApJ), Part 1 (ISSN 0004-637X), vol. 412, no. 2, p. 771-791. (1993)

Langer, N., Massive Star Evolution, Massive Stars: Their Lives in the Interstellar Medium, ASP Conference Series; Vol. 35; J.P. Cassinelli and E.B. Churchwell; Eds., p.159 (1993)

Maíz-A., J.; Walborn, N. R.; Galué, H. Á.; Wei, L. H., A Galactic O Star Catalog, The Astrophysical Journal Supplement Series (ApJS), Vol 151, Issue 1, pp. 103-148. (2004a)

Maiz-A., J.; Walborn, N. R.; Galue, H. A.; Wei, L. H., Galactic O star catalog (Maizapellaniz+, 2004), VizieR On-line Data Catalog: V/116. (2004b)

Malkov, O. Yu.; Oblak, E.; Snegireva, E. A.; Torra, J., A catalogue of eclipsing variables, Astronomy and Astrophysics (A&A), Vol 446, Issue 2, pp.785-789 (2006)

Marino, G., Programma di fotometria CCD su minimi di binarie a eclisse. Osservazioni di OO Aquilae, Astronomia. La rivista dell'Unione Astrofili Italiani (ISSN 0392-2308), N. 3, p. 6 - 9 (2006)

Markowitz, W., The Evolution of Binary Stars, Astrophysical Journal (ApJ), vol. 75, p.69 (1932)

Morton, D. C., The Far-Ultraviolet Spectra of Six Stars in Orion, Astrophysical Journal (ApJ), vol. 147, p.1017 (1967)

Myers, J. R.; Sande, C. B.; Miller, A. C.; Warren, W. H., Jr.; Tracewell, D. A., SKY2000 Catalog, Version 4 (Myers+ 2002), VizieR On-line Data Catalog: V/109. (2001).

Özdemir, S.; Ak, H.; Tanriver, M.; Gülseçen, H.; Gülseçen, S.; Saygaç, A. T.; Budding, E.; Demircan, O., UBV Photometry of the Massive Eclipsing Binary TT Aur, Publications of the Astronomical Society of Australia (PASA), Vol 18, Issue 2, pp. 151-157., (2001)

Pasinetti Fracassini, L. E.; Pastori, L.; Covino, S.; Pozzi, A., Catalogue of Apparent Diameters and Absolute Radii of Stars (CADARS) - Third edition - Comments and statistics, Astronomy and Astrophysics (A&A), v.367, p.521-524 (2001)

Pastori, L.; Pasinetti-Fracassini, L. E.; Pironi, R., Statistics from the Catalogue of Apparent Diameters and Absolute Radii of Stars - Cadars - ed.2, Bull. D'inf. Cent. Donnees Stellaires no. 35, p. 69, (1988)

Perryman, M. A. C.; ESA, The HIPPARCOS and TYCHO catalogues. Astrometric and photometric star catalogues derived from the ESA HIPPARCOS Space Astrometry Mission, The Hipparcos and Tycho catalogues. Astrometric and photometric star catalogues derived from the ESA Hipparcos Space Astrometry Mission, Publisher: ESA Publications Division, ESA SP Series vol no: 1200, ISBN: 9290923997 (set) (1997a)

Perryman, M. A. C.; Lindegren, L.; Kovalevsky, J.; Hoeg, E.; Bastian, U.; Bernacca, P. L.; Crézé, M.; Donati, F.; Grenon, M.; van Leeuwen, F.; and 9 coauthors, The HIPPARCOS Catalogue, Astronomy and Astrophysics (A&A), 323, L49-L52 (1997b).

Piquard, S., Tycho variables stars (Piquard 2001), VizieR On-line Data Catalog: II/233. (2001)

Reed, B. C., Catalog of Galactic OB Stars, The Astronomical Journal (AJ), Volume 125, Issue 5, pp. 2531-2533. (2003)

Reed, B. C., Photometry and Spectroscopy for Luminous Stars (Reed 2005), VizieR On-line Data Catalog: V/125. (2005)

Samus, N. N.; Durlevich, O. V.; et al., Combined General Catalogue of Variable Stars (Samus+ 2004), VizieR On-line Data Catalog: II/250. (2004)

Strom, S. E.; Wolff, S. C.; Dror, D. H. A., B Star Rotational Velocities in h and χ Persei: A Probe of Initial Conditions during the Star Formation Epoch?, The Astronomical Journal (AJ), Vol. 129, Issue 2, pp. 809-828. (2005)

Struve, O., The International Astronomical Union, Sky and Telescope (S&T), volume 14, page 492. (1955)

Struve, O., The Evolution of Close Binary Stars, Sky and Telescope (S&T), volume 15, page 64. (1955)

Szymanski, M.; Udalski, A.; Kubiak, M.; Kaluzny, J.; Mateo, M.; Krzeminski, W., The Optical Gravitational Lensing Experiment. The General Catalog of Stars in the Galactic Bulge. I. The Stars in the Central Baade's Window OGLE Field BWC, Acta Astronomica, v.46, pp.1-8, (1996).

Szymanski, M.; Udalski, A.; Kubiak, M.; Kaluzny, J.; Mateo, M.; Krzeminski, W., VizieR On-line Data Catalog: I/244A., (1997)

Tanrıver, M., Demircan, O., Erken Tür Bileşenlere Sahip EM Cep ve V745 Cas Sistemlerindeki Rüzgar Geometrisi, XVI.Ulusal Astronomi Kongresi, cilt 1, syf:81-114, (2008).

Tanrıver, M., OB Bileşenli Etkileşen Çift Yıldızlarda Rüzgar Yapısı, Ankara Üniv.Fen Bil.Ens., Doktora Tezi, (2005)

Underhill, A. B., About the stage of evolution of Wolf-Rayet stars, Astrophysical Journal (ApJ), Part 1 (ISSN 0004-637X), vol. 383, p. 729-738. (1991)

Underhill, A. B., Relationships Between Luminous Blue Variable, Of; and Wolf-Rayet Stars, Massive Stars: Their Lives in the Interstellar Medium, ASP Conference Series; Vol. 35; J.P. Cassinelli and E.B. Churchwell; Eds., p.242 (1993)

van Rensbergen, W.; de Loore, C.; Jansen, K., Evolution of interacting binaries with a B type primary at birth, Astronomy and Astrophysics (A&A), Vol 446, 3, pp.1071-1079 (2006)

Walborn, Nolan R.; Fitzpatrick, Edward L., Contemporary optical spectral classification of the OB stars - A digital atlas, Astronomical Society of the Pacific, Publications (PASP) (ISSN 0004-6280), vol. 102, p. 379-411. (1990)

Walborn, N. R.; Fitzpatrick, E. L., Atlas of Optical Spectral Classification OB Stars (Walborn+ 1990), VizieR On-line Data Catalog: III/195., (1997)

Wilson, R. E.; Devinney, E. J., Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni, Astrophysical Journal (ApJ), vol. 166, p.605 (1971)

Wood, D. B., An analytic model of eclipsing binary star systems., Astronomical Journal (AJ), Vol. 76, p. 701 – 710, (1971).

6. EKLER

EK.1. Tanriver M., "Bazı Güneş Benzeri Çift Yıldızların Fotometresi: AZ Vir", Recent Advances in Astrophysics Symposium: The inorganic machines of the Universe, İSTANBUL, TÜRKIYE, 19-21 Eylül 2016, Sözlü Bildiri

GÜNEŞ BENZERİ YILDIZLARIN FOTOMETRİK ANALİZLERİ : AZ VIR

DOÇ.DR. MEHMET TANRIVER

Erciyes Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

Özet:

Güneş, gökyüzünde nokta kaynak olmadığı için fotometrik parlaklığını, rengini, renk ölçeğini elde etmek çok zordur. Bu çalışmada Güneşin UBVRI ve infrared fotometrik parlaklıklarını, rengini ve renk ölçeklerini dolaylı yollardan elde ettik. Bunun için literatürdeki son 50-60 yıllık çalışmalardan Güneş ve Güneş benzeri yıldızların parlaklıkları listesi elde edilerek, amaç için bu liste kullanılmıştır. Sonrasında Güneşe ait renk ölçekleri elde edilmiştir. Bu değerler kullanılarak, ASAS veri tabanından AZ Vir değişen yıldızının fotometrik analizi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş, Güneş benzeri yıldızlar, AZ Vir, temel parametreler

Giriş:

Bize en yakın yıldız olduğundan dolayı Güneş, çok daha sönük yıldızlar ile (onu-Güneşi) karşılaştıramayacak kadar çok parlak bir yıldızdır. Nokta bir kaynak olmadığından dolayı, diğer yıldızları gözlemek için kullanılan fotometrik gözlemsel teknikler güneşe uygulanamadığından, astronomik çalışmalar için doğrudan ölçümlerle farklı bandlarda / filtrelerde kesin renklerini çıkarmak / elde etmek kolay değildir.

Günümüze kadar konu ile ilgili çalışmaların çoğu dolaylı yollara/metodlara dayanıyor. Güneş rengini çıkarmanın dolaylı yollarından biri güneş ile çok benzer özelliklere sahip olan güneş benzeri veya solar analog yıldızların ya da solar twin yıldızların renklerinin ortalamasını almaktır. Literatürde “Solar type”, “Solar-like”, “Sun-like”, “Solar analog”, “Solar twin” gibi kelimelerle karşılaşmaktayız.

Güneş astrofiziksel fotometrik özellikleri doğrudan ölçülen hemen hemen tüm temel parametreleri (kütle, kim komp, yaş, etk sıcaklık, yarıçap, ışınım gücü-luminosite, magnetohidrodinamik yapı, atm hız alanları, iç yapısı, magnetik alan, yüzey gravity, dönme hızı, ve krom etk seviyesi, …) en iyi doğrulukta bilinen soğuk cüce bir yıldızdır. Güneş, fiziksel parametreleri doğrudan ölçülebilir olduğundan dolayı astronomide önemli ve faydalı referanslara hizmet etmektedir/ediyor. Güneş, anakol üzerinde ortalama-düşük kütleli bir yıldızdır. Bize en yakın yıldız olduğundan dolayı, çok daha sönük yıldızlar ile onu (güneşi) karşılaştıramayacak kadar çok parlak bir yıldızdır.

Nokta bir kaynak olmadığından dolayı, diğer yıldızları gözlemek için kullanılan fotometrik gözlemsel teknikler güneşe uygulanamadığından, astronomik çalışmalar için doğrudan ölçümlerle farklı bandlarda kesin renklerini çıkarmak / elde etmek kolay değildir.

Farklı bandlarda güneşin renkleri ve mutlak parlaklıkları, yıldız astrofiziği, galaktik ve extragalaktik astronominin geniş bir aralığı için doğal bir kalibrasyon noktası olmaktadır. Sonuç olarak Güneş, bir çok astronomik kalibrasyonlarda temel standart kaynak olarak kullanılmaktadır. Farklı çalışmalar farklı değerler çıkardığından dolayı güneşin fotometrik değerleri hakkında anlaşmazlık günümüze kadar devam etmektedir.

Güneşin renklerinin çıkarılması için solar-type (güneş türü) yıldızların kullanılması uzun ve asil bir tarihsel geçmişe sahiptir. Güneşe benzeyen yıldızların (Solar analog yıldızların) araştırması **Hardrop (1978, 1980ab)** un makalesiyle başladı ve daha sonra bu yıldızların alt alanları gelişti.

Nokta kaynak olarak Güneşi gözleme imkansızlığından dolayı, Literatürde bir çok araştırmacı, Güneşin fotometrik renk ölçekleri araştırması ile meşgul olmuşlardır. **Cayrel de Strobel** *ve diğer araştırmacılar*, **solar-like , solar analog** ve **solar twin** terimlerini önerdiler ve ayrıntılı tanımlarını vermişlerdir.

Böylelikle Güneşe benzerliğe göre yıldızlar **"solar-like stars", "solar analogs"** ve **"solar twins"** olarak 3 alt gruba ayrılmış oldu **(Cayrel de Strobel & Bentolila 1989, e.g. Secchi 1868; Cayrel de Strobel, 1996; Soderblom & King, 1998, Meléndez, J., et.al., 2010)**. Çoğu çalışmada güneş renklerini çıkarmak için ya solar-type yada solar analog yıldızları kullanılmıştır. Bir çok yazar, erken G-türü cüce yıldızlar arasında solar analogları araştırmışlardır **(Secchi 1868, Pettit & Nicholson, 1928; Kuiper 1938; Stebbins &Whitford. 1945; Stebbins & Kron, 1957; Johnson, 1962; Kron. 1963; van den Bergh. 1965; Croft etal., 1972; Olsen, 1976; Schuster. 1976; Barry etal., 1978; Hardorp, 1978, 1980a, b; Clements & Netft, 1979; Cayrel deStrobel et al., 1981; Meléndez, J., et.al., 2010 Casagrande et al., 2010). Solar twin** yıldızlar, ilk kez **Cayrel de Strobel & Bentolila (1989),** tarafından tanımlandı ve araştırması yapıldı. Güneş benzeri yıldızlar, **solar analog** ve **solar twin** tanımları literatürde bir çok yazar tarafından tanımlanmıştır ve çalışılmıştır.

Solar-type / Sun-like stars (Güneş türü / Güneş benzeri yıldızlar)

Sun-like stars (Güneş benzeri yıldızlar), tipik olarak B-V renkleri güneşe/inkine benzeyen geç F ile erken K yıldızlarıdır (**Holmberg, J., et.al., 2006, Meléndez, J., et.al., 2010)**.

Bu yıldızlar, geniş aralıkta Güneş'e benzeyen yıldızlardır. Bunlar B-V renk ölçekleri 0,48 ile 0,80 arasında olan anakol yıldızlarıdır. Tayf türlerine bağlı bir tanımlama kullanıldığında tayf türleri, F8V den K2V'e kadar uzanmaktadır. Bu tayf türlerine uygun B-V renk ölçekleri 0,5 ile 1,00 arasındadır. Bu tanımlama yıldızların yaklaşık %10'unu kapsamaktadır.

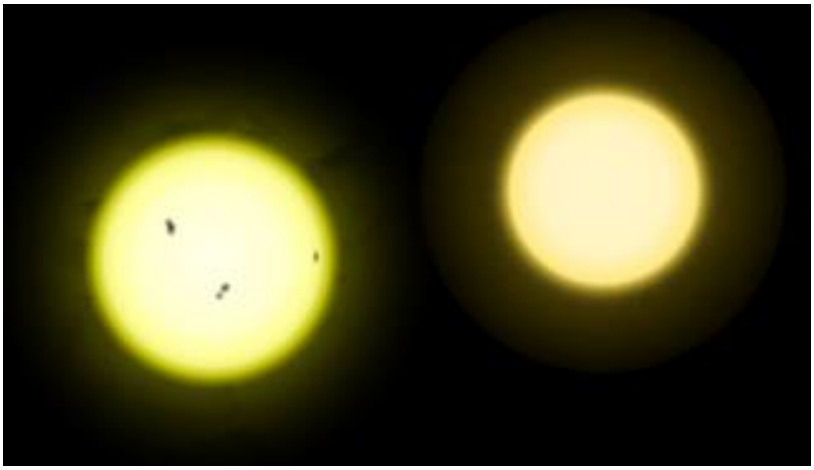
Güneş türü yıldızlar dönme oranları ile kromosferik etkinlik (Kalsiyum H ve K emisyon çizgileri) ve koronal etkinlik (X-ışın salma çizgileri) arasında yüksek oranda bir ilişki göstermektedir. Çünkü Güneş türü yıldızlar, manyetik frenlemeden dolayı anakol yaşam süreleri boyunca dönmeleri yavaşlamaktadır, bu ilişkiler yaklaşık yaşlarını elde etmeye imkan veriyor. Mamajek & Hillenbrand (2008), Kromosferik etkinliklerine (Kalsiyum H ve K emisyon çizgileri üzerinden ölçümlerden) dayalı Güneşten 16 pc içerisinde yer alan 108 Güneş türü (F8V-K2V) anakol yıldızı için yaşlarını tahmin etmişlerdir.

Aşağıdaki tablo 50 ışık yılı içindeki Güneş türü yıldızların bir örneğini göstermektedir.

Tablo.1. Güneş türü yıldız örnekleri

Yıldız	**J2000 Koordinatları**		**Uzaklık (IşıkYılı)**	**Tayf türü**	**Sıcaklık (K)**	**Metallisite (dex)**
	Sağ açıklık	**Dik açıklık**				
Epsilon Eridani	$03^h\ 32^m\ 55.8^s$	−09° 27′ 29.7″	10.5	K2V	5153	−0.11
Tau Ceti	$01^h\ 44^m\ 04.1^s$	−15° 56′ 15″	11.9	G8V	5344	–0.52
40 Eridani A	$04^h\ 15^m\ 16.3^s$	−07° 39′ 10″	16.5	K1V	5126	–0.31
82 Eridani	$03^h\ 19^m\ 55.7^s$	−43° 04′ 11.2″	19.8	G8V	5338	–0.54
Delta Pavonis	$20^h\ 08^m\ 43.6^s$	−66° 10′ 55″	19.9	G8IV	5604	+0.33
HR 7722	$20^h\ 15^m\ 17.4^s$	−27° 01′ 59″	28.8	K2V	5166	−0.04
Gliese 86 A	$02^h\ 10^m\ 25.9^s$	−50° 49′ 25″	35.2	G9V	5163	−0.24
54 Piscium	$00^h\ 39^m\ 21.8^s$	+21° 15′ 02″	36.1	K0V	5129	+0.19
V538 Aurigae	$05^h\ 41^m\ 20.3^s$	+53° 28′ 51.8″	39.9	K1V	3500–	−0.20
HD 14412	$02^h\ 18^m\ 58.5^s$	−25° 56′ 45″	41.3	G5V	5432	−0.46
HR 4587	$12^h\ 00^m\ 44.3^s$	−10° 26′ 45.7″	42.1	G8IV	5538	0.18
HD 172051	$18^h\ 38^m\ 53.4^s$	−21° 03′ 07″	42.7	G5V	5610	−0.32
72 Herculis	$17^h\ 20^m\ 39.6^s$	+32° 28′ 04″	46.9	G0V	5662	−0.37

HD 196761	$20^h\ 40^m\ 11.8^s$	−23° 46′ 26″	46.9	G8V	5415	−0.31
Nu² Lupi	$15^h\ 21^m\ 48.1^s$	−48° 19′ 03″	47.5	G4V	5664	−0.34



Şekil.1. Güneş benzeri Tau Ceti (sağda) yıldızının Güneş (solda) ile karşılaştırılması.

Güneş benzeri Tau Ceti (sağda) yıldızının Güneş (solda) ile karşılaştırılması. Güneşe benzemektedir, ama Güneşten biraz küçük ve daha az aktif bir yıldızdır.

Solar analog

Solar analoglar güneş ile aynı fotometrik özelliklere sahip yıldızlardır. Bu yıldızların taysal enerji dağılımları güneşininkine benzerdir. Temel fiziksel parametreleri güneşe benzer olan yıldızlardır; (*Kütle, yaş, Tayf türü, etkin sıcaklık, lüminosite, çekim ivmesi, kim.komp., lityum bolluğu, atms hız alanları, magn alan, krom etkinlik*). Bu yıldızların renk indisleri, Güneşin renk indisine yakın olmalıdır. **Solar analoglar**, genelde güneş ile benzer özelliğe sahip yıldızlardır. **Solar analogları Meléndez, J., et.al., 2010 G0-G5** cüce yıldızları olarak belirtmişlerdir (**Galeev, A. I., et.al., 2004, Mello, G. F. P. and Silva, L., 1997,** Farnham, T. and Schleicher, D., 1997**). (Holmberg, J., et.al., 2006,, Y. Chmielewski, 1981).** (Friel, E. D., 1997, (**V. Straižys and G. Valiauga, 1994).** (**D. R. Soderblom & J. R. King, 1997).**

Bu yıldızlar aşağıdaki niceliklere sahip Güneş'e fotometrik olarak benzeyen yıldızlardır. Güneşinkinden (yaklaşık 5200 ile 6300 K) 500 K içerisinde yer alan sıcaklıktaki yıldızlardır. Güneşinkinden %50-%200 (± 0.3 dex) li metalisiteye sahip olan yıldızlardır. Gezegen oluşumunda toz miktarları aynı/benzer olan yıldızın protogezegen diski anlamındadır. Yakın bileşen yıldızı yoktur (10 gün den daha küçük yörünge dönemli), çünkü böyle bir bileşen yıldız etkinliği göstermektedir. Daha

sıkı Solar twin (Güneş ikizi) kriterlerine içerisinde yer almayan Solar analoglar, 50 IY ve artan uzaklık içinde aşağıdaki tabloda yer alıyorlar.

Tablo.2. Solar analog yıldızları

Yıldız	J2000 Koordinatları		Uzaklık (IY)	Tayf türü	Sıcaklık (K)	Metallisite (dex)
	Sağ açıklık	Dik açıklık				
Alpha Centauri A	$14^h\ 39^m\ 36.5^s$	−60° 50′ 02″	4.37	G2V	5,847	+0.24
Alpha Centauri B	$14^h\ 39^m\ 35.0^s$	−60° 50′ 14″	4.37	K1V	5,316	+0.25
70 Ophiuchi A	$18^h\ 05^m\ 27.3^s$	+02° 30′ 00″	16.6	K0V	5,314	−0.02
Sigma Draconis	$19^h\ 32^m\ 21.6^s$	+69° 39′ 40″	18.8	K0V	5,297	−0.20
Eta Cassiopeiae A	$00^h\ 49^m\ 06.3^s$	+57° 48′ 55″	19.4	G0V	5,941	−0.17
107 Piscium	$01^h\ 42^m\ 29.8^s$	+20° 16′ 07″	24.4	K1V	5,242	−0.04
Beta Canum Venaticorum	$12^h\ 33^m\ 44.5^s$	+41° 21′ 27″	27.4	G0V	5,930	−0.30
61 Virginis	$13^h\ 18^m\ 24.3^s$	−18° 18′ 40″	27.8	G5V	5,558	−0.02
Zeta Tucanae	$00^h\ 20^m\ 04.3^s$	–64° 52′ 29″	28.0	F9.5V	5,956	−0.14
Chi¹ Orionis A	$05^h\ 54^m\ 23.0^s$	+20° 16′ 34″	28.3	G0V	5,902	−0.16
Beta Comae Berenices	$13^h\ 11^m\ 52.4^s$	+27° 52′ 41″	29.8	G0V	5,970	−0.06
HR 4523 A	$11^h\ 46^m\ 31.1^s$	–40° 30′ 01″	30.1	G5V	5,629	−0.29
61 Ursae Majoris	$11^h\ 41^m\ 03.0^s$	+34° 12′ 06″	31.1	G8V	5,483	−0.12
HR 4458 A	$11^h\ 34^m\ 29.5^s$	–32° 49′ 53″	31.1	K0V	5,629	−0.29
HR 511	$01^h\ 47^m\ 44.8^s$	+63° 51′ 09″	32.8	K0V	5,333	+0.05
Alpha Mensae	$06^h\ 10^m\ 14.5^s$	–74° 45′ 11″	33.1	G5V	5,594	+0.10
Zeta1 Reticuli	$03^h\ 17^m\ 46.2^s$	−62° 34′ 31″	39.5	G3–5V	5,733	−0.22
Zeta² Reticuli	$03^h\ 18^m\ 12.8^s$	−62° 30′ 23″	39.5	G2V	5,843	−0.23
55 Cancri	$08^h\ 52^m\ 35.81^s$	+28° 19′ 51″	40.3	G8V	5,235	+0.25
HD 69830	$08^h\ 18^m\ 23.9^s$	−12° 37′ 56″	40.6	K0V	5,410	−0.03
HD 10307	$01^h\ 41^m\ 47.1^s$	+42° 36′ 48″	41.2	G1.5V	5,848	−0.05
HD 147513	$16^h\ 24^m\ 01.3^s$	−39° 11′ 35″	42.0	G1V	5,858	+0.03
58 Eridani	$04^h\ 47^m\ 36.3^s$	−16° 56′ 04″	43.3	G3V	5,868	+0.02
Upsilon Andromedae A	$01^h\ 36^m\ 47.8^s$	+41° 24′ 20″	44.0	F8V	6,212	+0.13
HD 211415 A	$22^h\ 18^m\ 15.6^s$	–53° 37′ 37″	44.4	G1–3V	5,890	−0.17
47 Ursae Majoris	$10^h\ 59^m\ 28.0^s$	+40° 25′ 49″	45.9	G1V	5,954	+0.06
Alpha Fornacis A	$03^h\ 12^m\ 04.3^s$	−28° 59′ 21″	46.0	F6V	6,275	−0.19
Psi Serpentis A	$15^h\ 44^m\ 01.8^s$	+02° 30′ 55″	47.9	G5V	5,636	−0.03
HD 84117	$09^h\ 42^m\ 14.4^s$	–23° 54′ 56″	48.5	F8V	6,167	−0.03
HD 4391	$00^h\ 45^m\ 45.6^s$	–47° 33′ 07″	48.6	G3V	5,878	−0.03
20 Leonis Minoris	$10^h\ 01^m\ 00.7^s$	+31° 55′ 25″	49.1	G3V	5,741	+0.20
Nu Phoenicis	$01^h\ 15^m\ 11.1^s$	–45° 31′ 54″	49.3	F8V	6,140	+0.18
51 Pegasi	$22^h\ 57^m\ 28.0^s$	+20° 46′ 08″	50.9	G2.5IVa	5,804	+0.20

Solar twin (Güneş ikizi)

Solar twin (Güneş ikizi), güneşe oldukça çok benzeyen yıldızlardır. Güneş ile aynı renge sahip olan yıldızlar "**solar twins (Güneş ikizi)**" olarak ifade edilmektedir. **Chmielewski, 1981,** Güneşin Renk ölçeklerini $(B\text{-}V)_{\odot}$ **= 0.665 and** $(U\text{-}B)_{\odot}$ **= 0.20** olarak vermiştir. Güneş ile hemen hemen aynı tayfa sahip olan yıldızlardır. Bu yıldızların taysal enerji dağılımları güneşininki ile aynı olmalıdır. Güneş ile aynı fiziksel parametrelere sahip olmalıdır: (*etkin sıcaklık, kütle, yaş, luminosite, çekim ivmesi, kimyasal kompozisyon, atmosferik hız alanları, magnetik alan, kromosferik etkinlik)*. Farklı fotometrik sistemlerde bir yıldızın renk indisi, Güneşin renk indisi ile aynı olan yıldızlardır. Güneşe çok benzer fotometrik özelliklere sahip solar–type yıldızlarıdır. Spektroskopik olarak güneşe benzeyen yıldızlardır**.**

Solar twin (Güneş ikizi) yıldızlar Güneş özelliklerinden pek fazla ayrılmayan yıldızlardır. Solar analoglar içinde güneşe çok daha yakın olan, çok daha benzer özellikte olan yıldızlardır (**D. R. Soderblom & J. R. King, 1997)**. (**Meléndez, J., et.al., 2010, Hall, J. C. and Lockwood, G. W., 2000, Mello, G. F. P. and Silva, L., 1997**). (**Y. Chmielewski, 1981)** (**Bazot, M., et.al., 2010, GLUSHNEVA,** I. N.**, et.al., 2000)** (**GLUSHNEVA,** I. N.**, et.al., 2002, ZHAO ZhengShi, et.al., 2009, GLUSHNEVA,** I. N.**, et.al., 1999,** (**GLUSHNEVA,** I. N.**, et.al., 2000, GLUSHNEVA,** I. N.**, et.al., 1999).**

Bu yıldızlar aşağıdaki niceliklere sahip olan Güneşe halen daha çok benzeyen yıldızlardır. Güneşinkinden (yaklaşık 5720 ile 5830 K) 50 K içerisinde yer alan sıcaklıktaki yıldızlardır. Güneşinkinden %89-%112 (± 0.05 dex) li metalisiteye sahip olan yıldızlardır. Gezegen oluşumunda tamamen aynı toz miktarları sahip olan proplyd yıldız anlamındadır. Güneşin yaşından (yaklaşık 3,5 ile 5,6 Milyar yıl yaş) 1 milyar yıl içinde kalan bir yaşa sahip olan yıldızlardır. Bir Solar twin (Güneş ikizi) için son derece tatmin edici şekilde kriterlere oldukça yakın olarak bilinen yıldızlar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Karşılaştırmak için Güneş de listeye eklenmiştir).

Tablo.3. Solar twin (Güneş ikizi) yıldızlar

Yıldız	**J2000 Koordinalar**		**Uzaklık (IY)**	**Tayf türü**	**Sıcaklık (K)**	**Metallisite (dex)**	**Yaş (Gyıl)**
	Sağ açıklık	**Dik açıklık**					
Sun	—	—	0.00	G2V	5,778	+0.00	4.6
18 Scorpii	$16^h\ 15^m\ 37.3^s$	–08° 22′ 06″	45.1	G2Va	5,790	−0.03	5.0
HD 9986	$01^h\ 37^m\ 40.9^s$	+12° 04′ 42″	84	G2V	5,785	+0.09	3.4
HD 150248	$16^h\ 41^m\ 49.8^s$	–45° 22′ 07″	88	G2	5,750	−0.04	6.2
HD 164595	$18^h\ 00^m\ 38.9^s$	+29° 34′ 19″	91	G2	5,810	−0.04	4.5
HD 195034	$20^h\ 28^m\ 11.8^s$	+22° 07′ 44″	92	G5	5,760	−0.04	2.9
HD 117939	$13^h\ 34^m\ 32.6^s$	–38° 54′ 26″	98	G3	5,730	−0.10	6.1
HD 138573	$15^h\ 32^m\ 43.7^s$	+10° 58′ 06″	101	G5IV-V	5,760	+0.00	5.6
HD 71334	$08^h\ 25^m\ 49.5^s$	−29° 55′ 50″	124	G2	5,770	−0.06	5.1

HD 98649	$11^h\ 20^m\ 51.769^s$	–23° 13′ 02″	137	G3	5,770	−0.02	4.7
HD 134664	$15^h\ 12^m\ 10.4^s$	–30° 53′ 11″	140	G3	5,810	+0.13	2.6
HD 143436	$16^h\ 00^m\ 18.8^s$	+00° 08′ 13″	141	G0	5,768	+0.00	3.8
HD 129357	$14^h\ 41^m\ 22.4^s$	+29° 03′ 32″	154	G2V	5,749	−0.02	8.2
HD 118598	$13^h\ 38^m\ 13.7^s$	−23° 41′ 20″	160	G2	5,800	+0.02	4.3
HD 133600	$15^h\ 05^m\ 13.2^s$	+06° 17′ 24″	171	G0	5,808	+0.02	6.3
HD 115382	$13^h\ 16^m\ 48.4^s$	+12° 24′ 56″	176	G1	5,780	−0.08	6.1
HD 101364	$11^h\ 40^m\ 28.5^s$	+69° 00′ 31″	208	G5V	5,795	+0.02	3.5
BD +15	$18^h\ 07^m\ 18.6^s$	+15° 56′ 46″	209	G2	5,785	0.07	3.8
HD 197027	$20^h\ 41^m\ 54.6^s$	–27° 12′ 57″	250	G3V	5,723	−0.013	8.2
YBP 1194	$08^h\ 51^m\ 00.8^s$	+11° 48′ 53″	2934	G5V	5,780	+0.023	4.2

Literatürde bir çok yazarın güneşin renk ölçekleri üzerine çalışmaları vardır. Bazı yazarlar ilk zamanlarda güneşin B-V renk ölçekleri üzerine araştırmalar yapmıştır. Bazıları ise son zamanlarda güneşin infrared renk ölçekleri üzerine çalışmalar da yapmıştır. Bir çok araştırmacı, en iyi **solar analog** bölgesinin B-V renginin, 0,55 < B-V < 0,75 olduğunu belirtmişlerdir. **Solar twins (Güneş ikizi)** için önerilen renk ölçekleri $(B\text{-}V)_\odot$ **= 0.665 ve** $(U\text{-}B)_\odot$ **= 0.20** olarak verilmiştir.

(ZHAO ZhengShi, et.al., 2009), sun-like, solar analog ve solar twin (Güneş ikizi) yıldızların renklerinin ortalaması alınarak, **Güneşin renginin**, 0,62 den 0,65 e kadar aralıkta değiştiğini belirtmişlerdir **(Hardorp 1978; Wamstecker 1981; Cayrel de Strobel 1996; Sekiguchi &Fukugita 2000; Soubiran & Triaud 2004; Ramirez& Meléndez 2005; Holmberg et al. 2006; Pasquini et al. 2008).**

(M. Fracassini, et.al., 1985),

solar type yıldızları (ST); **U-B = 0.20** ± 0.02 and **B-V = 0.66** ± 0.01**,** olan yıldızlar;

solar analog yıldızları (SA); **0.07** ≤ **U-B** ≤ **0.28** and **0.62** ≤ **B-V** ≤ **0.71,** olan yıldızlar;

solar adayı yıldızları (SC); **0.02** ≤ **U-B** ≤ **0.38** and **0.41** ≤ **B-V** ≤ **0.80** arasında olan yıldızlar olarak belirlemişlerdir / düşünmüşlerdir.

0.58 ≤ **B-V** ≤ **0.65,** renk aralığı, **ST** (Solar type / Güneş türü) yıldızları için en uygun tayfsal renk aralığı olarak ifade etmişlerdir / düşünmüşlerdir. **(King J. R., et.al., 2005**) **solar twin (Güneş ikizi)** adaylarının **0.63 ≤ (B - V) ≤ 0.66,** aralığında olan yıldızlar olduklarını belirtmişlerdir. Pratikte, **Cayrel de Strobel (1996)** (ve **Neckel 1986a, b, c**), **solar-like** (güneş benzeri) yıldızları B-V de 0,48 ile 0,80 aralığında tanımlamışlardır. (**Soderblom, D. R., & King, J. R., 1997)** çalışmalarında **solar-like** (güneş benzeri) yıldızları, **F8V** ile **K2V** arasında ve B-V renginide 0,5 ile 1,00 aralığında tanımlamışlardır

Güneşin renk indisinin tahmin edilmesi.

Bu çalışmada **Meléndez, J., et.al., 2010**'in belirttiği solar analoglar için geçerli olan tayf türü (G0-G5) aralığı sınır olarak alınmıştır. Literatürde 1964 yılından bugüne kadar güneşin ve G0 - G5 tayf türü arasında olan güneş benzeri yıldızların renk ve renk ölçeği bilgileri toplanmıştır. Günümüze kadar konu ile ilgili 60 tane makale taranmıştır.

Günümüze kadar konu ile ilgili çalışmaların çoğu dolaylı yollara /metodlara dayanırken, doğrudan veya kısmen doğrudan yollar/metodlar/yöntemler şimdiye kadar birkaç çalışmada yer aldı. Güneş rengini çıkarmanın dolaylı yollarından biri güneş ile çok benzer özelliklere sahip olan ***güneş benzeri veya solar analog yıldızların renklerinin ortalamasını almaktır.*** Bu yöntem güneşin doğrudan ölçümlerine ihtiyaç duymaz/gerek duymaz/gerekmez/gerek yoktur ve teorik yıldız modellerine dayanmaz/dayanmamaktadır. Bu metotda en önemli nokta, Güneşe gerçekten benzer olan yıldızları seçmektir **(ZHAO ZhengShi, et.al., 2009) (Hardorp 1978; Wamstecker 1981; Cayrel de Strobel 1996; Sekiguchi &Fukugita 2000; Soubiran & Triaud 2004; Ramirez& Meléndez 2005; Holmberg et al. 2006; Pasquini et al. 2008).**

Bu nedenle biz literatürdeki önceki çalışmalarda bulunan solar twin (Güneş ikizi) ve solar analog adaylarını topladık, ve bu solar twinlerin (Güneş ikizi) fotometrik renklerinden güneşin rengini tahmin ettik. Solar twin (Güneş ikizi) yıldızlar, tüm fiziksel parametrelerde güneş ile aynı (ideal olarak) olan ve renkleri güneşe çok benzeyen yıldızlar olduğundan dolayı en iyi seçimdir.

Literatürden toplanan Sun (Güneş), sun-like (Güneş benzeri), solar analog ve solar twin (Güneş ikizi) yıldızlarına ait renkler **aşağıdaki tabloda** verilmiştir.

1. sütun (ref*); literatürde yararlanılan kaynakları, **2. Sütun;** kaynakların makalelerinde kullandıkları güneş ve güneş benzeri yıldızların isimlerini, **3. Sütun;** yıldızların tayf türlerini ve **diğer sütunlarda** sırasıyla B-V, U-B, U-V, V-R, V-I, V-J, V-H, V-K, V-L, V-M, R-I, J-H, H-K, J-K, J-L, J-M, K-L ve K-M renklerini göstermektedir.

Tablo.4. Literatürden toplanan güneş, solar analog ve solar twin yıldızlarının renk ölçeği değerleri.

Ref*	sou	SpT	B-V	U-B	U-V	V-R	V-I	V-J	V-H	V-K	V-L	V-	R-I	J-H	H-K	J-K	J-	J-M	K-	K-M
G64	sun	G2V	0,68	0,15	0,83															
G64	sun	G2V	0,63	0,15	0,78															
B65	sun	G2V	0,65																	
B65	sun	G2V	0,62																	
B65	sun	G2V	0,62																	
B65	sun	G2V	0,64	0,10	0,74															
B65	sun	G2V	0,67																	
B65	sun	G2V	0,67																	
B65	sun	G2V	0,68																	

B65	sun	G2V	0,65																
B65	sun	G2V	0,65	0,15	0,80														
B65	sun	G2V	0,65																
J70	HD	G2V										0,33							
J70	HD	G2V										0,32							
J70	HD	G2V										0,34							
J70	HD	G2V										0,33							
N86	HD	G2V	0,62	0,09	0,71														
SF87	HD	G2,5	0,64	0,06	0,70	0,54	0,88					0,34							
SF87	HD	G2,5						1,12	1,43	1,53	1,55	1,41		0,31	0,10	0,41	0,4	0,29	0,0	-0,12
SF87	HD	G2,5	0,64	0,06	0,70	0,54	0,88	1,12	1,43	1,53	1,55	1,41	0,34	0,31	0,10	0,41	0,4	0,29	0,0	-0,12
SF87	HD	G1V	0,60	0,00	0,60	0,49	0,83						0,34							
SF87	HD	G1V						1,07	1,34	1,42	1,47	1,28		0,27	0,08	0,35	0,4	0,21	0,0	-0,14
SF87	HD	G1V	0,60	0,00	0,60	0,49	0,83	1,07	1,34	1,42	1,47	1,28	0,34	0,27	0,08	0,35	0,4	0,21	0,0	-0,14
SF87	HD	G2V	0,64	0,08	0,72															
SF87	HD	G1V	0,60	0,01	0,61															
SF87	zeta	G0I	0,65	0,21	0,86															
R87	sun	G2V	0,63										0,32							
R87	HD	G2V	0,66			0,37	0,70						0,34							
C10	HD		0,64			0,36	0,69	1,20	1,45	1,53			0,34	0,25	0,07	0,32				
C10	HD		0,75					1,22	1,51	1,62				0,29	0,10	0,39				
C10	HD		0,74			0,41	0,78	1,33	1,64	1,72			0,37	0,31	0,08	0,38				
C10	HD		0,63			0,34	0,67	1,15	1,35	1,45			0,33	0,19	0,11	0,30				
C10	HD		0,76					1,30	1,57	1,64				0,27	0,07	0,34				
C10	HD		0,65			0,37	0,73	1,19	1,46	1,62			0,35	0,27	0,16	0,42				
C10	HD		0,70			0,38	0,73	1,26	1,58	1,69			0,36	0,31	0,11	0,43				
C10	HD		0,70			0,38	0,73	1,21	1,57	1,68			0,36	0,36	0,11	0,47				
C10	HD		0,68					1,35	1,67	1,73				0,33	0,06	0,39				
C10	HD		0,60			0,33	0,64	1,07	1,32	1,43			0,31	0,25	0,11	0,36				
C10	HD		0,67			0,37	0,71	1,19	1,50	1,57			0,34	0,30	0,08	0,38				
C10	HD		0,76					1,36	1,66	1,74				0,30	0,08	0,39				
C10	HD		0,69			0,39	0,75	1,30	1,63	1,68			0,37	0,33	0,06	0,39				
C10	HD		0,60					1,25	1,55	1,57				0,30	0,02	0,32				
C10	HD		0,69					1,18	1,51	1,59				0,33	0,08	0,41				

Ref*; G64; Gallouette (1964), B65; van den Bergh (1965), J70; Jacobsen (1970), F71; Fernie et al. (1971), C72; Croft et al. (1972), CN79; Clements and Neff (1979), C81; Chmielewski (1981), G81; Gehren (1981), CS81; Cayrel de Strobel (1981), TSK82; Tüg and Schmidt-Kaler (1982), T84; Taylor (1984), F85; Fracassini et al. (1985), N86; Neckel (1986), SF87; Da Silva and Foy (1987), R87; Rucinski (1987), BB88; Bessell and Brett (1988), CSB89; Cayrel de Strobel and Bentolila (1989), K91; Kornilov et al. (1991), G92; Gray (1992), F93; Friel et al. (1993), SV94; Straižys and Valiauga (1994), KH95; Kenyon and Hartman (1995), PMS97; Porto de Mello and da Silva (1997), T97; Taylor (1997), SK97; Soderblom and King (1997), G97; Guinan et al. (1997), GMS97; Giampapa (1997), CSF97; Cayrel de Strobel and Friel (1997), BV97; Burlov-Vasiljev et al. (1997), FS97; Farnham and Schleicher (1997), KM97; Kharitonov and Mironov (1997), B98; Bessell et al. (1998), R98; Radick et al. (1998), GS98; Glushneva and Shenavrin (1998), SF00; Sekiguchi and Fukugita (2000), GBSR00; Glushneva et al. (2000), HL00; Hall and Lockwood (2000), KK00; Knyazeva and Kharitonov (2000), GSR00; Glushneva et al. (2000), L00; Lebzelter (2000), D02; Ducati (2002), G02; Glushneva et al. (2002), M02; Martin et al. (2002), M03; Metlov (2003), KM03; Kidger and Martin-Luis (2003), G04; Galaev et al. (2004), RM05; Ramírez and Meléndez (2005), K05; King et al. (2005), S05; Stritzinger et al. (2005), C06; Casagrande et al. (2006), H06; Holmberg et al. (2006), L06; Leggett et al. (2006), H07; Hall et al. (2007), L07; Lockwood et al. (2007), T07; Takeda et al. (2007), ST08; Soubiran and Triaud (2008), P08; Pasquini et al. (2008), SL09; Straižys and Lazauskaitė (2009), Z10; Zhao et al. (2010), Ö10; Önehag et al. (2010), C10; Casagrande et al. (2010).

Tabloda (Tablo.4.) verilen veriler/değerler kullanılarak G2 tayf türüne karşılık gelen renk ölçeklerinin ortalaması alınmıştır. Buna göre güneş için ortalama renk ölçeği değerleri bulunmuştur. Bu değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo.5.).

Tablo.5. Güneşin elde edilen ortalama renk ölçeği değerleri.

B-V	0,6457	**V-J**	1,1413	**H-K**	0,0572
U-B	0,1463	**V-H**	1,4613	**J-K**	0,3777
R-I	0,3403	**V-K**	1,5210	**J-L**	0,4187
U-V	0,7926	**V-L**	1,5167	**J-M**	0,3711
V-R	0,4674	**V-M**	1,4621	**K-L**	0,0403
V-I	0,7053	**J-H**	0,3196	**K-M**	0,0063

Solar analog ve **solar twin** (Güneş ikizi) yıldızları için renk indisi değişim aralıkları benzer şekilde Tablo.4 den elde edilmiştir / belirlenmiştir. **G0** ve **G5** tayf türlerine karşılık gelen renklerin ortalaması dikkate alınarak, **solar analog**ların renk aralıkları belirlenmiştir (**solar analog** için geçerli olan renk indisi aralıkları bulunmuştur.) Aynı şekilde **solar twinler** için **G2** tayf türüne karşılık gelen veriler dikkate alınmıştır ve bunlar için uygun bir renk aralığı verilmiştir. **Solar analog** ve **solar twin** (Güneş ikizi) yıldızları için geçerli olan bu renk aralıkları aşağıdaki tabloda görülmektedir (Tablo.6-7).

Tablo.6. Elde edilen **solar analog** yıldızlarının renk ölçeği aralıkları.

0,482	≤	**B-V**	≤	0,84	;	0,816	≤	**V-J**	≤	1,5	;	-0,04	≤	**H-K**	≤	0,239
-0,06	≤	**U-B**	≤	0,33	;	1,1	≤	**V-H**	≤	1,895	;	0,242	≤	**J-K**	≤	0,53
0,195	≤	**R-I**	≤	0,4	;	1,14	≤	**V-K**	≤	1,955	;	0,34	≤	**J-L**	≤	0,64
0,43	≤	**U-V**	≤	1,04	;	1,33	≤	**V-L**	≤	1,84	;	0,21	≤	**J-M**	≤	0,5
0,3	≤	**V-R**	≤	0,65	;	1,28	≤	**V-M**	≤	1,65	;	-0,04	≤	**K-L**	≤	0,2
0,6	≤	**V-I**	≤	1,06	;	0,148	≤	**J-H**	≤	0,566	;	-0,13	≤	**K-M**	≤	0,13

Tablo 7. Elde edilen **solar twin** (Güneş ikizi) yıldızlarının renk ölçeği aralıkları.

0,6	≤	**B-V**	≤	0,692	;	0,99	≤	**V-J**	≤	1,296	;	-0,04	≤	**H-K**	≤	0,11
0,04	≤	**U-B**	≤	0,24	;	1,3053	≤	**V-H**	≤	1,64	;	0,2994	≤	**J-K**	≤	0,481
0,3	≤	**R-I**	≤	0,38	;	1,3386	≤	**V-K**	≤	1,7516	;	0,35	≤	**J-L**	≤	0,47
0,64	≤	**U-V**	≤	0,901	;	1,445	≤	**V-L**	≤	1,59	;	0,28	≤	**J-M**	≤	0,455
0,351	≤	**V-R**	≤	0,58	;	1,39	≤	**V-M**	≤	1,54	;	-0,04	≤	**K-L**	≤	0,12
0,68	≤	**V-I**	≤	0,7786	;	0,25	≤	**J-H**	≤	0,39	;	-0,06	≤	**K-M**	≤	0,065

Bizim **solar analoglar** için önerdiğimiz renk aralıkları, diğer araştırmacıların **solar analog** yıldızlar için belirtmiş oldukları renk aralıklarıyla uyumludur. Bizim güneş ve solar twin yıldızlar için elde

ettiğimiz sonuç renk aralıkları, literatürdeki renk aralıklarıyla çok iyi uyuşum içindedir/ uyumludur/ uygundur.

Güneşe en yakın solar twin yıldızı konusu astrofizikçiler için uzun yıllar ilginç bir konu olmuştur ve 1970 lerden beri "closest ever solar twin" en yakın Güneş ikizi için birkaç spesifik aday bulundu, bu yıldızlar üzerine literatürde bir çok çalışma vardır.

18 Sco (=HD 146233 = HIP 79672) HIP 78399 (=HD 143436) ve HD 98618 (=HIP 55459)

Ayrıca, ELODIE listesindekilerde (HD10145, HD159222, HD168009, HD186104, HD187123, HD42618, HD47309, HD5294, HD71148, HD76151, HD89269, HD95128) rapor edildi.

Önceki çalışmalarda güneşe çok benzeyen **solar twin** (Güneş ikizi) adayları belirtilmiştir. Dolayısıyla bu yıldızların renkleri de güneşin renkleriyle uygun olmalıdır. Literatürde güneşe en yakın çok benzeyen diğer önerilen **solar twin** (Güneş ikizi) adayları / yıldızları şunlardır:

HD10307 (=HR483) HD34411 (=l Aur), HD84737 (=HR3881)

HD29461, HD186427 (=16 Cyg B), HD44594, HD186408 (=16 Cyg A,

HD28099 (=VB64) HD213575 HD217014 (=51 Peg) HD193664 (=HR7783), BD+13 2311 A/B, HD6872 A/B, HD9518A, HD9518B, HD98744, HD98745 HD89010 HD195034 (=HIP100963) HD101364 (=HIP56948, Cl* NGC 2682 YBP 637, YBP1194, YBP1787

Bunlar arasından

HD186408 (%98), HD89010 (%95), HD213575 (%95), HD44594 (%95), HD159222 (%95), HD186427 (%95), HD146233 (%95), HD28099 (%95), HD76151 (%95), HD10307 (%95), HD84737 (%92), HD34411 (%92) **Solar twin** (Güneş ikizi) yıldızları bizim sonuçlarımıza uygun renkler göstermektedir.

Tablo.4 de listelenen yıldızlar arasından bizim sonuçlarımızla uygunluk gösteren diğer **solar twin** (Güneş ikizi) yıldızlar şunlardır:

HD1835 (%98), HD20630 (%95), HD20766 (%95), HD25680 (%95), GSC 3493- 432 (%92), GSC 4413- 304 (%92), HD141004 (%92), HD11131 (%92), HD86728 (%92), HD187923A (%92), HD109358 (%92,), HD1581 (%92)…….. bize göre bu yıldızlar, fotometrik olarak güneşe çok benzeyen en iyi **solar twin** (Güneş ikizi) yıldızlardır.

Aynı zamanda bu yıldızlar arasında güneş sistemimiz gibi gezegen barındıran sistemlerde olabilir. Ayrıca bu yıldızlar gezegen arayışımızda bize umut olacaklardır.

GÜNEŞ BENZERİ YILDIZ: AZ VIR

Bu çalışma AZ Vir güneş benzeri çift yıldızın fotometrik analizi üzerinedir. AZ Vir çift yıldızı ASAS kataloğunda yer almaktadır. AZ Vir, W Uma türü (EW/KW) türünde bir ışık değişimi göstermektedir. Işık eğrisi çözümü PHOEBE programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. AZ Vir etkileşen çift sisitem için lekesiz çözüm uygulanmıştır. Bileşen yıldızların HR diagramındaki konumları ayrıca verilmiştir.

Tablo.8. AZ Vir, fotometrik olarak Güneş benzeri bir çift yıldızdır. Sisteme ait genel bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

AZ Vir ASAS ID	**RA (2000)**	**DEC (2000)**	**Period [days]**	**To 2450000+**	**V [mag]**	**V Amp [mag]**	**Class**	
134326+0.436.9	13:43:26.0	04:36:54.0	0.349664	2125.8	10,75	0,55	EC	
J	**H**	**K**	**V-J**	**V-H**	**V-K**	**J-H**	**H-K**	**J-K**
9,58	9,32	9,24	1,17	1,43	1,51	0,49	0,08	0,34

ASAS kataloğundaki verilere göre yıldız kısa dönemli EC (Eclipsing Contact / değen) türünde tutulma gösteren bir değişendir. Güneş'e ait U, B, V, R, I, J, H ve K bandlarındaki parlaklıklar Tanrıver (2012, 2014) çalışmasından alınmıştır. Güneşin bu bandlardaki parlaklıklarına ait renkler aşağıda verilmiştir.

Tablo.9. Güneşe ait renkler

Güneş / Teff	**U-B**	**B-V**	**V-R**	**R-I**	**I-J**	**J-K**	**V-I**	**V-J**	**I-K**	**V-K**
5798-5948	0,1463	0,6457	0,4674	0,3403	0,436	0,3777	0,7053	1,1413	0,8157	1,5210

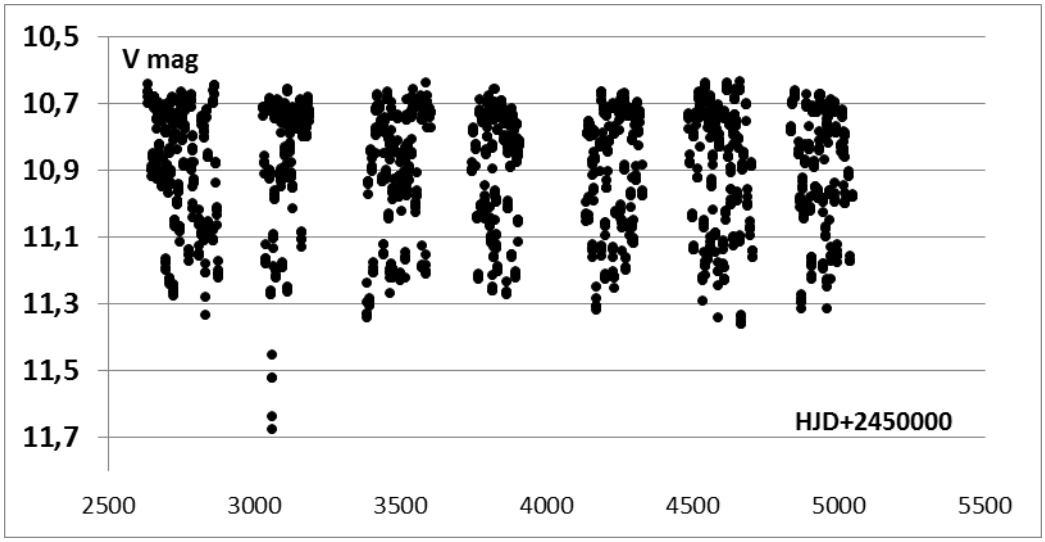
Tablo.10. Güneş ve AZ Vir'in renkleri

	V-J	**V-K**	**J-K**
Güneş	1,1413	1,5210	0,3777
134326+0.436.9 (AZ Vir)	1,17	1,51	0,34

Görüldüğü üzere sisteme ait renk ölçekleri değerleri ile Güneşe ait renk ölçekleri değerleri uyum içerisindedir.

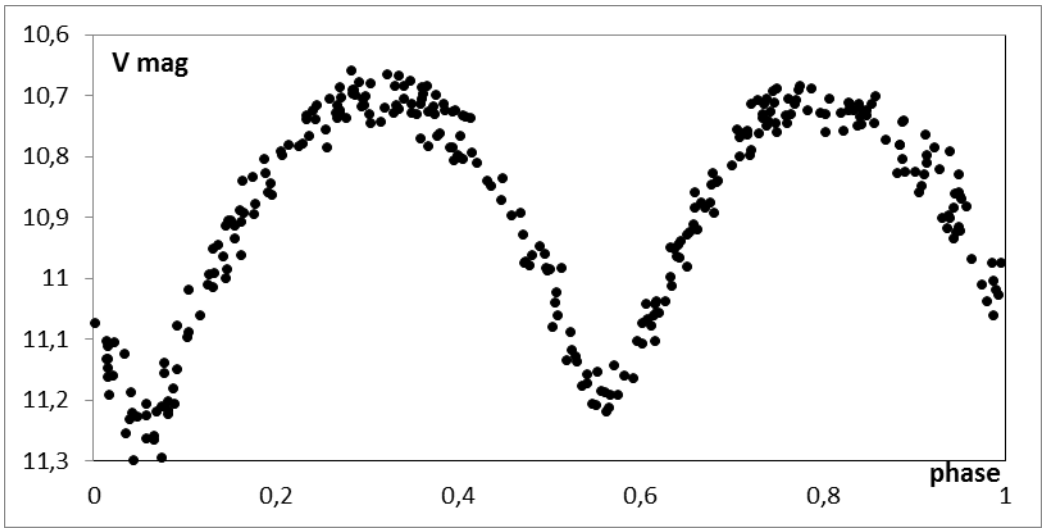
FOTOMETRİK ÇÖZÜM

The All Sky Automated Survey (ASAS) kataloğunda 134326+0.436.9 (AZ Vir) ID'ye sahip yıldızın V bandınki ışık eğrisi alınmıştır. Parlaklığın zamana göre değişimini veren grafik aşağıda şekil de verilmiştir.



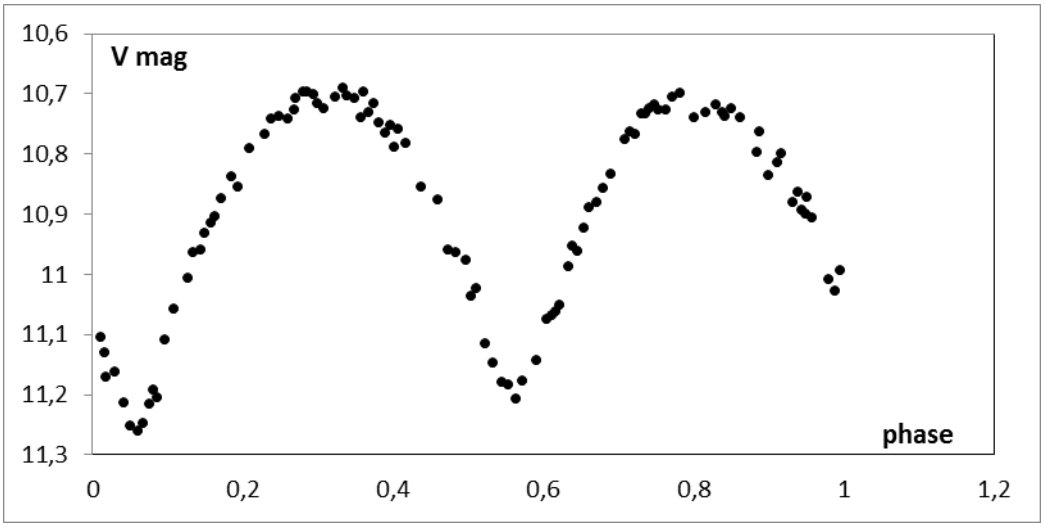
Şekil.2. Parlaklığın (V bandı) zamana göre (HJD) değişim grafiği.

Yıldızın evreye göre ışık eğrisi aşağıdaki Şekilde verilmiştir.



Şekil.3. Parlaklığın (V bandı) evreye göre değişim grafiği.

Daha sonra her 3 noktada bir evre ve parlaklık ortalamaları alınmıştır. Ortalamalara göre oluşturulan ışık eğrisi aşağıdaki Şekil de verilmiştir.



Şekil.4. Ortalama alınmış Parlaklık (V bandı) evre grafiği.

Bu ışık eğrisine ait evre ve V parlaklık değerleri fotometrik çözüm yöntemlerinden biri olan Wilson-Devinney tabanlı PHOEBE arayüzü kullanılarak yıldızımızın fotometrik çözümü gerçekleştirilmiştir.

Fotometrik çözüm yapılırken bileşenlerden sıcak bileşen Güneş benzeri yıldız olarak alınmıştır. Çözüm esnasında öncelikle sıcak bileşen Güneş ile uyumlu olan fiziksel parametreleri sabit tutulmuştur.

Çözüm sırasında yörünge eğim açısı, ikinci bileşenin sıcaklığı, birinci ve ikinci bileşenin yüzey potansiyeli serbest bırakılmıştır.

Öncelikle Güneş parametrelerinden uzaklaşmamak kaydı ile serbest parametreler değiştirilmiştir ve en iyi uyum sağlanana kadar tekrarlanmıştır. Böylelikle gözlemsel ışık eğrimiz ile teorik ışık eğrimiz arasında uyum sağlanmıştır.

Fotometrik çözüm sonucunda elde edilen parametreler Tablo.11 de verilmiştir.

Tablo.11. AZ Vir'in fotometrik çözüm parametreleri

Zero point of orbital ephemeris – T0 (*HJD*)	2452125,8
Period of binary orbit – P (*days*)	0,349664
Phase shift	0,059
Semi-major axis (*SMA*)	2,71 Rsun
Mass ratio (*q*)	1,08
Binary orbit inclination (*i*)	76,76
Binary orbit eccentricity (*e*)	0
Mean surface effective temperature (*K*) of star1 (*T1*)	6037
Mean surface effective temperature (*K*) of star2 (*T2*)	5861
Surface potential of the components star1 (*Ω1*)	3,878891

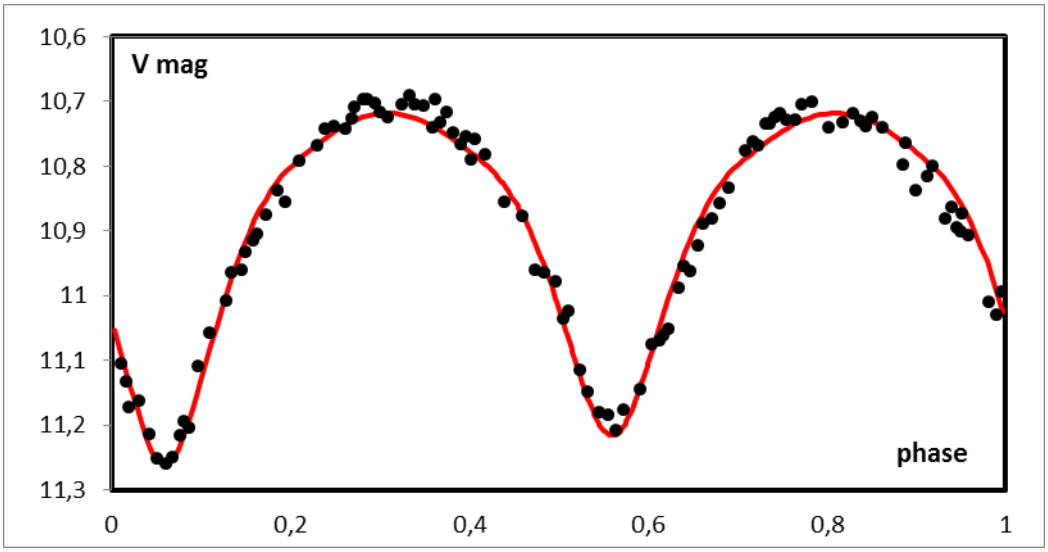
Surface potential of the components star2 (*Ω2*)	3,878891
Bolometric albedo of star 1 (*A1*)	0,5
Bolometric albedo of star 2 (*A2*)	0,5
Exponent in gravity brightening of star1 (*g1*)	0,32
Exponent in gravity brightening of star1 (*g2*)	0,32
Third light (*l3*)	0

Bu parametreler ışığında sistemin mutlak parametreleri aşağıdaki Tablo.12 de verilmiştir.

Tablo.12. AZ Vir'in mutlak parametreleri

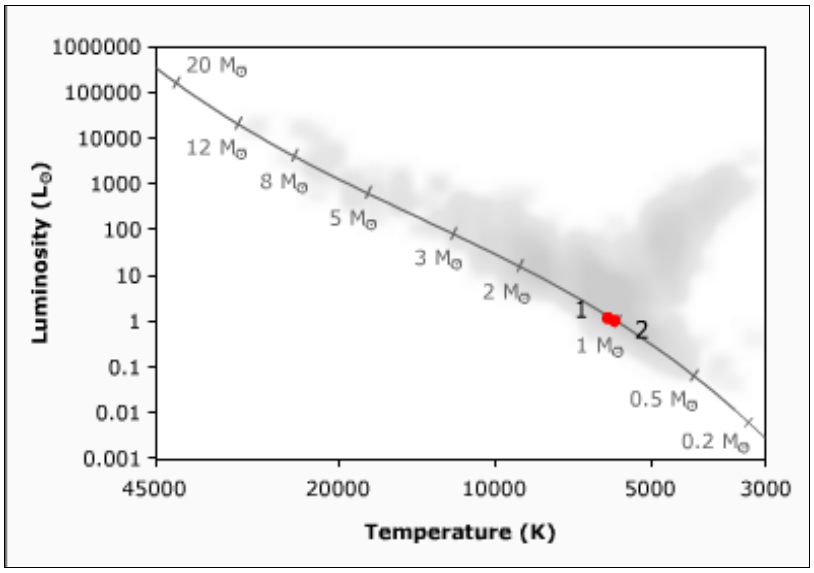
Ω(L1)	3,878891	**Mbol2**	4,571993
Ω(L2)	3,878891	**Mbol1**	4,622890
M1	1,053502 Msun	**Log(g)1**	4,450854
M2	1,137783 Msun	**Log(g)2**	4,453238
R1	1,011149 Rsun	**L1**	1,218442 Lsun
R2	1,047936 Rsun	**L2**	1,162642 Lsun

Bu çözüm parametreleri ışığında teorik ve gözlemsel ışık eğrilerini bir arada veren şekil aşağıda verilmiştir.



Şekil.5. Teorik ve gözlemsel ışık eğrisi. Kırmızı düz çizgi; teorik eğri.

Sistemi oluşturan bileşen yıldızların HR diagramındaki yerleri aşağıdaki şekilde verilmektedir.



Şekil.6. Bileşen yıldızların HR diagramındaki yerleri.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FBA-09-788 ve FBY-10-2924 numaralı Araştırma Projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

Pojmanski, G., 1997, *The All Sky Automated Survey*, Acta Astronomica, **47**, 467

Tanrıver, M., 2012, 18th Congress of the National Astronomy and Space Sciences, Turkey, pp. 253–265.

Tanrıver, M., 2014. NewA 28, 79.

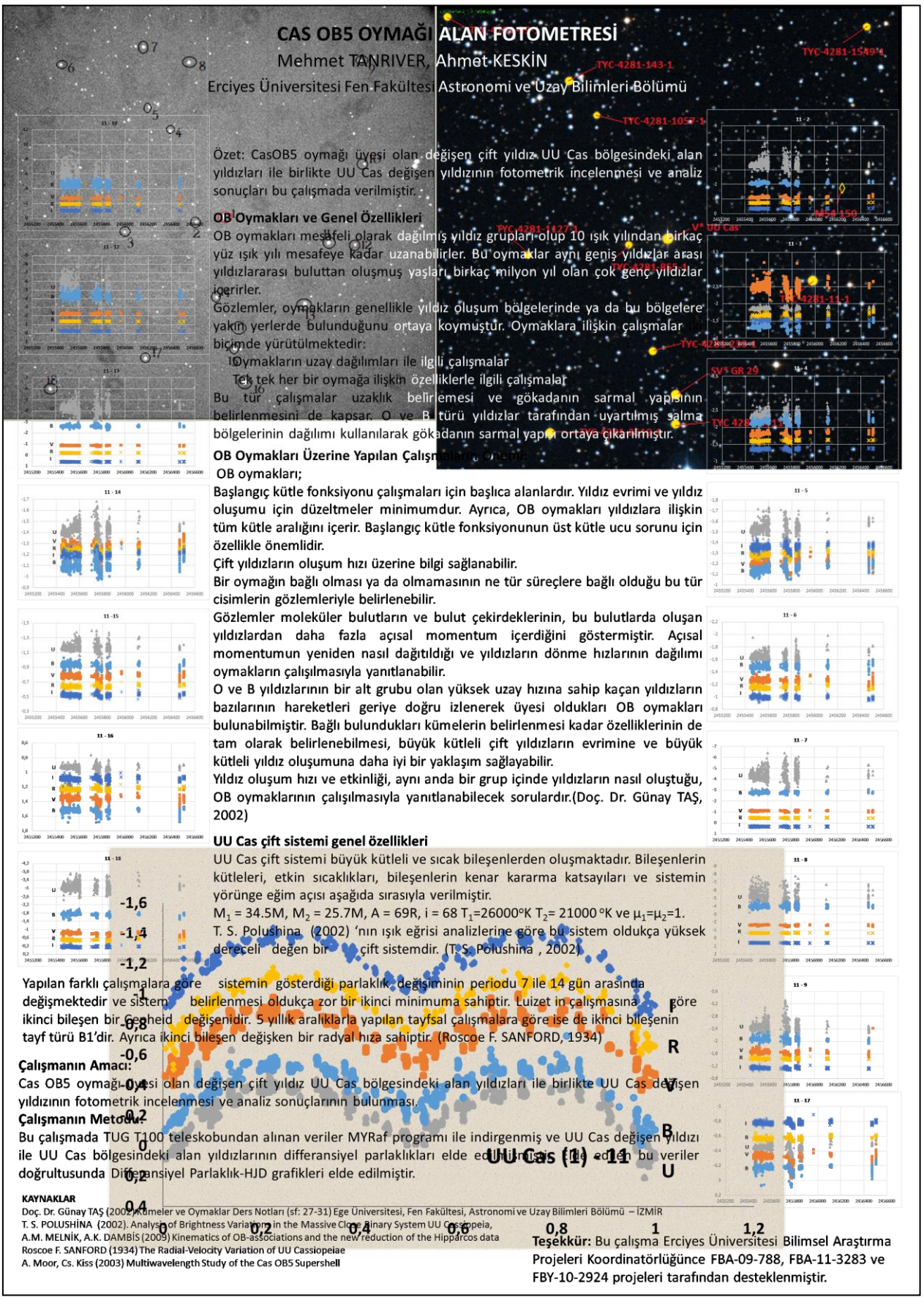
Van Hamme, W., 1993, New limb-darkening coefficients for modeling binary star light curves, AJ, 106, 2096

Wilson, R.E., Dewinney, E.J., 1971, Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni, ApJ, 166, 605

Paczynski, B., Szczygiel, D., Pilecki, B., Pojmanski, G. 2006, MNRAS, 368, 1311

The University of Nebraska-Lincoln, Eclipsing Binary Stars Simulator, http://astro.unl.edu/naap/ebs/animations/ebs.html

EK.2. Tanriver M., Keskin A., "Cas OB5 Oymağı Alan Fotometresi", Recent Advances in Astrophysics Symposium: The inorganic machines of the Universe, İSTANBUL, TÜRKIYE, 19-21 Eylül 2016, Poster Bildiri



EK.3. Tanriver M., Demirci B., "Çift Yıldızlarda Kütle-Parlaklık İlişkisi", Recent Advances in Astrophysics Symposium: The inorganic machines of the Universe, İSTANBUL, TÜRKIYE, 19-21 Eylül 2016, Poster Bildiri

ÇİFT YILDIZLARDA KÜTLE-PARLAKLIK İLİŞKİSİ

Mehmet TANRIVER, Barış DEMİRCİ

Erciyes Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

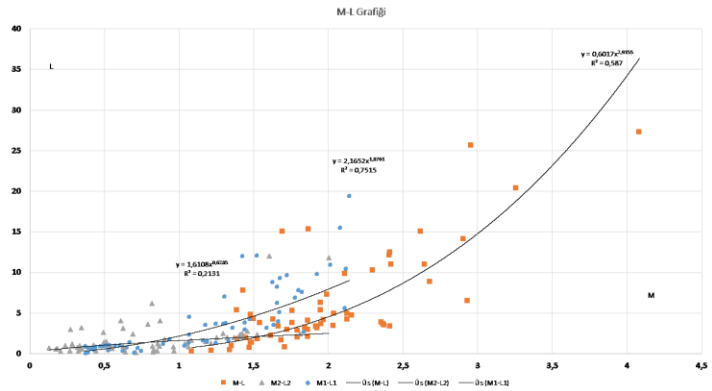
Özet: Roche sınıflandırmasına göre çift yıldızlar, ayrık, yarı-ayrık, değen ve aşırı değen olarak sınıflandırılmaktadır. Literatürden elde edilen bilgilerden ve gözlemlerden faydalanılarak, çift yıldızların kütle – parlaklık ve kütle – yarıçap ilişkileri arasında bir bağıntı araştırmasının sonuçları bu çalışmada verilmiştir. Kütle – parlaklık ve kütle – yarıçap ilişkisi için 62 çift yıldızın bilgisi kullanılmıştır.

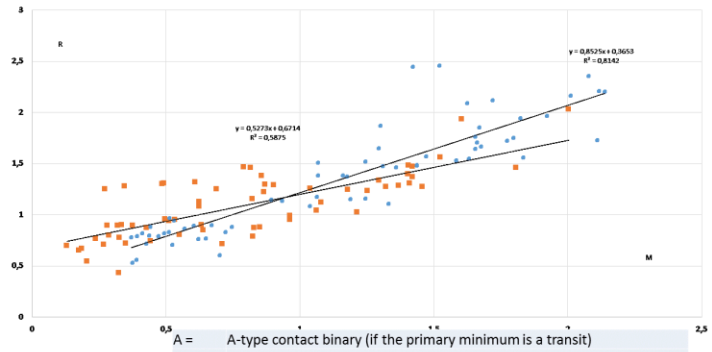
Etkileşen Çift yıldızlar yörünge geometrilerinden bileşen yıldızın fiziksel parametrelerini belirlemek için önemli astronomik hedeflerdir. Onlar yıldız yarıçapını belirlemede doğrudan bağımsız bir yol sağlamaktadırlar. Evrende çift yıldızların en önemli parametreleri kütle (M), parlaklık-luminosite (L) ve yarıçap (R) larıdır. Literatürde M-L ve M-R ilişkisi her zaman aranmıştır, araştırılmıştır.

Etkileşen çift yıldızlarda böyle bir ilişki araştırması bu çalışmada sunulmuştur. kütle (M), parlaklık-luminosite (L) ve yarıçap (R) bu sistemler için çok önemlidir. Yıldızın evrimi ve yaşı hakkında bilgiler verecektir.

Deb&Singh (2011)'in 62 çift yıldızın fiziksel parametreleri listesinden kütle (M), parlaklık-luminosite (L) ve yarıçap (R) değerleri kullanılmıştır . Değerler tabloda verilmektedir. kütle – parlaklık ve kütle – yarıçap grafikleri ayrık, yarı-ayrık ve değern sistemler için oluşturulmuştur. Bunlar aşağıdaki şekilde verilmektedir. Ayrı ayrı empirik bir ilişki aranmıştır. İlişki sonuçları grafik üzerinde verilmiştir.

ASAS	Name	PME d	Type	SpType	q	a Rsun	Mass Msun	M1 Msun	M2 Msun	R1 Rsun	R2 Rsun	L1 Lsun	L2 Lsun	L Lsun
003628+2132,3	DZ Psc	0,366131	A	F7V	0,136	2,49	1,542	1,358	0,185	1,462	0,667	3,174	0,626	3,8
012104+0736,3	AQ Psc	0,475604	A	F5/8V	0,226	3,253	2,037	1,661	0,375	1,708	0,891	3,987	0,937	4,924
014854-2053,6	TW Cet	0,316851	A	G1V	0,75	2,329	1,685	0,722	0,963	0,831	0,95	0,733	0,886	1,619
023833-1417,9	DY Cet	0,44079	A	F5V	0,356	3,046	1,948	1,436	0,511	1,48	0,938	3,84	1,507	5,347
034814+2218,9	EQ Tau	0,34135	A	G2V	0,442	2,5	1,795	1,245	0,55	1,16	0,805	1,355	0,618	1,973
062605+2759,9	AH Aur	0,494106	A	F7V	0,169	3,289	1,951	1,669	0,282	1,852	0,891	5,094	1,206	6,3
073246-2047,5	TY Pup	0,819243	A	F3V	0,25	4,396	1,694	1,422	0,272	2,448	1,248	12,041	2,987	15,028
073338-5007,4	HI Pup	0,432618	A	F6V	0,19	2,746	1,482	1,245	0,237	1,519	0,763	3,721	1,029	4,75
073905-0239,1	V868 Mon	0,637704	A	F2V	0,373	4,453	2,907	2,117	0,79	2,209	1,465	10,494	3,614	14,108
100234+1702,8	XZ Leo	0,487736	A	A8/F0V	0,348	3,505	2,422	1,797	0,625	1,752	1,125	7,813	3,159	10,972
100248+0105,7	Y Sex	0,487736	A	F5/6V	0,195	2,85	1,758	1,471	0,287	1,568	0,795	4,305	0,979	5,284
101602-0618,5	XX Sex	0,340108	A	F3V	0,1	3,148	1,431	1,301	0,13	1,87	0,696	7,021	0,717	7,738
104033+1334,0	UZ Leo	0,818057	A	A9/F1V	0,303	4,212	2,619	2,01	0,609	2,165	1,318	10,964	4,089	15,053
110505+0509,1	AP Leo	0,430358	A	F8V	0,297	2,954	1,864	1,437	0,427	1,486	0,872	3,019	1,037	4,056
120103+1300,5	AG Vir	0,642648	A	A5V	0,382	4,501	2,956	2,139	0,817	2,201	1,458	19,432	6,165	25,597
141726+1234,1	VW boo	0,342315	A	G5V	0,428	2,348	1,479	1,036	0,443	1,087	0,742	1,012	0,333	1,345
141937+0553,8	NN Vir	0,480688	A	F0/1V	0,491	3,574	2,645	1,774	0,871	1,723	1,294	6,941	4,033	10,974
143504+0906,8	CK Boo	0,355152	A	F7/8V	0,111	2,55	1,76	1,584	0,176	1,533	0,65	3,211	0,572	3,783
152243+1615,7	OU Ser	0,296768	A	F9/G0V	0,173	2,093	1,393	1,187	0,205	1,155	0,544	1,488	0,292	1,78
153152-1541,1	VZ Lib	0,358256	A	G0V	0,33	2,384	1,414	1,063	0,351	1,173	0,72	1,385	0,592	1,977
155649+2216,0	AU Ser	0,386498	A	G4V	0,709	2,572	1,526	0,893	0,633	1,147	0,898	1,19	0,578	1,768
165717+1059,8	V2357 Oph	0,415568	A	G5V	0,231	2,641	1,428	1,16	0,268	1,386	0,705	1,646	0,39	2,036
171358+1621,0	AX Her	0,421524	A	F4V	0,277	2,711	1,501	1,175	0,326	1,372	0,775	3,531	0,76	4,291
180921+0905,1	V839 Oph	0,409008	A	F7V	0,305	2,984	2,127	1,63	0,497	1,546	0,955	3,55	1,392	4,942
194813+0918,5	OO Aql	0,506794	A	F9V	0,846	3,355	1,969	1,067	0,902	1,386	1,288	2,371	1,767	4,138
204628-7157,0	MW Pav	0,794994	A	F3IV/V	0,228	4,45	1,866	1,52	0,346	2,456	1,277	12,118	3,193	15,311
233655+1548,1	V407 Peg	0,636882	A	F0V	0,256	4,182	2,413	1,922	0,492	1,965	1,305	9,828	2,62	12,448
234535+2528,3	V357 Peg	0,57845	A	F2V	0,401	3,92	2,409	1,72	0,69	2,12	1,25	9,673	2,406	12,079
234718-0805,2	EL Aqr	0,481412	A	F3V	0,203	3,254	1,99	1,655	0,336	1,764	0,898	6,248	1,025	7,273
014656-0945,1	TT Cet	0,485952	B	F4V	0,39	3,726	2,932	2,109	0,823	1,729	1,155	5,608	0,894	6,502
030701-5608,1	SZ Hor	0,625102	B	F3V	0,47	4,277	2,68	1,823	0,857	1,946	1,381	7,605	1,234	8,839
035153-1031,8	BV Eri	0,507655	B	F3/4V	0,3	2,99	1,388	1,068	0,32	1,507	0,891	4,561	0,77	5,331
042925-3334,6	CT Eri	0,634196	B	F2/3V	0,3	3,987	2,11	1,623	0,487	2,093	1,3	8,801	1,013	9,814
185318+2113,5	V1003 Her	0,493322	B	A7	0,373	3,47	2,299	1,675	0,625	1,669	1,079	9,317	0,955	10,272
084108-3212,1	TZ Pyx	2,31853	ED	A8/9V	0,965	11,791	4,083	2,078	2,005	2,358	2,028	15,499	11,792	27,291
203113+0513,2	MR Del	0,521692	ED	K2V	0,915	3,009	1,34	0,7	0,64	0,602	0,845	0,177	0,227	0,404
064558-0017,5	DD Mon	0,568019	ESD	G0V	0,67	3,734	2,16	1,294	0,867	1,65	1,221	3,724	0,949	4,673
071058-0352,8	V753 Mon	0,677045	ESD	A8V	1,031	4,814	3,258	1,654	1,604	1,646	1,935	8,274	12,067	20,341
131032-0409,5	PY Vir	0,311248	ESD	K1/2V	0,773	2,313	1,71	0,745	0,964	0,883	0,99	0,381	0,379	0,76
134607+0506,9	HT Vir	0,407672	ESD	F8V	0,812	3,105	2,412	1,331	1,081	1,105	1,118	1,671	1,666	3,337
144803+1356,7	EL Boo	0,411766	ESD	F5V	0,248	2,754	1,633	1,309	0,325	1,473	0,432	3,804	0,368	4,172
175332-0354,9	V2610 Oph	0,426514	ESD	F8/G2V	0,291	3,181	2,368	1,834	0,534	1,562	0,951	2,72	0,9	3,62
011638-3942,5	AD Phe	0,379919	W	F9/G0V	0,37	2,592	1,616	0,436	1,179	0,796	1,242	0,706	1,476	2,182
024952+0856,3	EE Cet	0,379925	W	F8V	0,315	2,948	2,377	0,569	1,808	0,864	1,456	1,02	2,445	3,465
030953-0653,6	UX Eri	0,445289	W	F9V	0,373	3,069	1,952	0,53	1,421	0,945	1,47	1,103	2,519	3,622
033459+1742,6	V1123 Tau	0,399947	W	G0V	0,279	2,779	1,796	0,392	1,404	0,789	1,398	0,695	2,13	2,825
034928+1254,7	V1128 Tau	0,305371	W	F8V	0,534	2,349	1,862	0,648	1,214	0,766	1,024	0,802	1,286	2,088
041209-1028,2	YY Eri	0,321498	W	G3V	0,401	2,257	1,489	0,426	1,063	0,718	1,041	0,491	0,832	1,323
051114-0833,4	ER Ori	0,423406	W	F7/8V	0,656	3,159	2,354	0,933	1,422	1,137	1,368	1,768	2,074	3,842
051832-6813,6	RW Dor	0,285463	W	G4/5V	0,63	2,02	1,354	0,523	0,83	0,709	0,873	0,43	0,527	0,957
084002+1900,0	TX Cnc	0,382883	W	F8V	0,455	2,762	1,924	0,602	1,322	0,892	1,271	1,088	2,03	3,118
100141+1724,5	XY Leo	0,284101	W	K0V	0,729	2,071	1,473	0,621	0,852	0,762	0,876	0,366	0,348	0,714
105030-0241,7	VY Sex	0,443433	W	F9,5	0,313	3,004	1,846	0,44	1,406	0,883	1,481	0,882	2,345	3,227
110211+0953,7	AM Leo	0,365799	W	F5V	0,459	2,77	2,126	0,669	1,457	0,897	1,274	1,411	2,787	4,198
121206+2232,0	CC Com	0,220686	W	K4/5V	0,527	1,58	1,085	0,374	0,71	0,534	0,711	0,109	0,17	0,279
123300+2642,9	RW Com	0,237346	W	K2/5V	0,471	1,723	1,216	0,389	0,826	0,562	0,787	0,154	0,231	0,385
164121+0030,4	V502 Oph	0,453388	W	G0V	0,335	3,15	2,035	0,511	1,524	0,967	1,559	1,043	2,362	3,405
173356+0810,0	V2377 Oph	0,425406	W	G0/G1V	0,395	2,695	1,448	0,41	1,038	0,817	1,253	0,744	1,212	1,956
182913+0647,3	V2612 Oph	0,375309	W	F7V	0,286	2,598	1,666	0,37	1,295	0,782	1,335	0,908	2,473	3,381
193524+0550,3	V417 Aql	0,370314	W	F7V	0,362	2,699	1,92	0,51	1,41	0,829	1,304	1,02	2,327	3,347
205710+1939,0	LS Del	0,363842	W	F5/8V	0,375	2,573	1,723	0,47	1,253	0,792	1,23	0,933	1,992	2,925
222257+1619,4	BB Peg	0,361502	W	F7V	0,36	2,63	1,863	0,493	1,37	0,818	1,281	0,915	2,003	2,918





A = A-type contact binary (if the primary minimum is a transit)
B = B-type contact binary (temperature difference of 1000K or larger between the components)
ED = detached contact binary
ESD = semi-detached contact binary
W = W-type contact binary (if the primary minimum is a occultation)

Kaynaklar

Deb S., Singh H.P., 2011, Mon. Not. R. Astron. Soc., 412, 1787-1803 (2011)

Bonanos A. Z., 2009, ApJ, 691, 407

Bonanos A. Z. et al., 2006, ApJ, 652, 313

Gazeas K. D., Niarchos P. G., 2006, MNRAS, 370, L29

Gazeas K., Stępień K., 2008, MNRAS, 390, 1577

Gazeas K. D. et al., 2005, Acta Astron., 55, 123

Gazeas K. D., Niarchos P. G., Zola S., Kreiner J. M., Rucinski S. M., 2006, Acta Astron., 56, 127

Vilardell F., Ribas I., Jordi C., Fitzpatrick E. L., Guinan E. F., 2010, A&A, 509, A70

Zhang X. B., Deng L., Lu P., 2009, AJ, 138, 680

Teşekkür: Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünce FBA-09-788, FBA-11-3283 ve FBY-10-2924 projeleri tarafından desteklenmiştir.

EK.4. Tanriver M., Demirdaş S., "Roche Sınıflandırmasına Göre Çift Yıldızlarda Açısal Momentum Değişimi", Recent Advances in Astrophysics Symposium: The inorganic machines of the Universe, İSTANBUL, TÜRKIYE, 19-21 Eylül 2016, Poster Bildiri

ROCHE SINIFLANDIRMASINA GÖRE ÇİFT YILDIZLARDA AÇISAL MOMENTUM DEĞİŞİMİ

Mehmet TANRIVER, Serdar DEMİRTAŞ

Erciyes Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

Özet: Roche sınıflandırmasına göre çift yıldızlar, ayrık, yarı-ayrık, değen ve aşırı değen olarak sınıflandırılmaktadır. Literatürden elde edilen bilgilerden ve gözlemlerden faydalanılarak, bu alt türlere ilişkin açısal momentumlarında bir bağıntı araştırması bu çalışmada yapılmıştır. Açısal momentum – kütle ilişkisi için 62 çift yıldızın bilgisi kullanılmıştır.

Kozmik objelerin en önemli parametreleri, kütleleri (M) ve açısal momentum (J) larıdır. Literatürde bu ikisi arasında ilişki olduğu vurgulanmıştır. Çok geniş kütle aralığında kuvvet kanunu ilişkisi geçerlidir. Bu ilişkiyi çeşitli araştırmacılar araştırmıştır.

Etkileşen çift yıldızlarda böyle bir ilişki araştırması bu çalışmada sunulmuştur. Açısal momentum bu sistemlerde çok önemlidir. Çember bir yörünge için açısal momentum şöyle tanımlanır.

$$J = (M_1 a_1^2 + M_2 a_2^2) 2\pi P^{-1}$$

Burada a1 ve a2; kütle merkezine göre yörünge yarıçapıdır. M1 ve M2 bileşenlerin kütlesi, P ise sistemin dönemidir. Diğer yaralı ilişkiler şunlardır.

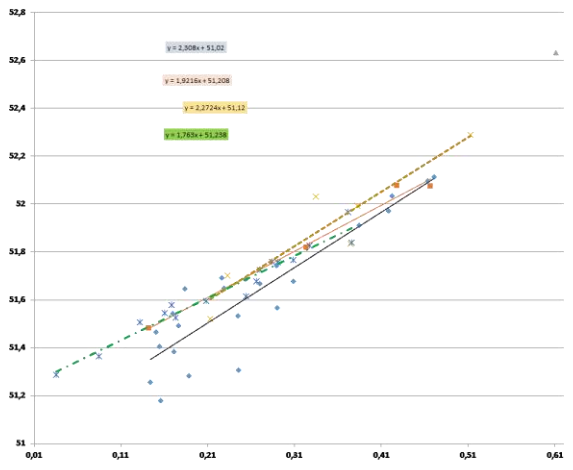
$$q = M_2/M_1, \qquad a_1 = q a_2,$$
$$M = M_1 + M_2, \qquad a = a_1(1+q)/q,$$
$$a^3 = GMP^2/4\pi^2;$$

Burada q kütle oranı, M toplam kütle, a göreli yörüngenin yarıçapı, ve son eşitlik Keplerin üçüncü kanunudur. Yandaki eşitlikler kullanılarak açısal momentum ifadesi

$$J = Aq(1+q)^{-2} M^{5/3} P^{1/3} \quad \text{c.g.s.,} \qquad A = 1.24 \times 10^{52};$$

haline gelir. Toplam kütle güneş biriminde ve dönem gün birimindedir. En son eşitlik kullanılarak Deb&Singh (2011)'in 62 çift yıldızın fiziksel parametreleri kullanılarak açısal momentumlarını hesapladık. Değerler tablo verilmektedir. Açısal momentum – kütle diagramı ayrık, yarı-ayrık ve değern sistemler için oluşturulmuştur. Bunlar aşağıdaki şekilde verilmektedir. Ayrı ayrı empirik bir ilişki aranmıştır.

ASAS ID	Other Name	Period d	Type	SpType	q	a Rsun	Mass Msun	M1 Msun	M2 Msun	R1 Rsun	R2 Rsun	H	logH	logM
003628+2132.3	DZ Psc	0,366131	A	F7V	0,136	2,49	1,542	1,358	0,185	1,462	0,667	1,92408E+51	51,28422339	0,188084374
012104+0736.3	AQ Psc	0,475604	A	F5/8V	0,226	3,253	2,037	1,661	0,375	1,708	0,891	4,76375E+51	51,6779494	0,308991029
014854-2053.6	TW Cet	0,316851	A	G1V	0,75	2,329	1,685	0,722	0,963	0,831	0,95	4,9396E+51	51,69369172	0,226599905
023833-1417.9	DY Cet	0,44079	A	F5V	0,356	3,046	1,948	1,436	0,511	1,48	0,938	5,55151E+51	51,74441114	0,289588953
034814+2218.9	EQ Tau	0,34135	A	G2V	0,442	2,5	1,795	1,245	0,55	1,16	0,805	4,88376E+51	51,68875416	0,254064453
062605+2759.9	AH Aur	0,494106	A	F7V	0,169	3,289	1,951	1,669	0,282	1,852	0,891	3,69302E+51	51,56738153	0,290257269
073246-2047.5	TY Pup	0,819243	A	F3V	0,25	4,396	1,694	1,422	0,272	2,448	1,248	4,46891E+51	51,65020159	0,228913406
073338-5007.4	HI Pup	0,432618	A	F6V	0,19	2,746	1,482	1,245	0,237	1,519	0,763	2,42398E+51	51,3845299	0,170848204
073905-0239.1	V868 Mon	0,637704	A	F2V	0,373	4,453	2,907	2,117	0,79	2,209	1,465	1,25046E+52	52,09707088	0,463445032
100234+1702.8	XZ Leo	0,487736	A	A8/F0V	0,348	3,505	2,422	1,797	0,625	1,752	1,125	8,16532E+51	51,91197298	0,384174139
100248+0105.7	Y Sex	0,487736	A	F5/6V	0,195	2,85	1,758	1,471	0,287	1,568	0,795	3,41308E+51	51,53314687	0,245018871
101602-0618.5	XX Sex	0,540108	A	F3V	0,1	3,148	1,431	1,301	0,13	1,87	0,696	1,51657E+51	51,18086257	0,155639634
104033+1334.0	UZ Leo	0,618057	A	A9/F1V	0,303	4,212	2,619	2,01	0,609	2,165	1,318	9,38017E+51	51,97221082	0,418135498
110505+0509.1	AP Leo	0,430358	A	F8V	0,297	2,954	1,864	1,437	0,427	1,486	0,872	4,66643E+51	51,66898466	0,270445908
120103+1300.5	AG Vir	0,642648	A	A5V	0,382	4,501	2,956	2,139	0,817	2,201	1,458	1,30307E+52	52,1149674	0,47070443
141726+1234.1	VW boo	0,342315	A	G5V	0,428	2,348	1,479	1,036	0,443	1,087	0,742	3,49541E+51	51,54349797	0,169968174
141937+0553.8	NN Vir	0,480688	A	F0/1V	0,491	3,574	2,645	1,774	0,871	1,723	1,294	1,08529E+52	52,03554511	0,422425676
143504+0906.8	CK Boo	0,355152	A	F7/8V	0,111	2,55	1,76	1,584	0,176	1,533	0,65	2,02601E+51	51,30664241	0,245512668
152243+1615.7	OU Ser	0,296768	A	F9/G0V	0,173	2,093	1,393	1,187	0,205	1,155	0,544	1,80688E+51	51,25692931	0,143951116
153152-1541.1	V2 Lib	0,358256	A	G0V	0,33	2,384	1,414	1,063	0,351	1,173	0,72	2,92671E+51	51,46637918	0,150449409
155649+2216.0	AU Ser	0,386498	A	G4V	0,709	2,572	1,526	0,893	0,633	1,147	0,898	4,43497E+51	51,64689043	0,183554534
165717+1059.8	V2357 Oph	0,415568	A	G5V	0,231	2,641	1,428	1,16	0,268	1,386	0,705	2,55434E+51	51,4072786	0,154728207
171358+1621.0	AK Her	0,421524	A	F4V	0,277	2,711	1,501	1,175	0,326	1,372	0,775	3,10762E+51	51,49242825	0,176380692
014656-0945.1	TT Cet	0,485952	B	F4V	0,39	3,726	2,932	2,109	0,823	1,729	1,155	1,18194E+52	52,07259443	0,467163966
030701-5608.1	SZ Hor	0,625102	B	F3V	0,47	4,277	2,68	1,823	0,857	1,946	1,381	1,19241E+52	52,07642649	0,428134794
035153-1031.8	BV Eri	0,507655	B	F3/4V	0,3	2,99	1,388	1,068	0,32	1,507	0,891	3,03269E+51	51,48182823	0,142389466
042925-3344.6	CT Eri	0,634196	B	F2/3V	0,3	3,987	2,11	1,623	0,487	2,093	1,3	6,5645E+51	51,81720149	0,324282455
084108-3212.1	TZ Pyx	2,31853	ED	A8/9V	0,965	11,791	4,083	2,078	2,005	2,358	2,028	4,27819E+52	52,63126043	0,61097938
064558-0017.5	DD Mon		1 ESD	G0V	0,67	3,734	2,16	1,294	0,867	1,65	1,221	1,07519E+52	52,03148646	0,334453751
071058-0352.8	V753 Mon	0,677045	ESD	A8V	1,031	4,814	3,258	1,654	1,604	1,646	1,935	1,94858E+52	52,28971815	0,51295108
131032-0409.5	PY Vir	0,311248	ESD	K1/2V	0,773	2,313	1,71	0,745	0,964	0,883	0,99	5,05296E+51	51,70354608	0,23299611
134607+0506.9	HT Vir	0,407672	ESD	F8V	0,812	3,105	2,412	1,331	1,081	1,105	1,118	9,86417E+51	51,99406046	0,382377303
144803+1356.7	EL Boo	0,411766	ESD	F5V	0,248	2,734	1,633	1,309	0,325	1,473	0,432	3,31175E+51	51,52267277	0,212986185
175332-0154.9	V2610 Oph	0,426514	ESD	F8/G2V	0,291	3,181	2,368	1,834	0,534	1,562	0,951	6,85608E+51	51,83807612	0,374381698
011638-3942.5	AD Phe	0,379919	W	F9/G0V	0,37	2,592	1,616	0,436	1,179	0,796	1,242	3,93987E+51	51,59548154	0,208441356
024952+0856.3	EE Cet	0,379925	W	F8V	0,315	2,948	2,377	0,569	1,808	0,864	1,456	6,9262E+51	51,84049533	0,376029182
030953-0653.6	UX Eri	0,445289	W	F9V	0,373	3,069	1,952	0,53	1,421	0,945	1,47	5,7122E+51	51,75680312	0,290479813
033459+1742.6	V1123 Tau	0,399947	W	G0V	0,279	2,779	1,796	0,392	1,404	0,789	1,398	4,13488E+51	51,61646283	0,254306332
034928+1254.7	V1128 Tau	0,305371	W	F8V	0,534	2,349	1,862	0,648	1,214	0,766	1,024	5,34016E+51	51,72755428	0,28979677
041209-1028.2	YY Eri	0,321498	W	G3V	0,401	2,257	1,489	0,426	1,063	0,718	1,041	3,98956E+51	51,52757371	0,172894698
051114-0833.4	ER Ori	0,423406	W	F7/8V	0,656	3,159	2,354	0,933	1,422	1,137	1,368	9,27829E+51	51,96746796	0,371806459
051832-6813.6	RW Dor	0,285463	W	G4/5V	0,63	2,02	1,354	0,523	0,83	0,709	0,873	3,28825E+51	51,50626807	0,131618664
084002+1900.0	TX Cnc	0,382883	W	F8V	0,455	2,762	1,924	0,602	1,322	0,892	1,271	5,75976E+51	51,76040424	0,284205068
100141+1724.5	XY Leo	0,284101	W	K0V	0,729	2,071	1,473	0,621	0,852	0,762	0,876	3,79072E+51	51,57872139	0,168202747
105030-0241.7	VY Sex	0,443433	W	F9.5	0,313	3,004	1,846	0,44	1,406	0,883	1,481	4,76905E+51	51,67843207	0,296231697
110211+0953.7	AM Leo	0,365799	W	F5V	0,459	2,77	2,126	0,669	1,457	0,897	1,274	6,72166E+51	51,82747673	0,32756326
121206+2232.0	CC Com	0,220686	W	K4/5V	0,527	1,58	1,085	0,374	0,71	0,534	0,711	1,94027E+51	51,28786205	0,035429738
123300+2642.9	RW Com	0,237346	W	K2/5V	0,471	1,723	1,216	0,389	0,826	0,562	0,787	2,31309E+51	51,36456718	0,084933575
164121+0030.4	V502 Oph	0,453388	W	G0V	0,335	3,15	2,035	0,511	1,524	0,967	1,559	5,85151E+51	51,76726799	0,308564414
173356+0810.0	V2377 Oph	0,425406	W	G0/G1V	0,395	2,695	1,448	0,41	1,038	0,817	1,253	3,50821E+51	51,54508584	0,160768562



A =	A-type contact binary (if the primary minimum is a transit)
B =	B-type contact binary (temperature difference of 1000K or larger between the components)
ED =	detached contact binary
ESD =	semi-detached contact binary
W =	W-type contact binary (if the primary minimum is a occultation)

Kaynaklar

Deb S., Singh H.P., 2011, Mon. Not. R. Astron. Soc., 412, 1787-1803 (2011)

Brancewicz, H. K. and Dworak, T. Z.: 1980, *Acta Astron.* **30**, 501.
Brosche, P.: 1963, *Z. Astrophys.* **57**, 143.
Carrasco, L., Roth, M., and Serrano, A.: 1982, *Astron. Astrophys.* **106**, 89.
Marton, S.: 1978, *Trabajo Final*, IMAF, Univ. Nacional de Córdoba.
Muradian, R. M.: 1975, *Astrofizika* **11**, 237.
Muradian, R. M.: 1980, *Astrophys. Space Sci.* **69**, 339.

Teşekkür: Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünce FBA-09-788, FBA-11-3283 ve FBY-10-2924 projeleri tarafından desteklenmiştir.

EK.5. Tanriver M., "Bazı Güneş-Benzeri Yıldızların Fotometrik Analizleri", Recent Advances in Astrophysics Symposium: The inorganic machines of the Universe, İSTANBUL, TÜRKIYE, 19-21 Eylül 2016, Poster Bildiri

BAZI GÜNEŞ BENZERİ ÇİFT YILDIZLARIN FOTOMETRESİ: AZ VIR

Mehmet TANRIVER

Erciyes Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

Özet: Bu çalışma AZ Vir güneş benzeri çift yıldızın fotometrik analizi üzerinedir. AZ Vir çift yıldızı ASAS kataloğunda yer almaktadır. AZ Vir, W Uma türü (EW/KW) türünde bir ışık değişimi göstermektedir. Işık eğrisi çözümü PHOEBE programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. AZ Vir etkileşen çift sisitem için lekesiz çözüm uygulanmıştır. Bileşen yıldızların HR diagramındaki konumları ayrıca verilmiştir.

Giriş: AZ Vir fotometrik olarak Güneş benzeri bir çift yıldızdır. Sisteme ait genel bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

AZ Vir	RA	DEC	Period	To	V	V Amp		
ASAS ID	(2000)	(2000)	[days]	2450000+	[mag]	[mag]	Class	
134326+0.436.9	13:43:26.0	04:36:54.0	0.349664	2125.8	10,75	0,55	EC	
J	H	K	V-J	V-H	V-K	J-H	H-K	J-K
9,58	9,32	9,24	1,17	1,43	1,51	0,49	0,08	0,34

ASAS kataloğundaki verilere göre yıldız kısa dönemli EC (Eclipsing Contact / değen) türünde tutulma gösteren bir değişendir.

Güneş'e ait U, B, V, R, I, J, H ve K bandlarındaki parlaklıklar Tanrıver (2012, 2014) çalışmasından alınmıştır. Güneşin bu bandlardaki parlaklıklarına ait renkler aşağıda verilmiştir.

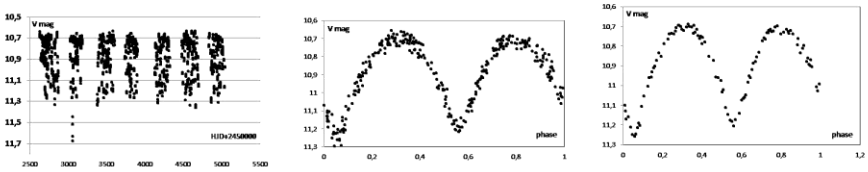
Güneş / Teff	U-B	B-V	V-R	R-I	I-J	J-K	V-I	V-J	I-K	V-K
5798-5948	0,06	0,6	0,51	0,32	0,22	0,36	0,83	1,05	0,58	1,41

Görüldüğü üzere sisteme ait renk ölçekleri değerleri ile Güneşe ait renk ölçekleri değerleri uyum içerisindedir (Tablo3).

	V-J	V-K	J-K
Güneş	1,05	1,41	0,36
134326+0.436.9 (AZ Vir)	1,17	1,51	0,34

GÖZLEMLER VE FOTOMETRİK ÇÖZÜM

The All Sky Automated Survey (ASAS) kataloğunda 134326+0.436.9 (AZ Vir)ID'ye sahip yıldızın V bandınki ışık eğrisi alınmıştır. Parlaklığın zamana göre değişimini veren grafik aşağıda şekil de verilmiştir. Yıldızın evreye göre ışık eğrisi aşağıdaki Şekilde verilmiştir. Daha sonra her 3 noktada bir evre ve parlaklık ortalamaları alınmıştır. Ortalamalara göre oluşturulan ışık eğrisi aşağıdaki Şekil3 de verilmiştir.

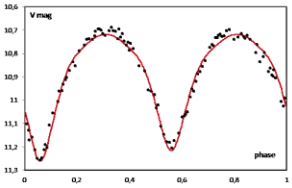


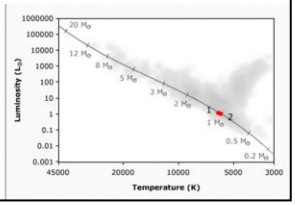
Bu ışık eğrisine ait evre ve V parlaklık değerleri fotometrik çözüm yöntemlerinden biri olan Wilson-Devinney tabanlı PHOEBE arayüzü kullanılarak yıldızımızın fotometrik çözümü gerçekleştirilmiştir.

Zero point of orbital ephemeris – T0 (HJD)	2452125,8
Period of binary orbit – P (days)	0,349664
Phase shift	0,059
Semi-major axis (SMA)	2,71 Rsun
Mass ratio (q)	1,08
Binary orbit inclination (i)	76,76
Binary orbit eccentricity (e)	0
Mean surface effective temperature (K) of star1 (T1)	6037
Mean surface effective temperature (K) of star2 (T2)	5861
Surface potential of the components star1 (W1)	3,878891
Surface potential of the components star2 (W2)	3,878891
Bolometric albedo of star 1 (A1)	0,5
Bolometric albedo of star 2 (A2)	0,5
Exponent in gravity brightening of star1 (g1)	0,32
Exponent in gravity brightening of star1 (g2)	0,32
Third light (l3)	0

Fotometrik çözüm yapılırken bileşenlerden sıcak bileşen Güneş benzeri yıldız olarak alınmıştır. Çözüm esnasında öncelikle sıcak bileşen Güneş ile uyumlu olan fiziksel parametreleri sabit tutulmuştur. Fotometrik çözüm sonucunda elde edilen parametreler Tablo da verilmiştir. Bu parametreler ışığında sistemin mutlak parametreleri aşağıdaki tablo da verilmiştir. Bu çözüm parametreleri ışığında teorik ve gözlemsel ışık eğrilerini bir arada veren şekil aşağıda verilmiştir. Sistemi oluşturan bileşen yıldızların HR diagramındaki yerleri aşağıdaki şekilde verilmektedir.

Ω(L1)	3,878891	Mbol2	4,571993
Ω(L2)	3,878891	Mbol1	4,622890
M1	1,053502 Msun	Log(g)1	4,450854
M2	1,137783 Msun	Log(g)2	4,453238
R1	1,011149 Rsun	L1	1,218442 Lsun
R2	1,047936 Rsun	L2	1,162642 Lsun





Kaynaklar

Pojmanski, G., 1997, *The All Sky Automated Survey*, Acta Astronomica, **47**, 467

Tanrıver, M., 2012, 18th Congress of the National Astronomy and Space Sciences, Turkey, pp. 253–265.

Tanrıver, M., 2014. NewA 28, 79.

Van Hamme, W., 1993, New limb-darkening coefficients for modeling binary star light curves, AJ, 106, 2096

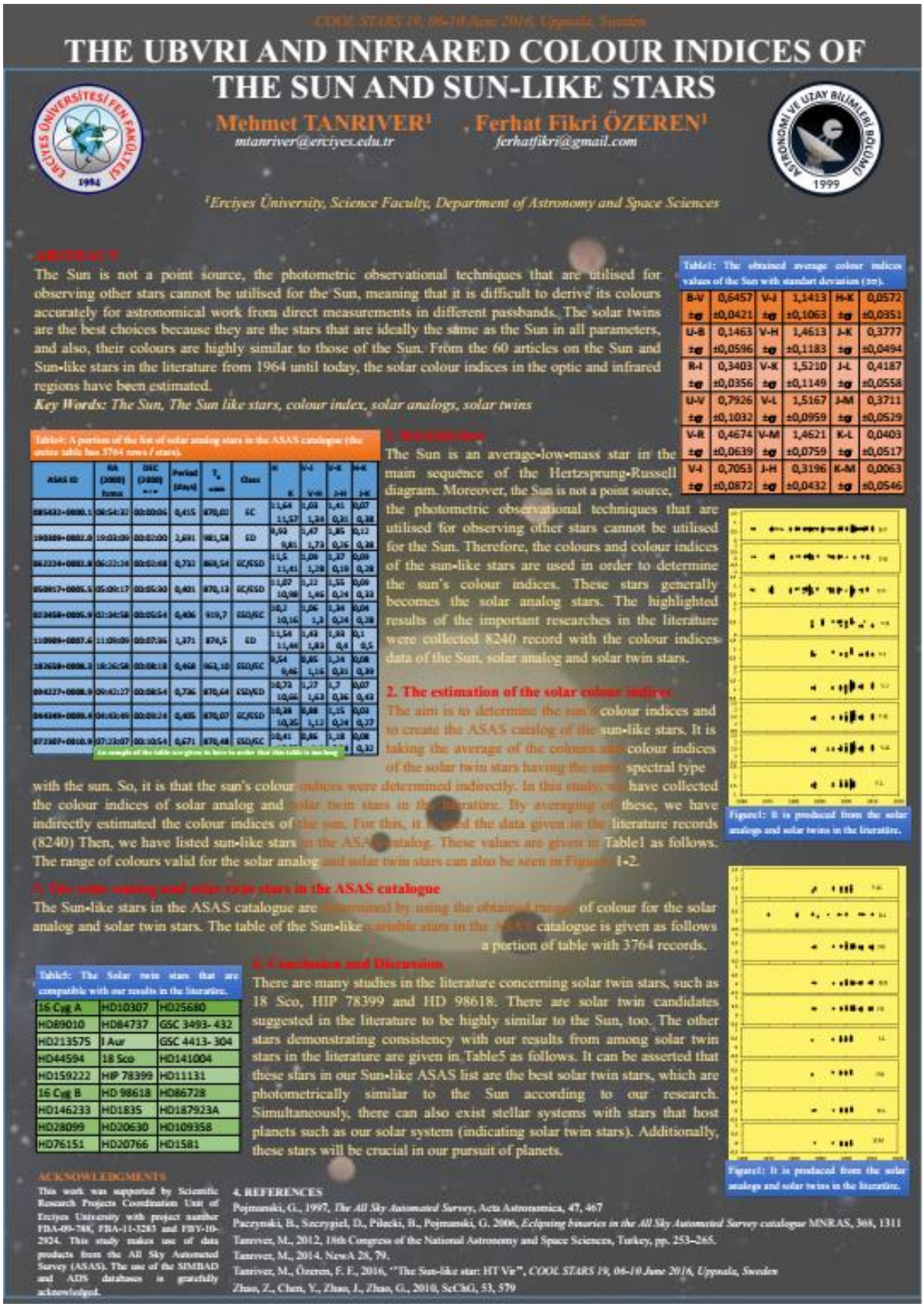
Wilson, R.E., Dewinney, E.J., 1971, Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni, ApJ, 166, 605

Paczynski, B., Szczygiel, D., Pilecki, B., Pojmanski, G. 2006, MNRAS, 368, 1311

The University of Nebraska-Lincoln, Eclipsing Binary Stars Simulator, http://astro.unl.edu/naap/ebs/animations/ebs.html

Teşekkür: Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünce FBA-09-788, FBA-11-3283 ve FBY-10-2924 projeleri tarafından desteklenmiştir.

EK.6. Tanriver M., Özeren F.F., "THE UBVRI AND INFRARED COLOUR INDICES OF THE SUN AND SUN-LIKE STARS", Cool Stars 19, Uppsala, ISVEÇ, 6-10 Haziran 2016, Poster Bildiri



COOL STARS 19, 06-10 June 2016, Uppsala, Sweden

THE UBVRI AND INFRARED COLOUR INDICES OF THE SUN AND SUN-LIKE STARS

Mehmet TANRIVER[1] , Ferhat Fikri ÖZEREN[1]

mtanriver@erciyes.edu.tr ferhatfikri@gmail.com

[1]Erciyes University, Science Faculty, Department of Astronomy and Space Sciences

ABSTRACT

The Sun is not a point source, the photometric observational techniques that are utilised for observing other stars cannot be utilised for the Sun, meaning that it is difficult to derive its colours accurately for astronomical work from direct measurements in different passbands. The solar twins are the best choices because they are the stars that are ideally the same as the Sun in all parameters, and also, their colours are highly similar to those of the Sun. From the 60 articles on the Sun and Sun-like stars in the literature from 1964 until today, the solar colour indices in the optic and infrared regions have been estimated.

Key Words: The Sun, The Sun like stars, colour index, solar analogs, solar twins

Table1: The obtained average colour indices values of the Sun with standart deviation (±σ).

B-V	0,6457	V-J	1,1413	H-K	0,0572
±σ	±0,0421	±σ	±0,1063	±σ	±0,0351
U-B	0,1463	V-H	1,4613	J-K	0,3777
±σ	±0,0596	±σ	±0,1183	±σ	±0,0494
R-I	0,3403	V-K	1,5210	J-L	0,4187
±σ	±0,0356	±σ	±0,1149	±σ	±0,0558
U-V	0,7926	V-L	1,5167	J-M	0,3711
±σ	±0,1032	±σ	±0,0959	±σ	±0,0529
V-R	0,4674	V-M	1,4621	K-L	0,0403
±σ	±0,0639	±σ	±0,0759	±σ	±0,0517
V-I	0,7053	J-H	0,3196	K-M	0,0063
±σ	±0,0872	±σ	±0,0432	±σ	±0,0546

Table4: A portion of the list of solar analog stars in the ASAS catalogue (the entire table has 3764 rows / stars).

ASAS ID	RA (2000) hms	DEC (2000) ° ′ ″	Period (days)	T_{eff} eden	Class	K	V-I	V-K	J-K
085432+0000.1	08:54:32	00:00:06	0,415	870,02	EC	11,64 11,57	1,03 1,04	1,41 0,01	0,07 0,08
190309+0002.0	19:03:09	00:02:00	2,691	981,58	ED	9,93 9,81	1,47 1,73	1,85 0,26	0,12 0,28
062334+0002.9	06:23:34	00:02:48	0,731	869,54	EC/ESD	11,5 11,41	1,08 1,28	1,37 0,19	0,09 0,28
050917+0005.5	05:09:17	00:05:30	0,401	870,13	EC/ESD	11,07 10,98	1,12 1,46	1,55 0,24	0,09 0,33
023458+0005.9	02:34:58	00:05:54	0,406	919,7	ESD/EC	10,2 10,16	1,06 1,3	1,34 0,24	0,04 0,28
110909+0007.6	11:09:09	00:07:36	1,371	870,5	ED	11,54 11,44	1,43 1,83	1,93 0,4	0,1 0,5
182658+0008.3	18:26:58	00:08:18	0,468	963,10	ESD/EC	9,54 9,46	0,85 1,16	1,24 0,31	0,08 0,39
094227+0008.9	09:42:27	00:08:54	0,736	870,64	ESD/ED	10,73 10,66	1,27 1,63	1,7 0,36	0,07 0,43
044309+0009.4	04:43:09	00:09:24	0,405	870,07	EC/ESD	10,38 10,35	0,88 1,12	1,15 0,24	0,03 0,27
072307+0010.9	07:23:07	00:10:54	0,671	870,48	ESD/EC	10,41	0,86	1,18	0,08 0,32

An example of the table are given in here to order that this table is too long

1. Introduction

The Sun is an average-low-mass star in the main sequence of the Hertzsprung-Russell diagram. Moreover, the Sun is not a point source, the photometric observational techniques that are utilised for observing other stars cannot be utilised for the Sun. Therefore, the colours and colour indices of the sun-like stars are used in order to determine the sun's colour indices. These stars generally becomes the solar analog stars. The highlighted results of the important researches in the literature were collected 8240 record with the colour indices data of the Sun, solar analog and solar twin stars.

2. The estimation of the solar colour indices

The aim is to determine the sun's colour indices and to create the ASAS catalog of the sun-like stars. It is taking the average of the colours and colour indices of the solar twin stars having the same spectral type with the sun. So, it is that the sun's colour indices were determined indirectly. In this study, we have collected the colour indices of solar analog and solar twin stars in the literature. By averaging of these, we have indirectly estimated the colour indices of the sun. For this, it is used the data given in the literature records (8240) Then, we have listed sun-like stars in the ASAS catalog. These values are given in Table1 as follows. The range of colours valid for the solar analog and solar twin stars can also be seen in Figure1-2.

Figure1: It is produced from the solar analogs and solar twins in the literature.

3. The sun-analog and solar twin stars in the ASAS catalogue

The Sun-like stars in the ASAS catalogue are determined by using the obtained ranges of colour for the solar analog and solar twin stars. The table of the Sun-like variable stars in the ASAS catalogue is given as follows a portion of table with 3764 records.

Figure1: It is produced from the solar analogs and solar twins in the literature.

Table5: The Solar twin stars that are compatible with our results in the literature.

16 Cyg A	HD10307	HD25680
HD89010	HD84737	GSC 3493-432
HD213575	I Aur	GSC 4413-304
HD44594	18 Sco	HD141004
HD159222	HIP 78399	HD11131
16 Cyg B	HD 98618	HD86728
HD146233	HD1835	HD187923A
HD28099	HD20630	HD109358
HD76151	HD20766	HD1581

4. Conclusion and Discussion

There are many studies in the literature concerning solar twin stars, such as 18 Sco, HIP 78399 and HD 98618. There are solar twin candidates suggested in the literature to be highly similar to the Sun, too. The other stars demonstrating consistency with our results from among solar twin stars in the literature are given in Table5 as follows. It can be asserted that these stars in our Sun-like ASAS list are the best solar twin stars, which are photometrically similar to the Sun according to our research. Simultaneously, there can also exist stellar systems with stars that host planets such as our solar system (indicating solar twin stars). Additionally, these stars will be crucial in our pursuit of planets.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by Scientific Research Projects Coordination Unit of Erciyes University with project number FBA-09-788, FBA-11-3283 and FBY-10-2924. This study makes use of data products from the All Sky Automated Survey (ASAS). The use of the SIMBAD and ADS databases is gratefully acknowledged.

4. REFERENCES

Pojmanski, G., 1997, *The All Sky Automated Survey*, Acta Astronomica, 47, 467

Paczynski, B., Szczygiel, D., Pilecki, B., Pojmanski, G. 2006, *Eclipsing binaries in the All Sky Automated Survey catalogue* MNRAS, 368, 1311

Tanriver, M., 2012, 18th Congress of the National Astronomy and Space Sciences, Turkey, pp. 253–265.

Tanriver, M., 2014. NewA 28, 79.

Tanriver, M., Özeren, F. F., 2016, "The Sun-like star: HT Vir", *COOL STARS 19, 06-10 June 2016, Uppsala, Sweden*

Zhao, Z., Chen, Y., Zhao, J., Zhao, G., 2010, ScChG, 53, 579

EK.7. Tanriver M., Özeren F.F., "THE SUN LIKE STAR: HT VIR", Cool Stars 19, Uppsala, ISVEÇ, 6-10 Haziran 2016, Poster Bildiri

COOL STARS 19, 06-10 June 2016, Uppsala, Sweden

THE SUN LIKE STAR: HT VIR

Mehmet TANRIVER and Ferhat Fikri ÖZEREN

mtanriver@erciyes.edu.tr *ozeren@erciyes.edu.tr*

Erciyes University, Science Faculty, Department of Astronomy and Space Sciences, 38039, Kayseri/TURKEY

ABSTRACT

This study is focused on the photometric (light curve) analysis of the Sun like star HT Vir which is a binary star located in the ASAS catalogue, showes variation in W UMa (EW/KW) type. The solution of light curve was executed using the PHOBE code. We conducted an unspotted solution for the HT Vir binary system. The positions in the HR diagram of the components are also discussed.

Key Words: *Stars, Binary stars, Eclipsing binary stars, The Sun, The Sun like stars,*

1. INTRODUCTION

HT Vir is the sun like binary star as photometric. The general informations belong to this star were given the following table1. HT Vir is an eclipsing variable with ESD (Eclipsing Semi-Detached) type according to data of ASAS catalog. the U, B, V, R, I, J, H and K bands magnitudes of the Sun were taken from Tanrıver (2012, 2014), Tanrıver and Özeren (2016) as shown in Table2. As seen, it is in compliance the colour indices of the Sun with the colour indexes of HT Vir (see Table3).

Table1. The informations, HT Vir

	RA	DEC	Period	To	V	V Amp	Class
ASAS ID	(2000)	(2000)	[days]	2450000+	[mag]	[mag]	
134607+0506.9	13:46:06.9	05:06:54.0	0.407672	2490.0	7.21	0.45	EC/ESD
J	H	K	V-J	V-H	V-K	J-H	H-K	J-K
6.11	5.85	5.79	1.10	1.36	1.42	0.26	0.06	0.32

Table2. the colour indexes of the Sun (Tanriver 2012,…).

Teff	U-B	B-V	V-R	R-I	I-J
5798-5948	0,06	0,60	0,51	0,32	0,22
	J-K	V-I	V-J	I-K	V-K
	0,36	0,83	1,05	0,58	1,41

Table3. Comparison the colour indexes of the Sun and star.

	V-J	V-K	J-K
Güneş	1,05	1,41	0,36
134607+0506.9 (HT Vir)	1,10	1,42	0,32

2. OBSERVATION AND PHOTOMETRIC SOLUTION

The light curves and data in the V band of HT Vir variable in the ASAS catalog have been taken into account. The graphics according to the time (HJD) of the magnitudes (Vmag) is given in Figure1.

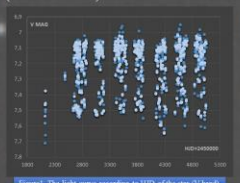


Figure1. The light curve according to HJD of the star (V band).

The light curve according to phase of the stars is given in Figure2. The light curve created according to the average (averaged an each third point) is given in Figure3. Photometric solution was carried out using the PHOEBE interface with based Wilson-Devinney, photometric solution methods. While photometric solution, hot component of binary system is taken as a Sun like star. Physical parameters of hot component (temperature: 5800K, mass: $1M_{sun}$ and radius: $1R_{sun}$) which is compatible with the Sun are firstly kept constant during solution.

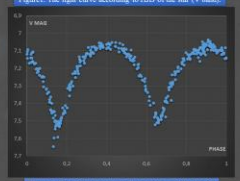


Figure2. The light curve according to phase of the star (V)

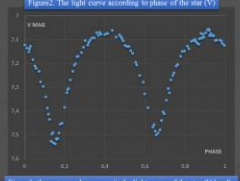


Figure3. the average phase-magnitude light curve of the star (V band).

The parameters obtained from the photometric solution results are given in Table4. The positions in the HR diagram of the component stars are given in Figure5.

Table4. Solution parameters.

Zero point of orbital ephemeris – T0 (HJD)	24512490.0
Period of binary orbit – P (days)	0.407672
Phase shift	0.15679
Semi-major axis (SMA)	3.1 R_{sun}
Mass ratio (q)	0.815
Binary orbit inclination (i)	71.89365
Binary orbit eccentricity (e)	0.0
Mean surface effective temperature (K) of star1 (T1)	6100
Mean surface effective temperature (K) of star2 (T2)	5922
Surface potential of the component stars (W1=W2)	3.442565
Bolometric albedo of stars (A1, A2)	0.5, 0.5
Exponent in gravity brightening of stars (g1, g2)	0.32, 0.32
Third light (l3)	0.0
Linear limb darkening coefficient of stars (x,y)	0.6458 0.2240

Table5. The absolute parameter

W(L1)	3.442565	Mbol2	4.094504
W(L2)	2.984983	Mbol1	4.429334
M1	1.329473 M_{sun}	Log(g)1	4.378937
M2	1.083520 M_{sun}	Log(g)2	4.372581
R1	1.233944 R_{sun}	L1	1.891473 L_{sun}
R2	1.122154 R_{sun}	L2	1.389531 L_{sun}

3. CONCLUSION

HT Vir showes variation like W UMa (EW/KW) type. The component stars are contact binary which filled Roche lobes and main sequnce stars. The positions in the HR diagram of components are shown figure 5. Both components are Sun like stars.

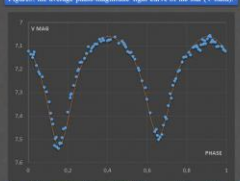


Figure4. theoretical and observational light curves of the star (V band)

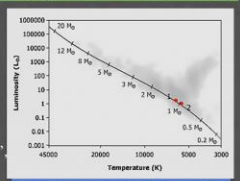


Figure5. The positions in the HR diagram of the component stars

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by Scientific Research Projects Coordination Unit of Erciyes University with project number FBA-09-788, FBA-11-3293 and FBY-10-2924. This study makes use of data products from the All Sky Autometed Survey (ASAS). The use of the SIMBAD and ADS databases is gratefully acknowledged.

4. REFERENCES

Pojmanski, G., 1997, *The All Sky Automated Survey*, Acta Astronomica, **47**, 467

Tanrıver, M., 2012, 18th Congress of the National Astronomy and Space Sciences, Turkey, pp. 253–265.

Tanrıver, M., 2014. NewA 28, 79.

Tanriver, M., Özeren, F. F., 2016, ''The UBVRI and infrared colour indices of the sun and sun-like stars'', *COOL STARS 19, 06-10 June 2016, Uppsala, Sweden*

van Hamme, W., 1993, New limb-darkening coefficients for modeling binary star light curves, AJ, 106, 2096

Wilson, R.E., Dewinney, E.J., 1971, Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni, ApJ, 166, 605

Paczynski, B., Szczygiel, D., Pilecki, B., Pojmanski, G. 2006, *Eclipsing binaries in the All Sky Automated Survey catalogue* MNRAS, 368, 1311

The University of Nebraska-Lincoln astronomy education, Eclipsing Binary Stars Simulator, http://astro.unl.edu/naap/ebs/animations/ebs.html